

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

Кафедра «Строительные конструкции, основания и фундаменты»

П. Ю. ЭТИН

ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО АВТОДОРОЖНОГО МОСТА
НА СВАЙНЫХ ОПОРАХ

Учебно-методическое пособие
по курсовому проектированию

Одобрено методической комиссией строительного факультета

Гомель 2010

УДК 624.21.001.63(075.8)
ББК 39.112
Э90

Р е ц е н з е н т – главный инженер проекта АП «Минский Пром-
транспроект» *П.Н. Горбачев*

Этин, П. Ю.

Э90 Проектирование железобетонного автодорожного моста на свайных опорах : учеб.-метод. пособие по курсовому проектированию / П. Ю. Этин ; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2010. – 60 с.
ISBN 978-985-468-713-1

Приведена последовательность проектирования железобетонного автодорожного моста на свайном основании.

Разработано на основе действующих технических нормативных правовых актов (ТНПА).

Предназначено для выполнения курсовой работы по дисциплине "Проектирование и строительство мостов" студентами специальности "Строительство автомобильных дорог".

УДК 624.21.001.63(075.8)
ББК 39.112

ISBN 978-985-468-713-1

© Этин П.Ю., 2010
© Оформление. УО "БелГУТ", 2010

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Определение расчетного расхода воды.....	7
2 Определение отверстия моста.....	10
3 Расчет длины моста и разбивка его на пролеты.....	15
4 Назначение ширины моста, компоновка пролетных строений.....	18
5 Проектирование опор моста.....	21
5.1 Проектирование береговых опор.....	22
5.2 Проектирование промежуточных опор.....	29
5.2.1 Определение нагрузок и расчетных усилий.....	29
5.2.2 Расчет фундамента под промежуточную опору.....	34
6 Устройство сопряжения моста с насыпью.....	35
7 Определение объемов основных строительных материалов и конструкций.....	37
8 Разработка схемы моста.....	38
Приложения	
А Исходные данные для проектирования автодорожного моста.....	39
Б Ведомость расчета скоростей течения и расходов воды по морфоствору.....	44
В Типовые конструкции пролетных строений.....	45
Г Типовые конструкции опор.....	46
Д Конструкции мостовых свай и стоек.....	53
Е Фасад моста.....	вкл.
Ж Справочные материалы для расчета опор.....	55
Список литературы.....	60

ВВЕДЕНИЕ

Данное учебно-методическое пособие предназначено для студентов специальности "Строительство автомобильных дорог", выполняющих курсовую работу по дисциплине "Проектирование и строительство мостов".

Цели курсовой работы: закрепление студентами знаний, полученных при изучении теоретического материала по разделу "Железобетонные мосты"; более детальное изучение элементов и конструкций пролетных строений, свайных опор; развитие творческого инженерного мышления.

В результате выполнения работы у студентов должны сформироваться навыки в работе с типовой проектной документацией, нормативной базой, справочниками и другой технической литературой.

Задание на курсовую работу

Исходные данные для выполнения курсовой работы принимаются студентом из приложения А в соответствии с вариантом задания.

Вариант задания определяется по формуле

$$B = \text{Ш} - (60n),$$

где Ш – последняя цифра шифра студенческого билета; n – переменная,

$$n = \text{div} \frac{\text{Ш}}{60}.$$

Функция *div* определяет целую часть частного от деления.

Пример определения варианта задания
Шифр студенческого билета 08–3СА–225г.
Следовательно, Ш = 225, тогда

$$n = \operatorname{div} \frac{225}{60} = 3;$$
$$B = 225 - (60 \cdot 3) = 45.$$

Таким образом, по таблице А.1 выбирается 45-й вариант задания.

Оформление курсовой работы

Пояснительная записка курсовой работы оформляется черными чернилами или с использованием компьютера (шрифт Times New Roman, размер 14 пт, межстрочный интервал – полуторный) на одной стороне листов белой писчей бумаги формата А4 со штампом и полями шириной: слева – 25 мм, справа и сверху – по 20 мм, снизу – 10 мм.

Чертежи нужно выполнять на отдельных листах миллиметровой бумаги формата А3. Расчетные схемы следует размещать по тексту.

Страницы курсовой работы должны быть пронумерованы.

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

Общая последовательность выполнения работы:

- 1 Определение расчетного расхода воды.
- 2 Определение отверстия моста.
- 3 Расчет длины моста и разбивка его на пролеты.
- 4 Назначение ширины моста, компоновка пролетных строений.
- 5 Проектирование опор моста.
- 6 Устройство сопряжения моста с насыпью.
- 7 Определение объемов основных строительных материалов и изделий.
- 8 Разработка схемы моста.

Выполненная работа сдается на проверку, и после устранения замечаний принятые решения должны быть защищены у преподавателя.

При проектировании и строительстве 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.

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.

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 или принятых градостроительно-планировочных решений, строительных и эксплуатационных показателей вариантов, а также русловых, геологических, гидрогеологических, ландшафтных и других местных условий, влияющих на технико-экономические показатели соответствующего участка дороги.

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. 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 (рисунок 1.1). На каждом из этих участков рассчитывается расход воды. При расчете используются формулы равномерного движения воды.

Средняя глубина на участке определяется по формуле

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

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

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

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

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

где γ_i – коэффициент шероховатости дна.

Площадь живого сечения определяется по формуле

$$\omega_i = B_i H_{\text{ср},i}, \quad (1.4)$$

где B_i – ширина i -го участка, м.

Расход воды на участке Q_i определяется по формуле

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

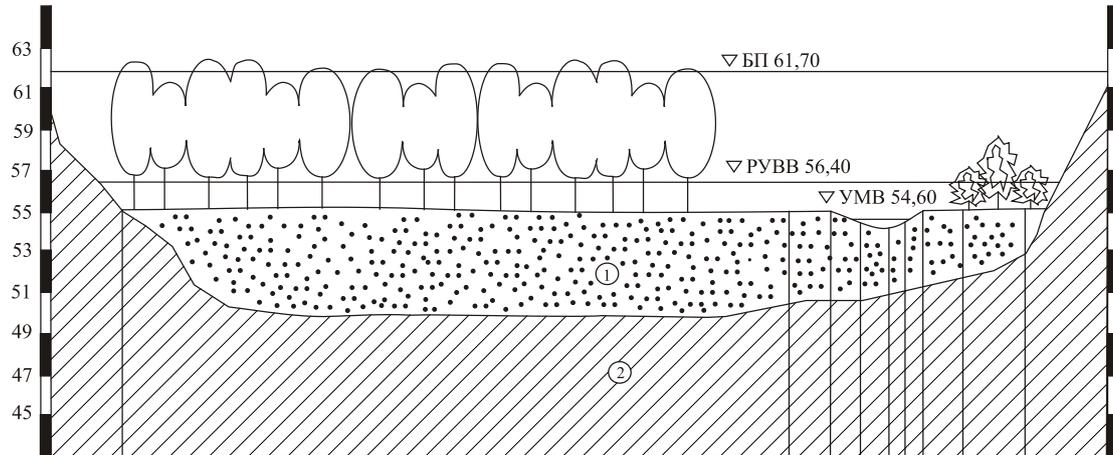
Общий расход воды в сечении морфоствора определяется как сумма расходов воды на всех участках

$$Q_{\text{расч}} = \sum_{i=1}^n Q_i. \quad (1.6)$$

Пример расчета. По заданным размерам ширины участков морфоствора, в соответствии с отметками бровки полотна ($\nabla\text{БП}$), уровня расчетной поверхности земли ($\nabla\text{УРГ}$), расчетного уровня высоких вод ($\nabla\text{РУВВ}$), уровня меженных вод ($\nabla\text{УМВ}$) вычерчивается на миллиметровой бумаге формата А3 профиль морфоствора (см. рисунок 1.1). Масштабы следует принимать: вертикальный 1 : 100, горизонтальный 1 : 1000.

На профиле морфоствора требуется привести классификацию залегаемых грунтов по гранулометрическому составу, плотности, степени влажности и показателю текучести. Справочные данные по грунтам представлены в приложении Ж.

Ведомость морфоствора (приложение Б) заполняется в соответствии с расчетами по формулам (1.1) – (1.6). Графы 1, 4, 5 заполняются в соответствии с исходными данными. Ведомость морфоствора рекомендуется отнести к приложению и представить в конце работы.



Номер участка	1	2			3	4	5	6	7					
Ширина участка B , м	20	160			10	7	7	4	10	15	20			
Коэффициент шероховатости γ	9	9			5	3		5	7	5				
Ситуация		Редкий лес			Луг		↑		Луг	Кустарник				
Отметка поверхности земли	60,00	55,00				55,00	55,00	54,80	54,40	54,80	55,00	55,00	55,00	61,00

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

Рисунок 1.1 – Профиль морфоствора

2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТВЕРСТИЯ МОСТА

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

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

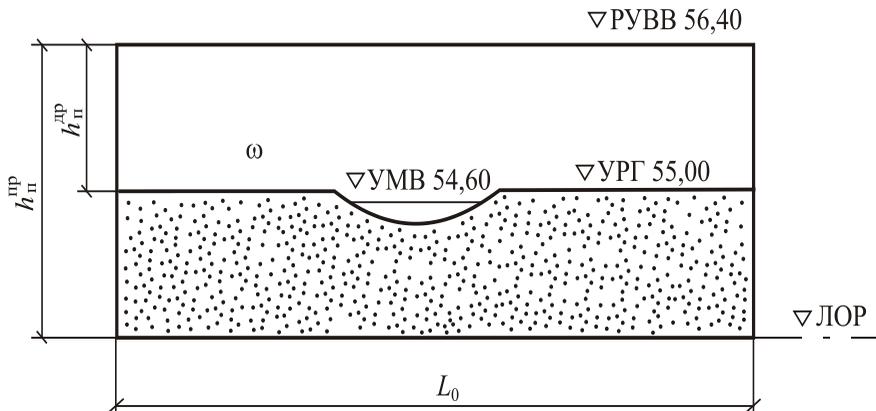


Рисунок 2.1 – Схема участка морфоствора в пределах отверстия моста

На рисунке 2.1 приняты следующие обозначения: L_0 – отверстие моста, м; $h_{п}^{др}$ – глубина потока до размыва, м; $h_{п}^{п}$ – глубина потока после размыва, м; ∇ ЛОР – отметка линии общего размыва, м; ω – требуемая площадь живого сечения под мостом, м².

Отверстие моста определяется по формуле

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

Глубина потока после размыва

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

где $[P]$ – допустимый коэффициент размыва; $[P] = 1,75$ [1, п. 1.31].

Глубина потока до размыва

$$h_{\text{п}}^{\text{ДР}} = \nabla \text{РУВВ} - \nabla \text{УРГ}. \quad (2.3)$$

Площадь живого сечения под мостом с учётом размыва

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

где $Q_{\text{расч}}$ – расчетный расход воды, м³/с; $v_{\text{расч}}$ – усреднённая равновесная расчётная скорость воды под мостом, м/с. Расчетная скорость определяется по приближенной эмпирической формуле

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

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

Неразмывающая скорость – это скорость воды в реке, при которой не размывается пойменная часть. Неразмывающая скорость определяется по формуле

$$v_{\text{нер}} = 3,64 \sqrt[4]{h_{\text{п}}^{\text{ДР}} d_{\text{ср}}}, \quad (2.6)$$

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

Средний диаметр частиц грунта находится в соответствии с графиком грансостава грунта и определяется 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 – диаметр, соответствующий данному содержанию частиц, мм.

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

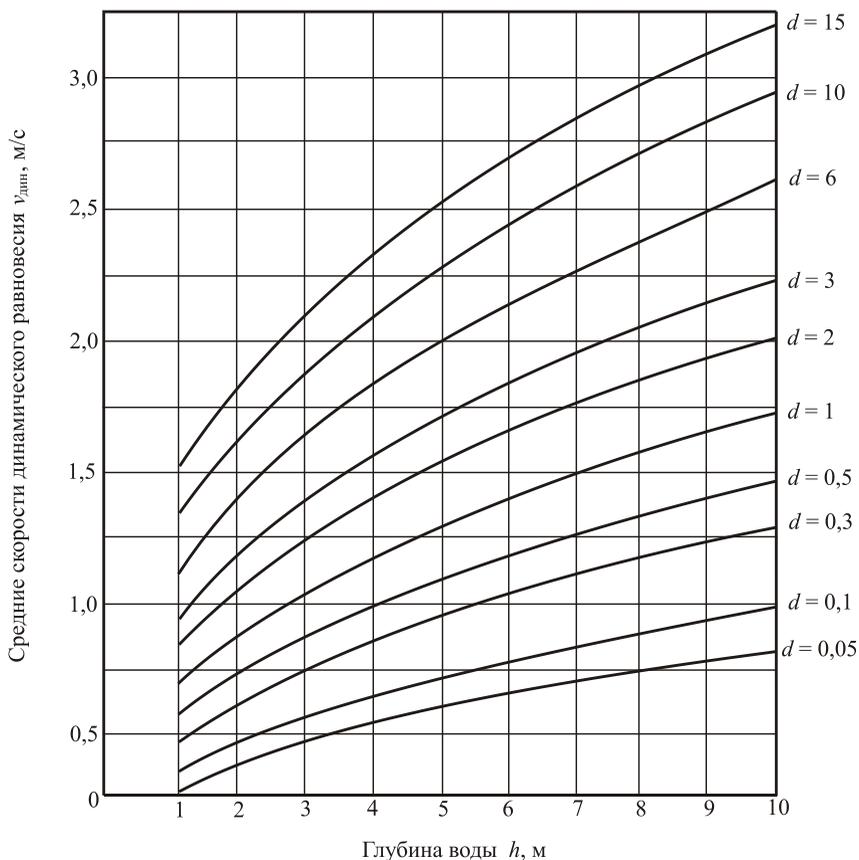


Рисунок 2.2 – График определения скорости динамического равновесия

Пример расчета. 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

$$d_{ср} = \frac{100 \cdot 1,7 + 90 \cdot 1,2 + 80 \cdot 1 + 70 \cdot 0,92 + 60 \cdot 0,86 + 50 \cdot 0,8}{10 + 20 + 30 + 40 + 50 + 60 + 70 + 80 + 90 + 100} + \frac{40 \cdot 0,74 + 30 \cdot 0,6 + 20 \cdot 0,53 + 10 \cdot 0,34}{10 + 20 + 30 + 40 + 50 + 60 + 70 + 80 + 90 + 100} = \frac{575,6}{550} = 1,05 \text{ мм.}$$

При $\nabla PУВВ = 56,40$ м и $\nabla УРГ = 55,00$ м по формулам (2.2) – (2.3)

$$h_{II}^{дР} = 56,40 - 55,00 = 1,40 \text{ м}; \quad h_{II}^{пР} = 1,75 \cdot 1,40 = 2,45 \text{ м.}$$

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

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

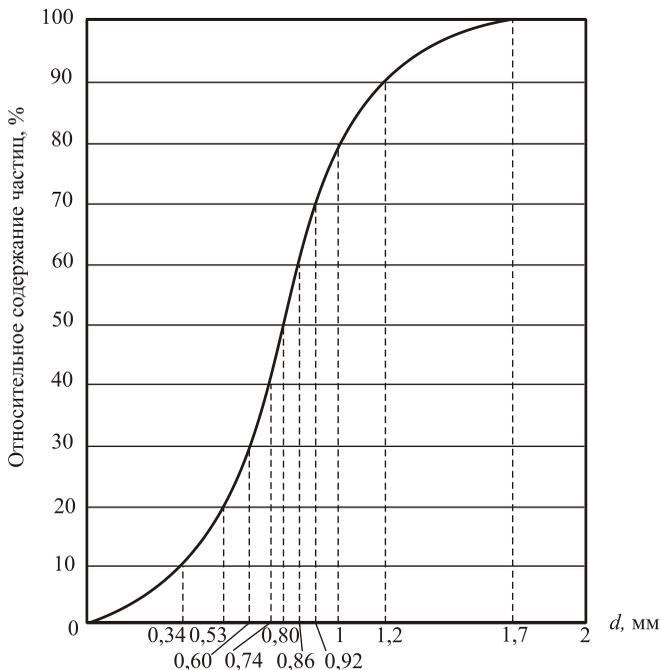


Рисунок 2.3 – Грансостав грунта

Вычислив средний диаметр частиц грунта и глубину потока после размыва, на листе миллиметровой бумаги формата А4 изображают 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 $v_{дин}$.

