

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра «Строительные конструкции, основания и фундаменты»

В. В. ЛЕВТРИНСКИЙ, П. Ю. ЭТИН

МОСТЫ И СООРУЖЕНИЯ НА ДОРОГАХ

*Одобрено методической комиссией заочного факультета
в качестве учебно-методического пособия
по выполнению контрольной работы № 1*

Гомель 2013

УДК 624.21/.8(075.8)

ББК 39.112

Л37

Р е ц е н з е н т – заместитель начальника Гомельского отделения
Белорусской железной дороги *В. Д. Каймович*.

Левтринский, В.В.

Л37 Мосты и сооружения на дорогах : учеб.-метод. пособие по выполнению контрольной работы № 1 / В. В. Левтринский, П. Ю. Этин ; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2013. – 43 с.

ISBN 978-985-554-189-0

Приведена последовательность определения основных характеристик железобетонного железнодорожного моста: отверстия, длины и схемы.

Разработано с использованием типовых конструкций на основе действующих технических нормативных правовых актов (ТНПА).

Предназначено для выполнения контрольной работы № 1 по дисциплине "Мосты и сооружения на дорогах" студентами специальности 1–37 02 05 "Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство".

УДК 624.21/.8(075.8)

ББК 39.112

ISBN 978-985-554-189-0

© Левтринский В.В., Этин П.Ю., 2013

© Оформление. УО "БелГУТ", 2013

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
1 Определение расчетного расхода воды	10
2 Определение отверстия моста	16
3 Расчет длины моста и разбивка его на пролеты.....	21
Приложения	
А Классификация грунтов.....	26
Б Типовые конструкции пролетных строений.....	27
В Типовые конструкции опор балочно-разрезных мостов.....	30
Список литературы.....	43

ВВЕДЕНИЕ

Краткие сведения о системах мостов. Методика проектирования

Под *системой моста* принято понимать статическую схему его пролетных строений (балочную, арочную, рамную, висячую, комбинированную). В каждой статической системе возможны различные конструктивные исполнения пролетных строений: разрезные, неразрезные, консольные; с ездой поверху, понизу, посередине; сплошнотенчатые и со сквозными фермами; из различных материалов (железобетон, сталь, сталежелезобетон и др.); цельноперевозимые и сборные; со сварными, фрикционными, комбинированными и другими соединениями; с различной конструкцией мостового полотна и т. п.

В железнодорожных мостах под нагрузку СК применяют, как правило, типовые разрезные балочные пролетные строения.

В современных условиях индустриального строительства мостов круг используемых конструктивных схем в значительной мере ограничен, что вызывается в основном соображениями экономичности, технологичности, типизации и унификации конструкций, обеспечения высокого научно-технического уровня и качества продукции.

Эскизное вариантное проектирование моста включает следующие проектные процедуры, выполняемые последовательно:

- определение генеральных размеров и отметок;
- разработка вариантов моста (компоновка схемы; выбор материала, системы, конструкции; назначение общих размеров элементов моста);
- технико-экономическое сравнение вариантов и выбор оптимального.

Прежде чем приступить к составлению вариантов, на основании исходных данных по морфоствору необходимо установить следующие генеральные параметры мостового сооружения: 1) размещение отверстия моста на морфостворе; 2) суммарную длину пролетных строений; 3) местоположение подмостовых судоходных габаритов; 4) отметки подходов к мосту.

Размещение отверстия моста на морфостворе

Отверстием моста (L_0) называют расстояние в свету (за вычетом суммы толщин опор) по средней линии между уровнем меженных вод (УМВ) и уровнем высоких вод (УВВ). На назначение величины отверстия моста влияют многие гидрологические и морфометрические факторы водотока, а также конструктивные решения моста.

В результате сужения мостом площади живого сечения водотока возникает явление, называемое общим размывом и состоящее в понижении отметок дна подмостового русла от действия водного потока. Величину общего размыва характеризует коэффициент размыва [P], равный отношению средней глубины под мостом после размыва $h_{\Pi}^{\text{пР}}$ к средней глубине до размыва $h_{\Pi}^{\text{дР}}$ (средние глубины подсчитываются от УВВ). Коэффициент размыва тем больше, чем меньше отверстие. По нормам проектирования мостов рекомендуется принимать величину коэффициента размыва 1,75.

Как правило, из экономических соображений целесообразно стремиться к минимально возможному отверстию моста. Однако при уменьшении отверстия увеличивается общий размыв, возрастают глубина заложения фундаментов опор и стоимость опор (в том числе и стоимость их возведения). Поэтому оптимальное отверстие моста может быть найдено лишь путем составления и сравнения нескольких вариантов мостового перехода, каждый из которых характеризуется своей величиной отверстия и соответствующим ей коэффициентом размыва, глубиной заложения фундаментов промежуточных опор, их числом, количеством и длиной пролетных строений, стоимостью подходов и регуляционных сооружений.

При проектировании мостов следует:

– выполнять требования по обеспечению надежности, долговечности и бесперебойности эксплуатации сооружений, а также безопасности и плавности движения транспортных средств, безопасности для пешеходов и охране труда рабочих в периоды строительства и эксплуатации;

– предусматривать безопасный пропуск возможных паводков и ледохода на водотоках, а, кроме того, на водных путях – выполнение требований судоходства и лесосплава;

– назначать проектные решения, обеспечивающие экономное расходование материалов – металла, цемента, леса и пр., экономию топливных и энергетических ресурсов, снижение стоимости и трудоемкости строительства и эксплуатации;

– предусматривать простоту, удобство и высокие темпы монтажа конструкций, возможность широкой индустриализации строительства на базе современных средств комплексной механизации и автоматизации строительного производства, использования типовых решений, применения сборных конструкций, деталей и материалов, отвечающих стандартам и техническим условиям;

– учитывать перспективы развития транспорта и дорожной сети, реконструкции имеющихся и строительства новых подземных и наземных коммуникаций, интересы благоустройства и планировки населенных пунктов, перспективы освоения земель в сельскохозяйственных целях;

– предусматривать меры по охране окружающей среды (в том числе предотвращение заболачивания, термокарстовых, эрозионных, наледных и других вредных процессов), по поддержанию экологического равновесия и охране рыбных запасов.

Основные технические решения, принимаемые при проектировании мостов, следует обосновывать путем сравнения технико-экономических показателей конкурентоспособных вариантов с учетом эстетических и архитектурных требований.

При разработке проекта моста в проектной организации внимание уделяется следующим разделам:

1 *Общая пояснительная записка.* В ней приводят исходные данные для проектирования, краткую характеристику проектируемого объекта и условий строительства, особенности природных условий, обоснование выбора местоположения объекта, его технико-экономические и транспортно-эксплуатационные показатели и их сравнение с нормами и аналогами, данные по экономической эффективности капитальных вложений, использованных в проекте достижений науки и техники.

2 *Строительные решения.* В этом разделе приводят обоснование принятых в проекте технических решений по фундаментам, опорам, пролетным строениям моста, земляному полотну, конструкции мостового полотна и пути на подходах к мосту, пересечениям и примыканиям, охране окружающей среды, подготовке территории строительства. В нем также приводятся чертежи основных конструктивных элементов сооружения: план и продольный профиль трассы, общие виды моста, его отдельные конструктивные элементы индивидуального проектирования, схемы вариантов моста.

3 *Организация строительства.* В этом разделе обосновывают принятые в проекте способы и методы работ по сооружению опор, пролетных строений и других элементов моста, определяют потребность в конструкциях, материалах, машинах, механизмах, трудовых ресурсах, электро- и водоснабжении. Приводят схемы выполнения основных строительного-монтажных работ, календарный график строительства, обоснование сроков и продолжительности строительства.

4 *Сметная документация.* В этом разделе приводятся сметные расчеты и проект договорной цены.

5 *Паспорт проекта.* Раздел содержит основные сведения о проектируемом объекте.

Рабочий проект на строительство мостового перехода, кроме перечисленных выше разделов, включает чертежи, по которым непосредственно строят объект. Рабочий проект разрабатывают с использованием типовых конструкций пролетных строений и опор.

При двухстадийном проектировании (проект – рабочая документация) рабочую документацию разрабатывают после утверждения проек-

та, прохождения Госэкспертизы и передают заказчику частями на объем очередного года строительства.

В состав рабочей документации для строительства мостовых переходов входят рабочие чертежи, ведомости строительно-монтажных работ, расчеты сметной стоимости затрат труда и расхода основных строительных материалов.

Готовая проектно-сметная документация передается заказчику. Заказчик согласовывает со строительной организацией третий раздел проекта, сметы и договорную цену.

Проекты больших мостов, а также мостов с металлическими и индивидуальными пролетными строениями согласовывают с Объединением «Белорусская железная дорога».

После согласования проектно-сметную документацию представляют на экспертизу, которая рассматривает обоснованность и оптимальность принятых проектных решений, соответствие их действующим нормам и заданию на проектирование. По результатам экспертизы составляют экспертное заключение, в котором указывают основные технико-экономические показатели проектируемого объекта, рекомендуемые к утверждению. Экспертизу рабочей документации, разработанной на основании рабочих проектов, не проводят.

Если в ходе экспертизы обнаруживают ошибки или другие недостатки, то проекты возвращают на доработку и после внесения в них соответствующих изменений и дополнений вновь представляют в органы экспертизы.

После экспертизы проекты представляют на утверждение.

Основным критерием оценки качества проектной документации является соответствие ее требованиям, установленным в задании на проектирование: по стоимости строительства, эффективности капитальных вложений, расходу строительных материалов, трудоемкости строительства.

Если проектная документация соответствует базовым качественным характеристикам, то ей устанавливается оценка высокого качества, что удостоверяется актом оценки качества, подписанным заказчиком. Проектная документация, не отвечающая указанным выше требованиям, не

может быть отнесена к проектной продукции высокого качества (о чем указывается в акте), и решение о возможности ее дальнейшего использования принимают министерства и ведомства.

С учетом современных тенденций в строительстве (его индустриализации, унификации и стандартизации конструкций) при разработке проекта моста необходимо максимально применять типовые конструкции. Для выбора наиболее рациональной конструкции сооружения выполняют вариантное проектирование и проводят технико-экономическое сравнение вариантов. На стадии вариантного проектирования обычно проводят ориентировочные расчеты для выбора и обоснования основных параметров сооружения.

Для большинства малых и средних мостов применяют типовые конструкции пролетных строений и опор. Основные разработки принадлежат институтам Гипротрансмост (Москва), а также Ленгипротрансмост. Задача проектирования в этом случае сводится к выбору наиболее рациональной типовой конструкции, соответствующей конкретным местным условиям: рельефу местности, возможностям изготовления, транспортировки и монтажа.

Общие указания к контрольной работе

Согласно учебному плану студенты IV курса заочного факультета специализации 1–37 02 05 "Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство" по дисциплине "Мосты и сооружения на дорогах" должны выполнить контрольную работу на тему "Расчет отверстия и длины среднего железобетонного железнодорожного моста".

