

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ ХАБАРОВСКОГО КРАЯ  
Краевое государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
«Хабаровский технический колледж»  
(КГБ ПОУ ХТК)

УТВЕРЖДАЮ  
Заместитель директора  
по учебной работе  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.  
\_\_\_\_\_ С.А. Казарбина

Цикловая комиссия «Техника, технологии  
строительства и электроснабжение»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ**  
на тему «Вариантное проектирование фундамента промежуточной опоры моста»  
по дисциплине МДК 01.01 Проектирование и расчёт оснований и фундаментов  
инженерных сооружений  
ПМ.01 Участие в разработке разделов проектной документации инженерных сооружений  
для студентов специальности 08.02.02 Строительство и эксплуатация инженерных  
сооружений

РАССМОТРЕНА  
на заседании цикловой  
комиссии «Техника,  
технологии строительства и  
электроснабжение»

№ \_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 2020г.  
Председатель ЦК Е.С.  
Донских \_\_\_\_\_

ОДОБРЕНА  
на заседании методического  
совета

№ \_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 2020г.  
\_\_\_\_\_ Т.А. Соловьева

Составитель: Прокубовская О.В., преподаватель КГБ ПОУ ХТК

Методические указания соответствуют ФГОС по специальности 08.02.02  
Строительство и эксплуатация инженерных сооружений по дисциплине МДК 01.01  
Проектирование и расчёт оснований и фундаментов инженерных сооружений.

Изложены основные положения и порядок проектирования фундаментов мелкого  
заложения и свайных фундаментов промежуточных опор мостов.

Предназначено студентам 1-ого и 2-ого курсов всех форм обучения для  
выполнения курсовой работы на тему «Вариантное проектирование фундамента  
промежуточной опоры моста».

## **ВВЕДЕНИЕ**

Методические указания разработаны в соответствии с рабочей программой по дисциплине МДК 01.01 Проектирование и расчёт оснований и фундаментов инженерных сооружений для выполнения курсовой работы на тему «Расчёт фундамента промежуточной опоры моста» студентам специальности 08.02.02 Строительство и эксплуатация инженерных сооружений.

В указаниях изложены порядок и правила проектирование фундаментов промежуточных опор мостов в двух вариантах:

- 1) фундамент мелкозаложенного;
- 2) свайный фундамент.

При проектировании оснований и фундаментов опор инженерных сооружений выполняются следующие задачи:

- оценка инженерно-геологических условий строительства;
- выбор основания, определение его несущей способности;
- определение требуемых геометрических параметров фундамента опоры.

## 1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Выполнение курсовой работы рассматривается как вид учебной работы по МДК 01.01 «Проектирование и расчёт оснований и фундаментов» в рамках ПМ.01 Участие в разработке разделов проектной документации инженерных сооружений и реализуется в пределах времени, отведенного на его изучение.

Выполнение студентом курсового проекта по междисциплинарному курсу проводится с целью:

### 1 Формирования умений:

- осуществлять обработку исходных геологических и гидрогеологических условий строительной площадки и принятие выбора типа конструкции фундамента опоры мостового сооружения;
- уметь осуществлять расчёт фундамента мелкого заложения по первой и второй группам предельных состояний;
- уметь осуществлять расчёт свайного фундамента по первой и второй группам предельных состояний;
- использовать системы автоматизированного проектирования (Autodesk AutoCad) для создания чертежей конструкций моста на стадии проектирования;
- принимать решение по принятию типа конструкции фундамента исходя из технико-экономического сравнения вариантов.

### 2 Формирования профессиональных компетенций:

Наименование ПК	Основные показатели оценки результата
ПК 1.1. Участвовать в подготовке и проведении инженерных изысканий	Производить обработку исходных геологических и гидрогеологических условий строительной площадки
ПК 1.2. Участвовать в разработке конструктивных и объёмно-планировочных решений инженерного сооружения	Осуществлять назначение основных геометрических параметров фундамента опоры моста
ПК 1.3. Участвовать в разработке проекта организации строительства и составления технологических решений инженерных сооружений	Составлять схемы к определению объёмов работ по вариантам фундамента опоры моста
ПК 1.4. Составлять проектно-сметную документацию на строительство инженерных сооружений	Вести подсчёт объёмов строительно-монтажных работ по возведению фундамента опоры моста, производить анализ технико-экономических показателей вариантов
ПК 1.5. Использовать системы автоматизированного проектирования в строительстве	Разрабатывать чертежи конструкции опоры моста в соответствии с требованиями ЕСКД с помощью Autodesk AutoCad

### Задачи курсового проектирования:

- анализ исходных данных для проектирования;
- разработка материалов в соответствии с заданием на курсовую работу;

- оформление курсовой работы в соответствии с заданными требованиями;
- выполнение графической части курсовой работы;
- подготовка и защита курсовой работы.

## 2 ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

### 2.1 Общие сведения

В курсовой работе необходимо запроектировать и рассчитать два типа фундамента под промежуточную опору моста и по технико-экономическим показателям выбрать оптимальный.

Конструкция надфундаментной части опоры приведена на рис.1.1

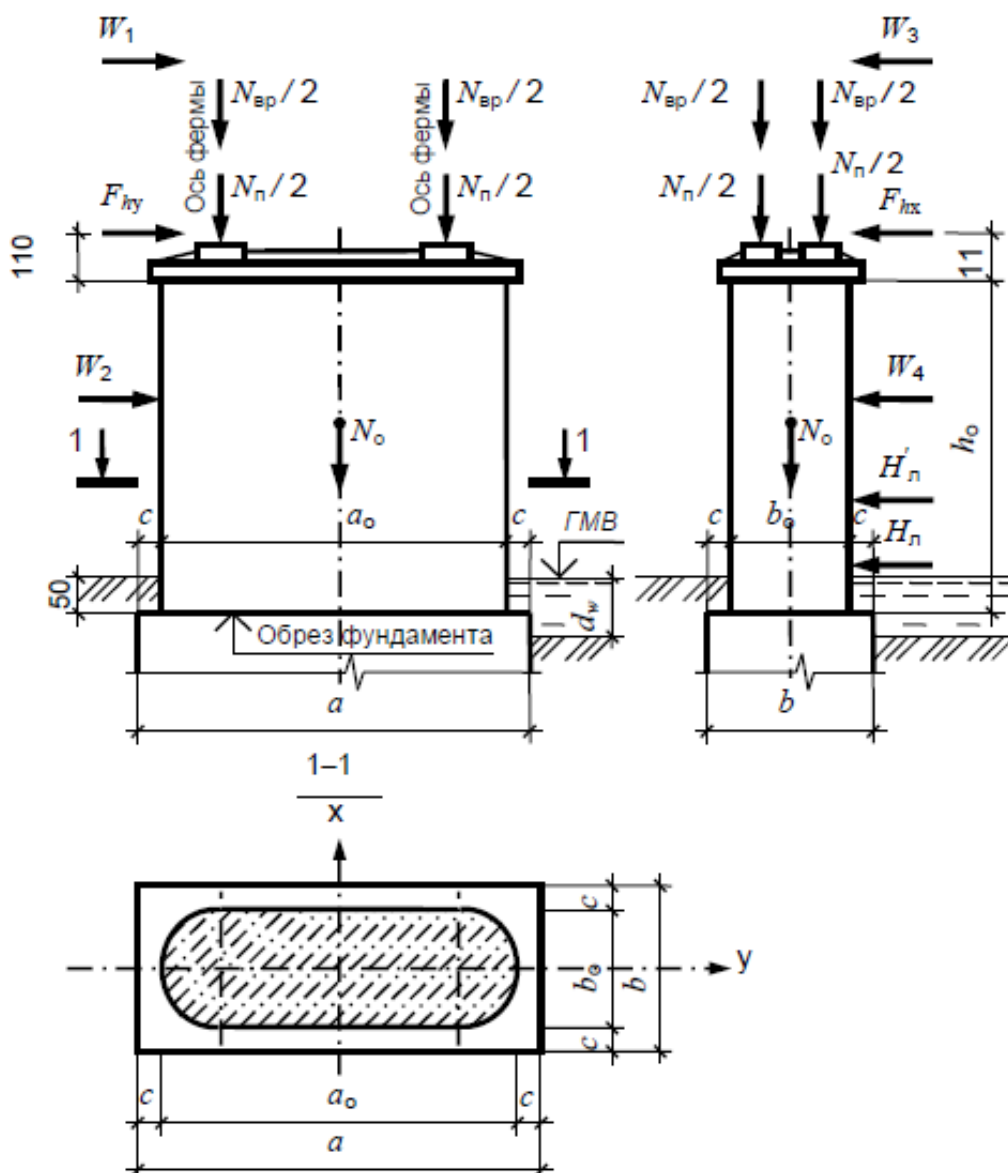


Рисунок 2.1 – Конструкция надфундаментной части опоры  
(размеры на рисунке указаны в см)