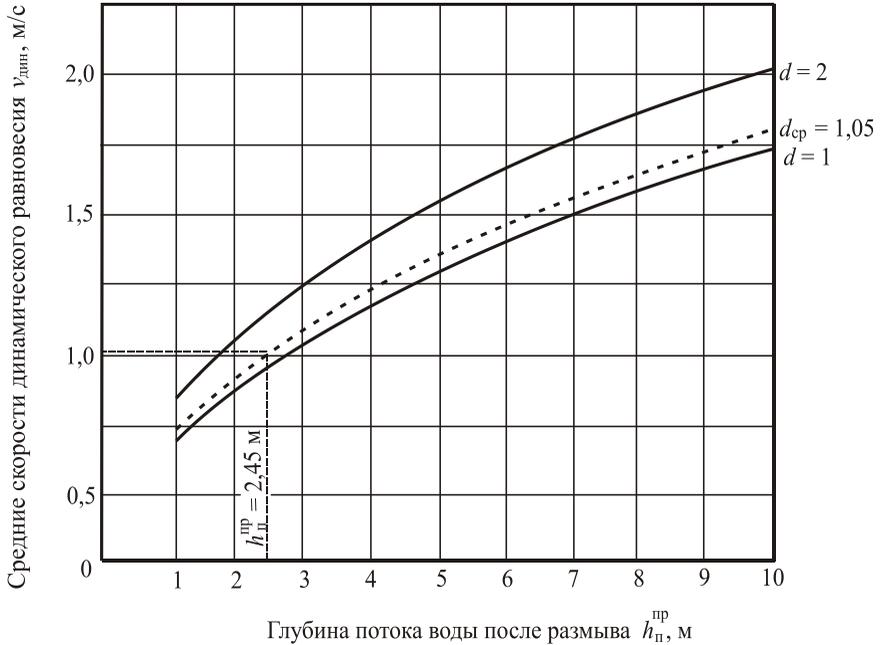


Рисунок 2.4 – График определения скорости динамического равновесия для разрабатываемого проекта

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

При $v_{\text{нер}} = 0,81 \text{ м/с}$ и $v_{\text{дин}} = 1 \text{ м/с}$ расчетная скорость по формуле (2.5)

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

При $Q_{\text{расч}} = 67,35 \text{ м}^3/\text{с}$ и $v_{\text{расч}} = 0,905 \text{ м/с}$ по формуле (2.4)

$$\omega = 67,35 : 0,905 = 74,420 \text{ м}^2.$$

При $\omega = 74,420 \text{ м}^2$ и $h_{\text{п}}^{\text{пп}} = 2,45 \text{ м}$ по формуле (2.1)

$$L_0 = 74,420 : 2,45 = 30,376 \text{ м}.$$

3 РАСЧЕТ ДЛИНЫ МОСТА И РАЗБИВКА ЕГО НА ПРОЛЕТЫ

Расчетное отверстие моста ($1,1L_0$) измеряется 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. Отметку ∇ ЛОР следует определять через среднюю глубину потока при паводке до размыва $h_{\text{ср}}^{\text{дР}} \cong h_{\text{п}}$ и заданный коэффициент размыва P как ∇ ЛОР = ∇ РУВВ – $h_{\text{ср}}^{\text{дР}} P$.

Схема к определению расчетной длины моста представлена на рисунке 3.1.

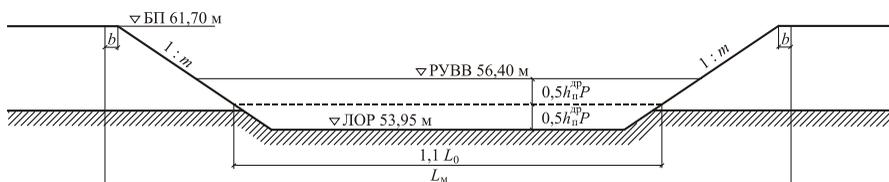


Рисунок 3.1 – Схема к определению расчетной длины моста

В соответствии с рисунком 3.1 расчетная длина моста определяется по формуле

$$L_{\text{м}} = 1,1L_0 + 2m(\text{БП} - \text{РУВВ} + 0,5h_{\text{п}}^{\text{дР}}P) + 2b, \quad (3.1)$$

где 1,1 – коэффициент, учитывающий толщину промежуточных опор; m – коэффициент заложения лобовых откосов насыпи; P – коэффициент общего размыва; b – длина части устоя, находящейся в насыпи, равная 0,75 – 1,0 м.

После определения расчетной длины моста следует разработать схему моста с разбивкой на пролеты.

Экономически целесообразна разбивка моста на пролеты в виде равнопролетной схемы ($nl_{\text{п}}$). На судоходных реках большим пролетом перекрывается судоходный участок русла, а остальная часть отверстия – меньшими пролетами ($l_{\text{к}} + l_{\text{п}} + l_{\text{к}}$).

Для перекрытия пролетов в курсовой работе рекомендуется применить типовые конструкции железобетонных пролетных строений серии 3.503.1–73 «Пролетные строения без диафрагм длиной 12, 15 и 18 м из

железобетонных балок таврового сечения с ненапрягаемой арматурой для автодорожных мостов». Данные по типовым конструкциям железобетонных пролетных строений приведены в приложении В.

Разбивку на пролеты ведут путем разработки нескольких схем моста.

Фактическая длина моста при равнопролетной схеме определяется по формуле

$$L_M^\Phi = 2l_y + nl_{\Pi} + a(n+1), \quad (3.2)$$

где l_y – длина устоя (номинальный размер 2,5 м); l_{Π} – длина пролётно-го строения; a – температурный зазор между разрезными пролетными строениями, принимаемый 0,05 – 0,10 м; n – число пролетов, принимаемое в процессе расчётов.

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

$$L_M^\Phi = 2l_y + \sum_{i=1}^k k_i l_{ki} + \sum_{i=1}^n n_i l_{\Pi i} + a(k+n+1), \quad (3.3)$$

где k_i , n_i – количество береговых (крайних) и русловых пролетов; l_{ki} , $l_{\Pi i}$ – длины береговых и русловых пролётных строений.

Фактическая длина моста будет несколько отклоняться от расчетной из-за суммирования ее из строго определенных размеров типовых пролетных строений. Величина отклонения не должна превышать $\pm 5\%$:

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

Пример расчета. Расчетную длину моста определяем на основании рисунка 3.1.

При $L_0 = 30,376$ м, $m = 1,5$; $\nabla\text{БП} = 61,70$ м, $\nabla\text{РУВВ} = 56,40$ м, $h_{\Pi}^{\text{ДП}} = 1,40$ м; $P = 1,75$ и $b = 1,0$ м по формуле (3.1):

$$L_M = 1,1 \cdot 30,376 + 2 \cdot 1,5 \cdot (61,70 - 56,40 + 0,5 \cdot 1,40 \cdot 1,75) + 2 \cdot 1,0 = 54,99 \text{ м.}$$

Таким образом, расчетная длина моста $L_M = 54,99$ м.

Для определения фактической длины моста назначается схема моста с разбивкой на пролеты (рисунок 3.2).

Последовательность расчета:

1 *Определить перекрываемую длину моста (L).*

Перекрываемая длина моста – это длина моста без учета конструкций устоев. Таким образом, перекрываемую длину моста можно определить как $L = L_M - 2l_y$.

При $L_M = 54,99$ м; $l_y = 2,5$ м

$$L = 54,99 - 2 \cdot 2,5 = 49,99 \text{ м.}$$

2 *Выполнить разбивку моста на пролеты.*

При разбивке моста на пролеты следует стремиться к уменьшению количества промежуточных опор, а также не назначать длину русловых пролетов меньше длины береговых.

Выбор оптимального варианта схемы моста ведется путем сравнения нескольких вариантов моста.

Схема разбивки моста на пролеты представлена на рисунке 3.2.

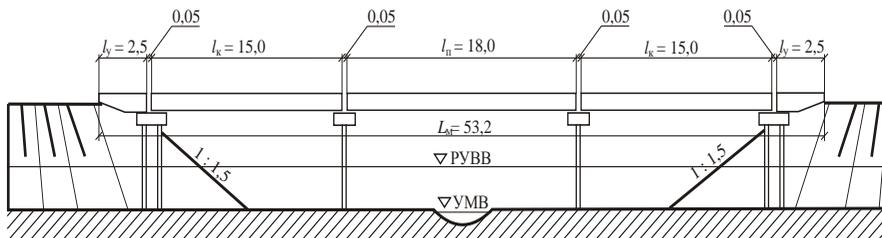


Рисунок 3.2 – Схема разбивки моста на пролеты

3 *Определить фактическую длину моста.*

При $l_y = 2,5$ м, $l_k = 15,0$ м, $l_n = 18,0$ м, $a = 0,05$ м; $k = 2$, $n = 1$ по формуле (3.3)

$$L_M^\Phi = 2 \cdot 2,5 + 2 \cdot 15,0 + 1 \cdot 18,0 + 0,05 \cdot (2 + 1 + 1) = 53,2 \text{ м.}$$

При $L_M = 54,99$ м и $L_M^\Phi = 53,2$ м по формуле (3.4)

$$\Delta = \frac{54,99 - 53,20}{53,20} \cdot 100 \% = 3,36 \% \leq 5 \% .$$

После выбора оптимального варианта схемы моста в курсовой работе необходимо изобразить в масштабе поперечное сечение пролетного строения максимальной длины (рисунок 3.3) и привести его характеристику (таблица 3.1).

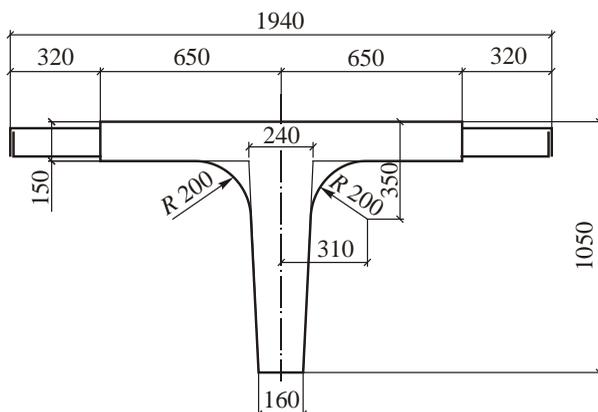


Рисунок 3.3 – Поперечное сечение железобетонного пролетного строения без диафрагм длиной 18 м

Т а б л и ц а 3.1 – Основные характеристики пролетного строения

Полная длина $l_{п}$, м	Расчетный пролет $l_{р}$, м	Высота h , м	Объем бетона класса В25, м ³	Масса балки, т	Расчетное усилие от максимальной суммарной нагрузки, кН
18,0	17,4	1,05	7,04	17,8	450,3

4 НАЗНАЧЕНИЕ ШИРИНЫ МОСТА, КОМПОНОВКА ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ

Ширина проезжей части моста назначается в соответствии со стандартными габаритами. **Габарит моста**, называемый также **габаритом приближения конструкций**, – это предельное поперечное очертание (в плоскости, перпендикулярной продольной оси проезжей части), в пределах которого обеспечивается беспрепятственный и безопасный пропуск подвижных транспортных средств и пешеходов. Внутри контура габарита не должны заходить какие-либо элементы сооружения или расположенные на нем устройства.

Габариты мостов на автомобильных дорогах и в городах условно обозначают буквой Г и числом (после тире), равным ширине в метрах проезжей части между бордюрами или ограждениями. При наличии разделительной полосы к обозначению габарита добавляется ее ширина, обозначаемая буквой С. Схемы габаритов приближения конструкций на автодорожных мостах приведены на рисунке 4.1 (левая половина

каждой схеме относится к случаю примыкания тротуаров к ограждениям, правая – к случаю отдельного размещения тротуаров). Основные размеры габаритов приближения конструкций приведены в таблице 4.1.

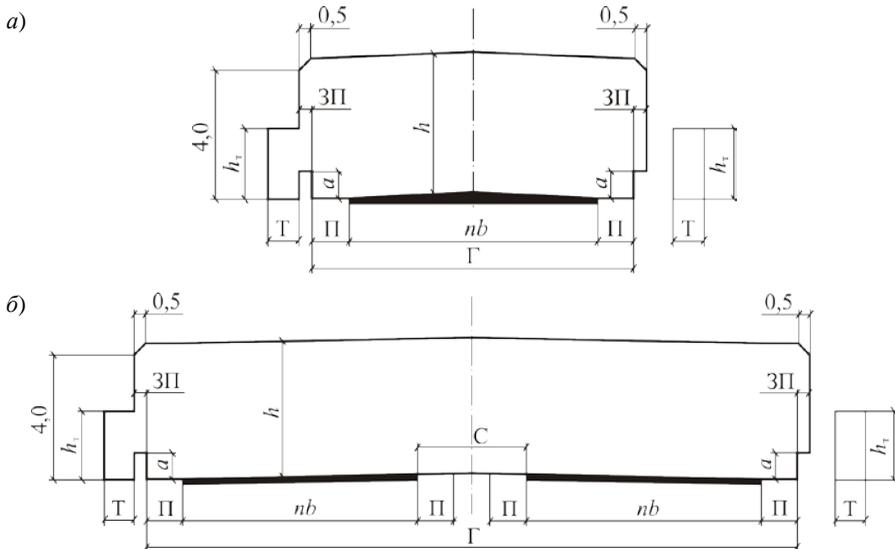


Рисунок 4.1 – Схемы габаритов приближения конструкций на автодорожных мостах:

a – при отсутствии разделительной полосы; *б* – с разделительной полосой

На рисунке 4.1 приняты следующие обозначения: *nb* – общая ширина проезжей части или ширина проезжей части для движения одного направления, м; *П* – полоса безопасности (предохранительная полоса), м; *С* – разделительная полоса, ширина которой равна расстоянию между кромками проезжих частей разного направления движения, м; *ЗП* – защитная полоса, принимается 0,5 м; *Г* – расстояние между ограждениями проезда, м; *Т* – ширина тротуаров. Ширину многополосных тротуаров следует назначать кратной 0,75 м; ширину однополосных тротуаров, располагаемых в уровне верха бордюров, следует назначать равной 1,0 м; на мостах, расположенных в городах, поселках и сельских населенных пунктах, ширина тротуара принимается 1,50 м; *h* – габарит по высоте (расстояние от поверхности проезда до верхней линии очертания габарита), принимается не менее 5,0 м; *a* – высота ограждений проездов, принимается не менее 0,75 м; *h_т* – габарит по высоте на тротуарах, принимаемый не менее 2,5 м.