Цель контрольной работы: детальное изучение элементов и конструкций пролетных строений, опор на свайном основании; развитие творческого инженерного мышления.

В результате работы у студентов должны сформироваться навыки в работе с типовой проектной документацией, нормативной базой, справочниками и другой технической литературой. Каждый студент должен чувствовать ответственность за принимаемые проектные решения и правильно их обосновывать.

Оформление контрольной работы. Текстовый материал контрольной работы должен быть написан чернилами на одной стороне листов белой писчей бумаги формата А4 со штампом. Каждая страница должна иметь поля шириной: слева – 25 мм, справа и сверху – по 20 мм и снизу – 10 мм.

Чертежи выполнять на отдельных листах миллиметровой бумаги формата А3 или А4. Расчетные схемы следует вставлять в текст.

Страницы контрольной работы должны быть пронумерованы.

При расчетах сначала записываются формулы в общем виде, а затем сразу в них подставляются числовые значения.

Первой страницей работы является задание на контрольную работу, в конце следует привести перечень использованной литературы.

Контрольная работа № 1 "Расчет отверстия и длины среднего железобетонного железнодорожного моста" включает следующие задачи:

- 1 Определение расчетного расхода воды.
- 2 Определение отверстия моста.
- 3 Расчет длины моста с разбивкой его на пролеты.

Контрольная работа состоит из 7–9 листов пояснительной записки, чертежей на отдельных листах миллиметровой бумаги формата А4:

- профиль морфоствора (формат А3 или А4);
- график грансостава грунта;
- график определения скорости динамического равновесия;
- расчетная схема отсутствия засыпки грунтом откоса конуса насыпи фундамента крайних промежуточных опор;
- поперечное сечение пролетного строения руслового пролета.

1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНОГО РАСХОДА ВОДЫ

Выбор места перехода, разбивку мостов на пролеты, назначение положения сооружения в плане и профиле следует производить с учетом требований трассирования дороги (линии) или принятых градостроительно-планировочных решений, строительных и эксплуатаци-

онных показателей вариантов, а также русловых, геологических, гидрогеологических, ландшафтных и других местных условий, влияющих на технико-экономические показатели соответствующего участка дороги (линии).

Число и размеры водопропускных сооружений на пересечении водотока следует определять на основе гидравлических расчетов, при этом необходимо учитывать последующее влияние сооружения на окружающую природную среду.

Одним из главных критериев для проектирования мостового перехода является **расчетный расход воды ($Q_{\text{расч}}$)**, проходящий через **морфоствор**. Расчетный расход воды определяют на основе ряда наивысших уровней воды в реке, наблюдаемых не менее чем за 20 лет. Прогнозируется наивысший уровень воды в реке, который может достигаться один раз в 30–100 лет. Связь уровней воды со скоростями (v) и расходами ($Q_{\text{расч}}$) устанавливают с использованием морфометрических характеристик: коэффициентов шероховатости (γ) и уклона реки (i).

Для определения расчетного расхода воды морфоствор разделяется на участки, отличающиеся глубинами и шероховатостью дна. На каждом из этих участков рассчитывается расход воды. При расчете используются формулы равномерного движения воды (расчет удобно вести в табличной форме).

Средняя глубина на участке

$$H_{\text{ср},i} = \frac{H_{\text{н}} + H_{\text{к}}}{2}, \quad (1.1)$$

где $H_{\text{н}}$, $H_{\text{к}}$ – соответственно глубины в начале и конце участков морфоствора, м; определяются как разность между расчетным уровнем высокой воды (РУВВ) и отметками дна в данной точке.

Средняя скорость воды на участке вычисляется по формуле

$$v_{\text{ср},i} = \tilde{N}_i \sqrt{R_i} \sqrt{i}, \quad (1.2)$$

где R_i – гидравлический радиус, приравниваемый к средней глубине $H_{\text{ср}}$ на данном участке, м; i – уклон реки при РУВВ; C_i – коэффициент Шези,

$$\tilde{N}_i = \frac{87}{1 + \frac{\gamma_i}{\sqrt{R_i}}}, \quad (1.3)$$

где γ_i – коэффициент шероховатости дна.

Площадь живого сечения воды определяется по формуле

$$\omega_i = B_i H_{\text{н\ddot{o}}, i}, \quad (1.4)$$

где B_i – ширина i -го участка, м.

Расход воды на участке

$$Q_i = v_{\text{н\ddot{o}}, i} \omega_i. \quad (1.5)$$

Общий расход воды в сечении морфоствора рассчитывается как сумма расходов воды на всех участках:

$$Q_{\text{\ddot{o}a\ddot{n}\ddot{c}}} = \sum_{i=1}^n Q_i. \quad (1.6)$$

Пример последовательности решения задачи

Исходя из задания (рисунок 1.1) вычерчивается на миллиметровой бумаге исполнительный профиль морфоствора (рисунок 1.2). Масштабы следует принимать: вертикальный 1 : 200, горизонтальный 1 : 1000. Отсутствующие участки в задании на чертеж не переносятся. На профиле морфоствора приводится классификация залегаемых грунтов (обведенные кружком в задании) по гранулометрическому составу, степени влажности, плотности и показателю консистенции (приложение А). Следует обратить внимание, что на конечных участках морфоствора вода при достижении расчетного уровня высоких вод (∇ РУВВ) будет проходить не по всей их длине, а до точек пересечения (∇ РУВВ) с грунтом.

Для упрощения расчетов ширину участков русла можно суммировать, при этом глубину воды для расчетов увеличить на 0,2 м.

Ведомость морфоствора (рисунок 1.3) заполняется в соответствии с расчетами по формулам (1.1) – (1.6). Графы 1, 4, 5 заполняются по исходным данным. Ведомость морфоствора представляется в конце задачи.

Характеристики грунтов

	①	2	3	4	5	⑥	7	8	9	10
	песок		супесь		суглинок		глина		древя	скала
e	0,7	0,6	0,6	0,5	0,7	0,5	0,8	0,5	0,5	-
S_r	0,9	0,7	0,4	0,6	-	-	-	-	0,9	-
I_L	-	-	0,1	0,4	0,2	0,5	0,2	0,5	-	-
γ	19	20	19	20	20	25	19	21	20	-
ϕ°	32	38	27	30	21	24	15	18	40	-
C	-	-	0,1	-	0,15	0,25	0,20	0,30	-	-
R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5

Гранулометрический состав грунта

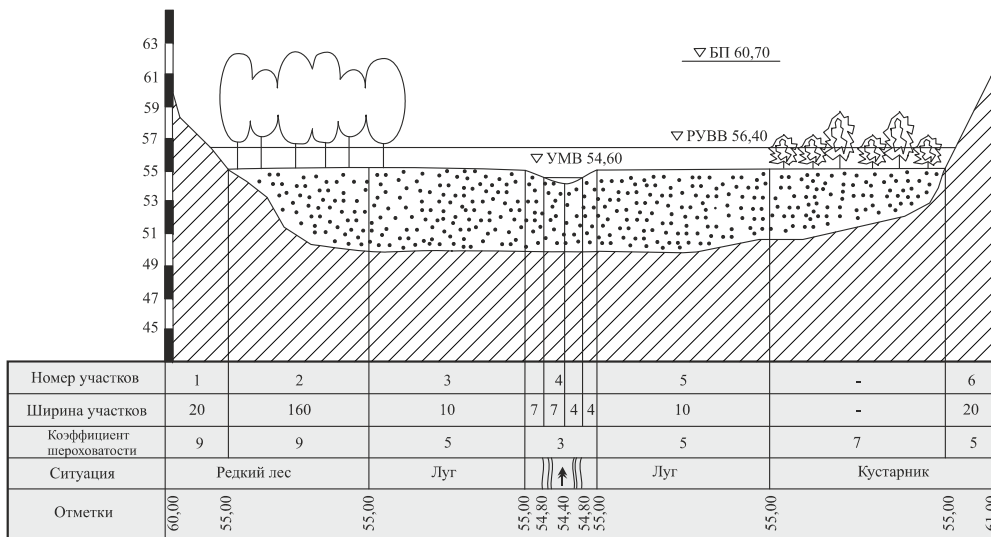
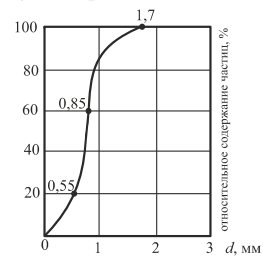
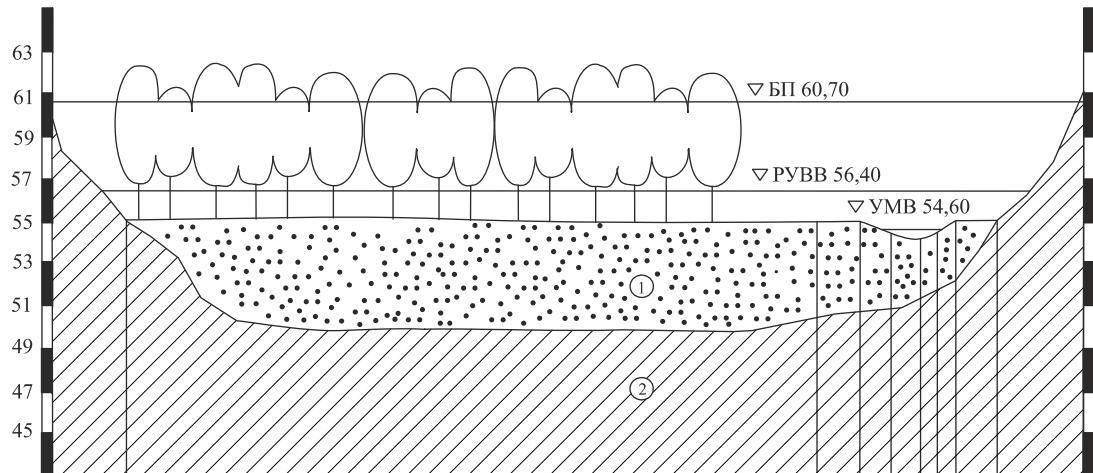


Рисунок 1.1 – Образец задания на контрольную работу



Номер участков	1	2				3	4	5	6					
Ширина участков	20	160				10	7	7	4	4	10	20		
Коэффициент шероховатости	9	9				5	3			5	5			
Ситуация		Редкий лес				Луг	↑			Луг				
Отметки	60,00	55,00					55,00	55,00	54,80	54,40	54,80	55,00	55,00	61,00

- ① Песок крупный средней плотности, водонасыщенный
- ② Суглинок тугопластичный ($I_L = 0,5$)

Рисунок 1.2 – Исполнительный профиль морфоствора

Ведомость
расчета скоростей течения и расходов воды по морфоствору № 1
реки Зелемянка на 127-м км участка железной дороги Волховстрой – Кошта
($i = 0,0002$; $\sqrt{i} = 0,014$)