Согласно [1] при расчётах конструкций мостов учитывается воздействие следующих видов нагрузок:

1) Нормативные постоянные нагрузки:

- нагрузка от собственного веса надфундаментной части опоры  $N_o$  ;
- нагрузка от собственного веса пролётных строений  $N_n$  ;

- 2) Нормативные временные вертикальные нагрузки:
  - вертикальная нагрузка от обращаемой нагрузки  $N_{ep}$ ;
- 3) Горизонтальные поперечные нагрузки:
  - ветровая нагрузка  $W_1$ , действующая на пролётные строения и  $W_2$  - на опору;
  - нагрузка от ударов транспортных средств  $F_{hy}$ ;
- 4) Горизонтальные продольные нагрузки:
  - нагрузка от торможения транспортных средств  $F_{hx}$ ;
  - ветровая нагрузка  $W_3$ , действующая на пролётные строения и  $W_4$  - на опору;
  - ледовая нагрузка на опору  $H_l$  при первой подвижке льда и при наивысшем уровне ледохода –  $H'_l$ .

В исходных данных заданы основные из вышеперечисленных нагрузок для усвоения основных принципов методики расчёта фундаментов опор на различные сочетания нагрузок.

## 2.2 Исходные данные для студентов заочной формы обучения

Исходные данные к выполнению курсовой работы следует принимать по табл.2.1 в соответствии с номером зачётной книжки студента по последней и предпоследней цифрам.

Данные о грунтах в заданном геологическом разрезе принимаются по табл.2.2 в соответствии с последней цифрой номера зачётной книжки.

Таблица 2.1 – Исходные данные

Показатели	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Номер геологического разреза	<i>По последней цифре</i>									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Глубина размыва грунта $d_p$ , м	0,4		0,5		0,6		0,7		0,8	
Длина опоры $a_o$ , м	<i>По последней цифре</i>									
	9,80									
Ширина опоры $b_o$ , м	2,60									
Высота опоры $h_o$ , м	7,4	7,8	8,2	8,4	8,6	6,0	6,2	6,4	6,6	7,0
Расчётный пролёт $l_n$ , м	44,00					33,00				
Вес опоры $N_o$ , кН	4900	5200	5500	5600	5800	4000	4100	4300	4400	4700
Временная вертикальная нагрузка от транспортных средств, $N_{ep}$ , кН	6300		6000		6900	5100	5400		4800	
Горизонтальная тормозная сила $F_{hx}$ , кН	630		660		690	510	540		480	
Нагрузка от поперечных ударов $F_{hy}$ , кН	0									
Коэффициент надёжности к временной вертикальной нагрузке $\gamma_f$	1,13					1,14				
Коэффициент $M_i$ для расчёта глубины промерзания грунта	30	19	28	53	20	40	42	27	48	52



Таблица 2.2 – Данные о грунтах

Номер слоя	Глубина подошвы слоя от поверхности, м	Мощность слоя, м	Абсолютная отметка подошвы слоя, м	Уровень подземных вод, $W_L$	Наименование грунта	Плотность грунта $\rho$ , т/м <sup>3</sup>	Плотность частиц грунта $\rho_s$ , т/м <sup>3</sup>	Природная влажность, $w$ , д.е.	Граница текучести, $w_L$ , %	Граница раскатывания, $w_{ps}$ , %	Удельное сцепление $c$ , кПа	Угол внутреннего трения $\varphi$ , град.	Модуль деформации $E$ , кПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Отметка поверхности природного рельефа: 104,800													
<i>РАЗРЕЗ № 0</i>													
1	1,6	1,6	103,200	–	Вода	1,00	–	–	–	–	–	–	–
2	8,6	7,2	96,000	–	Песок мелкий	1,94	2,64	0,25	–	–	2	33	25000
3	–	–	–	–	Суглинок	2,00	2,70	0,20	28	14	30	22	22000
Отметка поверхности природного рельефа: 108,600													
<i>РАЗРЕЗ № 1</i>													
1	0,6	0,6	108,000	108,000	Растительный грунт	1,22	–	–	–	–	–	–	–
2	3,0	2,4	105,600		Песок пылеватый	1,96	2,64	0,26	–	–	3	28	16000
3	9,6	6,6	99,000		Суглинок	1,97	2,71	0,21	27	14	26	20	18000
Отметка поверхности природного рельефа: 112,400													
<i>РАЗРЕЗ № 2</i>													
1	1,7	1,7	110,700	–	Вода	1,00	–	–	–	–	–	–	–
2	7,1	5,4	105,300		Суглинок	2,00	2,68	0,28	29	13	5	19	10000
3	–	–	–		Песок средней крупности	1,99	2,64	0,21	–	–	2	39	42000

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Отметка поверхности природного рельефа: 116,200				<i>РАЗРЕЗ № 3</i>									
1	0,7	0,7	115,500	115,500	Растительный грунт	1,30	–	–	–	–	–	–	–
2	6,5	5,8	109,700		Глина	2,10	2,72	0,36	45	25	42	15	14000
3	–	–	–		Суглинок	1,98	2,69	0,20	25	16	32	23	24000
Отметка поверхности природного рельефа: 122,400				<i>РАЗРЕЗ № 4</i>									
1	1,8	1,8	120,600	–	Вода	1,00	–	–	–	–	–	–	–
2	3,4	1,6	119,000		Суглинок	2,01	2,70	0,30	33	18	20	19	15000
3	4,8	1,4	117,600		Глина	2,08	2,70	0,32	43	22	55	17	20000
4	–	–	–		Песок мелкий	1,91	2,65	0,13	–	–	5	33	28000
Отметка поверхности природного рельефа: 126,600				<i>РАЗРЕЗ № 5</i>									
1	0,8	0,8	125,800	125,800	Растительный грунт	1,26	–	–	–	–	–	–	–
2	8,2	7,4	118,400		Песок мелкий	1,99	2,65	0,25	–	–	5	36	21000
3	–	–	–		Суглинок	1,98	2,68	0,22	27	19	32	25	24000
Отметка поверхности природного рельефа: 122,400				<i>РАЗРЕЗ № 6</i>									
1	1,9	1,9	126,900	–	Вода	1,00	–	–	–	–	–	–	–
2	6,1	4,2	122,700		Глина	2,03	2,70	0,34	38	20	35	13	15000
3	16,1	10,0	112,700		Песок средней крупности	1,98	2,66	0,26	–	–	2	37	38000
4	–	–	–		Глина	2,06	2,74	0,19	36	17	80	20	28000

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Отметка поверхности природного рельефа: 132,200													
<i>РАЗРЕЗ № 7</i>													
1	0,9	0,9	131,300	128,300	Растительный грунт	1,34	–	–	–	–	–	–	–
2	12,9	12,0	119,300		Песок крупный	1,97	2,65	0,23	–	–	1	40	31000
3	–	–	–		Суглинок	2,00	2,70	0,19	27	18	37	25	27000
Отметка поверхности природного рельефа: 136,400													
<i>РАЗРЕЗ № 8</i>													
1	2,0	2,0	134,400	–	Вода	1,00	–	–	–	–	–	–	–
2	4,8	2,8	131,600		Глина	1,95	2,75	0,29	36	18	38	13	13000
3	12,2	7,4	124,200		Глина	1,98	2,74	0,25	39	19	57	18	20000
4	–	–	–		Песок мелкий	1,84	2,58	0,10	–	–	4	36	37000
Отметка поверхности природного рельефа: 142,600													
<i>РАЗРЕЗ № 9</i>													
1	1,0	1,0	141,600	141,600	Растительный грунт	1,24	–	–	–	–	–	–	–
2	8,2	7,2	134,400		Песок средней крупности	1,96	2,66	0,24	–	–	1	34	30000
3	11,6	3,4	131,000		Суглинок	2,01	2,68	0,20	31	18	32	25	25000
4	–	–	–		Глина	1,98	2,76	0,23	41	20	54	19	26000

## 2.3 Исходные данные для студентов дневной формы обучения

Варианты исходных данных, геологических разрезов, физико-механические характеристики грунтов основания, а также гранулометрический состав песчаных грунтов указаны в табл.2.3 – 2.6.