Т а б л и ц а 4.1 – Основные размеры габаритов приближения конструкций

Категория дороги	Число полос движения n	Ширина проезжей части nb , м	Ширина полосы безопасности П, м	Габарит
I	6	11,25×2	2,5	$\Gamma - (13,75 + C + 13,75)$
	4	7,5×2		$\Gamma - (10 + C + 10)$
II	2	7,0	2,0	$\Gamma - 11$
III	2	7,0	1,5	$\Gamma - 10$
IV	2	6,0	1,0	$\Gamma - 8$
V	2	5,5	0,5	$\Gamma - 6,5$

Компоновка пролетных строений по ширине моста выполняется из одинаковых балок с постоянным их шагом, на поперечном уклоне, соответствующем уклону ездового полотна и с включением монолитных тротуарных плит в совместную работу с крайними балками.

Компоновка пролетных строений для мостов на дорогах II, III и IV категорий приведена на рисунке 4.2. Основные размеры при компоновке пролетных строений представлены в таблице 4.2.

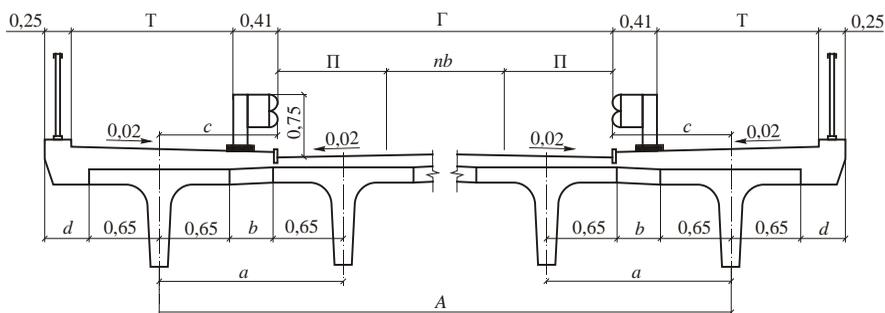


Рисунок 4.2 – Компоновка пролетных строений

Т а б л и ц а 4.2 – Основные размеры при компоновке пролетных строений

Габарит Γ	Ширина тротуара T , м	Количество балок, шт.	Ширина проезжей части nb , м	Ширина полосы безопасности П, м	A , м	a , м	b , м	d , м	c , м
$\Gamma-11$	1,5	9	7,0	2,0	13,1	1,64	0,34	0,46	1,05
$\Gamma-10$	1,5	8	7,0	1,5	11,9	1,70	0,40	0,56	0,95
$\Gamma-8$	1,5	7	6,0	1,0	10,2	1,70	0,40	0,41	1,10

5 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОПОР МОСТА

Опоры мостов передают нагрузки с пролетного строения на основание (грунт). Опоры являются ответственными элементами моста и должны обладать достаточной прочностью и устойчивостью, а величина осадок, кренов и сдвигов их не должна превышать допустимой. Перемещения опор, особенно неравномерные осадки, могут вызвать затруднения в эксплуатации моста, если при их появлении заметно нарушается профиль проезда или возникают значительные дополнительные усилия в пролетных строениях или в самих опорах.

В современных условиях для опор применяют, как правило, бетон и железобетон. Опоры могут быть массивными или облегченными. Применяют монолитные, частично сборные и полносборные опоры.

Наибольшее распространение в балочных железобетонных мостах получили свайные опоры. Это вызвано тем, что элементы свайных опор изготавливаются централизованно в больших количествах на заводах железобетонных конструкций, а оборудование для забивки свай несложное.

Опоры из железобетонных свай устраивают, забивая сваи на глубину не менее 4 м и объединяя их поверху насадкой. Насадку устанавливают в готовом виде на головы свай, реже бетонируют на месте. В первом случае головы свай заводят в полости, устроенные в насадке и заполняемые затем бетоном на мелком щебне или цементным раствором. Высота опор при одном ряду свай может достигать 4–5 м. Более высокие опоры приходится делать двухрядными, так как длина заводских свай ограничена. Поэтому при большой глубине забивки свай в грунт и значительной высоте моста целесообразно применять опоры, в которых на уровне земли или меженных вод сваи наращены. В этом случае на уровне голов свай бетонируют или устанавливают готовую нижнюю насадку. Верхнюю часть опор образуют из стоек, бетонируемых на месте или изготовленных заранее, входящих своими концами в нижнюю насадку и связанных поверху верхней насадкой. На верхнюю насадку опирают пролетные строения моста.

Свайные опоры применяют при пролетах до 20–30 м. При пролетах 8–15 м такие опоры по фасаду моста обычно состоят из одного ряда свай. При пролетах 15–20 м устраивают двухрядные свайные опоры.

В сборных насадках свайных опор обнаженную арматуру верхнего конца сваи слегка загибают внутрь и заводят в отверстие сборной на-

садки, обрезая часть стержней. Отверстие имеет пирамидальную сужающуюся кверху форму с шириной поверху не менее 20 см. Его заполняют бетоном, объединяя сваи с насадкой. Насадку изготавливают прямоугольного сечения с шириной, определяемой размерами и числом опорных частей, и высотой не менее 40 см. На верхней плоскости насадки укладывают слой бетона с уклоном 1:10 для стока воды или же насадку сразу делают с таким же уклоном верхней плоскости.

В курсовой работе требуется разработать конструкции береговых и промежуточных опор из железобетонных свай и рассчитать несущую способность свайных фундаментов. Для проектирования рекомендуется применить типовые конструкции свайных опор серии 3.503.1–79 «Опоры свайные железобетонные автодорожных мостов с пролетами до 24 м» (приложение Г).

5.1 Проектирование береговых опор

Береговые опоры (устои) служат для опирания на них крайних пролетных строений и для поддержания насыпей подходов.

Устои разделяют на два основных вида: **необсыпные** и **обсыпные**. Для обсыпных устоев характерно, что конус насыпи входит в пролет. При устоях необсыпного типа конус расположен в пределах длины самого устоя и его подошвы, он не выходит за переднюю грань устоя. В средних и больших мостах чаще всего применяют обсыпные устои.

Железобетонные устои могут иметь различные системы и конструкции. Устой простейшей конструкции устраивают на железобетонных сваях. Для этого делают его с насадкой, имеющей шкафную стенку и крылья, поддерживающие грунт насыпи.

Сборный устой состоит из отдельных элементов: шкафной стенки, насадки и откосных крыльев, которые объединяют сваркой выпусков арматуры, закладных деталей и укладкой бетона омоноличивания.

Блоки насадок соединяются между собой путем ванной сварки арматурных выпусков из блоков и последующего обетонирования поперечных стыков шириной от 50 до 100 см.

Блоки шкафных стенок запроектированы толщиной 20 см. Поперечное сечение блоков прямоугольное, переменной высоты, так как по верхней плоскости блоков предусмотрен уклон 2 ‰. Крайние блоки шкафных стенок – угловые и включают открылок с длиной вы-

ступающей части 2,3 м. В нижней части открьлков имеется скос 1 : 3 с размером 60×180 см. По верхней плоскости открьлков размещены две закладные детали для крепления блоков перил. В шкафной части углового блока по верхней плоскости блоков устраивается выступ высотой 30 см, ограничивающий переходную плиту сопряжения с насыпью.

Для подбора марки береговой опоры необходимы следующие исходные данные:

- схема моста;
- конструкция и длина пролетного строения;
- габарит и ширина моста;
- расчетная высота насыпей подходов H_n .

Выбор марки береговой опоры следует вести по таблицам Г.1 и Г.2.

Номенклатура и характеристика свайных железобетонных опор приведены в приложении Г.

Несущая способность свай зависит от размера сваи, свойства грунтов, в которых работает свая, технологии погружения забивных свай.

В расчете несущей способности свайного фундамента необходимо проверить выполнение условия

$$N_{\max} + Q_c \leq F_d \frac{\gamma_c}{\gamma_n}, \quad (5.1)$$

где N_{\max} – наибольшее расчетное продольное усилие в уровне верха сваи, кН; Q_c – вес сваи, кН (таблица Д.1); F_d – несущая способность сваи, кН; γ_c – коэффициент работы сваи в грунте, принимаемый равным 1,0; γ_n – коэффициент надежности по назначению сооружения и условий работы.

Если сваи фундамента моста опираются на нескальный грунт и плита ростверка расположена над его поверхностью, значения γ_n следует принимать в зависимости от числа свай в фундаменте n (таблица Ж.10).

Расчётная несущая способность сваи F_d определяется по формуле

$$F_d = \gamma_{cr} RA + U_i \sum \gamma_{cf} h_i R_{fi}, \quad (5.2)$$

где γ_{cr} , γ_{cf} – коэффициенты условий работы грунта под или над уширениями по длине ствола и под нижним концом сваи, допускается

принимать γ_{cr} и γ_{cf} по таблице Ж.7; A – площадь опирания на грунт нижнего конца (поперечного сечения) сваи, м²; U_i – усредненный периметр поперечного сечения ствола сваи в i -том слое грунта, м; R – расчетное сопротивление грунта под или над уширениями по длине ствола и под нижним концом сваи, кПа, принимаемое по таблице Ж.5; h_i – толщина i -го слоя грунта, м, соприкасающегося с боковой поверхностью сваи, принимаемая разбивкой массива на слои или по толщине прослоек; R_{ji} – расчетное сопротивление (прочность) i -го слоя грунта на боковой поверхности ствола сваи, кПа, принимаемое по таблице Ж.6.

Пример расчета

1 Выбрать марку береговых опор.

Марка береговых опор выбирается по таблицам Г.1–Г.4. Для выбора марки необходимо определить высоту насыпи подхода из выражения

$$H_n = \text{БП} - \text{УРГ} = 61,70 - 55,0 = 6,70 \text{ м.}$$

При Г–8 (габарит принят для данного примера) и $H_n = 6,70$ м принимаются береговые опоры с двурядным расположением свай, наращенных на уровне земли (рисунок 5.1). Шкафная стенка и насадка опоры компонуется из типовых блоков по таблицам Г.5–Г.12. В соответствии с требованиями длина шкафной стенки составляет 13,3 м, длина насадки – 11,2 м.

2 Определить наибольшее расчетное продольное усилие в уровне верха сваи.

Наибольшее расчетное продольное усилие в уровне верха сваи определяется по формуле

$$N_{\max} = \frac{G_d}{n_{\text{св}}}, \quad (5.3)$$

где G_d – расчетное сочетание продольных усилий, действующих на береговую опору по ширине моста в уровне верха свай, кН; $n_{\text{св}}$ – число свай, шт.

Расчет сочетания продольных усилий целесообразно вести в табличной форме (таблица 5.1).

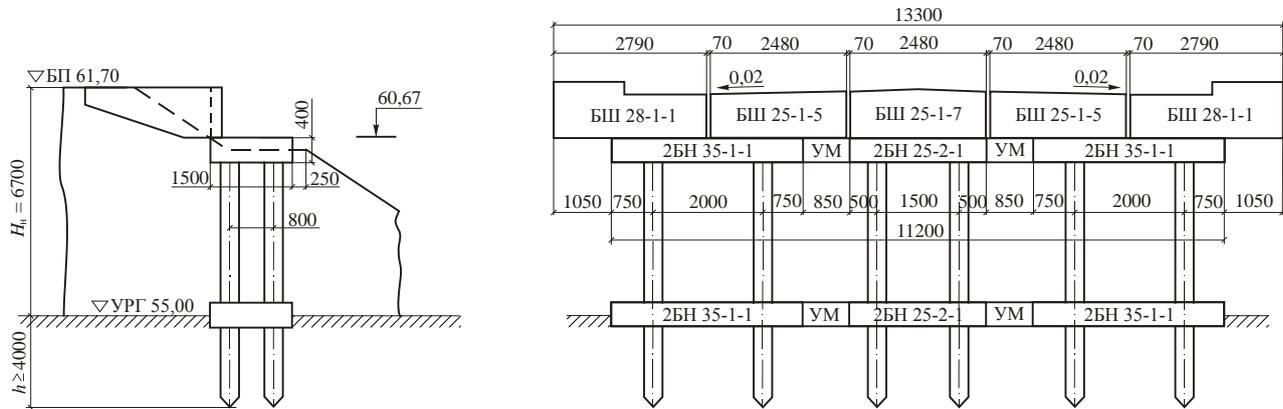


Рисунок 5.1 – Береговая опора с двурядным расположением свай, наращенных на уровне земли

Т а б л и ц а 5.1 – Сочетание продольных усилий, действующих на береговую опору по ширине моста в уровне верха свай

Вид нагрузки	Нормативная нагрузка, кН	Коэффициент надежности по нагрузке γ_f	Расчетная нагрузка, кН
1 Расчетное усилие от максимальной суммарной нагрузки на опоре			$G_{d,nc} = G_{nc1}^{*} n_{nc}^{**} = 415,9 \cdot 7 = 2911,3$ (таблица В.1)
2 Вес блоков насадок	$G_{k,nc} = (4,63 \cdot 4 + 3,13 \cdot 2) \cdot 9,81 = 243,09$ (таблица Г.7)	1,1	$G_{d,nc} = 267,40$
3 Вес монолитных участков в стыках блоков насадок	$G_{k,ym} = 0,85 \cdot 1,5 \cdot 0,4 \cdot 25 = 51$	1,1	$G_{d,ym} = 56,10$
4 Вес шкафной стенки	$G_{k,бш} = (2,28 \cdot 2 + 0,99 \cdot 2 + 1,03) \cdot 9,81 = 74,26$ (таблицы Г.9 – Г.12)	1,1	$G_{d,бш} = 81,69$
5 Вес стоек	$G_{k,ст} = 0,76 \cdot 12 \cdot 25 = 228$ (таблица Д.2)	1,1	$G_{d,ст} = 250,8$
И т о г о			$G_d = G_{d,nc} + G_{d,nc} + G_{d,ym} + G_{d,бш} + G_{d,ст} = 2911,3 + 267,40 + 56,10 + 81,69 + 250,8 = 3567,29$
* G_{nc1} – расчетное усилие от одной балки пролетного строения, опирающейся на устой. ** n_{nc} – количество балок пролетных строений по ширине моста, шт.			

Вес конструкций и элементов моста рассчитывается по формулам:

$$G = mg, \quad (5.4)$$

$$G = V\rho, \quad (5.5)$$

где m – массы конструкций и элементов моста, т; g – ускорение свободного падения, м/с²; V – объем конструкций и элементов, м³; ρ – плотность железобетона, кН/м³.

При $G_d = 3567,29$ кН; $n_{св} = 12$ шт. по формуле (5.3) имеем:

$$N_{\max} = \frac{3567,29}{12} = 297,27 \text{ кН.}$$

3 Рассчитать несущую способность свай.

Расчетная схема основания свайного фундамента представлена на рисунке 5.2. Расчет несущей способности свайного фундамента удобно вести в табличной форме (таблица 5.2).