Отметка РУВВ	Номер отсека	Средняя глубина $H_{ср,i}$, м	Ширина участка B_i , м	Коэффициент шероховатости, γ_i	$\sqrt{R_i}$, $R_i = H_{ср,i}^2$	$\frac{\gamma_i}{\sqrt{R_i}}$	$1 + \frac{\gamma_i}{\sqrt{R_i}}$	$C_i = \frac{87}{1 + \frac{\gamma_i}{\sqrt{R_i}}}$	$\sqrt{R_i} \sqrt{i}$	$v_{но,i} = C_i \sqrt{R_i} \sqrt{i}$, м/с	Площадь живого сечения $\omega_i = B_i H_{ср,i}$, м ²	Расход воды на участке $Q_i = v_{но,i} \omega_i$, м ³ /с	Общий расход воды $Q_{дан} = \sum_{i=1}^n Q_i$, м ³ /с
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
56,40	1	0,7	6	9	0,84	10,7	11,7	7,43	0,012	0,089	4,2	0,37	
56,40	2	1,40	160	9	1,18	7,63	8,63	10,08	0,017	0,017	224,0	38,08	
56,40	3	1,40	10	5	1,18	4,24	5,24	16,60	0,017	0,28	14,0	3,92	
56,40	4	1,60	22	3	1,26	2,38	3,38	25,74	0,018	0,46	35,2	16,19	
56,40	5	1,40	10	5	1,18	4,24	5,24	16,60	0,017	0,28	14,0	3,92	
56,40	6	0,70	7	5	0,84	5,95	6,95	12,52	0,012	0,15	4,9	0,74	
Итого												63,22	

Рисунок 1.3 – Ведомость определения расходов воды

2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТВЕРСТИЯ МОСТА

Отверстием моста (L_0) называется расстояние между передними гранями устоев или конуса насыпи, измеренное на уровне РУВВ, за вычетом толщин промежуточных опор.

Схема участка морфостора в пределах отверстия моста представлена на рисунке 2.1.

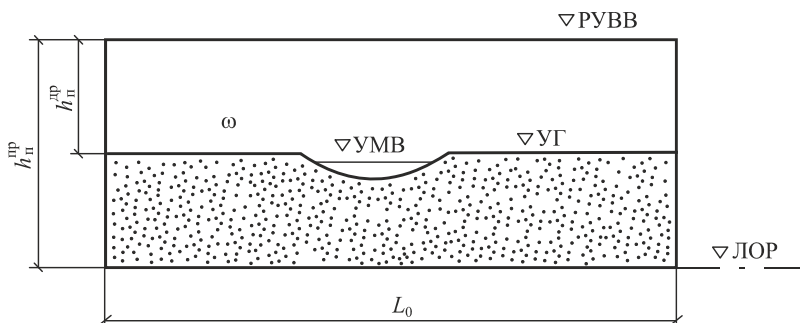


Рисунок 2.1 – Схема участка морфостора в пределах отверстия моста

Приняты следующие обозначения: L_0 – отверстие моста, м; $h_{п}^{др}$ – глубина потока до размыва, м; $h_{п}^{пр}$ – глубина потока после размыва, м; $\nabla\text{ЛОР}$ – отметка линии общего размыва, м; ω – требуемая площадь живого сечения под мостом, м².

Отверстие моста определяется по формуле

$$L_0 = \frac{\omega}{h_{п}^{пр}}. \quad (2.1)$$

Глубина потока после размыва

$$h_{п}^{пр} = [P] h_{п}^{др}, \quad (2.2)$$

где $[P]$ – предельный допустимый коэффициент общего размыва; $[P] = 1,75$.

Глубина потока до размыва

$$h_{\Pi}^{\text{ДР}} = \nabla_{\text{РУВВ}} - \nabla_{\text{УГ}}, \quad (2.3)$$

где $\nabla_{\text{УГ}}$ – уровень грунта поймы реки.

Площадь живого сечения под мостом с учётом размыва

$$\omega = \frac{Q_{\text{дân+}}}{v_{\text{дân+}}}, \quad (2.4)$$

где $Q_{\text{расч}}$ – расчетный расход воды, $\text{м}^3/\text{с}$; $v_{\text{расч}}$ – усреднённая равновесная расчётная скорость воды под мостом, $\text{м}/\text{с}$; расчетная скорость определяется по приближенной эмпирической формуле

$$v_{\text{дân+}} \approx \frac{v_{\text{дйн}} + v_{\text{нер}}}{2}, \quad (2.5)$$

где $v_{\text{дин}}$ – скорость динамического равновесия, $\text{м}/\text{с}$; $v_{\text{нер}}$ – неразмывающая скорость, $\text{м}/\text{с}$.

Неразмывающая скорость – это скорость воды в реке в момент достижения уровня высоких вод, при которой не размывается пойменная часть. Неразмывающая скорость

$$v_{\text{нер}} = 3,6 \sqrt[4]{h_{\text{г}}^{\text{г}} d_{\text{ср}}}, \quad (2.6)$$

где $d_{\text{ср}}$ – средний диаметр частиц грунта, м .

Средний диаметр частиц грунта находится в соответствии с графиком грансостава грунта (верхний слой грунта по заданию) и рассчитывается по формуле

$$d_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i d_i}{\sum_{i=1}^n m_i}, \quad (2.7)$$

где m_i – относительное содержание частиц в грунте, взятое в интервале от 10 до 100 % с шагом, равным 10 %; d_i – соответствующий данному содержанию частиц диаметр, мм .

Скорость динамического равновесия – это скорость движения воды в русле реки, когда соблюдается баланс наносов. Скорость динамического равновесия определяется по графику (рисунок 2.2) в зависимости от глубины потока после размыва и среднего диаметра частиц грунта.

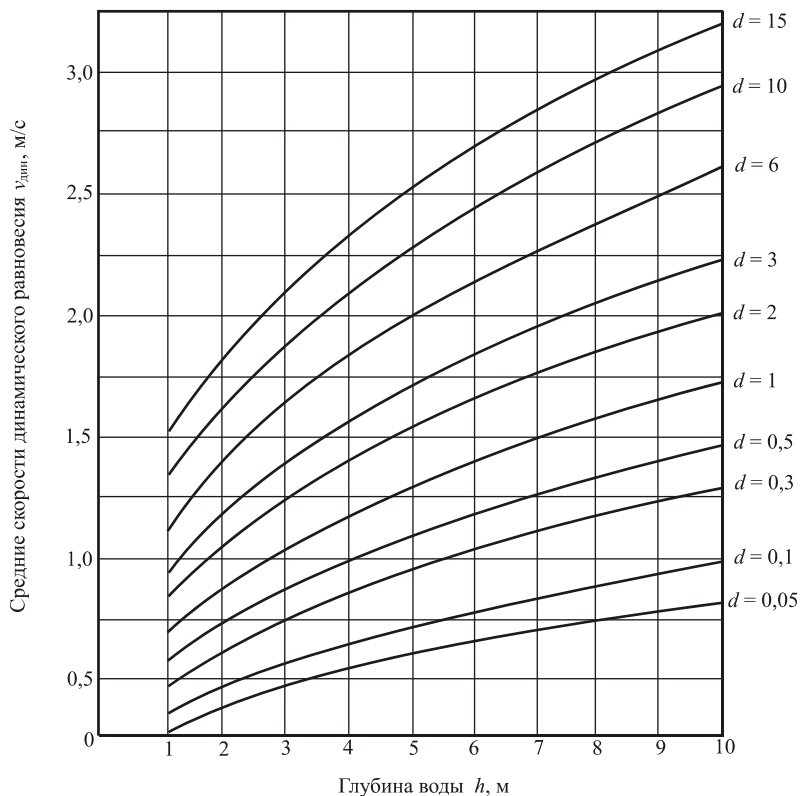


Рисунок 2.2 – График определения скорости динамического равновесия

Пример последовательности решения задачи

На миллиметровой бумаге формата А4 в соответствии с исходными данными вычерчивается грансостав грунта (рисунок 2.3). Затем определяется средний диаметр частиц грунта $d_{ср}$.

Взяв данные из графика (см. рисунок 2.3), по формуле (2.7) получим:

$$d_{ср} = \frac{100 \cdot 1,7 + 90 \cdot 1,2 + 80 \cdot 1 + 70 \cdot 0,92 + 60 \cdot 0,85 + 50 \cdot 0,8}{10 + 20 + 30 + 40 + 50 + 60 + 70 + 80 + 90 + 100} + \frac{40 \cdot 0,74 + 30 \cdot 0,6 + 20 \cdot 0,55 + 10 \cdot 0,34}{10 + 20 + 30 + 40 + 50 + 60 + 70 + 80 + 90 + 100} = \frac{575,6}{550} = 1,05 \text{ мм.}$$

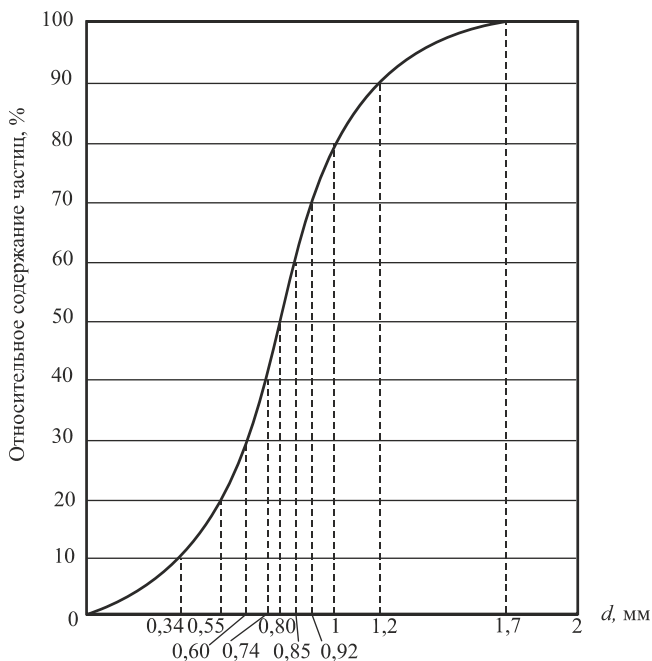


Рисунок 2.3 – Грансостав грунта

При $\nabla_{РУВВ} = 56,40$ м и $\nabla_{УГ} = 55,00$ м по формулам (2.2) – (2.3)

$$h_{\Pi}^{ДР} = 56,40 - 55,00 = 1,40 \text{ м}; \quad h_{\Pi}^{ПР} = 1,75 \cdot 1,40 = 2,45 \text{ м.}$$

При $d_{ср} = 1,05$ мм и $h_{\Pi}^{ПР} = 2,45$ м по формуле (2.5)

$$v_{i \text{ до}} = 3,6 \sqrt[4]{2,45 \cdot 1,05 \cdot 10^{-3}} = 0,81 \text{ м/с.}$$

Вычислив средний диаметр частиц грунта и глубину потока после размыва, на листе миллиметровой бумаги формата А4 изображается график для определения скорости динамического равновесия (рисунок 2.4). Кривая среднего диаметра частиц проводится между ближайшими кривыми диаметров. По оси абсцисс откладывается глубина потока после размыва и проводится перпендикуляр на кривую среднего диаметра частиц. Затем из полученной точки по оси ординат находим скорость динамического равновесия $v_{дин}$.