Таблица 2.3 – Исходные данные

Номер варианта	$a_o, \text{ м}$	$b_o, \text{ м}$	$h_o, \text{ м}$	Про-лет $l_n, \text{ м}$	$N_o, \text{ кН}$	$N_n, \text{ кН}$	$N_{вр}, \text{ кН}$	$\gamma_f$ для $N_{вр}$	$F_{hx}, \text{ кН}$	$F_{hy}, \text{ кН}$
1	6,2	2,6	6	55	2380	1850	7600	1,15	760	460
2	6,6	2,6	6	55	2540	1860	7700	1,15	770	460
3	6,2	2,6	8	66	3170	2220	9100	1,14	910	550
4	6,6	2,6	8	66	3390	2230	9200	1,14	920	550
5	6,6	2,9	16	55	7490	1870	7700	1,15	770	460
6	6,6	2,9	9	66	4210	2240	9200	1,14	920	550
7	9,3	3,6	11	88	9120	2970	12100	1,13	1210	730
8	9,8	4,0	14	88	13520	2980	12200	1,13	1220	730
9	11,5	4,4	8	127	10030	4310	17600	1,11	1760	1050
10	6,2	2	8	44	2490	1500	6300	1,17	630	370
11	5,1	2,1	7	44	1850	1510	6350	1,17	635	370
12	9,3	2,6	18	44	11050	1520	6400	1,17	640	370
13	6,2	2,6	10	44	3960	1530	6500	1,17	650	370
14	4,8	2,1	18	33	4440	1090	5200	1,20	520	280
15	6,6	2,6	10	44	4240	1540	6500	1,17	650	370
16	4,6	2,0	12	33	2700	1100	5200	1,20	520	280
17	4,9	2,2	16	33	4210	1110	5300	1,20	530	280
18	4,5	1,9	6	33	1260	1120	5400	1,20	540	280
19	6,6	3,9	7	66	4250	2250	9300	1,14	930	550
20	9,3	2,6	8	83	4910	2820	11500	1,13	1150	690
21	9,8	3,6	20	103	17550	3500	14300	1,12	1430	850
22	6,6	2,9	16	44	7490	1550	6400	1,17	640	370
23	9,3	2,6	15	55	9210	1880	7800	1,15	780	460
24	9,3	2,6	10	66	6140	2260	9300	1,14	930	550
25	9,8	2,9	8	88	5750	2990	12200	1,13	1220	730
26	11,0	3,6	9	110	8950	3730	15400	1,12	1540	910
27	12,8	5,7	14	127	24940	4320	17700	1,11	1770	1050
28	9,8	3,6	12	88	10530	3000	12300	1,13	1230	730
29	12,8	5,7	15	110	26720	3740	15500	1,12	1550	910
30	11,5	4,4	18	110	22570	3750	15600	1,12	1560	910

Таблица 2.4 – Варианты геологических разрезов

Номер варианта	Коэффициент $M_r$	Послойно № грунта / мощность слоя, м			
		1-й слой	2-й слой	3-й слой	4-й слой
1	53	4 / 2,8	6 / 5,0	21 / 8,0	22 / ↓
2	54	8 / 3,0	5 / 5,1	23 / 8,0	25 / ↓
3	55	12 / 3,2	13 / 5,2	34 / 8,2	29 / ↓
4	56	16 / 3,5	14 / 5,4	24 / 8,4	28 / ↓
5	57	20 / 3,0	31 / 5,5	45 / 8,5	39 / ↓
6	58	20 / 3,2	9 / 5,8	33 / 9,8	37 / ↓
7	76	42 / 3,5	35 / 6,0	26 / 10	38 / ↓
8	77	32 / 3,1	17 / 6,1	15 / 10,1	30 / ↓
9	59	19 / 3,3	40 / 6,3	38 / 10,3	10 / ↓
10	78	44 / 2,9	41 / 6,4	11 / 10	7 / ↓
11	79	42 / 3,1	14 / 5,6	2 / 12,0	21 / ↓
12	80	43 / 3,2	17 / 6,2	6 / 12,2	22 / ↓
13	81	32 / 3,3	10 / 6,3	23 / 11,3	3 / ↓
14	82	43 / 3,4	7 / 5,4	13 / 11,9	24 / ↓
15	60	19 / 2,6	26 / 5,6	28 / 12,0	9 / ↓
16	83	44 / 2,7	29 / 6,0	33 / 12,0	11 / ↓
17	61	4 / 2,9	34 / 5,9	40 / 11,9	39 / ↓
18	62	16 / 3,0	30 / 7,0	40 / 11,5	37 / ↓
19	63	8 / 3,1	39 / 6,1	41 / 12,1	38 / ↓
20	64	12 / 3,2	31 / 6,2	45 / 11,7	17 / ↓
21	84	32 / 3,0	21 / 5,0	38 / 10,0	1 / ↓
22	85	36 / 3,1	22 / 6,1	35 / 10,1	5 / ↓
23	86	44 / 3,2	23 / 6,2	34 / 11,2	39 / ↓
24	87	42 / 3,3	6 / 6,3	33 / 11,3	18 / ↓
25	88	36 / 2,4	26 / 7,4	7 / 12,4	37 / ↓
26	89	32 / 2,5	3 / 7,5	30 / 12,5	26 / ↓
27	65	12 / 2,6	40 / 6,6	29 / 11,6	31 / ↓
28	66	8 / 2,7	45 / 7,7	34 / 11,7	37 / ↓
29	67	4 / 2,8	41 / 6,8	40 / 12,0	28 / ↓
30	68	16 / 3,0	10 / 6,0	30 / 12,5	24 / ↓

Таблица 2.5 – Физико-механические характеристики грунтов

Номер грунта	$\rho_s, \tau/\text{м}^3$	$\rho, \tau/\text{м}^3$	$w, \text{д.е.}$	$w_L, \%$	$w_p, \%$	$\varphi, \text{град}$	$c, \text{кПа}$	$E, \text{кПа}$
1	2,65	2,05	0,18	–	–	43	–	40000
2	2,66	2,00	0,20	–	–	42	–	40000
3	2,66	1,95	0,20	–	–	41	–	33000
4	2,67	1,94	0,25	–	–	40	–	25000
5	2,65	2,04	0,17	–	–	42	–	40000
6	2,66	1,99	0,19	–	–	41	–	40000
7	2,66	1,96	0,23	–	–	40	–	33000
8	2,67	1,93	0,23	–	–	38	–	30000
9	2,65	2,02	0,16	–	–	40	–	40000
10	2,66	1,98	0,18	–	–	39	–	40000
11	2,66	1,96	0,22	–	–	38	–	33000
12	2,67	1,92	0,23	–	–	35	–	25000
13	2,65	2,02	0,16	–	–	38	–	28000
14	2,66	1,97	0,17	–	–	36	–	28000
15	2,66	1,95	0,21	–	–	35	–	24000
16	2,67	1,91	0,26	–	–	32	–	20000
17	2,65	2,01	0,15	–	–	36	–	12000
18	2,66	1,96	0,19	–	–	34	–	10000
19	2,66	1,93	0,22	–	–	33	–	10000
20	2,67	1,90	0,23	–	–	28	–	9000
21	2,70	2,03	0,18	25	18	25	12	23000
22	2,70	1,89	0,19	22	18	20	2	12000
23	2,69	1,93	0,20	26	20	23	6	16000
24	2,72	2,04	0,23	26	21	24	5	14000
25	2,68	1,93	0,20	23	19	23	10	16000
26	2,70	1,90	0,12	28	21	29	14	23000
27	2,66	1,72	0,16	22	15	14	1	7000
28	2,73	1,97	0,16	33	20	25	50	30000
29	2,70	1,91	0,21	30	16	21	25	16000
30	2,70	1,94	0,20	31	16,5	24	30	22000
31	2,70	1,89	0,23	31	20	21	23	18000
32	2,69	1,78	0,28	35	20	14	14	8000
33	2,73	2,05	0,25	35	19	22	28	19000
34	2,72	2,01	0,20	36	20	24	34	22000
35	2,71	1,85	0,27	37	27	22	28	13000
36	2,69	1,78	0,32	37	22	14	14	6000
37	2,74	1,86	0,25	50	23	18	52	19000
38	2,71	1,80	0,26	55	24	17	41	16000
39	2,73	1,89	0,24	60	25	19	56	21000
40	2,75	1,87	0,29	70	26	16	94	18000
41	2,72	1,77	0,30	80	29	15	37	14000
42	2,73	1,80	0,60	40	15	5	5	1800
43	2,68	1,86	0,23	23	17	21	3	7500
44	2,70	1,92	0,31	32	19	14	8	6500
45	2,68	1,90	0,22	30	20	23	25	17000

Таблица 2.6 – Гранулометрический состав песчаных грунтов

Номер грунта	>10 мм	10–5 мм	5–2 мм	2–1 мм	1–0,5 мм	0,5–0,25 мм	0,25–0,1 мм	< 0,1 мм
1	1	10	15	8	10	11	26	19
2	1	11	16	10	11	12	27	12
3	1	11	18	10	10	12	23	15
4	1	10	20	10	9	10	20	20
5		4	15	13	20	10	21	17
6		4	17	10	24	9	21	15
7		3	18	11	25	9	19	15
8		3	20	12	24	9	18	14
9		2	9	10	12	18	33	16
10		2	11	11	14	14	31	17
11		1	13	13	15	11	30	17
12		1	15	14	17	8	29	16
13		1	6	7	10	18	38	20
14		1	7	8	14	16	37	17
15			4	9	12	20	40	15
16			5	10	15	19	39	12
17			4	7	10	12	37	30
18			6	9	10	12	34	29
19			7	10	12	15	28	28
20			10	10	13	13	27	27

*Примечание. В таблице дано процентное содержание отдельных фракций в составе грунта.*

## 2.4 Содержание курсовой работы

Курсовая работа состоит из пояснительной записки и чертёжных листов с разработанными вариантами фундамента промежуточной опоры моста.