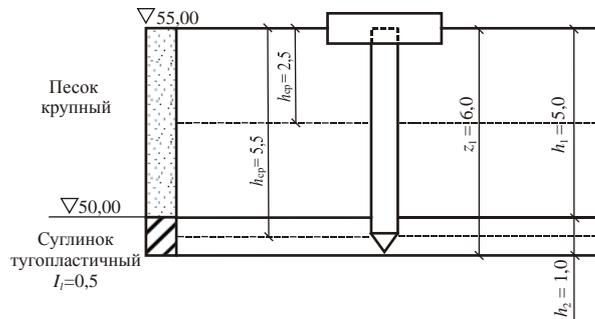


Рисунок 5.2 – Расчетная схема основания свайного фундамента

Т а б л и ц а 5.2 – Расчет несущей способности свайного фундамента

Грунт	Толщина слоя h_i , м	Средняя глубина слоя грунта, м	Марка сваи	Усилие на сваю $N_{\max} + Q_c$, кН	R_i , кПа	R_{fi} , кПа	Расчет несущей способности $F_d = \gamma_{cr}RA + U_i \sum \gamma_{cf} h_i R_{fi}$, кН	F_d / γ_n , кН
Песок крупный	5	2,5	СМ35-6-01	297,27 + 0,76·25 = 316,27	1400	62,5	1·1400·0,1225 + +1,4·1·(5·62,5 + 1·27,5) = = 647,5	647,5·1/1,55 = 417,74
Суглинок тугопластичный	1	5,5				27,5		

При расчете в таблице 5.2 с применением сваи марки СМ35–6–01 несущая способность сваи обеспечивается (316,27 кН < 417,74 кН).

5.2 Проектирование промежуточных опор

Промежуточные опоры работают, как правило, в зоне переменного уровня воды, находясь под воздействием ледохода, навала судов.

В конструкции промежуточной опоры (*быка*) обычно различают следующие основные части: подферменную плиту или оголовок, тело опоры и фундамент. Если тело опоры и его фундамент конструктивно не разделяют, то один элемент (например, свая) выполняет функции обеих частей.

Для подбора марки промежуточной опоры необходимы следующие исходные данные:

- схема моста;
- конструкция опирающихся пролетных строений;
- габарит и ширина моста;
- расчетная высота опоры H_0 ;
- характерные уровни воды в реке.

Выбор марки промежуточной опоры следует вести по таблицам Г.3 и Г.4.

5.2.1 Определение нагрузок и расчетных усилий

На опору действуют вертикальные и горизонтальные усилия. Вертикальные усилия слагаются из собственного веса опоры и пролетных строений и временной подвижной нагрузки. Горизонтальные продольные усилия возникают от действия сил торможения автотранспорта. Горизонтальные поперечные усилия возникают от воздействий движущейся нагрузки, ветровой нагрузки и давления льда.

Различные сочетания этих нагрузок вызывают в теле опоры и в основании продольные сжимающие силы и изгибающие моменты, т. е. опора работает как внецентренно сжатый элемент. Изгиб опоры может происходить в направлениях как вдоль, так и поперек пролета моста.

Расчет постоянной нагрузки, действующей на 1 м длины моста, целесообразно вести в табличной форме (таблица 5.3).

Т а б л и ц а 5.3 – Расчет постоянной нагрузки, действующей на 1 м длины моста

Вид нагрузки	Нормативная нагрузка, кН/м	Коэффициент надежности по нагрузке γ_f	Расчетная нагрузка, кН/м
1 Вес асфальтобетонного покрытия	$G_{k,a/б} =$	1,5	$G_{d,a/б} =$
2 Вес защитного слоя	$G_{k,зщ} =$	1,3	$G_{d,зщ} =$
3 Вес гидроизоляции	$G_{k,ги} =$	1,3	$G_{d,ги} =$
4 Вес выравнивающего слоя	$G_{k,вс} =$	1,3	$G_{d,вс} =$
5 Вес балок пролетного строения	$G_{k,пс} =$	1,1	$G_{d,пс} =$
6 Вес бетона омоноличивания стыков	$G_{k,му} =$	1,1	$G_{d,му} =$
7 Вес тротуаров	$G_{k,тр} =$	1,1	$G_{d,тр} =$
И т о г о	$g_k = G_{k,a/б} + G_{k,зщ} + G_{k,ги} + G_{k,вс} + G_{k,пс} + G_{k,му} + G_{k,тр}$		$g_d = G_{d,a/б} + G_{d,зщ} + G_{d,ги} + G_{d,вс} + G_{d,пс} + G_{d,му} + G_{d,тр}$

Вес слоев конструкции проезжей части рассчитывается по формуле

$$G = Bhlp, \quad (5.6)$$

где B – ширина проезжей части моста между ограждениями, м; h – толщина конструктивного слоя проезжей части, м; l – рассматриваемый метр моста, м; ρ – плотность материала слоя, кН/м³.

При расчете нагрузки от проезжей части следует учитывать рекомендуемые размеры и плотность материалов слоев (перечисление идет сверху вниз):

- асфальтобетонное покрытие толщиной 0,07 м; $\rho = 23$ кН/м³;
- защитный слой толщиной 0,04 м; $\rho = 24$ кН/м³;
- гидроизоляция толщиной 0,01 м; $\rho = 16$ кН/м³;
- выравнивающий слой толщиной 0,03 м; $\rho = 22$ кН/м³.

Тротуарные блоки в работе принять длиной 3 м, массой 1,5 т.

Для ориентировочного расчета опоры можно рассмотреть дополнительное сочетание нагрузок, составленное из собственного веса, временных вертикальных нагрузок и горизонтальной тормозной силы, действующей вдоль пролета (рисунок 5.3).

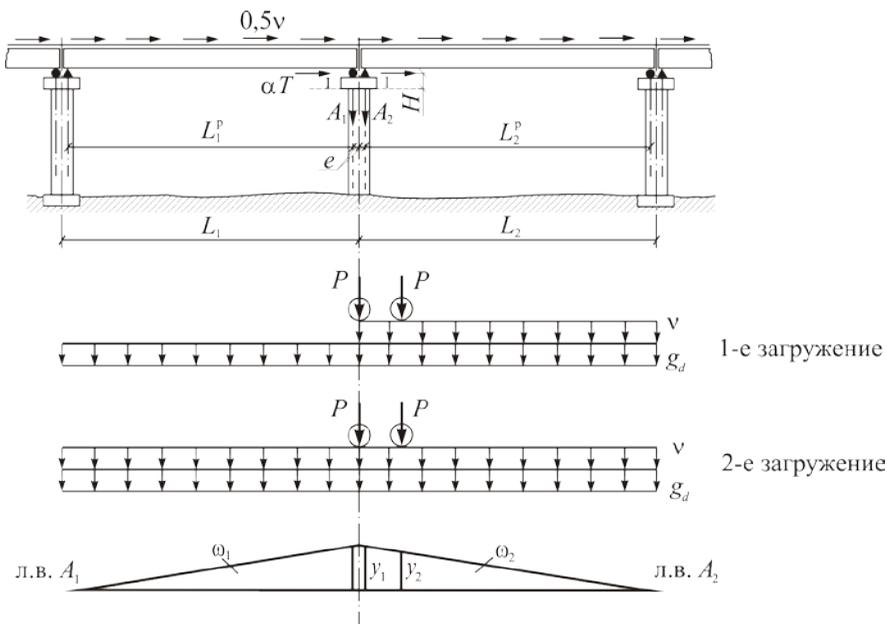


Рисунок 5.3– Схема действия нагрузок на опору моста

В собственный вес входит постоянная нагрузка, действующая на мост, а также вес ригеля (насадок).

Временная вертикальная нагрузка представлена в виде колонн автомобилей, установленных на пролетном строении симметрично оси моста, а оба тротуара загружаются толпой. Тормозную силу T считают приложенной в каждом пролете в уровне проезжей части, а на опору она передается через опорные части пролетных строений. Через неподвижную опорную часть усилие T передается целиком, а через подвижную – частично уменьшенное, т. е. αT . При расположении на опоре подвижной и неподвижной опорных частей суммарное тормозное усилие принимают равным усилию T .

Для расчета опоры необходимо рассмотреть два возможных ее загрузжения: на максимум изгибающего момента и на максимум вертикального давления. В первом случае загружают временной нагрузкой только один пролет и принимают тормозную силу в направлении, дающем тот же знак изгибающего момента, что и эксцентрично действующее усилие от временной нагрузки. Во втором случае загружают оба пролета и также учитывают тормозную силу.

Для определения сжимающего усилия и изгибающего момента необходимо построить линии влияния усилий, действующих на промежуточную опору.

Нормальное сжимающее усилие и изгибающий момент в сечении I-I для первого нагружения:

$$N_{1-1} = g_d (\omega_1 + \omega_2) + \gamma_f G_{\text{риг}} + [\gamma_{f_b} (1 + \mu) PKPY_P \sum Y + \gamma_{f_{bp}} (1 + \mu) v KPY_v \omega_2 + \gamma_{f_{bp}} p KPY_T \omega_2] \eta, \quad (5.7)$$

$$M_{1-1} = [\gamma_{f_b} (1 + \mu) PKPY_P \sum Y + \gamma_{f_{bp}} (1 + \mu) v KPY_v \omega_2 + \gamma_{f_{bp}} p KPY_T \omega_2] \eta e + \gamma_{f_{bp}} KPY_v 0,5 v L_2 H \eta, \quad (5.8)$$

для второго нагружения

$$N_{1-1} = g_d (\omega_1 + \omega_2) + \gamma_f G_{\text{риг}} + [\gamma_{f_b} (1 + \mu) PKPY_P \sum Y + \gamma_{f_{bp}} (1 + \mu) v KPY_v (\omega_1 + \omega_2) + \gamma_{f_{bp}} p KPY_T (\omega_1 + \omega_2)] \eta, \quad (5.9)$$

$$M_{1-1} = \gamma_{f_{bp}} KPY_v 0,5 v (\alpha L_1 + L_2) H \eta, \quad (5.10)$$

где g_d – расчетная постоянная нагрузка, действующая на 1 м длины моста; ω_1, ω_2 – площади участков линии влияния усилий,

$$\omega = \frac{(L + L^p)^2}{8L^p}, \quad (5.11)$$

L – полные длины пролетных строений, опирающихся на опору, м; L^p – расчетная длина пролетного строения, м; $\gamma_f, \gamma_{f_b}, \gamma_{f_{bp}}$ – коэффициенты надежности по постоянным и временным нагрузкам; γ_f, γ_{f_b} принимаются по таблицам Ж.8–Ж.9; $\gamma_{f_b} = 1,2$; $G_{\text{риг}}$ – вес ригеля (насадки), кН; $1 + \mu$ – динамический коэффициент по временной нагрузке

$$1 + \mu = 1 + \frac{45 - \lambda}{135}, \quad (5.12)$$

λ – длина загружаемого участка линии влияния одного знака, м; P – осевая нагрузка от одной двухосной тележки, $P = 110$ кН; $\sum Y$ – сумма ординат линий влияния под осями колесной нагрузки АК; v – равномерно распределенная нагрузка, $v = 11$ кН; p – нормативная временная вертикальная равномерно распределенная нагрузка, действующая на тротуар моста,

$$p = 3,92 - 0,0196\lambda, \quad (5.13)$$

принимается не менее 1,96 кПа; η – коэффициент сочетаний, учитывающий уменьшение вероятности одновременного появления расчетных нагрузок, $\eta = 0,8$; $KПУ_p$ – коэффициент поперечной установки тележек автомобильной нагрузки; $KПУ_v$ – коэффициент поперечной установки для полос распределенной нагрузки с учетом коэффициента сочетания S_1 , ($S_1 = 0,6$); $KПУ_T$ – коэффициент поперечной установки для толпы; α – коэффициент передачи усилия через шарнирно-подвижную опорную часть; при тангенциальных опорных частях $\alpha = 0,5$, при катковых или валковых опорных частях $\alpha = 0,25$; e – расстояние между осью опорной части и осью опоры, м.

Имея расчетные усилия N и M в сечении опоры, можно приступить к проверке прочности, определить давление на грунт или рассчитать искусственное основание (свайный ростверк, оболочки и т. п.).

Для получения расчетной временной нагрузки на одну главную балку необходимо определить для нее **коэффициент поперечной установки**. Этот коэффициент показывает, какая часть от расчетных полос временной нагрузки, находящихся на проезжей части, передается на главную балку.

Чтобы определить коэффициент поперечной установки, необходимо построить линии влияния усилий, действующих на отдельные балки. Линию влияния усилия A , действующего на крайнюю балку пролетного строения (рисунок 5.4), получим в случае симметричного расположения в поперечном направлении одинаковых главных балок по ординатам:

$$y = \frac{1}{n} + \frac{a_1^2}{2\sum a_i^2}, \quad (5.14)$$

$$y' = \frac{1}{n} - \frac{a_1^2}{2\sum a_i^2}, \quad (5.15)$$

где n – число балок в поперечном сечении; a – расстояния между симметричными балками.

Воздействие автомобильной нагрузки АК предусматривает невыгодное размещение на проезжей части (в которую не входят полосы безопасности) числа полос нагрузки, не превышающего числа полос движения. Оси крайних полос нагрузки АК должны при этом находиться не ближе 1,5 м от кромки проезжей части.

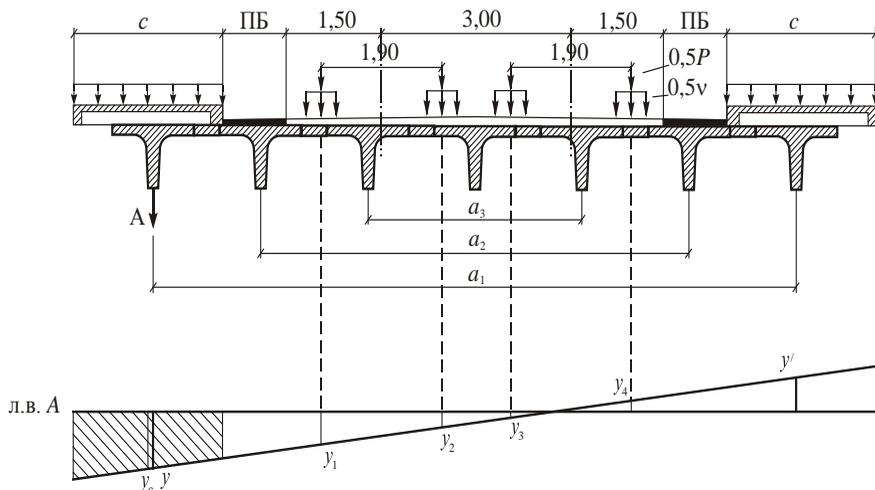


Рисунок 5.4– Схема для определения коэффициента поперечной установки временной автодорожной нагрузки

Коэффициенты поперечной установки для временной автомобильной нагрузки АК определяют по ординатам линии влияния усилия А под грузами и полосами нагрузки с учетом коэффициента S_1 для нагрузки на второй и последующих полосах движения.

Коэффициент поперечной установки тележек автомобильной нагрузки

$$\text{КПУ}_p = 0,5 \sum_{i=1}^n y_i . \quad (5.16)$$

Коэффициент поперечной установки для полос распределенной нагрузки с учетом коэффициента сочетания S_1

$$\text{КПУ}_v = 0,5 \sum_{i=1}^n S_1 y_i . \quad (5.17)$$

Коэффициент поперечной установки для толпы на тротуаре

$$\text{КПУ}_T = y_c c . \quad (5.18)$$

В этих формулах y_i – ординаты линии влияния под грузами и полосами; y_c – ордината линии влияния, соответствующая середине загружаемой ширины тротуара; c – ширина тротуара.