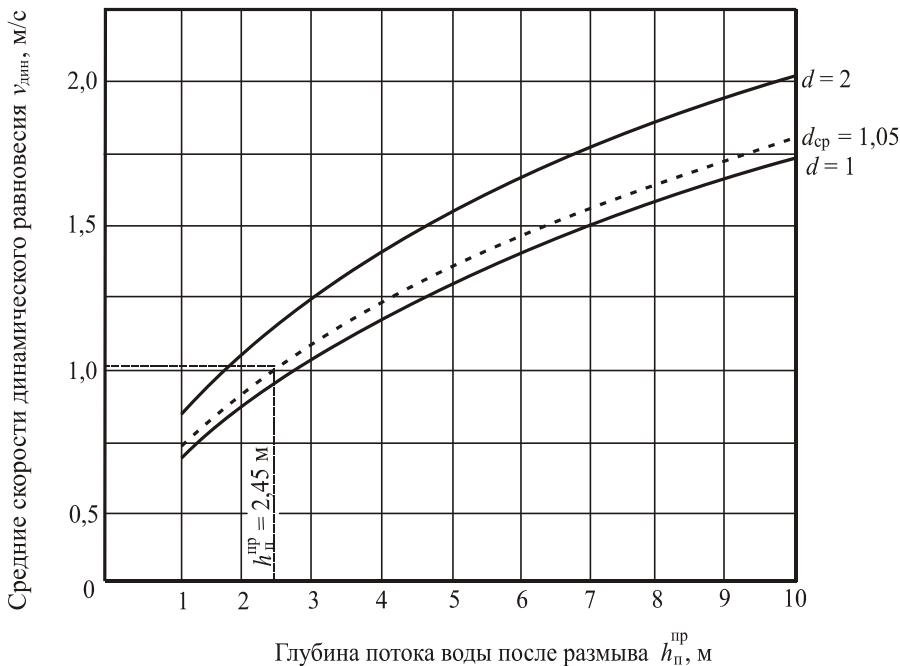


Рисунок 2.4 – График определения скорости динамического равновесия для разрабатываемого проекта

По рисунку 2.4 находим $v_{\text{дин}} = 1,005$ м/с, принимаем $v_{\text{дин}} = 1$ м/с.

При $v_{i \text{ до}} = 0,81$ м/с и $v_{\text{дин}} = 1$ м/с расчетная скорость по форму-

$$\text{ле (2.5)} \quad v_{\text{расч}} \approx \frac{0,81 + 1}{2} = 0,905 \text{ м/с.}$$

При $Q_{\text{расч}} = 63,22$ м³/с и $v_{\text{доп}} = 0,905$ м/с по формуле (2.4)

$$\omega = \frac{63,22}{0,905} = 69,86 \text{ м}^2.$$

При $\omega = 69,86$ м² и $h_{\text{п}}^{\text{пр}} = 2,45$ м по формуле (2.1)

$$L_0 = \frac{69,86}{2,45} = 28,51 \text{ м.}$$

3 РАСЧЕТ ДЛИНЫ МОСТА И РАЗБИВКА ЕГО НА ПРОЛЕТЫ

Расчитанное отверстие моста (L_0) при обсыпных устоях будет измеряться между лобовыми откосами насыпи на уровне средней линии между расчетным уровнем высокой воды (РУВВ) и линией общего размыва (ЛОР); стеснение живого сечения промежуточными опорами компенсируется добавкой 10 % к отверстию моста. Схема к определению длины моста представлена на рисунке 3.1.

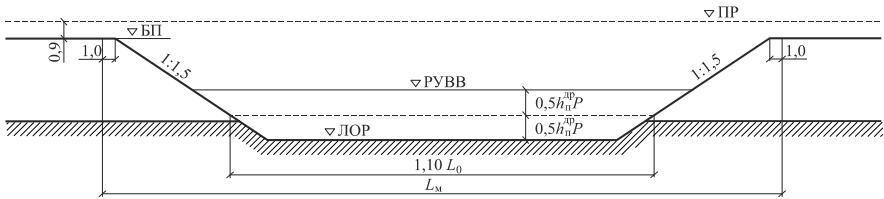


Рисунок 3.1 – Схема к определению длины моста при обсыпных устоях

Бровка насыпи земляного полотна (ВБП) располагается на 0,9 м ниже подошвы рельса (ВПП), а отметка подошвы рельса устанавливается по уровню меженных вод (УМВ) и заданной высоте моста (H_M) как $\nabla ПП = \nabla УМВ + H_M$. Отметку $\nabla ЛОР$ следует определять через среднюю глубину потока до размыва $h_{cp}^{дп}$ и заданный коэффициент размыва P как $\nabla ЛОР = \nabla РУВВ - h_{cp}^{дп}P$.

В соответствии с рисунком 3.1 расчетная длина моста определяется как

$$L_M^p = 1,1L_0 + 3(\text{БП} - \text{РУВВ} + 0,5h_{cp}^{дп}P) + 2, \quad (3.1)$$

где 1,1 – коэффициент, учитывающий толщину промежуточных опор; L_0 – отверстие моста в свету, м; P – коэффициент общего размыва.

Схема моста характеризуется разбивкой на пролёты и расположением езды на пролетных строениях.

Технически рациональная разбивка моста на пролеты возможна в виде равнопролетной схемы (nl) или в виде схемы с уменьшенными береговыми (крайними) пролетами ($l_k + ml + l_k$). Следует учитывать, что размеры крайних пролетов связаны с типом береговых опор (устоев), которые, в свою очередь, зависят от высоты насыпи у концов моста.

При высоте насыпи до 6–8 м устои могут быть приняты по типовому проекту инв. № 708; они допускают длину l_k до 11,5 м. При большей высоте насыпи возможны типовые устои по проекту инв. № 828/1, пригодные под железобетонные пролетные строения всех остальных размеров (от 16,5 до 23,6 м).

Среднюю часть моста (или весь мост при равнопролетной схеме) следует перекрывать пролетными строениями длиной от 11,5 до 23,6 м.

Данные по типовым конструкциям железобетонных пролетных строений приведены в приложении Б. Данные по типовым конструкциям опор балочно-разрезных мостов приведены в приложении В.

При разбивке моста на пролеты береговые пролетные строения следует выбирать минимальной длины, чтобы крайние промежуточные опоры не засыпались лобовыми откосами насыпей (рисунок 3.2).

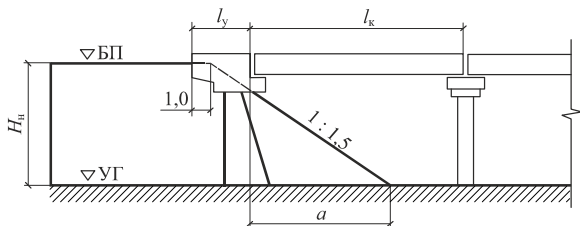


Рисунок 3.2 – Расчетная схема выбора береговых (крайних) пролетных строений

Необходимо определить расстояние по горизонтали от шкафной стенки устоя до окончания лобового откоса насыпи

$$a = 1,5H_i - (l_0 - 1,0)$$

и выполнить условие

$$l_{\hat{e}} > a,$$

где l_y – длина устоя; l_k – длина берегового пролетного строения; H_n – высота насыпи.

Выполняя условие, необходимо учитывать, чтобы расстояние $(l_k - a)$ было минимальным.

Фактическая длина моста при равнопролетной схеме определяется по формуле

$$L_M^{\Phi} = 2l_y + nl + 0,05(n + 1), \quad (3.2)$$

где l – длина пролётного строения; n – число пролетов, принимаемое в процессе расчётов.

Фактическая длина моста при схеме с уменьшенными береговыми (крайними) пролетами определяется по формуле

$$L_M^\Phi = 2l_y + 2l_k + \sum_1^n nl + 0,05(n + 2 + 1), \quad (3.3)$$

где n – число русловых пролетов.

Фактическая длина моста будет несколько отклоняться от расчетной ввиду суммирования ее из строго определенных размеров типовых пролетных строений и устоев; отклонения допустимы до $\pm 5\%$:

$$\Delta = \frac{L_M^P - L_M^\Phi}{L_M^P} \cdot 100\% \leq \pm 5\%. \quad (3.4)$$

Необходимо убедиться в достаточности высоты моста при выбранных пролетных строениях путем проверки условия

$$\nabla ПП - \nabla РУВВ - h_c \geq 0,75 \text{ м}, \quad (3.5)$$

где h_c – строительная высота наибольшего пролетного строения.

Если условие не выполняется, то необходимо использовать пролетные строения с пониженной строительной высотой или уменьшать длину русловых пролетов.

По принятой схеме моста необходимо на миллиметровой бумаге формата А4 начертить в масштабе поперечное сечение максимального по длине пролетного строения моста и привести его характеристики.

Пример последовательности решения задачи

Длина моста определяется на основании рисунка 3.1.

При $L_0 = 28,51$ м, $\nabla БП = 60,70$ м, $\nabla РУВВ = 56,40$ м, $h_{\Pi}^{ДП} = 1,40$ м и $P = 1,75$ по формуле (3.1):

$$L_M^P = 1,1 \cdot 28,51 + 3 \cdot (60,70 - 56,40 + 0,5 \cdot 1,40 \cdot 1,75) + 2 = 49,94 \text{ м}.$$

Таким образом, расчетная длина моста $L_M^P = 49,94$ м.

Для определения фактической длины моста разрабатывается схема моста.

Высота насыпи: $H_{\Pi} = БП - УРГ = 60,70 - 55,0 = 5,70$ м.

Следовательно, для береговых опор принимаются свайные устои для мостов эстакадного типа под железобетонные пролетные строения с ездой поверху по типовому проекту инв. № 708/11, ЛГТМ–1974 (рисунок В.1).

Длина крайних пролетных строений зависит от типа и длины устоев.

Предварительно можно принять длину устоев $l_y = 2,95$ м. По типовому проекту инв. № 708/11 ЛГТМ–1974 на устои опираются пролетные строения длиной 6,0; 9,3; 11,5 м (таблица В.1).

По рисунку 3.2: $a = 1,5 \cdot 5,7 - (2,95 - 1,0) = 6,6$ м .

Следовательно, для дальнейших расчетов принимаются $l_y = 2,95$ м; $l_k = 9,3$ м.