Состав пояснительной записки:

Введение

1. Исходные данные для проектирования
2. Анализ грунтовых условий строительной площадки
3. Проектирование фундамента мелкого заложения
4. Проектирование свайного фундамента
5. Техничко-экономическое сравнение вариантов фундамента промежуточной опоры моста

Список используемых источников

Приложения

## 2.5 Требования к оформлению курсовой работы

Пояснительная записка должна быть оформлена на листах бумаги формата А4 с рамками на каждом листе, полем под нумерацию листа, с полями: слева – 20 мм, сверху, снизу и справа – по 5 мм ([4]).

Титульный лист оформляется в соответствии с образцом в прилож. Д. К расчётам в обязательном порядке необходимо приводить поясняющие схемы. Все страницы, рисунки и таблицы нумеруются согласно нормативным требованиям [4].

Чертёжные листы выполняются на форматах А3 и А2 в соответствии с действующими требованиями нормативных документов к строительным чертежам. На чертежах должно быть представлено:

- схема опоры с фундаментом в трёх проекциях с привязкой к геологическому разрезу;
- ведомость объёмов работ и стоимости материалов;
- таблица технико-экономических показателей вариантов фундамента промежуточной поры.



### 3 АНАЛИЗ ГРУНТОВЫХ УСЛОВИЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ

#### 3.1 Определение физико-механических характеристик и наименования грунтов основания

На основе исходных данных необходимо определить физико-механические характеристики грунтов основания. Расчётные формулы для определения характеристик приведены в табл.3.1. Наименование и состояние глинистых грунтов следует определять по числу пластичности  $I_p$  и показателю текучести  $I_L$  по прилож.А (табл.А.1 и А.2). Наименование и состояние песчаных грунтов определяется по гранулометрическому составу, коэффициенту пористости  $e$  и коэффициенту водонасыщения  $S_r$  по прилож.А (табл.А.3 и А.4). При наличии подземных вод, если их уровень не совпадает с границей слоев грунтов основания, то слой, в который он попадает, разбивается на два, и учитывается взвешивающее действие воды.

Результаты расчёта физико-механических характеристик грунтов основания представляются в табличной форме (табл.3.2).

Таблица 3.1 – Расчётные формулы для определения характеристик грунтов

Показатели	Обозначения, единицы измерения	Формула для расчёта
Удельный вес грунта	$\gamma$ , кН/м <sup>3</sup>	$\gamma = \rho \cdot g$ ; $g \approx 10$ м/с <sup>2</sup>
Удельный вес твёрдых частиц грунта	$\gamma_s$ , кН/м <sup>3</sup>	$\gamma_s = \rho_s \cdot g$
Удельный вес сухого (скелета) грунта	$\gamma_d$ , кН/м <sup>3</sup>	$\gamma_d = \rho_d \cdot g$ ; $\rho_d = \rho / (1 + w)$
Коэффициент пористости	$e$	$e = (\rho_s - \rho_d) / \rho_d$
Удельный вес грунта во взвешенном состоянии	$\gamma_{sb}$ , кН/м <sup>3</sup>	$\gamma_{sb} = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{1 + e}$ ; $\gamma_w = 10$ кН/м <sup>3</sup>
Коэффициент водонасыщения (степень влажности)	$S_r$ , д.е.	$S_r = \frac{w \cdot \rho_s}{e \cdot \rho_w}$ ; $\rho_w = 1$ т/м <sup>3</sup>
Число пластичности	$I_p$ , %	$I_p = w_L - w_p$
Показатель текучести	$I_L$ , д.е.	$I_L = (100 \cdot w - w_p) / I_p$
Условное сопротивление	$R_0$ , кПа	по прил.А, табл.А.5, А.6
Коэффициенты	$k_1$	по табл.4.1
	$k_2$	

По вычисленным физико-механическим характеристикам грунтов основания строится геологическая колонка и эпюра условных сопротивлений (в условном масштабе), пример приведён на рис.3.1.

Условные графические обозначения для грунтов и их состояния приведены в прил.Г.

Таблица 3.2 – Ведомость физико-механических характеристик грунтов основания

Номер слоя	Толщина слоя	Исходные физико-механические характеристики грунта								Характеристики, определяемые расчётами						Условное сопротивление грунта $R_0$ , кПа	Коэффициент $k_1$	Коэффициент $k_2$	
		Плотность грунта, $\rho$ , т/м <sup>3</sup>	Плотность частиц грунта, $\rho_s$ , т/м <sup>3</sup>	Природная влажность, $w$ , д.е.	Граница текучести, $w_L$ , %	Граница раскатывания $W_p$ , %	Угол внутреннего трения, $\varphi$ , град.	Удельное сцепление, $c$ , кПа	Модель деформации, $E$ , кПа	Удельный вес грунта $\gamma$ ( $\gamma_{sb}$ ), кН/м <sup>3</sup>	Удельный вес частиц грунта $\gamma_s$ , кН/м <sup>3</sup>	Число пластичности $I_p$ , %	Показатель текучести $I_L$ , д.е.	Коэффициент пористости $e$	Степень влажности $S_w$ , д.е.				Наименование грунта и его состояние
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1																			
2																			
3																			
4	↓																		

Примечание. Для всех водопроницаемых слоёв, лежащих ниже уровня подземных вод, в графе 11 дополнительно в скобках указывается значение удельного веса грунта во взвешенном состоянии. К водонепроницаемым грунтам относятся суглинки и глины с показателем текучести не более 0,25.

а	№ слоя	Глубина подошвы	Мощность слоя, м	Абс. отметка подошвы	Литологический разрез	Наименование и характеристика грунта
	1	1,50	1,50	168,50		Песок пылеватый, средней плотности,
	2	3,50	2,00	166,50		Супесь текучая
	3	11,50	8,00	158,50		Суглинок тугопластичный
	4	↓	↓	↓		Глина полутвердая



Рисунок 3.1 – Геологическая колонка (а) и эпюра условных сопротивлений (б)

### 3.2 Определение расчётных характеристик

Согласно [6] все расчёты оснований фундаментов должны производиться с использованием расчётных значений характеристик грунтов, определяемых по следующей формуле:

$$X = \frac{X_n}{\gamma_g} \quad (3.1)$$

где  $X_n$  – нормативное значение характеристики грунта;

$\gamma_g$  – коэффициент надёжности по грунту.

В табл.3.3 согласно [2] приведены необходимые для дальнейших расчётов значения коэффициентов надёжности по грунту.

Таблица 3.3 – Коэффициенты надёжности по грунту

Характеристика грунта	Величина коэффициента надёжности по грунту $\gamma_g$ при расчётах	
	по несущей способности	по деформациям
Удельный вес $\gamma$	1,1	1,05
Угол внутреннего трения $\varphi$	1,1	4,05
Удельное сцепление $c$	1,5	1,1

В зависимости от видов расчётов расчётные значения характеристик грунтов основания обозначаются следующим образом:

- при расчётах по несущей способности (по первому предельному состоянию) –  $\gamma_b$ ,  $\varphi_b$ ,  $c_b$ ;
- при расчётах по деформациям (по второму предельному состоянию) –  $\gamma_{fb}$ ,  $\varphi_{fb}$ ,  $c_{fb}$ .

Для удобства расчётов расчётные характеристики представляются в табличной форме (табл.3.4).