5.2.2 Расчет фундамента под промежуточную опору

Расчет несущей способности свайного фундамента под промежуточную опору основан на выполнении условия (5.1).

Кроме того, необходимо определить наибольшее расчетное продольное усилие, которое действует на каждую сваю.

Усилие на рассматриваемую k -ю сваю от действия вертикальных сил и момента (рисунок 5.5)

$$N_{\max} = \frac{N}{n} + \frac{Mx_k}{\sum x_i^2}, \quad (5.19)$$

где N , M – усилия на уровне подошвы ростверка (ригеля), отнесенные к оси, проходящей через центр свайного поля (в расчетах принять наибольшие значения, рассчитанные в п. 5.2.1); n – число свай в фундаменте; x_k – расстояния от оси $y_0 - y_0$, проходящей через центр свайного поля, до оси рассматриваемой k -й сваи; x_i – расстояние до оси отдельных свай.

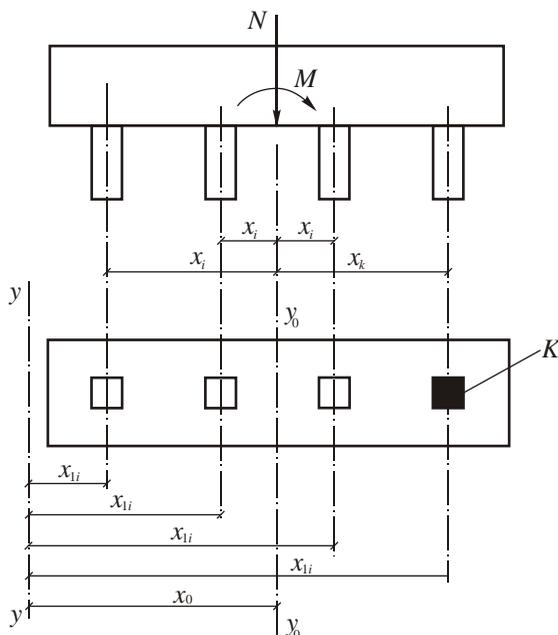


Рисунок 5.5 – Схема к определению продольного усилия на сваю

Центр свайного поля находим из условия

$$x_0 = \frac{\sum x_{1i}}{n}, \quad (5.20)$$

где x_{1i} – расстояния от осей отдельных свай до произвольно выбранной оси $y-y$.

6 УСТРОЙСТВО СОПРЯЖЕНИЯ МОСТА С НАСЫПЬЮ

Конструкция сопряжения моста с насыпью включает в себя устройство дренирующей засыпки в пределах конуса и за опорами, укладку железобетонных переходных плит длиной 4, 6 или 8 м в пределах проезжей части, полос безопасности, а в пределах тротуаров – тротуарных плит длиной 2 м, укрепление обочин, отвод воды с моста, устройство лестничных сходов.

В качестве дренирующей засыпки могут быть использованы грунты и материалы, не увеличивающиеся в объеме при промерзании, с обеспечением коэффициента фильтрации после уплотнения не менее 2 м/сут и соответствующие принятым в расчете устоев углами внутреннего трения и объемного веса грунта.

Дренирующую засыпку за опорами и в конусе необходимо отсыпать с тщательным уплотнением, обеспечивающим коэффициент уплотнения не менее $K = 0,98$. В процессе отсыпки необходимо осуществлять систематический контроль за качеством уплотнения (путем отбора проб, определения плотности, влажности и угла внутреннего трения грунта).

При асфальтобетонном покрытии проезжей части подходов применяется полузаглубленный тип сопряжения.

Переходные плиты конструкции сопряжения опираются одним концом на шкафную стенку, а другим на щебеночную подготовку, при этом лежень, как таковой, отсутствует, т.е. отпадает необходимость в устройстве специальной щебеночной призмы и сопутствующих работах, а роль лежня выполняет омоноличенная часть переходных плит.

Переходные плиты сопряжения полузаглубленного типа применяются сборно-монолитной конструкции. Плиты омоноличиваются только с торца, для чего плиты длиной 4, 6 и 8 м выполняются с выпусками арматуры.

Длина переходных плит выбирается в зависимости от высоты насыпи, геологических условий ее основания и категории дороги по таблице 6.1.

Т а б л и ц а 6.1 – Выбор длины переходных плит

Высота насыпи, м	Длина переходных плит, при грунтах основания насыпи, м, для категории дорог					
	малосжимаемых			повышенной сжимаемости		
	I – II	III	IV – V	I – II	III	IV – V
2 – 4	4	4	4	6	4	4
4 – 5	6	4	4	6	6	4
5 – 6	6	6	4	8	8	6
6 – 7	6	6	6	8	8	6
7 – 8	8	6	6	8	8	8
Более 8	8	8	6 – 8	8	8	8

К малосжимаемым грунтам оснований насыпи относятся крупно-обломочные грунты с песчаным заполнителем средней плотности и плотным, а также глины твердой консистенции в водонасыщенном состоянии с модулем деформации $E > 50$ МПа.

К грунтам повышенной сжимаемости относятся грунты, не указанные в перечне грунтов, относящихся к малосжимемым грунтам.

Размеры плит по ширине приняты 98 и 124 см, а толщина плит принята по таблице 6.2.

Т а б л и ц а 6.2 – Выбор толщины переходных плит

Длина плиты, м	Толщина переходных плит, см
4	25
6	30
8	40

При применении плит только одной ширины (98 или 124 см) остающаяся незаполненной часть габарита в пределах полос безопасности заполняется монолитным бетоном класса $B30$ с армированием, аналогичным основным плитам.

Укладку переходных плит сопряжения полузаглубленного типа следует указывать одновременно с возведением земляного полотна, а покрытие в пределах плит – одновременно с устройством покрытия на автомобильной дороге.

Поверхности переходных плит и лежня, соприкасающиеся с грунтом, должны быть покрыты обмазочной гидроизоляцией.

Сопряжение автодорожного моста с насыпью плитами полузаглубленного типа при асфальтобетонном покрытии представлено на рисунке 6.1.

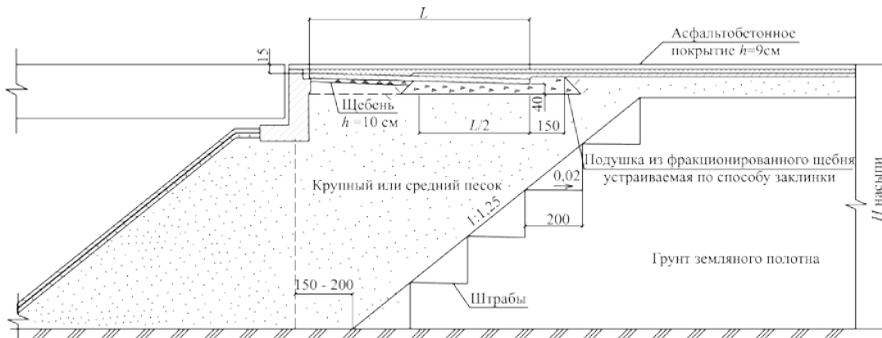


Рисунок 6.1 – Сопряжение автодорожного моста с насыпью плитами полузаглубленного типа при асфальтобетонном покрытии

7 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМОВ ОСНОВНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И КОНСТРУКЦИЙ

Ведомость потребности в строительных материалах и конструкциях ведется по форме таблицы 7.1.

Т а б л и ц а 7.1 – Ведомость потребности в строительных материалах и конструкциях

Конструктивный элемент	Единица измерения	Количество
Подмости под копер для забивки свай и шпунта на грунте	м ² плана	
Металлическое шпунтовое ограждение	м ² стенки	
Тампонаж дна котлована бетоном	м ³ бетона	
Пролетные строения	м ³ железобетона	
Сборный железобетон (насадки, шкафная стенка, стойки)	м ³ железобетона	
Железобетонные сваи	м ³ сваи	
Монолитный железобетон	м ³ железобетона	
Укрепление конусов бетонными плитами	м ² укрепления	

Площадь подмостей под копер для каждой опоры можно принимать по прямоугольному контуру, отстоящему на 4 м от крайних рядов свай. Объемы типовых элементов можно брать по справочным данным из типовых проектов (приложения В–Д).

8 РАЗРАБОТКА СХЕМЫ МОСТА

На миллиметровой бумаге в курсовой работе необходимо вычертить схему запроектированного моста. Горизонтальный и вертикальный масштабы рекомендуется принять 1 : 200, используя при этом шкалу отметок.

В состав чертежа требуется включить:

- фасад моста;
- поперечный разрез моста по одному из пролетных строений;
- вид на устой со стороны пролетного строения.

На схеме моста изображаются участки подходов насыпи. На лобовых откосах показывают укрепления по поверхности и подошве. У одной из промежуточных опор показывают шпунтовое ограждение. Верх шпунта назначается на 1 м выше УМВ, а низ – на 1–1,5 м ниже дна котлована. Шпунтовую стенку располагают на расстоянии 0,5 м от боковых граней фундамента.

На схеме показывают также линию общего размыва и местного размыва у опор.

Проставленных размеров и отметок на схеме должно быть достаточно для подсчета объемов всех частей моста, кроме размеров деталей, полностью определяемых типовыми проектами.

Пример оформления фасада моста приведен в приложении Е.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(справочное)

Исходные данные для проектирования автодорожного моста

Т а б л и ц а А.1 – Исходные данные для проектирования автодорожного моста

Вариант задания	Уклон реки $i, 10^{-4}$	Категория дороги	Грунты (таблица А.2)	Размер грунта, соответствующий процентному содержанию, мм				Характерные отметки			Ширина участков, м							
				100 %	60 %	20 %	0 %	БП	РУВВ	УМВ	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8	№ 9
1	3	II	2 и 5	0,8	0,60	0,30	0	65,65	57,95	54,60	20	20	5	6	6	5	–	155
2	2	III	1 и 3	2,5	2,10	1,32	0,5	59,1	55,95	54,70	80	10	6	4	6	4	40	20
3	5	II	1 и 8	2,4	1,45	0,75	0	66	58,12	54,60	100	20	8	6	4	3	–	–
4	2	III	2 и 5	1,6	0,85	0,55	0	62,17	57,15	54,65	100	30	6	4	4	5	–	–
5	2	II	2 и 5	0,96	0,56	0,15	0	60,0	56,30	54,60	70	140	5	5	7	1	20	–
6	3,5	IV	1 и 7	1,95	1,70	1,50	0	62,82	57,00	54,70	20	–	4	5	6	2	10	150
7	3	IV	2 и 5	1,75	0,80	0,45	0	58,93	55,85	54,65	80	–	8	4	5	8	–	65
8	5	III	1 и 5	1,4	0,80	0,60	0	63,5	57,25	54,80	–	10	8	8	3	9	80	20
9	2	IV	2 и 5	1,4	0,90	0,15	0	62,1	57,15	54,65	100	20	6	4	5	4	10	–
10	2,5	III	2 и 6	1,2	0,80	0,50	0	60,4	56,45	54,60	–	–	7	4	5	6	180	140
11	2	II	2 и 5	1,45	0,65	0,42	0	63,65	57,20	54,60	80	20	8	3	7	4	–	40
12	3	II	2 и 6	0,9	0,74	0,52	0	61,75	57,95	54,65	10	10	6	6	5	5	10	70
13	2	II	1 и 5	2,4	0,90	0,35	0	63,1	56,35	54,75	70	35	7	4	7	4	60	15
14	2	IV	1 и 5	2,5	1,40	0,90	0	59,95	55,80	54,75	80	15	4	4	6	6	35	20
15	1,5	III	2 и 7	2,0	1,30	0,90	0	63,82	57,50	54,80	80	40	7	3	6	3	–	20
16	3,5	II	1 и 5	1,15	0,60	0,40	0	63,1	56,65	54,75	40	30	3	4	6	6	–	50
17	2	III	2 и 6	1,6	0,70	0,60	0	63,1	57,25	54,70	100	30	6	4	5	4	–	–
18	2	III	1 и 5	2,4	0,90	0,35	0	63,05	56,35	54,75	70	35	4	4	7	7	160	15

Окончание таблицы А.1

Вариант задания	Уклон реки $i, 10^4$	Категория дороги	Грунты (таблица А.2)	Размер грунта, соответствующий процентному содержанию, мм				Характерные отметки			Ширина участков, м								
				100 %	60 %	20 %	0 %	БП	РУВВ	УМВ	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8	№ 9	
19	2,5	IV	1 и 6	1,92	1,40	0,90	0	64,15	56,25	54,75	40	140	8	3	3	8	–	–	
20	3,5	II	2 и 6	1,6	1,20	0,70	0	62,42	56,25	54,70	80	105	4	5	6	7	55	60	
21	1,5	IV	1 и 8	1,95	1,00	0,80	0	64,3	56,95	54,65	5	35	6	7	4	5	105	70	
22	2,5	II	1 и 6	1,9	1,55	0,80	0	61,75	56,26	54,65	60	30	6	5	5	6	10	60	
23	3	III	1 и 8	1,4	0,80	0,50	0	63,95	57,35	54,70	–	–	6	5	4	8	–	160	
24	3	IV	1 и 6	2,6	1,44	0,91	0	61,95	56,55	54,80	100	20	3	5	3	3	–	40	
25	3	II	2 и 5	1,52	1,24	0,68	0	63,42	57,00	54,80	70	–	7	7	4	5	–	100	
26	2,5	III	1 и 5	1,8	1,62	0,72	0	59,95	56,25	54,60	60	15	7	5	5	7	25	55	
27	2	IV	1 и 6	2,43	1,44	0,90	0	59,11	55,85	54,70	80	50	6	6	4	4	–	30	
28	1	II	2 и 6	1,5	0,70	0,45	0	64,05	57,65	54,60	40	–	5	8	5	5	40	40	
29	4,5	III	2 и 6	1,65	0,95	0,75	0	63,1	56,95	54,65	40	75	6	4	4	6	40	65	
30	1,5	IV	1 и 5	0,75	0,45	0,35	0	63,4	57,20	54,80	–	70	4	5	6	3	–	160	
31	3	II	1 и 8	1,4	0,80	0,50	0	63,95	57,35	54,70	–	–	6	5	4	8	–	160	
32	3	III	1 и 6	2,6	1,44	0,91	0	61,95	56,55	54,80	100	20	3	5	3	3	–	40	
33	3	IV	2 и 5	1,52	1,24	0,68	0	63,42	57,00	54,80	70	–	7	7	4	5	–	100	
34	2,5	II	1 и 5	1,8	1,62	0,72	0	59,95	56,25	54,60	60	15	7	5	5	7	25	55	
35	2	III	1 и 6	2,43	1,44	0,90	0	59,11	55,85	54,70	80	50	6	6	4	4	–	30	
36	1	IV	2 и 6	1,5	0,70	0,45	0	64,05	57,65	54,60	40	–	5	8	5	5	40	40	
37	4,5	II	2 и 6	1,65	0,95	0,75	0	63,1	56,95	54,65	40	75	6	4	4	6	40	65	
38	1,5	III	1 и 5	0,75	0,45	0,35	0	63,4	57,20	54,80	–	70	4	5	6	3	–	160	
39	3,5	IV	1 и 6	1,2	0,55	0,45	0	65,5	56,66	54,80	40	–	7	6	4	3	20	60	