Необходимо выполнить разбивку средней части моста, включая и русловой пролет. Эти пролетные строения определяются подбором, при этом длина их должна быть не менее l_k . Для данного моста можно предложить один русловой пролет ($l = 23,6$ м).

К расчетам принимаем схему моста с крайними пролетами $l_k = 9,3$ м и русловым пролетом $l = 23,6$ м. Береговые пролетные строения двухблочные из обычного железобетона по типовому проекту инв. № 3.501.1–146 (рисунок Б.2). Русловой пролет двухблочный из предварительно напряженного железобетона по типовому проекту инв. № 3.501–175.93 (рисунок Б.3).

Схема разбивки моста на пролеты представлена на рисунке 3.3.

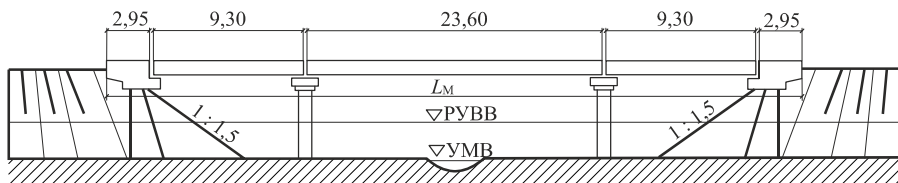


Рисунок 3.3 – Схема разбивки моста на пролеты

Определим фактическую длину моста.

При $l_y = 2,95$ м, $l_k = 9,30$ м, $l = 23,6$ м, $n = 1$ по формуле (3.3)

$$L_1^{\hat{}} = 2 \cdot 2,95 + 2 \cdot 9,30 + 1 \cdot 23,6 + 0,05 \cdot (1 + 2 + 1) = 48,3 \text{ м} .$$

При $L_M^p = 49,94$ м и $L_M^{\phi} = 48,3$ м по формуле (3.4)

$$\Delta = \frac{49,94 - 48,3}{49,94} \cdot 100 \% = 3,28 \% \leq 5 \% .$$

Следовательно, разбивка моста на пролеты выполнена верно.

Убедиться в достаточности высоты моста при выбранных пролетных строениях можно путем проверки условия (3.5): при $\nabla_{\text{ПР}} = 61,60$ м; $\nabla_{\text{РУВВ}} = 56,40$ м, $h_c = 2,56$ м

$$61,60 - 56,40 - 2,56 = 2,64 \geq 0,75 \text{ м.}$$

Условие выполняется.

Поперечное сечение максимального по длине пролетного строения моста и его характеристики представлены на рисунке 3.4 и в таблице 3.1.

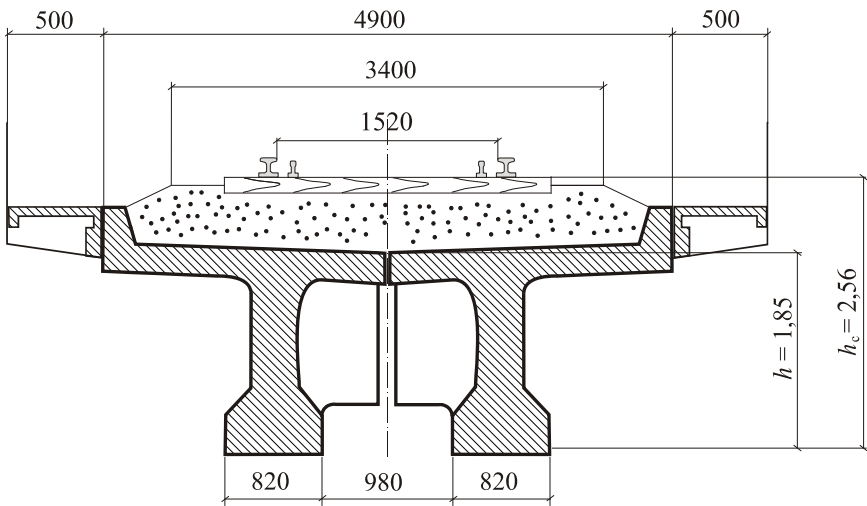


Рисунок 3.4 – Поперечное сечение балочного двухблочного из обычного железобетона пролетного строения по типовому проекту инв. № 3.501–175.93

Т а б л и ц а 3.1 – Основные характеристики принятого пролетного строения по типовому проекту инв. № 3.501–175.93

Полная длина $l_{\text{п}}$, м	Расчетный пролет $l_{\text{р}}$, м	Строительная высота от подошвы рельса до низа балки h_c , м	Высота балки h , м	Класс бетона балок	Масса одной балки с изоляцией, т
23,6	22,9	2,56	1,85	B30	82,9

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(справочное)

Классификация грунтов

Т а б л и ц а А.1 – Классификация песчаных грунтов по гранулометрическому составу

Песок	Распределение частиц по крупности, % от массы воздушно-сухого грунта
Гравелистый	Масса частиц крупнее 2 мм более 25 %
Крупный	То же 0,5 мм более 50 %
Средний	“ 0,25 мм более 50 %
Мелкий	“ 0,1 мм 75 % и более
Пылеватый	“ 0,1 мм менее 75 %

Т а б л и ц а А.2 – Классификация песчаных грунтов по водонасыщению

Наименование по степени влажности	Значение степени влажности
Маловлажные	$0 < S_r \leq 0,5$
Влажные	$0,5 < S_r \leq 0,8$
Водонасыщенные	$0,8 < S_r \leq 1,0$

Т а б л и ц а А.3 – Классификация песчаных грунтов по плотности сложения (учебная)

Вид песков	Плотность сложения		
	плотные	средней плотности	рыхлые
Гравелистые, крупные и средние	$e < 0,55$	$0,55 \leq e \leq 0,70$	$e > 0,70$
Мелкие	$e < 0,60$	$0,60 \leq e \leq 0,75$	$e > 0,75$
Пылеватые	$e < 0,60$	$0,60 \leq e \leq 0,80$	$e > 0,80$

Т а б л и ц а А.4 – Классификация глинистых грунтов по консистенции

Консистенция		Показатель текучести
Супесь	твердая	$I_L < 0$
	пластичная	$0 \leq I_L \leq 1$
	текучая	$I_L > 1$
Суглинок и глина	твердые	$I_L < 0$
	полутвердые	$0 \leq I_L \leq 0,25$
	тугопластичные	$0,25 < I_L \leq 0,5$
	мягкопластичные	$0,5 < I_L \leq 0,75$
	текучепластичные	$0,75 < I_L \leq 1$
	текучие	$I_L > 1$

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(справочное)

Типовые конструкции пролетных строений

Двухблочные пролетные строения из обычного железобетона с пониженной строительной высотой (плитные). Серия проекта инв. № 3.501.1–146

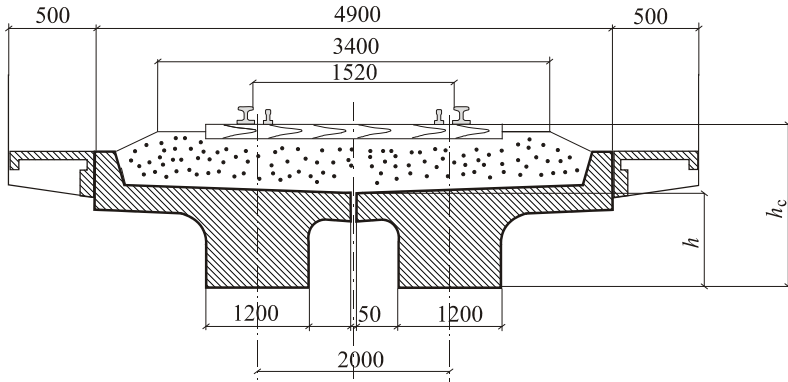


Рисунок Б.1 – Поперечное сечение пролетного строения

Т а б л и ц а Б.1 – Основные данные пролетных строений

Полная длина l_n , м	Расчетный пролет l_p , м	Строительная высота от подошвы рельса до низа балки h_c , м	Высота балки h , м	Класс бетона балок	Масса балки с изоляцией, т
2,95	2,55	0,97	0,35	B25	7,6
4,00	3,60	0,97	0,35	B27,5	10,3
6,00	5,40	1,07	0,45	B27,5	17,0
9,30	8,70	1,22	0,60	B30	28,3
11,50	10,80	1,32	0,70	B30	41,3

Двухблочные пролетные строения из обычного железобетона (ребристые). Серия проекта инв. № 3.501.1–146

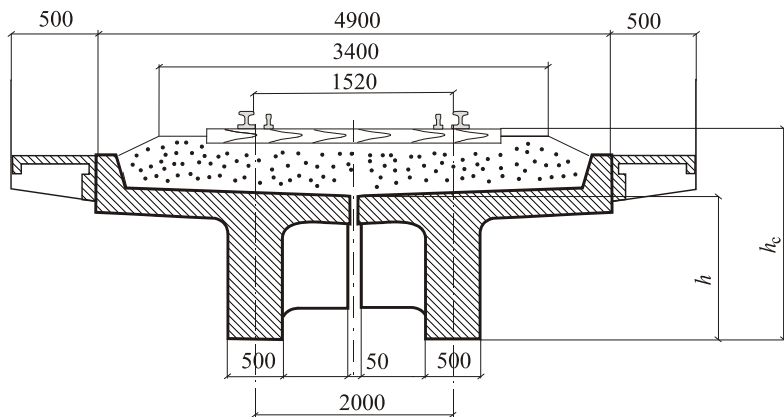


Рисунок Б.2 – Поперечное сечение пролетного строения

Т а б л и ц а Б.2 – Основные данные пролетных строений

Полная длина l_n , м	Расчетный пролет l_p , м	Строительная высота от подошвы рельса до низа балки h_c , м	Высота балки h , м	Класс бетона балок	Масса балки с изоляцией, т
9,30	8,70	1,51	0,89	B27,5	23,9
11,50	10,80	1,66	1,04	B27,5	31,7
13,50	12,80	1,81	1,19	B27,5	39,8
16,50	15,80	2,01	1,39	B27,5	52,8

Двухблочные пролетные строения из предварительно напряженного железобетона. Серия проекта инв. № 3.501-175.93

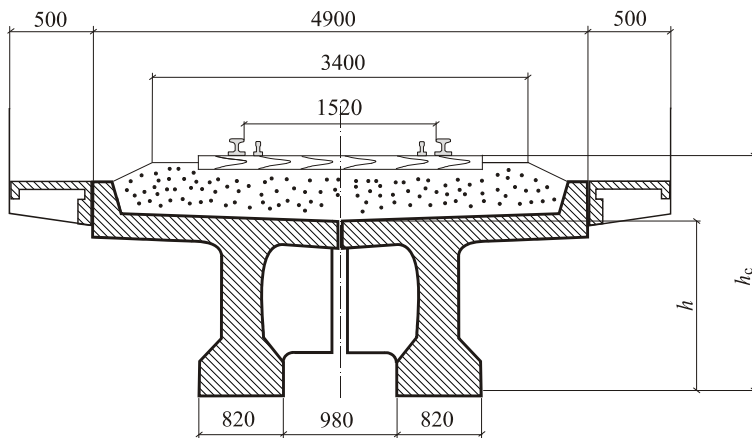


Рисунок Б.3 – Поперечное сечение пролетного строения

Т а б л и ц а Б.3 – Основные данные пролетных строений

Полная длина l_n , м	Расчетный пролет l_p , м	Строительная высота от подошвы рельса до низа балки h_c , м	Высота балки h , м	Класс бетона балок	Масса балки с изоляцией, т
16,5	15,8	2,01	1,39	B30	46,9
18,7	18,0	2,43	1,55	B30	60,9
23,6	22,9	2,56	1,85	B30	82,9

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(справочное)

**Типовые конструкции опор
балочно-разрезных мостов**

Возможность применения того или иного типа опор помимо других факторов ограничивается их высотой, а также типом и длиной опирающихся пролетных строений. Для промежуточных опор возможно опирание неодинаковых пролетных строений. В таком случае конструкция их оголовков дополняется переходными железобетонными подферменниками (на схемах показаны пунктиром), имеющими размеры в плане, соответствующим размерам опорных частей, увеличенным на 30–40 см в каждом направлении,

В.1 Свайные опоры

Привязка свайных опор к местным условиям требует расчета несущей способности свай по грунту, в результате которого устанавливаются необходимая глубина их забивки l_3 и полная длина. Эти данные позволяют определить объемы свай, не включенные в таблицы основных данных к опорам.