Таблица 3.4 – Расчётные значения характеристик грунтов основания

Номер слоя		1,1	1,05		1,1	1,05		1,5	1,1	1
	$\gamma$	$\gamma_I$	$\gamma_{II}$	$\varphi$	$\varphi_I$	$\varphi_{II}$	$c$	$c_I$	$c_{II}$	$E$
1										
2										
3										
4										

## 4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ФУНДАМЕНТА МЕЛКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ

### 4.1 Основные положения

Фундаменты мелкого заложения целесообразно применять при расположении опор мостов на суходолах, а также в акватории при условии близкого залегания к поверхности прочных и слабосжимаемых грунтов. Оптимальная глубина заложения таких фундаментов не превышает 6 м. Массивные фундаменты мелкого заложения сооружаются из бетона и железобетона, при этом, согласно рекомендаций [1], класс бетона по прочности на сжатие должен быть не ниже В20.

### 4.2 Определение глубины заложения подошвы фундамента

Глубина заложения фундаментов должна приниматься с учётом следующих факторов:

- назначение и конструктивные особенности проектируемого сооружения;
- глубина сезонного промерзания (оттаивания) грунтов и их пучинистость;
- инженерно-геологические условия строительной площадки;
- гидрогеологические условия и возможные их изменения в процессе строительства и эксплуатации сооружения;
- величины и характеристика нагрузок, действующих на основание.

В качестве основания опоры моста следует принимать малосжимаемые прочные грунты, а также грунты средней сжимаемости ([7]).

Не допускается выбирать в качестве несущего слоя просадочные и заторфованные грунты, а также глинистые грунты с показателем текучести более 0,5.

В несущий слой грунта подошва фундамента должна заглубляться не менее, чем на 0,5 м от кровли слоя. Если возле рассматриваемой опоры наблюдается размыв грунта, то фундамент должен быть заглублён не менее чем на 2,5 м от наименьшей отметки дна водотока.

Минимальная глубина заложения фундамента при отсутствии размыва грунта у опоры и условий аучинообразования должна быть не менее 1 м от поверхности грунта или дна водотока во всех грунтах, кроме скальных.

Нормативная глубина промерзания грунта основания определяется по формуле:

$$d_{fh} = d_0 \cdot \sqrt{M_t} \quad (4.1)$$

где  $M_t$  – безразмерный коэффициент, численно равный сумме абсолютных значений среднемесячных отрицательных температур за зиму на данном участке строительства (по исходным данным);

$d_0$  – величина, принимаемая равной для суглинков и глин равной 0,23; супесей, мелких и пылеватых песков – 0,28; для песков средней крупности, крупных и гравелистых – 0,30; для крупнообломочных грунтов – 0,34; м.

Расчётная глубина промерзания грунтов определяется по формуле [2]:

$$d_f = k_h \cdot d_{fh} \quad (4.2)$$

где  $k_h$  – коэффициент, учитывающий влияние теплового режима сооружения равный 1,1 для всех районов, кроме районов с отрицательной среднегодовой температурой, для

которых он принимается согласно [6] равным: 1,2 – при ширине опор моста по фасаду от 2 до 4 м; равным 1,3 – при ширине опор моста по фасаду от 4 м;  $d_{fn}$  – расчётная глубина промерзания грунта, определяемая по формуле 4.2.

В грунтах, подверженных пучению при промерзании, минимальная глубина заложения подошвы фундамента определяется по формуле [2]:

$$d_{\min} = d_{fn} + 0,25 \quad (4.3)$$

Минимальное значение глубины заложения фундамента следует принять с учётом всех вышеперечисленных указаний.

Окончательно значение глубины заложения определяется после произведения расчёта фундамента опоры по первому и второму предельным состояниям.

### 4.3 Определение размеров подошвы фундамента и уступов

Уровень обреза фундамента опоры должен быть расположен на 0,5 м ниже поверхности грунта при расположении опоры на суходоле или ниже уровня меженных (низких) вод в акватории.

Размеры обреза фундамента в плане принимаются на величину  $c=0,3\div 0,5$  м в каждую сторону больше размеров тела опоры для компенсации возможных отклонений при производстве строительно-монтажных работ.

Минимальные размеры фундамента в плоскости обреза фундамента определяются следующим выражением:

$$\begin{aligned} b_{\min} &= b_0 + 2 \cdot c \\ a_{\min} &= a_0 + 2 \cdot c \end{aligned} \quad (4.4)$$

где  $b_0$  и  $a_0$  – соответственно ширина опоры по фасаду и поперёк оси моста, м.

Минимальная площадь подошвы фундамента определяется по формуле:

$$A_{\min} = b_{\min} \cdot a_{\min} \quad (4.5)$$

Максимальная площадь подошвы фундамента должна определяться по нормированному условию [1] обеспечения жёсткости фундамента. Условие заключается в том, что линия, соединяющая внутренние рёбра уступов фундамента не должна отклоняться от вертикали на угол  $\alpha$  более  $30^\circ$  (см.рис.4.1), в этом случае материал фундамента опоры будет работать только на сжатие:

$$b_{\max} = b_0 + 2 \cdot h_{\phi} \cdot \operatorname{tg} 30^\circ \quad (4.6)$$

$$a_{\max} = a_0 + 2 \cdot h_{\phi} \cdot \operatorname{tg} 30^\circ$$

$$A_{\max} = b_{\max} \cdot a_{\max} \quad (4.7)$$

где  $h_{\phi}$  – высота фундамента опоры (расстояние от обреза фундамента до его подошвы), м.

Требуемая площадь подошвы фундамента в первом приближении определяется по формуле:

$$A_{\text{треб}} = \frac{k \cdot N_I'}{R - 1,1 \cdot \gamma_{cp} \cdot h_{\phi} + \gamma_w \cdot h_w} \quad (4.8)$$

где  $N_I'$  – расчётная вертикальная нагрузка, действующая на фундамент, кН;

$k$  – коэффициент, приближённо учитывающий действие момента, принимается равным 1,2;

$R$  – расчётное сопротивление грунта основания, в первом приближении определяется по формуле 3.10, кН;

$\gamma_w$  – удельный вес воды, 10 кН/м<sup>3</sup>;

$h_w$  – расстояние от уровня подземных вод или уровня меженных (низких) вод до подошвы фундамента, м.