40	1	II	2 и 6	2,5	1,45	0,96	0	61,85	56,05	54,65	60	60	6	4	4	8	60	–
41	2	III	1 и 5	2,48	1,04	0,23	0	59,7	56,35	54,80	80	95	7	7	3	5	–	–
42	2	IV	2 и 5	1,5	0,75	0,65	0	62,16	57,20	54,65	100	15	4	6	5	4	15	–
43	4	II	2 и 7	0,85	0,68	0,39	0	61,75	56,40	54,65	55	100	7	7	4	4	5	5
44	4,5	III	1 и 7	0,8	0,50	0,40	0	62,3	56,40	54,60	–	140	6	3	5	5	–	85
45	3	IV	1 и 6	2,3	1,40	0,80	0	62,2	56,35	54,75	70	65	8	5	3	3	–	20
46	3	II	1 и 5	2	1,27	0,93	0	63,15	57,48	54,60	140	–	6	6	5	5	20	65
47	1,5	III	1 и 7	2,05	1,25	0,90	0	64,05	57,32	54,65	80	20	7	6	3	3	20	70
48	5	IV	1 и 5	0,95	0,38	0,20	0	63,12	57,45	54,65	120	120	4	3	6	7	–	–
49	2	II	1 и 5	1,6	0,95	0,41	0	64,71	56,47	54,80	–	–	4	7	4	7	20	180
50	4,5	III	2 и 8	3	1,80	1,50	0	65,8	56,03	54,80	40	30	8	3	5	5	40	–
51	1	IV	2 и 5	2,31	1,45	1,00	0,6	59,78	56,07	54,75	60	80	8	4	6	4	40	–
52	4,5	II	1 и 6	0,9	0,52	0,36	0	62,0	56,45	54,75	–	85	6	3	5	5	55	80
53	3	III	2 и 5	1,5	1,25	0,70	0	65,3	57,00	54,70	65	–	4	5	6	8	–	105
54	3	IV	2 и 5	1,19	1,09	0,67	0	58,85	55,80	54,65	80	5	8	4	8	5	–	60
55	2	II	1 и 3	2,5	2,10	1,30	0,5	59,14	55,61	54,70	80	10	6	4	6	4	40	20
56	2	III	2 и 5	1,65	0,85	0,55	0	62,15	57,15	54,65	100	30	6	4	4	5	–	–
57	3,5	IV	1 и 7	1	1,60	1,35	0	62,75	57,00	54,70	20	–	4	5	6	2	10	150
58	5	II	1 и 5	1,4	0,80	0,60	0	63,45	57,25	54,80	–	–	8	8	3	9	90	20
59	2	III	2 и 5	1,45	0,70	0,45	0	63,65	57,20	54,65	80	5	6	4	5	4	15	–
60	2	IV	1 и 5	1,4	0,90	0,40	0	59,95	55,80	54,75	80	15	4	4	6	6	35	20

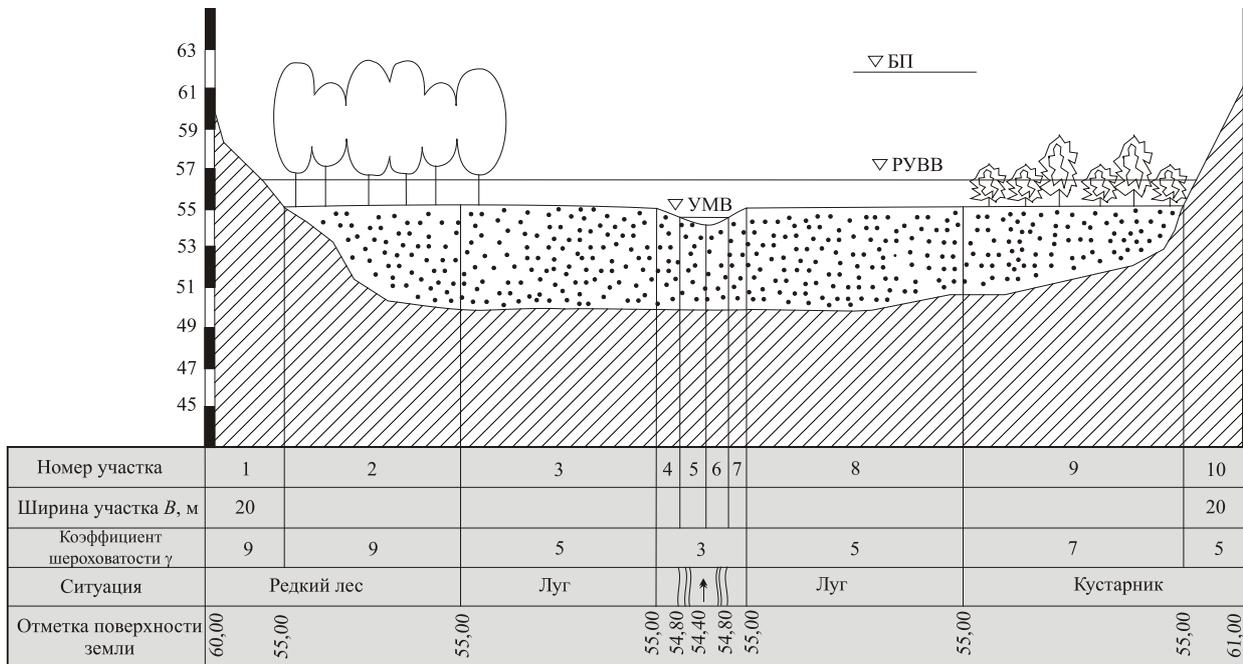


Рисунок А.1 – Исходный профиль морфостора

Т а б л и ц а А.2 – Характеристика грунтов, залегаемых в пределах мостового перехода

№ п/п	Грунты		Показатель текучести I_L	Коэффициент пористости e	Степень влажности S_r
	верхнего слоя	нижнего слоя			
1	песок	–	–	0,7	0,9
2			–	0,6	0,7
3	–	супесь	0,1	0,6	0,4
4			0,4	0,5	0,6
5	–	суглинок	0,2	0,7	–
6			0,5	0,5	–
7	–	глина	0,2	0,8	–
8			0,5	0,5	–

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(рекомендуемое)

Ведомость
расчета скоростей течения и расходов воды по морфоствору № ____
реки _____ на _____ км участка _____

($i = 0,0002$; $\sqrt{i} = 0,014$)

Отметка РУВВ	Номер отсека	Средняя глубина $H_{cp,i}$, м	Ширина участка B_i , м	Коэффициент шероховатости γ_i	$\sqrt{R_i}$, $R_i = H_{cp,i}$	$\frac{\gamma_i}{\sqrt{R_i}}$	$1 + \frac{\gamma_i}{\sqrt{R_i}}$	$C_i = \frac{87}{1 + \frac{\gamma_i}{\sqrt{R_i}}}$	$\sqrt{R_i} \cdot \sqrt{i}$	$v_{cp,i} = C_i \cdot \sqrt{R_i} \cdot \sqrt{i}$, м/с	Площадь живого сечения $\omega_i = B_i H_{cp,i}$, м ²	Расход воды на участке $Q_i = v_{cp,i} \omega_i$, м ³ /с	Общий расход воды $Q_{расч} = \sum_{i=1}^n Q_i$, 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	67,35
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	1,50	7	3	1,23	2,44	3,44	25,29	0,017	0,43	10,5	4,52	
56,40	5	1,70	7	3	1,30	2,31	3,31	26,28	0,018	0,47	11,9	5,59	
56,40	6	1,70	4	3	1,30	2,31	3,31	26,28	0,018	0,47	6,8	3,20	
56,40	7	1,50	4	3	1,23	2,44	3,44	25,29	0,017	0,43	6,0	2,58	
56,40	8	1,40	10	5	1,18	4,24	5,24	16,60	0,017	0,28	14,0	3,92	
56,40	9	1,40	15	7	1,18	5,93	6,93	12,55	0,017	0,21	21,0	4,41	
56,40	10	0,70	7	5	0,84	5,95	6,95	12,52	0,012	0,15	4,9	0,74	

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(справочное)

Типовые конструкции пролетных строений

Пролетные строения без диафрагм длиной 12, 15 и 18 м из железобетонных балок таврового сечения с ненапрягаемой арматурой для автодорожных мостов. Серия проекта 3.503.1–73

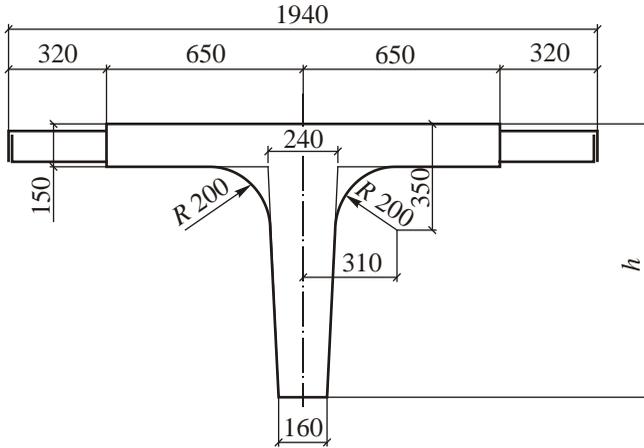


Рисунок В.1 – Поперечное сечение балки пролетного строения

Т а б л и ц а В.1 – Основные характеристики пролетных строений

Полная длина l_n , м	Расчетный пролет l_p , м	Высота h , м	Объем бетона класса В25, м ³	Масса балки, т	Расчетное усилие от максимальной суммарной нагрузки на опоре, кН
12,0	11,4	0,9	4,36	11,1	385,04
15,0	14,4	0,9	5,44	13,8	415,9
18,0	17,4	1,05	7,04	17,8	450,3

ПРИЛОЖЕНИЕ Г
(справочное)

Типовые конструкции опор

*Опоры свайные железобетонные автодорожных мостов
с пролетами до 24 м. Серия проекта 3.503.1–79*

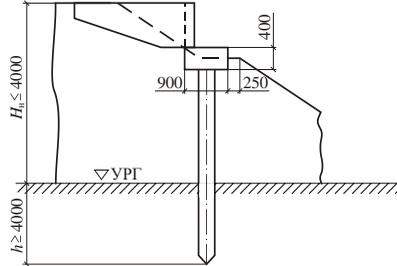


Рисунок Г.1 – Конструкция береговой опоры
с однорядным расположением свай

Таблица Г.1 – Характеристика береговой опоры с однорядным расположением свай

Габарит	Длина пролета, м	Обозначение опоры	Длина шкафной стенки, м
Г–8 + 2×1,5	12; 15; 18	1ОК 133–1 (2)	13,3
Г–10 + 2×1,5		1ОК 143–1 (2)	14,3
Г–11 + 2×1,5		1ОК 153–1 (2)	15,3

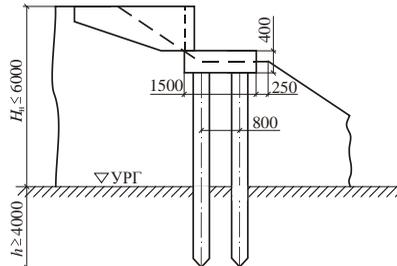


Рисунок Г.2 – Конструкция береговой опоры
с двурядным расположением свай

Таблица Г.2 – Характеристика береговой опоры с двурядным расположением свай

Габарит	Длина пролета, м	Обозначение опоры	Длина шкафной стенки, м
Г–8 + 2×1,5	12; 15; 18	2ОК 133–1 (2)	13,3
Г–10 + 2×1,5		2ОК 143–1 (2)	14,3
Г–11 + 2×1,5		2ОК 153–1 (2)	15,3

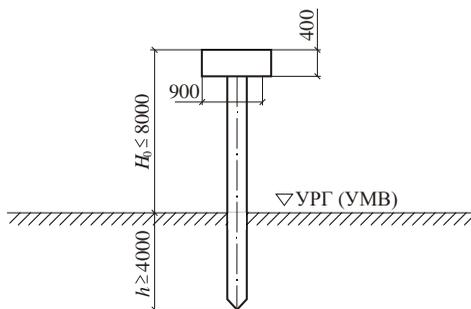


Рисунок Г.3 – Конструкция промежуточной опоры с однорядным расположением свай

Т а б л и ц а Г.3 – Характеристика промежуточной опоры с однорядным расположением свай

Габарит	Длина пролета, м	Обозначение опоры	Длина шкафной стенки, м
Г-8 + 2×1,5	12; 15; 18	1ОП 112-1	11,2
Г-10 + 2×1,5		1ОП 129-1	12,9
Г-11 + 2×1,5		1ОП 141-1	14,1

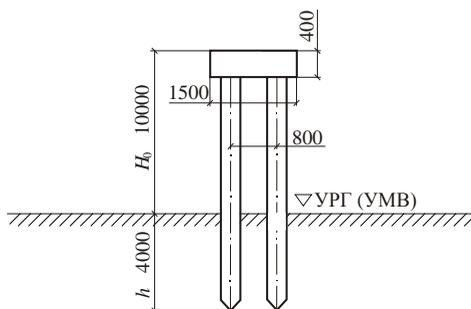


Рисунок Г.4 – Конструкция промежуточной опоры с двурядным расположением свай

Т а б л и ц а Г.4 – Характеристика промежуточной опоры с двурядным расположением свай

Габарит	Длина пролета, м	Обозначение опоры	Длина шкафной стенки, м
Г-8 + 2×1,5	12; 15; 18	2ОП 112-1	11,2
Г-10 + 2×1,5		2ОП 129-1	12,9
Г-11 + 2×1,5		2ОП 141-1	14,1

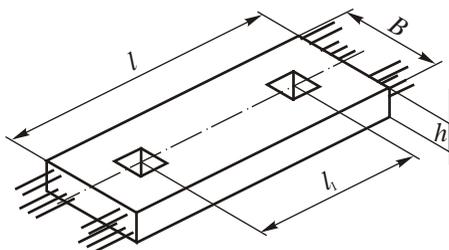


Рисунок Г.5 – Эскиз блоков насадок 1БН 25 и 4БН 25

Т а б л и ц а Г.5 – Номенклатура блоков насадок

Марка	Размеры, мм				Расход материалов		Масса, т
	B	h	l	l_1	бетон, м ³	арматура, кг	
1БН 25 – 1 – 1	900	400	2500	1500	0,78	142,5	1,95
4БН 25 – 1 – 1	1200	400	2500	1500	1,08	132,8	2,70

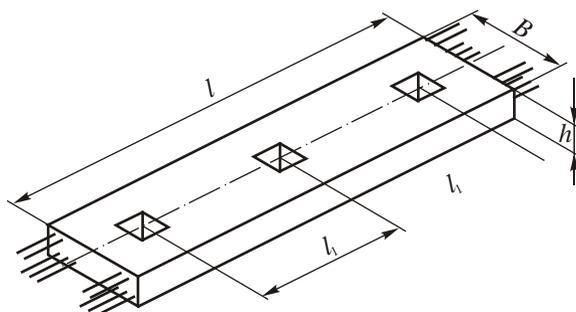


Рисунок Г.6 – Эскиз блоков насадок 1БН 40 и 4БН 40

Т а б л и ц а Г.6 – Номенклатура блоков насадок

Марка	Размеры, мм				Расход материалов		Масса, т
	B	h	l	l_1	бетон, м ³	арматура, кг	
1БН 40 – 1 – 1	900	400	4000	1500	1,25	210,5	3,13
4БН 40 – 1 – 1	1200	400	4000	1500	1,73	205,0	4,33