В таблицах основных данных приводятся вертикальные расчетные усилия на одну сваю, количество вертикальных n_v и наклонных свай n_n в опоре.

**В.1.1 Свайные устои для мостов эстакадного типа
под железобетонные пролетные строения с ездой поверху.
Типовой проект № 708/11, ЛГТМ – 1974 г.**

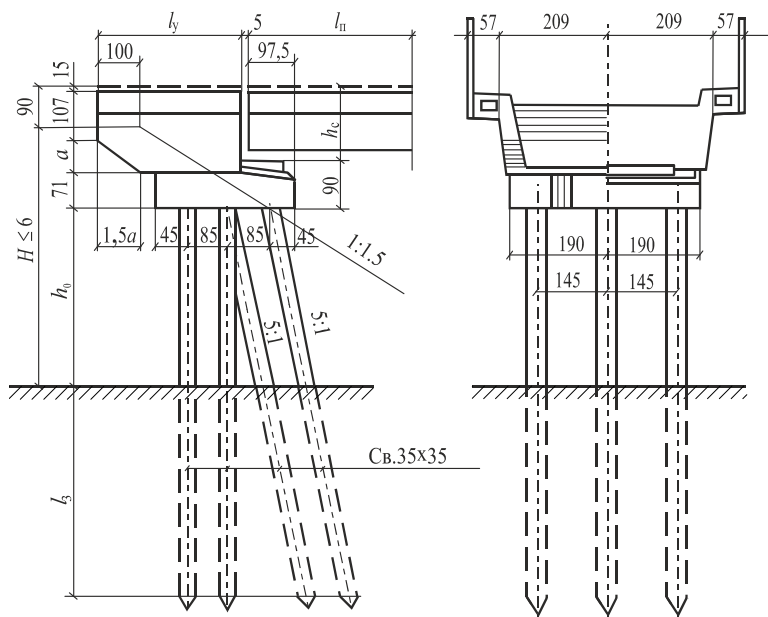


Рисунок В.1 – Схема устоя

Т а б л и ц а В.1 – Основные размеры устоев

Размеры, см				Объемы, м ³	
l_n	h_c	l_y	a	сборный железобетон без свай	монолитный бетон
600	103	210	0	8,8	0,9
930	161	295	58	11,6	0,9
1150	176	320	73	12,4	0,9

Т а б л и ц а В.2 – Количество вертикальных n_v и наклонных n_n свай в опоре, расчетные усилия в сваях

$l_{из}$, м	6,0					9,3					11,5				
H , м	2	3	4	5	6	2	3	4	5	6	2	3	4	5	6
n_v	8	8	8	3	4	8	8	8	3	4	8	8	8	3	4
n_n	0	0	0	3	4	0	0	0	3	4	0	0	0	3	4
N_c , кН	380	430	490	520	470	440	530	630	680	610	550	630	710	760	700

Примечание – При использовании свай сечением 40×40 см ($n_v = n_n = 4$) допустимая высота устоя увеличивается до 8 м.

**В.1.2 Свайные устои под железобетонные пролетные строения
длинной $l_{п} = 16,5...23,6$ м с ездой поверху.
Типовой проект № 828/1, ЛГТМ – 1971 г.**

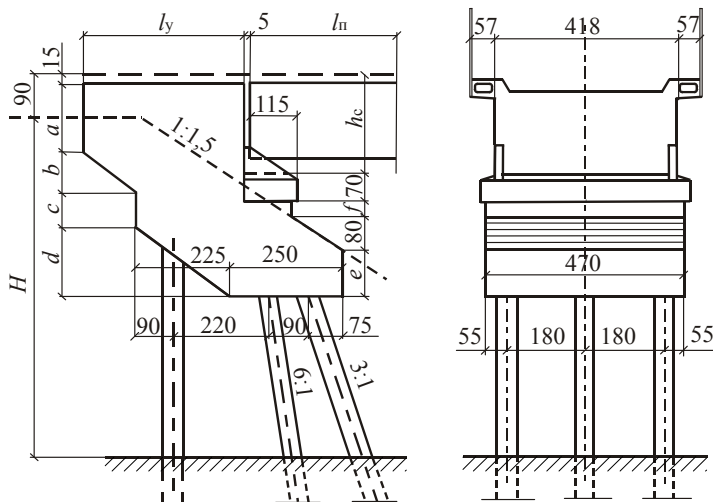


Рисунок В.2 – Схема опоры
(при использовании в опоре 12 призматических свай
их располагают в 3 поперечных ряда по 4 штуки с интервалом 120 см)

Т а б л и ц а В.3 – Основные размеры устоя

$l_{п}, м$	$H, м$	Размеры, см							
		l_y	h_c	a	b	c	d	e	f
16,5	8–10	375	212	150	90	85	165	112	31
18,7	8–10	375	243	150	90	85	165	112	34
23,6	8–12	530	285	135	155	135	165	92	78

Т а б л и ц а В.4 – Количество свай и объем бетона

$l_{п}, м$	$H, м$	Количество свай, шт.	Сечение свай, см	Объемы (без свай), $м^3$		Усилия N_c в сваях, кН
				сборный железобетон	монолитный железобетон	
16,5	8	9	Ø60	11,88	42,47	1300
	8	12	35×35			950
	8	12	40×40			970
	10	12	40×40			1010
18,7	8	9	Ø60	11,88	40,88	1310
	8	12	35×35			980
	8	12	40×40			1000
	10	12	40×40			1080

Окончание таблицы В.4

$l_{п2}$, м	H , м	Количество свай, шт.	Сечение свай, см	Объемы (без свай), м ³		Усилия N_c в сваях, кН
				сборный железобетон	монолитный железобетон	
23,6	8	9	Ø60	15,68	46,19	1480
	10	9	Ø60			1615
	10	12	40×40			1168
	12	12	40×40			1306

В.1.3 Свайные промежуточные опоры для мостов эстакадного типа под железобетонные пролетные строения с ездой поверху.
Типовой проект № 708/11, ЛГТМ – 1974 г.

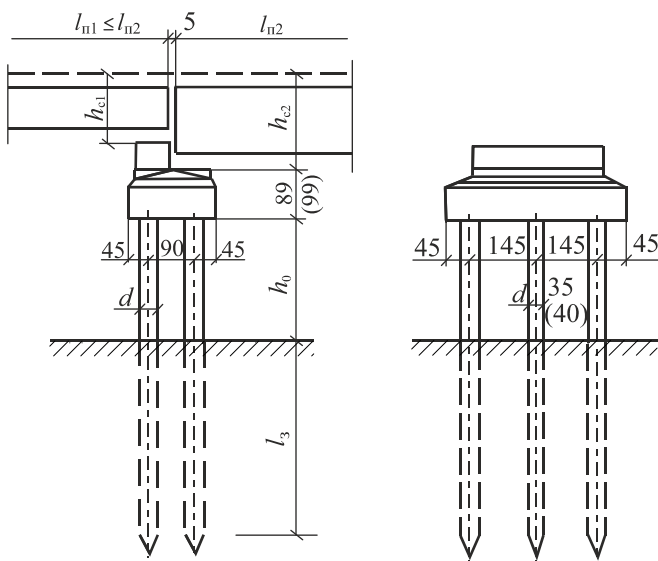


Рисунок В.3 – Схема опоры
 (размеры в скобках при сечении свай 40×40 см)

Т а б л и ц а В.5 – Объем бетона промежуточной свайной опоры

Размеры, см		Объемы, м ³		
$l_{п2}$	h_{e2}	сборный железобетон (без свай)		монолитный бетон
		при сваях 35×35 см	при сваях 40×40 см	
600	103	4,5	5,9	0,7
930	161	4,5	5,9	0,7
1150	176	4,5	5,9	0,7
1350	190	4,5	5,9	0,7
1650	210	4,5	5,9	0,7

Т а б л и ц а В.6 – Расчетные усилия в сваях

l_n , м	Высота насыпи подхода H , м	Сечение свай d , см	Усилия N_c в сваях, кН
6,0	2	35	440
	3	35	450
	4	35	460
	5	35	480
9,3	2	35	600
	3	35	660
	4	35	680
	5	35	710
	6	40	730
11,5	4	35	820
	5	35	860
	6	40	890
13,5	3	35	900
	4	35	940
	5	40	980
	6	40	1020
16,5	3	40	1040
	4	40	1090
	5	40	1140
	6	40	1190

В.2 Стоечные и рамные опоры

Для стоечных и рамных опор предусмотрены в качестве основного типа фундаменты мелкого заложения на естественном основании. Возможность их применения устанавливается путем сопоставления расчетных напряжений по подошве фундамента δ с расчетным сопротивлением грунта R .

При $\delta > R$ стоечные и рамные опоры могут применяться с фундаментами из вертикальных свай, объединенных сборной железобетонной плитой. Для рамных опор плита свайного фундамента в типовом проекте предусмотрена сборной, для стоечных – монолитной или сборно-монолитной.

Возможно использовать для этих видов опор и монолитный бетонный фундамент. Высота фундамента плиты из монолитного бетона $(1,2 \dots 1,5) + 2d_c$ (м).

По усилию N_c подбирается длина свай принятого сечения.

Объемы свай и плиты свайного фундамента не учтены в табличных данных, а дополнительно рассчитываются.

Верхние части – насадки и шкафные блоки – стоечных опор конструктивно однотипны с аналогичными элементами свайных опор. Идентификация свайных и стоечных опор осуществляется по размерам опирающихся на них пролетных строений.