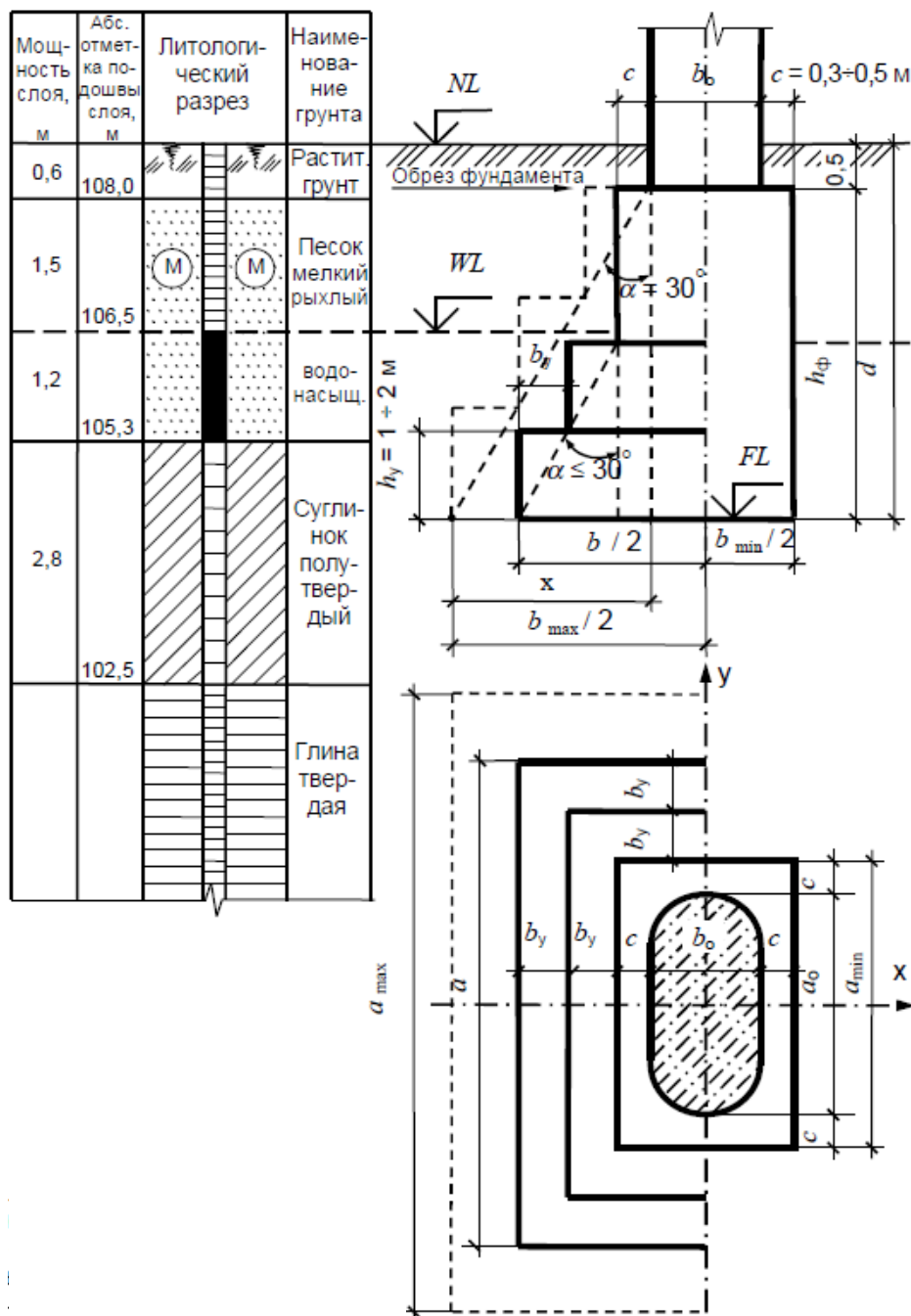


Рисунок 4.1 – Вариант конструкции фундамента мелкого заложения

Расчётная вертикальная нагрузка, действующая на фундамент в уровне обреза, определяется по формуле:

$$N'_I = 1,1 \cdot (N_o + N_n) + \gamma_f \cdot N_{ep} \quad (4.9)$$

где  $N_o, N_n, N_{ep}$  – нагрузки, действующие на фундамент опоры моста, кН (по исходным данным).

Если полученная требуемая площадь  $A_{треб}$  меньше минимальной площади  $A_{min}$ , то за расчётную площадь следует принять минимальную площадь фундамента опоры, соответственно, размеры фундамента в плане также принимаются минимальные.

Если  $A_{min} < A_{треб} \leq A_{max}$  – необходимо назначить размеры фундамента в плане в соответствии с требуемой площадью.

При  $A_{треб} > A_{max}$  необходимо увеличить глубину заложения фундамента до удовлетворения условия  $A_{треб} \leq A_{max}$ .

Уширение фундамента следует осуществлять путём устройства нескольких ступеней (уступов) фундамента опоры, высота которых принимается 1÷2 м, при этом, следует соблюдать угол отклонения от вертикали  $\alpha$  в пределах не более 30°.

#### 4.4 Расчёты по первой группе предельных состояний

##### 4.4.1 Расчёт основания по несущей способности

Расчётное сопротивление нескальных грунтов под подошвой фундамента определяется по формуле:

$$R = 1,7 \cdot \{ R_0 \cdot [1 + k_1 \cdot (b - 2)] + k_2 \cdot \gamma_l \cdot (d - 3) \} \quad (4.10)$$

где  $R_0$  – условное сопротивление грунта, кПа, принятое по прилож.А (табл.А.5 – А.7);

$b$  – ширина по фасаду подошвы фундамента, м (при ширине более 6 м принимается равной 6 м);

$d$  – глубина заложения фундамента опоры, м;

$\gamma_l$  – осреднённое по слоям расчётное значение удельного веса грунта, расположенного выше подошвы фундамента, вычисляемое без учёта взвешивающего воздействия воды по формуле:

$$\gamma_l = \frac{\sum (\gamma_{li} \cdot h_i)}{\sum h_i} \quad (4.11)$$

Значения коэффициентов  $k_1$  и  $k_2$  принимаются по табл.3.1.

Таблица 4.1 – Значения коэффициентов  $k_1$  и  $k_2$  в зависимости от грунтов основания

Грунты основания	$k_1$	$k_2$
Гравий, галька, песок гравелистый, песок крупный и средней крупности	0,10	3,00
Мелкий песок	0,08	2,50
Пылеватый песок, супесь	0,06	2,00
Суглинок, твёрдые и полутвёрдые глины	0,04	2,00
Суглинок, туго- и мягкопластичные глины	0,02	1,50

Несущая способность основания под подошвой фундамента принятых размеров должна удовлетворять следующим условиям:

$$p = \frac{N_I}{A} \leq \frac{R}{\gamma_n} \quad (4.12)$$



$$p_{\max} = \frac{N_I}{A} + \frac{M_I}{W} \leq \frac{\gamma_c \cdot R}{\gamma_n} \quad (4.13)$$

$$p_{\min} = \frac{N_I}{A} - \frac{M_I}{W} > 0 \quad (4.14)$$

где  $p$ ,  $p_{\max}$  и  $p_{\min}$  – среднее, максимальное и минимальное давления подошвы фундамента на основание соответственно, кПа;

$\gamma_n$  – коэффициент надёжности по назначению сооружения, принимаемый равным 1,4 [1];

$\gamma_c$  – коэффициент условий работы, принимаемый равным 1,2 [1];

$W$  – момент сопротивления сечения по подошве фундамента, м<sup>3</sup>, вычисляемый по формуле:

$$W = \frac{a \cdot b^2}{6} \quad (4.15)$$

$N_I$  – расчётная вертикальная нагрузка на основание с учётом гидростатического давления массы воды (при наличии), кН, вычисляемое по выражению:

$$N_I = 1,1 \cdot (N_o + N_n + N_\phi + N_{zp} + N_w) + \gamma_f \cdot N_{sp} \quad (4.16)$$

$M_I$  – расчётный опрокидывающий момент относительно оси, проходящей через центр подошвы фундамента поперёк оси моста, кНм, определяемый по формуле:

$$M_I = 1,1 \cdot F_{hx} \cdot (1,1 + h_o + h_\phi) \quad (4.17)$$

$N_\phi$  – нагрузка от веса фундамента опоры, кН, с учётом взвешивающего действия воды, в случае, если фундамент располагается ниже уровня воды или врезан в слой водопроницаемого грунта;

$N_{zp}$  – нагрузка от веса грунта на уступах фундамента с учётом взвешивающего действия воды (при наличии), кН;

$N_w$  – нагрузка от веса воды, действующей на уступы фундамента, в случае, если он врезан в водопроницаемый грунт, кН;

$\gamma_f$  – коэффициент надёжности по нагрузкам, принимаемый по исходным данным;

$h_o$  – высота надфундаментной части опоры, м;

$h_\phi$  – высота фундамента опоры, м.

Если условия (4.12) и (4.13) не удовлетворяются или имеет место большой запас прочности (более 5%), необходимо соответственно увеличить или уменьшить размеры подошвы фундамента. Далее, путём подбора, следует запроектировать оптимальную конструкцию фундамента, удовлетворяющую условиям (4.12) – (4.14), при этом следует уточнять величины нагрузок и расчётного сопротивления грунта с учётом изменений принимаемых значений размеров фундамента.

#### 4.4.2 Проверка давления на подстилающий слой

Данная проверка согласно [1] производится в том случае, если ниже несущего слоя грунта основания залегает слой менее прочного грунта, условное сопротивление которого менее, чем у несущего.

Уравнение предельного состояния:

$$\gamma_1 \cdot (d + z_i) + \alpha \cdot (p - \gamma_1 \cdot d) \leq \frac{R_{nc}}{\gamma_n} \quad (4.18)$$

где  $p$  – среднее давление на грунт, действующее по подошве фундамента, кПа, определяемое по формуле (3.12);

$z_i$  – расстояние от подошвы фундамента до поверхности проверяемого подстилающего слоя грунта основания, м;

$\alpha$  – коэффициент, принимаемый по табл.3.2, зависящий от размеров подошвы фундамента и от расстояния  $z_i$ ;

$R_{nc}$  – расчётное сопротивление подстилающего слоя грунта, определяемого по формуле (3.10), кПа;

$\gamma_n$  – коэффициент надёжности по назначению сооружения, принимаемый равным 1,4 [1].