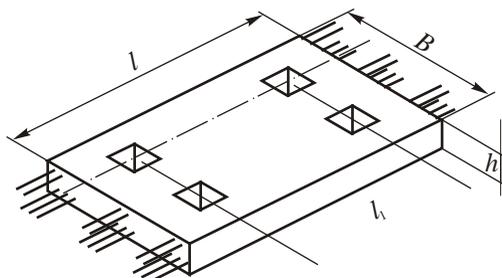


Рисунок Г.7 – Эскиз блоков насадок 2БН 25, 2БН 35 и 2БН 38

Т а б л и ц а Г.7 – Номенклатура блоков насадок

Марка	Размеры, мм				Расход материалов		Масса, т
	B	h	l	l_1	бетон, м ³	арматура, кг	
2БН 25 – 2 – 1	1500	400	2500	1500	1,25	193,2	3,13
2БН 35 – 1 – 1	1500	400	3500	2000	1,86	262,8	4,63
2БН 38 – 1 – 1	1500	400	3800	2200	2,03	275,0	5,08

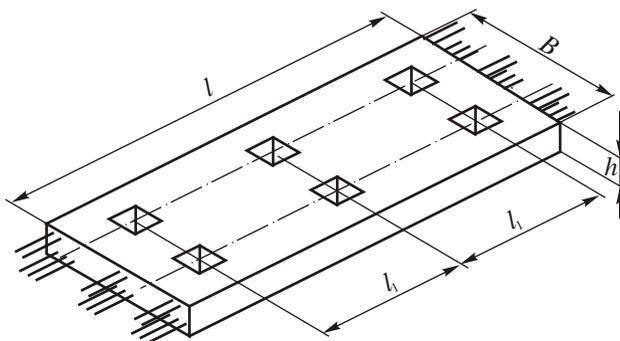


Рисунок Г.8 – Эскиз блоков насадок 2БН 40, 2БН 55 и 2БН 60

Т а б л и ц а Г.8 – Номенклатура блоков насадок

Марка	Размеры, мм				Расход материалов		Масса, т
	B	h	l	l_1	бетон, м ³	арматура, кг	
2БН 40 – 2 – 1	1500	400	4000	1500	2,05	278,1	5,13
2БН 55 – 1 – 1	1500	400	5500	2000	2,92	398,3	7,33
2БН 60 – 1 – 1	1500	400	6000	2200	3,23	415,7	8,08

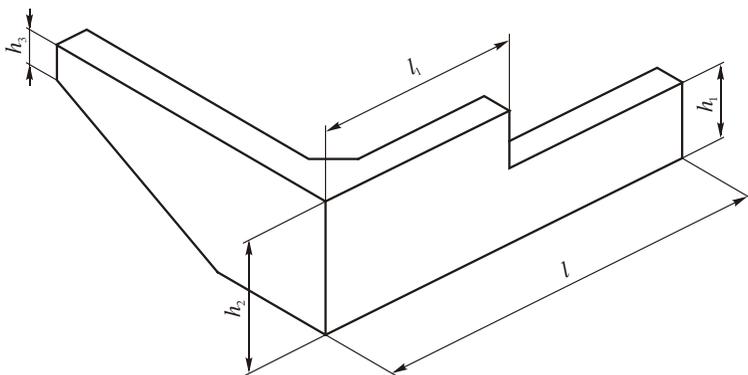


Рисунок Г.9 – Эскиз крайних блоков шкафных стенок

Т а б л и ц а Г.9 – Номенклатура крайних блоков шкафных стенок

Марка	Размеры, мм					Расход материалов		Масса, т
	l	l_1	h_1	h_2	h_3	бетон, м ³	сталь, кг	
БШ 28 – 1 – 1	2790	1300	800	1030	430	0,91	124,8	2,28
БШ 28 – 2 – 1	2790	1300	950	1180	580	1,07	132,2	2,68
БШ 30 – 1 – 3	3040	2050	800	1030	430	0,98	127,4	2,45
БШ 30 – 2 – 3	3040	2050	950	1180	580	1,15	136,2	2,88
БШ 33 – 1 – 1	3290	1300	800	1030	430	0,99	144,3	2,48
БШ 33 – 2 – 1	3290	1300	950	1180	580	1,17	152,6	2,93
БШ 35 – 1 – 3	3540	2050	800	1030	430	1,06	141,9	2,65
БШ 35 – 2 – 3	3540	2050	950	1180	580	1,24	153,0	3,10

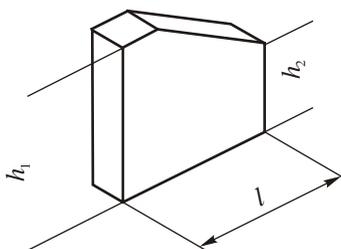


Рисунок Г.10 – Эскиз блоков боковых стенок

Т а б л и ц а Г.10 – Номенклатура блоков боковых стенок

Марка	Размеры, мм			Расход материалов		Масса, т
	l	h_1	h_2	бетон, м ³	сталь, кг	
БС 6 – 1	620	800	450	0,06	11,9	0,15
БС 9 – 1	920	900	550	0,10	21,5	0,26
БС 12 – 1	1220	800	450	0,12	17,4	0,29



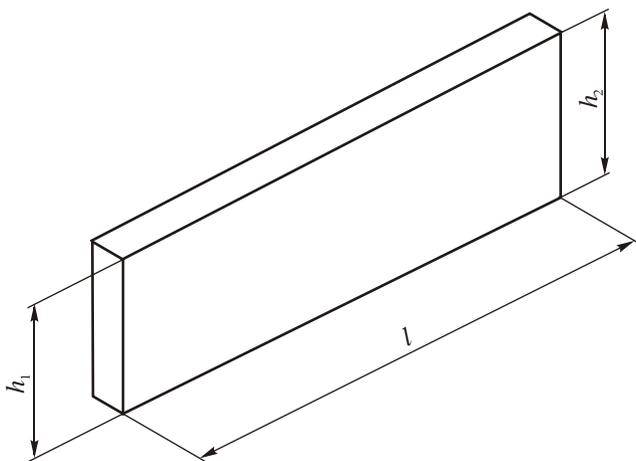


Рисунок Г.11 – Эскиз блоков шкафных стенок

Таблица Г.11 – Номенклатура блоков шкафных стенок

Марка	Размеры, мм			Расход материалов		Масса, т
	l	h_1	h_2	бетон, м ³	сталь, кг	
БШ 25 – 1 – 5	2480	800	850	0,39	80,80	0,99
БШ 25 – 2 – 5	2480	950	1000	0,47	86,60	1,17
БШ 30 – 1 – 5	2980	800	860	0,48	97,10	1,19
БШ 30 – 2 – 5	2980	950	1010	0,57	104,20	1,42

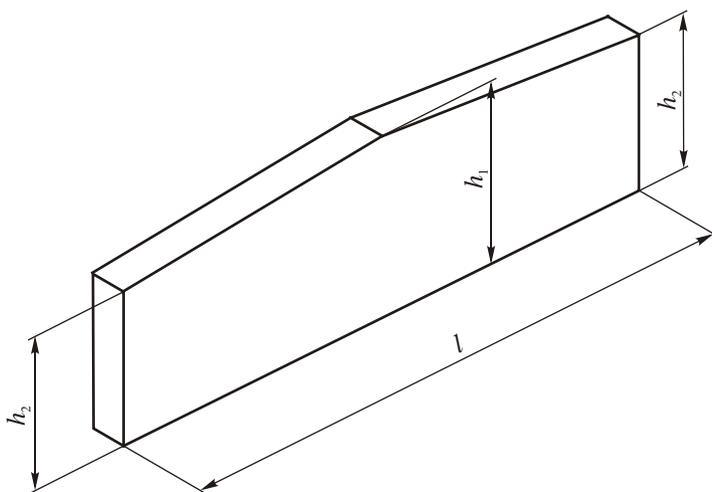


Рисунок Г.12 – Эскиз блоков шкафных стенок

Т а б л и ц а Г.12 – Номенклатура блоков шкафных стенок

Марка	Размеры, мм			Расход материалов		Масса, т
	l	h_1	h_2	бетон, м ³	сталь, кг	
БШ 25 – 1 – 6	2480	820	800	0,36	81,00	0,97
БШ 25 – 2 – 6	2480	970	950	0,44	86,60	1,15
БШ 35 – 1 – 6	3480	830	800	0,51	112,30	1,37
БШ 35 – 2 – 6	3480	980	950	0,62	120,40	1,63
БШ 25 – 1 – 7	2480	870	850	0,39	80,80	1,03
БШ 25 – 2 – 7	2480	1020	1000	0,46	86,60	1,21
БШ 30 – 1 – 7	2980	880	850	0,47	97,10	1,24
БШ 30 – 2 – 7	2980	1030	1000	0,56	104,20	1,47

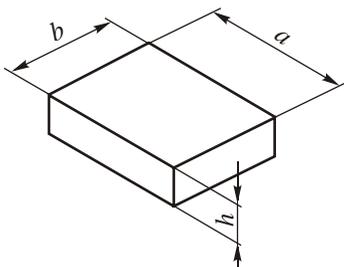


Рисунок Г.13 – Эскиз блоков подферменников

Т а б л и ц а Г.13 – Номенклатура блоков подферменников

Марка	Размеры, мм			Расход материалов		Масса, т
	a	b	h	бетон, м ³	сталь, кг	
БП 1	400	300	70	0,008	1,19	21,0
БП 2	400	300	105	0,012	2,49	32,0
БП 3	400	300	110	0,013	2,55	33,0
БП 4	400	300	115	0,014	2,55	35,0
БП 5	400	300	135	0,016	2,61	41,0
БП 6	400	300	140	0,017	2,61	42,0
БП 7	400	300	150	0,018	2,61	45,0
БП 8	400	300	170	0,020	2,67	51,0
БП 9	500	400	70	0,014	2,53	35,0
БП 10	500	400	110	0,022	4,63	55,0
БП 11	500	400	115	0,023	4,63	58,0
БП 12	500	400	120	0,024	4,63	60,0
БП 13	500	400	150	0,030	4,71	75,0
БП 14	500	400	165	0,033	4,79	83,0

ПРИЛОЖЕНИЕ Д
(справочное)

Конструкции мостовых свай и стоек

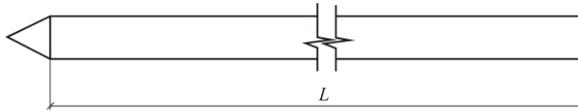


Рисунок Д.1 – Эскиз мостовой свай

Таблица Д.1 – Номенклатура мостовых свай

Типовой проект	Марка свай	Размеры, мм			Класс бетона	Объем свай, м ³
		L	b	h		
Б 3.503.1-5.03.2 РУП «Белгипродор»	СС 35-06.01	6000	350	350	B35	0,76
	СС 35-07.01	7000				0,88
	СС 35-08.01	8000				1,0
	СС 35-09.01	9000				1,12
	СС 35-10.01	10000				1,24
	СС 35-11.01	11000				1,37
	СС 35-12.01	12000				1,49
	СС 35-13.01	13000				1,61
	СС 35-14.01	14000				1,73
ПМП 86.02.00.000 РУП «Белгипродор»	СМ35-6-01	6000	350	350	B27,5	0,76
	СМ35-7-01	7000			B27,5	0,88
	СМ35-8-01	8000			B27,5	1,0
	СМ35-9-01	9000			B27,5	1,12
	СМ35-10-01	10000			B27,5	1,25
	СМ35-11-01	11000			B27,5	1,37
	СМ35-12-01	12000			B27,5	1,49
	СМ35-13-01	13000			B30	1,61
СМ35-14-01	14000	B30	1,74			
3.500.1-93 «Ленгипротрансмост»	С8-35-Т1	8000	350	350	B25	1,0
	С9-35-Т1	9000				1,12
	С10-35-Т1	10000				1,24
	С11-35-Т2	11000				1,37
	С12-35-Т3	12000				1,49
	С13-35-Т4	13000				1,61
	С14-35-Т5	14000				1,73

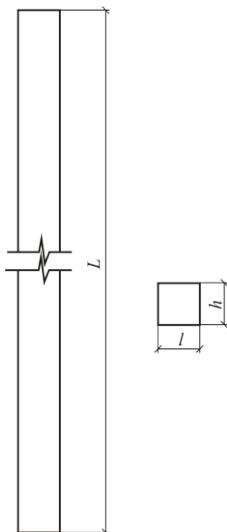


Рисунок Д.2 – Эскиз стойки вертикальной

Т а б л и ц а Д.2 – Номенклатура стоек вертикальных

Типовой проект	Марка стойки	Размеры, мм			Класс бетона	Объем стойки, м ³
		<i>L</i>	<i>b</i>	<i>h</i>		
Б 3.503.23 в.6 «Союздорпроект»	4-25 СВ-420	4200	350	350	В30	0,52
	4-28 СВ-520	5200				0,64
	12-20 СВ-620	6200				0,76
	8-28 СВ-720	7200				0,88
	12-25 СВ-820	8200				1,01

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж
(справочное)

Справочные материалы для расчета опор

Т а б л и ц а Ж.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 Ж.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 Ж.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 Ж.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	$I_L > 1$

Т а б л и ц а Ж.5 – Расчетные сопротивления грунта R под нижним концом забивных свай и свай-оболочек, не заполняемых бетоном

Глубина погружения нижнего конца сваи, м	Расчетные сопротивления под нижним концом забивных свай и свай-оболочек, погружаемых без выемки грунта R , кПа										
	песчаных грунтов средней плотности										
	гравели- стых	круп- ных	–	сред- них	мел- ких	пылева- тых	–	–	–	–	–
	пылевато-глинистых при показателе текучести I_L										
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
2	$\frac{7100}{6000}$	$\frac{6000}{3200}$	2500	$\frac{3400}{1800}$	$\frac{1800}{1300}$	$\frac{1200}{1000}$	900	800	600	400	300
3	$\frac{7500}{6500}$	$\frac{6600}{4000}$	3500	$\frac{3800}{2200}$	$\frac{2100}{1600}$	$\frac{1300}{1200}$	1000	900	700	500	400
4	$\frac{8300}{7000}$	$\frac{6800}{4800}$	4000	$\frac{4400}{2600}$	$\frac{2300}{1700}$	$\frac{1350}{1300}$	1100	1000	750	550	450
5	$\frac{8900}{7500}$	$\frac{7000}{6000}$	4400	$\frac{4600}{2800}$	$\frac{2400}{2000}$	$\frac{1400}{1350}$	1150	1050	800	600	500
6	$\frac{9400}{8100}$	$\frac{7200}{6500}$	4500	$\frac{4700}{3000}$	$\frac{2450}{2100}$	$\frac{1450}{1400}$	1200	1100	850	650	550
7	$\frac{9700}{8500}$	$\frac{7300}{6900}$	4600	$\frac{4800}{3200}$	$\frac{2500}{2200}$	$\frac{1500}{1450}$	1250	1150	900	700	600
8	$\frac{9900}{8700}$	$\frac{7550}{7100}$	4800	$\frac{4900}{3300}$	$\frac{2600}{2300}$	$\frac{1550}{1500}$	1280	1170	920	720	610
9	$\frac{10200}{6500}$	$\frac{7800}{7200}$	4900	$\frac{5000}{3400}$	$\frac{2560}{2350}$	$\frac{1600}{1550}$	1300	1200	940	740	620
10	$\frac{10500}{9100}$	$\frac{7900}{7350}$	5000	$\frac{5100}{3500}$	$\frac{2700}{2400}$	$\frac{1650}{1600}$	1320	1220	960	760	630
12	$\frac{11000}{9300}$	$\frac{8200}{7500}$	5200	$\frac{5200}{3700}$	$\frac{2800}{2500}$	$\frac{1750}{1650}$	1350	1250	980	780	640
15	$\frac{11700}{9500}$	$\frac{8500}{7700}$	5600	$\frac{5400}{4000}$	$\frac{3000}{2600}$	$\frac{1900}{1700}$	1380	1280	1000	800	650
20	$\frac{12600}{10000}$	$\frac{8800}{7800}$	6200	$\frac{5600}{4500}$	$\frac{3200}{2700}$	$\frac{1950}{1750}$	1400	1300	1020	820	680
25	$\frac{13400}{10500}$	$\frac{9000}{7900}$	6800	$\frac{5800}{4800}$	$\frac{3500}{2800}$	$\frac{2000}{1800}$	1450	1320	1040	840	700

Примечания

1 В числителе даны значения R для песчаных грунтов, в знаменателе – для пылевато-глинистых.