В.2.1 Стоечные устои для мостов эстакадного типа на вертикальных стойках.

Типовой проект № 708/11, ЛГТМ – 1974 г.

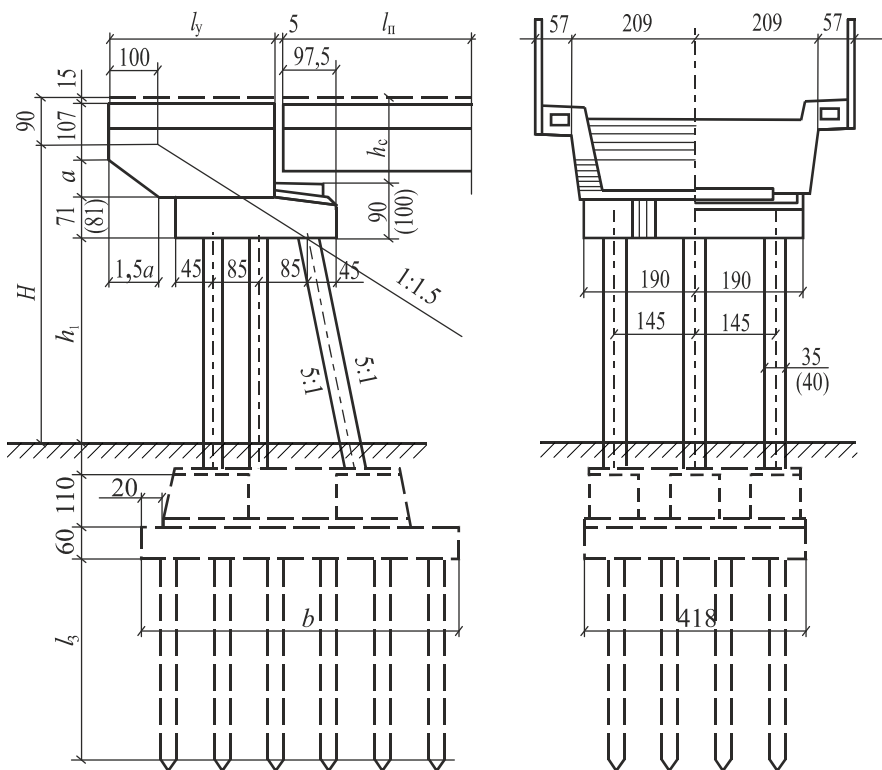


Рисунок В.4 – Схема устоя с вариантом свайного фундамента (размеры в скобках при сечении свай 40×40 см)

Т а б л и ц а В.7 – Устои на шести стойках сечением 35×35 см

l_n , м	H , м	Размеры, см		Объемы железобетона, м ³			Напряжения по подошве фундамента σ , МПа
		h_1	b	стоек	фундамента (без плиты и свай)		
					сборного	монолитного	
6,0	5	450	600	4,0	24,5	3,4	0,30
	6	550	600	4,8	24,5	4,4	0,35
9,3	5	400	600	3,7	24,5	2,0	0,31
	6	500	600	4,4	24,5	3,9	0,36
11,5	5	350	600	3,3	24,5	2,5	0,35
	6	450	600	4,0	24,5	3,4	0,38

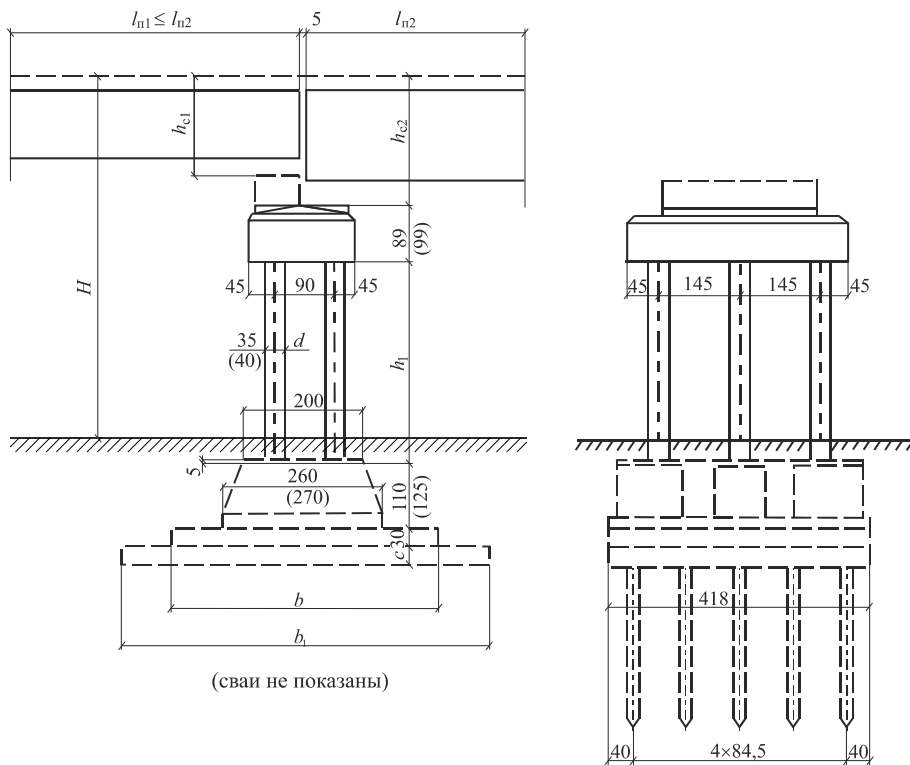
Т а б л и ц а В.8 – Устои на восьми стойках сечением 40×40 см

l_n , м	H , м	Размеры, см		Объемы железобетона, м ³			Напряжения по подошве фундамента σ , МПа
		h_1	b	стоек	фундамента		
					монолитного	сборного	
9,3	7	600	700	9,0	4,5	26,5	0,37
	8	700	700	10,2	4,5	27,3	0,43
11,5	7	550	700	8,3	4,5	26,1	0,39
	8	650	700	9,6	4,5	26,9	0,44

В.2.2 Стоечные промежуточные опоры для мостов эстакадного типа под железобетонные пролетные строения с ездой поверху. Типовой проект № 708/11, ЛГТМ – 1974 г.

Т а б л и ц а В.9 – Опоры на стойках сечением 40×40 см

l_n , м	H , м	Размеры, см					Объемы, м ³					Напряжения по подошве фундамента σ , МПа
		h_{c2}	h_1	b	b_1	c	оголовка		стоек	фундамента		
							монолитного	сборного		сборного	монолитного	
9,3	7	161	600	440	–	–	–	5,9	6,7	13,4	3,9	0,29
	8		700						7,7			0,30
11,5	7	176	550	440	–	–	–	5,9	6,2	13,4	3,9	0,32
	8		650						7,2			0,34
13,5	7	190	550	440	540	40	–	5,9	6,2	22,0	3,9	0,31
16,5	7	210	550	440	540	40	–	5,9	6,2	22,0	3,9	0,36



(сваи не показаны)

Рисунок В.5 – Схема опоры
(размеры в скобках при сечении стоек 40×40 см)

Т а б л и ц а В.10 – Опоры на стойках сечением 35×35 см

l_{n2} , м	H , м	Размеры, см					Объемы, м ³				Напряжения по подошве фундамента σ , МПа	
		h_{c2}	h_1	b	b_1	c	оголовка		стоек	фундамента		
							сборного	монолитного		сборного		монолитного
6,0	2	103	150	380	-	-	4,5	-	1,9	12,0	3,9	0,20
	3		250						2,6			0,21
	4		350						3,3			0,22
	5		450						4,0			0,23
	6		550						4,8			0,24

Окончание таблицы В.10

l_{n2} , м	H , м	Размеры, см						Объемы, м ³				Напряжения по подошве фундамента σ , МПа
		$h_{с2}$	h_1	b	b_1	c	оголовка		стоек	фундамента		
							сборного	МОНОЛИТНОГО		сборного	МОНОЛИТНОГО	
9,3	2	161	100	380	-	-	4,6	-	1,5	12,0	3,9	0,27
	3		200						2,2			0,28
	4		300						2,9			0,30
	5		400						3,7			0,31
	6		500						4,4			0,32
11,5	2	176	50	380	-	-	4,6	-	1,1	12,0	3,9	0,30
	3		150						1,9			0,31
	4		250						2,6			0,33
	5		350						3,3			0,35
	6		450						4,0			0,31
13,5	4	190	250	440	-	-	4,6	-	2,6	12,8	3,9	0,32
	5		350		540	40			3,3			0,29
	6		450						4,0			21,4
16,5	4	210	250	440	-	-	4,6	-	2,6	12,8	3,9	0,38
	5		350		540	40			3,3			0,32
	6		450						4,0			21,4

В.2.3 Промежуточные опоры рамного типа под железобетонные пролетные строения длиной $l_n = 13,5...23,6$ м с ездой поверху. Типовой проект № 636, ГТМ – 1969 г.

Т а б л и ц а В.11 – Опоры рамного типа

l_{n2} , м	H , м	Размеры, см	Объемы, м ³			Напряжения по подошве фундамента σ , МПа	
			b	сборный железобетон			монолитный железобетон
				рамы	фундамент		
13,5	7,43	520	8,5	18,12	1,39	0,29	
		380		9,23		0,43	
	9,13	520	9,86	18,12	1,39	0,35	
		380		9,23		0,50	
16,5	7,43	520	8,5	18,12	1,39	0,37	
		380		9,23		0,55	
	9,13	520	9,86	18,12	1,39	0,39	
		380		9,60		0,52	

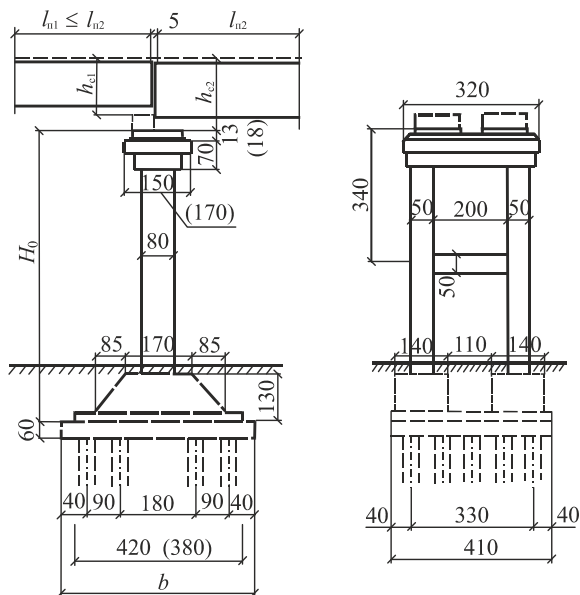


Рисунок В.6 – Схема опоры с вариантом свайного фундамента на 20 свай
(размеры в скобках – при $l_{n2} > 18,7$ м)

Т а б л и ц а В.12 – **Опоры рамного типа**

l_{n2} , м	H_0 , м	Размеры, см		Объемы, м ³		Напряжения по подошве фундамента σ , МПа
		b	сборный железобетон		монолитный железобетон	
			рамы	фундамент		
18,7	7,48	520	8,5	18,12	1,39	0,37
		420		9,60		0,50
	9,18	520	9,86	18,12	1,39	0,41
		440		16,81		0,51
	11,2	520	11,5	18,12	1,39	0,43
23,6	7,48	520	8,5	18,12	1,39	0,44
		460		17,14		0,52
	9,18	520	9,86	18,12	1,39	0,48
		460		17,14		0,58
		11,2	520	11,5	18,12	1,39

В.3 Массивные опоры

Для массивных опор применяется свайный фундамент из монолитного бетона. Высота фундамента конструктивно применяется $(1,2 \dots 1,5) + 2d_c$ (м). Размещение свай в плане симметрично осей фундамента.