Таблица 4.2 – Значение коэффициента  $\alpha$

$z_i / b$	Соотношение сторон подошвы фундамента $a / b$										
	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,4	2,8	3,2	4,0	5,0
0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,2	0,960	0,968	0,972	0,974	0,975	0,976	0,976	0,977	0,977	0,977	0,977
0,4	0,800	0,830	0,848	0,859	0,866	0,870	0,875	0,877	0,879	0,880	0,881
0,6	0,606	0,651	0,682	0,703	0,717	0,727	0,757	0,746	0,749	0,753	0,754
0,8	0,449	0,496	0,532	0,558	0,578	0,593	0,612	0,623	0,630	0,636	0,639
1,0	0,334	0,378	0,414	0,441	0,463	0,482	0,505	0,520	0,529	0,540	0,545
1,2	0,257	0,294	0,325	0,352	0,374	0,392	0,419	0,437	0,449	0,462	0,470
1,4	0,201	0,232	0,260	0,284	0,304	0,321	0,350	0,369	0,383	0,400	0,410
1,6	0,160	0,187	0,210	0,232	0,251	0,267	0,294	0,314	0,329	0,348	0,360
1,8	0,130	0,153	0,173	0,192	0,209	0,224	0,250	0,270	0,285	0,305	0,320
2,0	0,108	0,127	0,145	0,161	0,176	0,189	0,214	0,233	0,241	0,270	0,285
2,2	0,090	0,107	0,122	0,137	0,150	0,163	0,185	0,208	0,218	0,239	0,256
2,4	0,077	0,092	0,105	0,118	0,130	0,141	0,161	0,178	0,192	0,213	0,230
2,6	0,066	0,079	0,091	0,102	0,112	0,123	0,141	0,157	0,170	0,191	0,208
2,8	0,058	0,069	0,079	0,089	0,099	0,108	0,124	0,139	0,152	0,172	0,189
3,0	0,051	0,060	0,070	0,078	0,087	0,095	0,110	0,124	0,136	0,155	0,172
3,2	0,045	0,053	0,062	0,070	0,077	0,085	0,098	0,111	0,122	0,141	0,158
3,4	0,040	0,048	0,055	0,062	0,069	0,076	0,088	0,100	0,110	0,128	0,144
3,6	0,036	0,042	0,049	0,056	0,062	0,068	0,080	0,090	0,100	0,117	0,133
3,8	0,032	0,038	0,046	0,050	0,056	0,062	0,072	0,082	0,091	0,107	0,123
4,0	0,029	0,035	0,044	0,046	0,051	0,056	0,066	0,075	0,084	0,095	0,113
4,2	0,026	0,031	0,037	0,042	0,048	0,051	0,060	0,069	0,077	0,091	0,105
4,4	0,024	0,029	0,034	0,038	0,042	0,047	0,055	0,063	0,070	0,084	0,098
4,6	0,022	0,026	0,031	0,035	0,039	0,043	0,051	0,058	0,065	0,078	0,091
4,8	0,020	0,024	0,028	0,032	0,036	0,040	0,047	0,054	0,060	0,072	0,085
5,0	0,019	0,022	0,026	0,030	0,033	0,037	0,044	0,050	0,056	0,067	0,079

*Примечание.* Для промежуточных значений  $z_i / b$  и  $a / b$  значение коэффициента  $\alpha$  определяется интерполяцией.

#### 4.4.3 Расчёт на устойчивость фундамента против опрокидывания

Проверка на устойчивость фундамента против опрокидывания производится по следующему условию [1]:

$$M_u \leq \frac{\gamma_c}{\gamma_n} \cdot M_z \quad (4.19)$$

где  $M_u$  – момент опрокидывающих сил относительно оси возможного опрокидывания фундамента, проходящей по крайним точкам опирания, кНм;

$M_z$  – момент удерживающих сил относительно той же оси, кНм;

$\gamma_c$  – коэффициент условий работы, принимаемый равным для фундаментов на скальных основаниях – 0,9; на нескальных – 0,8;

$\gamma_n$  – коэффициент надёжности по назначению, принимаемый равным 1,1 при расчётах на стадии эксплуатации и 1,0 – при расчётах на стадии проектирования и строительства.

В курсовой работе момент опрокидывающих сил принимается равным  $M_u = M_I$ , рассчитываемом по формуле (4.17).

Момент удерживающих сил находится по следующей формуле:

$$M_z = \frac{b}{2} \cdot [0,9 \cdot (N_o + N_n + N_\phi + N_{ep} + N_w) + N_{ep}] \quad (4.20)$$

где 0,9 – коэффициент надёжности по нагрузке, уменьшающий воздействие сопротивляющихся опрокидыванию сил;

$b$  – ширина подошвы фундамента по фасаду, м.

#### 4.4.4 Расчёт на устойчивость фундамента против сдвига

Проверка на устойчивость фундамента против сдвига (скольжения) производится согласно следующему условию [1]:

$$Q_r \leq \frac{\gamma_c}{\gamma_n} \cdot Q_z \quad (4.21)$$

где  $Q_r$  – сдвигающая сила, равная сумме проекций сдвигающих сил на направление возможного сдвига (скольжения), кН;

$Q_z$  – удерживающая сила, равная сумме проекций удерживающих сил на направление возможного сдвига (скольжения), кН;

$\gamma_c$  – коэффициент условий работы, принимаемый равным 0,9;

$\gamma_n$  – коэффициент надёжности по назначению, принимаемый равным 1,1 при расчётах на стадии эксплуатации и 1,0 – при расчётах на стадии проектирования и строительства.

В курсовой работе сдвигающая сила определяется по следующему выражению:

$$Q_r = 1,1 \cdot F_{hx} \quad (4.22)$$

Удерживающая сила определяется по формуле:

$$Q_z = \mu_n \cdot [0,9 \cdot (N_o + N_n + N_\phi + N_{ep} + N_w) + N_{ep}] \quad (4.23)$$

где  $\mu_n$  – коэффициент фундамента по грунту, равный [1]:

- для глинистых грунтов во влажном состоянии – 0,25;
- для глинистых грунтов в сухом состоянии – 0,30;
- для песков – 0,40;
- для гравийных и галечниковых грунтов – 0,50.

#### 4.4.5 Расчёт на устойчивость фундамента при воздействии сил морозного пучения

При наличии пучинистых грунтов в пределах расчётной глубины промерзания грунта (по п.4.3) производится расчёт устойчивости фундамента на воздействие касательных сил морозного пучения, действующих вдоль боковой поверхности фундамента [6].

Устойчивость фундамента при воздействии сил морозного пучения проверяется по следующему условию:

$$\tau_{fn} \cdot A_{fn} - 0,9 \cdot (N_o + N_n + N_{\phi} + N_{sp} + N_w) \leq \frac{\gamma_c}{\gamma_n} \cdot F_r \quad (4.24)$$

где  $\tau_{fn}$  – расчётная удельная касательная сила пучения, кПа, принимаемая по прилож.А, табл.А.8;

$A_{fn}$  – площадь боковой поверхности фундамента, находящейся в пределах расчётной глубины промерзания грунта, м<sup>2</sup>;

$\gamma_c$  – коэффициент условий работы, принимаемый равным 1,0;

$\gamma_n$  – коэффициент надёжности по назначению, принимаемый равным 1,3 для фундаментов опор мостов;

$F_r$  – расчётное значение силы, удерживающей фундамент от выпучивания, кН, определяемое по формуле:

$$F_r = u \cdot \sum_{i=1}^n (f_i \cdot h_i) \quad (4.25)$$

где  $u$  – периметр сечения фундамента в пределах талого грунта, м;

$f_i$  – расчётное сопротивление  $i$ -го слоя талого грунта сдвигу по боковой поверхности фундамента, кПа, принимаемое по табл.А.9 прилож.А;

$h_i$  – толщина  $i$ -го слоя талого грунта, расположенного ниже расчётной глубины промерзания до подошвы фундамента, м.

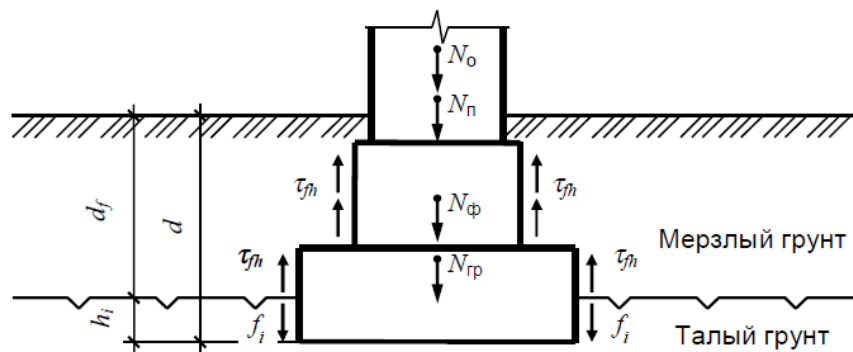


Рисунок 4.2 – Схема сил воздействия сил морозного пучения

## 4.5 Расчёты по второй группе предельных состояний

### 4.5.1 Расчёт осадки фундамента

Величину осадки фундамента, расположенном на намёрзлых грунтах допустимо определять при опирании на скальные, крупнообломочные грунты с песчаным заполнителем, а также на твёрдые глины [1].