2 Глубину погружения нижнего конца сваи и среднюю глубину расположения слоя грунта в водоеме следует принимать от уровня дна после общего размыва расчетным паводком, на болотах – от уровня дна болота.

3 Для промежуточных глубин погружения свай и промежуточных значений показателя текучести I_L значения R и R_f в таблицах Ж.5 и Ж.6 определяются интерполяцией.

4 Значения расчетных сопротивлений R допускается использовать при условии, если заглубления свай в неразмываемый и несрезаемый грунт составляют не менее 4,0 м для мостов и гидротехнических сооружений.

5 Для супесей при числе пластичности $I_p < 4$ и коэффициенте пористости $e < 0,8$ расчетные сопротивления грунтов R и R_f следует определять как для пылеватых песков средней плотности.

Т а б л и ц а Ж.6 – Расчетные сопротивления на боковой поверхности забивных свай и свай-оболочек $R_{\text{св}}$, кПа

Средняя глубина расположения слоя грунта	Расчетные сопротивления i -го слоя грунтов на боковой поверхности забивных свай и свай-оболочек $R_{\text{св}}$, кПа										
	песчаных грунтов средней плотности										
	гравелистых	крупных	средних	мелких	пылеватых	–	–	–	–	–	–
	пылевато-глинистых при показателе текучести I_L										
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
1	$\frac{60}{45}$	$\frac{55}{38}$	$\frac{45}{35}$	$\frac{40}{25}$	$\frac{30}{15}$	12,0	9,0	6,0	5,0	4,0	3,0
2	$\frac{70}{55}$	$\frac{60}{45}$	$\frac{55}{42}$	$\frac{50}{32}$	$\frac{35}{22}$	17,0	13,0	9,0	7,5	7,0	5,0
3	$\frac{80}{60}$	$\frac{65}{52}$	$\frac{60}{48}$	$\frac{55}{38}$	$\frac{40}{28}$	21,0	17,0	11,0	9,0	7,5	6,0
4	$\frac{85}{65}$	$\frac{70}{55}$	$\frac{63}{53}$	$\frac{58}{40}$	$\frac{44}{32}$	24,0	19,0	13,0	10,0	8,0	6,5
5	$\frac{90}{70}$	$\frac{75}{60}$	$\frac{68}{56}$	$\frac{61}{43}$	$\frac{47}{34}$	26,0	21,0	15,0	11,0	8,5	7,0
6	$\frac{95}{72}$	$\frac{80}{65}$	$\frac{72}{60}$	$\frac{63}{45}$	$\frac{48}{35}$	29,0	23,0	16,0	12,0	9,0	7,5
7	$\frac{100}{75}$	$\frac{85}{70}$	$\frac{75}{63}$	$\frac{65}{47}$	$\frac{49}{36}$	32,0	25,0	17,0	13,0	9,5	8,0
8	$\frac{102}{76}$	$\frac{90}{73}$	$\frac{77}{65}$	$\frac{66}{48}$	$\frac{50}{37}$	33,0	26,0	17,5	13,5	10,0	8,0
9	$\frac{104}{72}$	$\frac{92}{74}$	$\frac{78}{66}$	$\frac{67}{49}$	$\frac{51}{38}$	34,0	27,0	18,0	14,0	10,5	8,0
10	$\frac{106}{78}$	$\frac{93}{75}$	$\frac{79}{67}$	$\frac{68}{50}$	$\frac{52}{39}$	35,0	28,0	18,5	14,5	11,0	8,0
12	$\frac{110}{80}$	$\frac{95}{77}$	$\frac{80}{68}$	$\frac{69}{51}$	$\frac{54}{40}$	36,0	29,0	19,0	15,0	11,0	8,0
15	$\frac{114}{82}$	$\frac{97}{80}$	$\frac{82}{70}$	$\frac{70}{52}$	$\frac{56}{41}$	37,0	30,0	20,5	15,0	11,0	8,0
20	$\frac{117}{85}$	$\frac{99}{81}$	$\frac{85}{75}$	$\frac{72}{53}$	$\frac{58}{42}$	38,0	31,0	21,0	15,0	11,0	8,0
25	$\frac{120}{90}$	$\frac{100}{82}$	$\frac{90}{80}$	$\frac{74}{54}$	$\frac{60}{44}$	39,0	32,0	22,0	15,0	11,0	8,0

Примечания

1 При определении расчетного сопротивления грунта на боковой поверхности свай $R_{\text{св}}$ следует учитывать требования, изложенные в примечаниях 1, 2 и 3 к таблице Ж.5.

2 При определении расчетных сопротивлений грунта на боковой поверхности свай $R_{\text{св}}$ пласты грунтов следует расчленять на однородные слои толщиной не более 2 м.

3 Значения расчетного сопротивления плотных песчаных грунтов на боковой поверхности свай $R_{\text{св}}$ следует увеличивать на 30 % по сравнению со значениями, приведенными в данной таблице.

4 Расчетные сопротивления супесей и суглинков с коэффициентом пористости $e < 0,5$ и глин с коэффициентом пористости $e < 0,6$ следует увеличивать на 15 % по сравнению со значениями, приведенными в данной таблице, при любых значениях показателя текучести.

Т а б л и ц а Ж.7 – Коэффициенты условий работы грунта

Способы погружения забивных свай и свай-оболочек, погружаемых без выемки грунта; виды грунтов	Коэффициенты условий работы грунта при расчете несущей способности свай	
	под нижним концом γ_{cr}	на боковой поверхности γ_{cf}
1 Погружение сплошных и полых с закрытым нижним концом свай механическими (подвесными), паровоздушными и дизельными молотами	1,0	1,0
2 Погружение забивкой и вдавливанием в предварительно пробуренные лидерные скважины с заглублением концов свай не менее чем на 1 м ниже забоя скважины при ее диаметре:		
а) равном стороне квадратной сваи	1,0	0,5
б) на 0,05 м менее стороны квадратной сваи	1,0	0,6
в) на 0,15 м менее стороны квадратной или диаметра сваи круглого сечения (для опор ЛЭП)	1,0	1,0
3 Погружение с подмывом в песчаные грунты при условии добивки свай на последнем этапе погружения без применения подмыва на 1 м и более	1,0	0,9
4 Вибропогружение свай-оболочек, вибропогружение и вибровдавливание свай в грунты:		
а) песчаные средней плотности:		
крупные и средние	1,2	1,0
мелкие	1,1	1,0
пылеватые	1,0	1,0
б) пылевато-глинистые с показателем текучести $I_L = 0,5$:		
супеси	0,9	0,9
суглинки	0,8	0,9
глины	0,7	0,9
в) пылевато-глинистые с показателем текучести $I_L \leq 0$	1,0	1,0
5 Погружение молотами любой конструкции полых железобетонных свай с открытым нижним концом:		
а) при диаметре полости 0,4 м и менее	1,0	1,0
б) то же от 0,4 до 0,8 м	0,7	1,0
6 Погружение любым способом полых свай круглого сечения с закрытым нижним концом на глубину 10 м и более с последующим устройством в нижнем конце свай камуфлетного уширения в песчаных грунтах средней плотности и в пылевато-глинистых грунтах с показателем текучести $I_L \leq 0,5$ при диаметре уширения, равном:		
а) 1,0 независимо от указанных видов грунтов	0,9	1,0
б) 1,5 м в песках и супесях	0,8	1,0
в) 1,5 м в суглинках и глинах	0,7	1,0

Окончание таблицы Ж.7

Способы погружения забивных свай и свай-оболочек, погружаемых без выемки грунта; виды грунтов	Коэффициенты условий работы грунта при расчете несущей способности свай	
	под нижним концом γ_{cr}	на боковой поверхности γ_{cf}
7 Погружение вдавливанием свай: а) в пески средней плотности крупные, средние и мелкие б) в пески пылеватые в) в пылевато-глинистые грунты с показателем текучести $I_L \leq 0,5$ г) то же $I_L > 0,5$	1,1	1,0
	1,1	0,8
	1,1	1,0
	1,0	1,0
<i>Примечание</i> – Коэффициенты γ_{cr} и γ_{cf} по п. 4 для пылевато-глинистых грунтов с показателем текучести $0 < I_L < 0,5$ определяются интерполяцией.		

Т а б л и ц а Ж.8 – Коэффициенты надежности по нагрузке γ_f для постоянных нагрузок

Нагрузка	Коэффициент надежности по нагрузке γ_f
Вес бетонных и железобетонных конструкций в мостах	1,1
Вес мостового полотна с ездой на балласте под железную дорогу	1,3

Т а б л и ц а Ж.9 – Коэффициент надежности по нагрузке γ_{fb} к временной нагрузке от тележки

Длина загрузки λ , м	
0	30 и более
1,50	1,20
λ – длина участка линии влияния одного знака; для промежуточных значений λ следует принимать по интерполяции.	

Т а б л и ц а Ж.10 – Значения коэффициентов надежности по назначению сооружения и условий работы γ_n для фундаментов в некарстовых грунтах

Число свай в свайном фундаменте n , шт.	От 1 до 5	От 6 до 10	От 11 до 20	Более 20
Коэффициент γ_n	1,75	1,65	1,55	1,4

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **СНиП 2.05.03-84**. Мосты и трубы. Нормы проектирования. – Взамен СНиП II-Д.7-62*, СН 200-62 и СН 365-67; введ. 01.01.1986. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1985. – 199 с.
- 2 **П2-03 к СНиП 2.05.03-84**. Проектирование оснований и фундаментов под мосты и трубы. – Введ. 01.01.2004. – Мн. : Минстройархитектуры РБ, 2004. – 49 с.
- 3 **СНБ 5.01.01-99**. Основания и фундаменты зданий и сооружений. Нормы проектирования. – Взамен СНиП 2.02.01-83, СНиП 2.02.03-85, СНиП 2.02.05-87, СНиП 3.02.01-87; введ. 01.07.1999. – Мн. : Минстройархитектуры РБ, 1999. – 36 с.
- 4 **П 4-2000 к СНБ 5.01.01-99**. Проектирование забивных свай. – Введ. 01.07.2001. – Мн. : Минстройархитектуры РБ, 2001. – 68 с.
- 5 **СТБ 943-2007**. Грунты. Классификация. – Взамен СТБ 947-93; введ. 01.01.2007. – Мн. : Госстандарт РБ, 2007. – 20 с.
- 6 **Гибшман, Е. Е.** Мосты и сооружения на автомобильных дорогах / Е.Е. Гибшман. – М. : Транспорт, 1981. – 399 с.
- 7 **Саламахин, П. М.** Мосты и сооружения на дорогах / П. М. Саламахин. – М. : Транспорт, 1991. – Ч.1. 344 с.
- 8 **Саламахин, П. М.** Мосты и сооружения на дорогах / П. М. Саламахин. – М. : Транспорт, 1991. – Ч.2. 448 с.
- 9 **Колоколов, Н. М.** Искусственные сооружения / Н. М. Колоколов. – М. : Транспорт, 1988. – 440 с.
- 10 **Поливанов, Н. И.** Проектирование и расчет железобетонных и металлических автодорожных мостов / Н. И. Поливанов. – М. : Транспорт, 1970. – 516 с.
- 11 **Российский, В. А.** Примеры проектирования сборных железобетонных мостов / В. А. Российский. – М. : Высшая школа, 1970. – 519 с.
- 12 **Петропавловский, А. А.** Проектирование деревянных и железобетонных мостов / А. А. Петропавловский. – М. : Транспорт, 1978. – 359 с.
- 13 **Этин, П. Ю.** Проектирование среднего железобетонного железнодорожного моста на свайном основании / П. Ю. Этин. – Гомель : БелГУТ, 2009. – 59 с.
- 14 **Серия 3.503.1-79**. Опоры свайные железобетонные автодорожных мостов с пролетами до 24 м. – Воронеж : Гипродорнии, 1988.
- 15 **Серия 3.503.1-73**. Пролетные строения без диафрагм длиной 12, 15 и 18 м из железобетонных балок таврового сечения с ненапрягаемой арматурой для автодорожных мостов. – М. : Союздорпроект, 1987.
- 16 **Серия 3.503.1-96**. Сопряжения автодорожных мостов и путепроводов с насыпью. – М. : Союздорпроект, 1991.

Учебное издание

ЭТИН Павел Юрьевич

**Проектирование
железобетонного автодорожного моста
на свайных опорах**

Учебно-методическое пособие
по курсовому проектированию

Редактор *Н. А. Дашкевич*

Технический редактор *В. Н. Кучерова*

Компьютерный набор и верстка *П. Ю. Этина, Т. И. Шляхтовой*

Подписано в печать 04.05.2010 г. Формат 60×84¹/₁₆.

Бумага офсетная. Гарнитура Times. Печать на ризографе.

Усл. печ. л. 3,49 + 1 вкл. (0,17 усл. печ. л.). Уч.-изд. л. 3,18. Тираж 200 экз.

Зак. № . Изд. № 45

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.

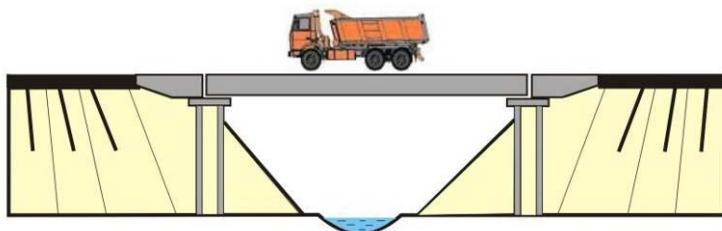
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра «Строительные конструкции, основания и фундаменты»

П. Ю. ЭТИН

ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО АВТОДОРОЖНОГО
МОСТА НА СВАЙНЫХ ОПОРАХ

Учебно-методическое пособие
по курсовому проектированию



Гомель 2010