Массивные промежуточные сборно-монолитные и монолитные бетонные опоры под железобетонные пролетные строения длиной $l_n = 16,5 \dots 23,6$ м с ездой поверху.
Типовой проект № 828/2 и 828/3, ЛГТМ – 1971 г.

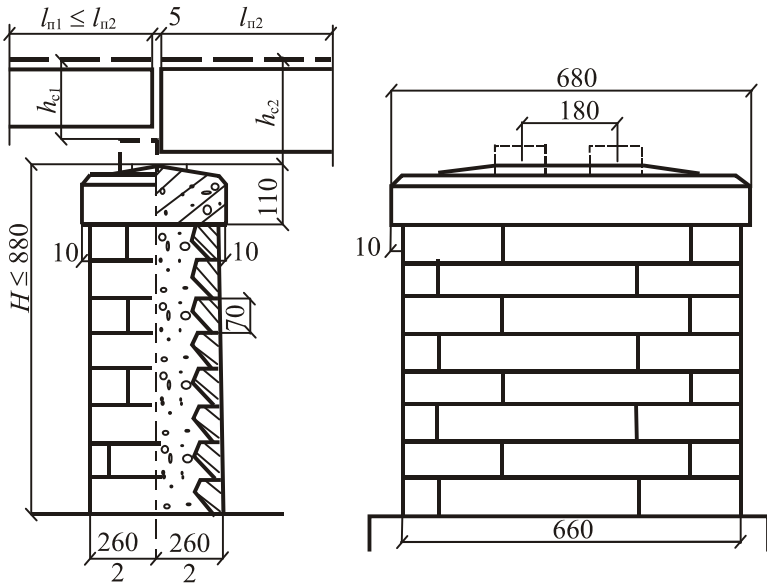


Рисунок В.7 – Схема опоры

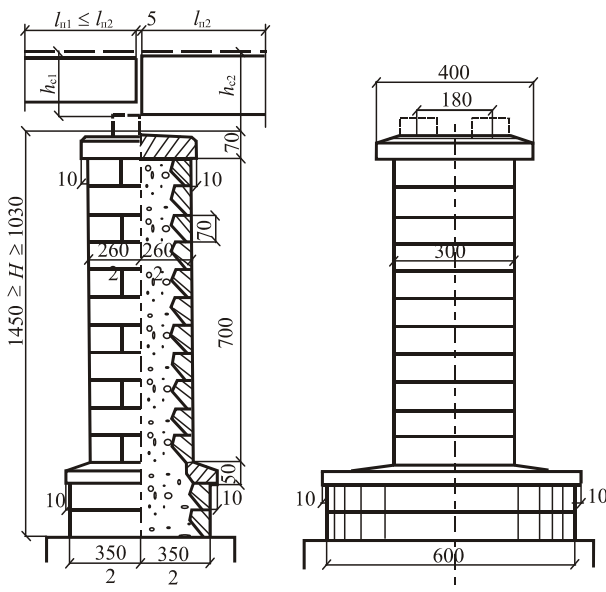


Рисунок В.8 – Схема опоры

Таблица В.13 – Сборно-монолитные и монолитные бетонные опоры (без фундаментов)

Номер рисунка	$H, \text{ м}$	Объемы сборно-монолитных опор, м^3		Объемы монолитных бетонных опор, м^3	
		блоки	заполнение	бетонное тело	подферменник и прокладной ряд
В.7	6,7	38,3	58,8	87,9	9,2
	7,4	42,2	65,9	98,9	
	8,1	46,2	72,9	109,9	
	8,8	50,1	80,0	120,9	
В.8	10,3	55,3	81,7	124,5	12,5
	11,0	57,7	84,8	130,0	
	11,7	60,1	87,8	135,4	
	12,4	62,5	90,9	140,9	
	13,1	64,9	94,0	146,4	
	13,8	67,3	97,1	151,9	
В.9	14,5	69,7	100,2	157,4	15,8
	16,4	80,9	136,3	201,4	
	17,1	84,1	142,2	210,5	
	17,8	87,3	148,1	219,6	
	18,5	90,4	154,10	228,7	
	19,2	93,6	160,0	237,8	
	19,9	96,7	165,9	246,8	
20,6	101,0	171,8	257,0		

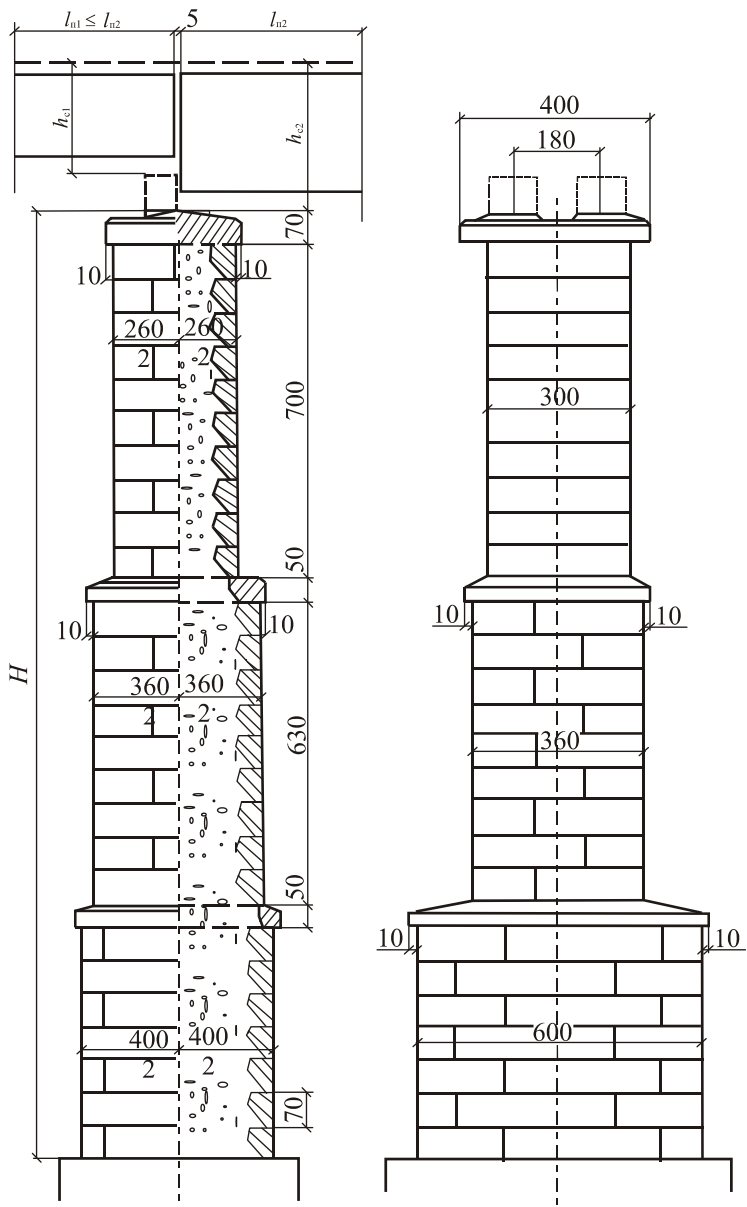


Рисунок В.9 – Схема опоры

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- 1 **ТКП 45-3.03-232-2011**. Мосты и трубы. Строительные нормы проектирования. – Мн.: Минстройархитектуры, 2012. – 298 с.
- 2 **СТБ 943-2007**. Грунты. Классификация. – Взамен СТБ 947-93 ; введ. 01.01.2007. – Мн. : Госстандарт РБ, 2007. – 20 с.
- 3 **Осипов, В. О.** Мосты и тоннели на железных дорогах / В. О. Осипов. – М. : Транспорт, 1988. – 367 с.
- 4 **Российский, В. А.** Примеры проектирования сборных железобетонных мостов / В. А. Российский. – М. : Высшая школа, 1970. – 519 с.
- 5 **Петропавловский, А. А.** Проектирование деревянных и железобетонных мостов / А. А. Петропавловский. – М. : Транспорт, 1978. – 359 с.
- 6 **Этин, П. Ю.** Проектирование среднего железобетонного железнодорожного моста на свайном основании / П. Ю. Этин. – Гомель : БелГУТ, 2009. – 59 с.
- 7 **Другов, Л. И.** Разработка вариантов моста и путепровода под железную дорогу / Л. И. Другов. – Гомель: БелИИЖТ, 1985. – 51 с.
- 8 **Другов, Л. И.** Гидрологические работы и проектирование мостовых переходов / Л. И. Другов, Т. Н. Зайцева. – Гомель: БелИИЖТ, 1979. – 36 с.

Учебное издание

ЛЕВТРИНСКИЙ Владимир Викторович
ЭТИН Павел Юрьевич

Мосты и сооружения на дорогах

Учебно-методическое пособие
по выполнению контрольной работы № 1
для студентов заочного факультета

Редактор *Н. А. Дашкевич*
Технический редактор *В. Н. Кучерова*
Компьютерный набор и верстка *П. Ю. Этина, Т. И. Шляхтовой*

Подписано в печать 01.04.2013 г. Формат 60×84¹/₁₆.
Бумага офсетная. Гарнитура Times. Печать на ризографе.
Усл. печ. л. 2,56. Уч.-изд. л. 2,22. Тираж 300 экз.
Зак. № . Изд. № 160

Издатель и полиграфическое исполнение
Белорусский государственный университет транспорта:
ЛИ № 02330/0552508 от 09.07.2009 г.
ЛП № 02330/0494150 от 03.04.2009 г.
246653, г. Гомель, ул. Кирова, 34.

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»**

Кафедра «Строительные конструкции, основания и фундаменты»

В. В. ЛЕВТРИНСКИЙ, П. Ю. ЭТИН

МОСТЫ И СООРУЖЕНИЯ НА ДОРОГАХ

**Учебно-методическое пособие
по выполнению контрольной работы № 1
для студентов заочного факультета**

Гомель 2013