Расчёт оснований по деформациям производится исходя из условия [2]:

$$s \leq s_u \quad (4.26)$$

где  $s$  – совместная деформация основания и сооружения, см, определяемая по указаниям [2];

$s_u$  – предельное значение совместной деформации основания и сооружения, см, устанавливаемое нормами проектирования: для автодорожных мостов –  $0,002 l_n$ , для железнодорожных –  $0,001 l_n$ , где  $l_n$  – длина примыкающего к опоре пролёта моста (по исходным данным).

Порядок расчёта величины осадки основания методом послойного суммирования отдельных осадок слоёв грунта основания:

1. На геологическом разрезе вычерчивается фундамент по фасад моста с привязкой по высоте (в произвольном масштабе)
2. Определяется среднее давление на грунт под подошвой фундамента, кПа:

$$p = \frac{N_{II}}{A} \quad (4.27)$$

где  $N_{II}$  – расчётная вертикальная нагрузка в плоскости подошвы фундамента, кН, определяемая по формуле:

$$N_{II} = N_o + N_n + N_\phi + N_{zp} + N_w \quad (4.28)$$

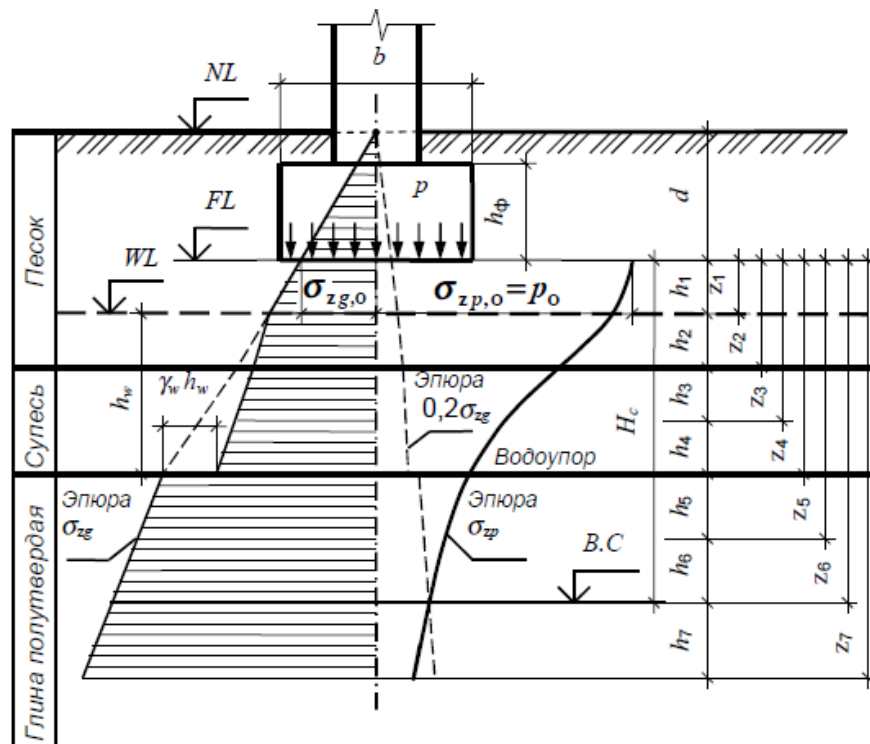


Рисунок 3.3 – Схема к расчёту осадки основания

3. Определяется вертикальное напряжение от собственного веса грунта на уровне подошвы фундамента:

$$\sigma_{zg,o} = \gamma_{II} \cdot d \quad (4.29)$$

где  $\gamma_{II}$  – расчётный удельный вес грунта выше подошвы фундамента, кН/м<sup>3</sup>, с учётом взвешивающего действия воды;

$d$  – глубина заложения фундамента, м.

4. Определяется дополнительное вертикальное давление на основание:

$$p_o = \sigma_{zp,o} = p - \sigma_{zg,o} \quad (4.30)$$

При ширине фундамента по фасаду  $b \geq 10$  м принимается  $p_o = p$ .

5. Толщину грунта ниже подошвы фундамента необходимо разбить на однородные по сжимаемости элементарные слои, границы которых должны совпадать с границами геологических слоёв, а также с горизонтом грунтовых вод (при наличии).

При этом толщина слоёв должна назначаться в соответствии с условием  $h_i \leq 0,4b$ . Для получения более точных результатов в качестве оптимальной толщины элементарного слоя рекомендуется принимать  $h_i = 0,2b$ .

6. Определяется вертикальное напряжение от собственного веса грунта на границах однородных слоёв ниже подошвы фундамента, кПа:

$$\sigma_{zg} = \sigma_{zg,o} + \sum (\gamma_{iii} \cdot h_i) \quad (4.31)$$

7. Определяются дополнительные вертикальные напряжения от внешней нагрузки на глубине  $z_i$  от подошвы фундамента:

$$\sigma_{zp,i} = \alpha_i \cdot p_o \quad (4.32)$$

где  $\alpha_i$  – коэффициент, зависящий от соотношения сторон подошвы фундамента и относительной глубины, определяемый по табл.4.3.

Таблица 4.3 – Коэффициент  $\alpha$

$\xi = \frac{2 \cdot z_i}{b}$	Соотношение сторон подошвы фундамента $a/b$					
	1	1,4	1,8	2,4	3,2	5
0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,4	0,960	0,972	0,975	0,976	0,977	0,977
0,8	0,800	0,848	0,866	0,876	0,879	0,881
1,2	0,606	0,682	0,717	0,739	0,749	0,754
1,6	0,449	0,532	0,578	0,612	0,629	0,639
2,0	0,336	0,414	0,463	0,505	0,530	0,545
2,4	0,257	0,325	0,374	0,419	0,449	0,470
2,8	0,201	0,260	0,304	0,349	0,383	0,410
3,2	0,160	0,210	0,251	0,294	0,329	0,360
3,6	0,131	0,173	0,209	0,250	0,285	0,320
4,0	0,108	0,145	0,176	0,214	0,248	0,285
4,4	0,091	0,123	0,150	0,185	0,218	0,256
4,8	0,077	0,105	0,130	0,161	0,192	0,230
5,2	0,067	0,091	0,113	0,141	0,170	0,208
5,6	0,058	0,079	0,099	0,124	0,152	0,189
6,0	0,051	0,070	0,087	0,110	0,136	0,173
6,4	0,045	0,062	0,077	0,099	0,122	0,158
6,8	0,040	0,055	0,064	0,088	0,110	0,145
7,2	0,036	0,049	0,062	0,080	0,100	0,133
7,6	0,032	0,044	0,056	0,072	0,091	0,123
8,0	0,029	0,040	0,051	0,066	0,084	0,113
8,4	0,026	0,037	0,046	0,060	0,077	0,105
8,8	0,024	0,033	0,042	0,055	0,071	0,098
9,2	0,022	0,031	0,039	0,051	0,065	0,091
9,6	0,020	0,028	0,036	0,047	0,060	0,085
10,0	0,019	0,026	0,033	0,043	0,056	0,079

Таблица 4.4 – Результаты расчёта осадки основания

Номер слоя	Глубина слоя от подошвы фундамента, $z_i$ , м	Толщина слоя, $h_i$ , м	Удельный вес грунта слоя $\gamma_{ii}$ , кН/м <sup>3</sup>	$\gamma_{ii} h_i$ , кПа	Напряжение от веса грунта на глубине $z_i$ , $\sigma_{zgi}$ , кПа	Относительная глубина $\xi = 2z_i / b$	Коэффициент $\alpha_i$	Напряжение от внешнего давления на глубине $z_i$ , $\sigma_{zpi}$ , кПа	Среднее значение напряжения $\sigma_{zpi (cp)}$ , кПа	Модуль деформации грунта $E_i$ , кПа	Осадка слоя $s_i$ , см
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	0	0	–	–	$\sigma_{zgo}$	0	1	$p_o$	–	–	–
1	$h_1$	$h_1$	$\gamma_{II,1}$	$\gamma_{II,1} h_1$	$\sigma_{zgo} + \gamma_{II,1} h_1$	0,4	$\alpha_1$	$\alpha_1 p_o$	$(p_o + \alpha_1 p_o) / 2$	$E_1$	$s_1$
2	$h_{1+2}$	$h_2$	$\gamma_{II,1}$	$\gamma_{II,1} h_2$	$\sigma_{zgo} + \gamma_{II,1} h_1 + \gamma_{II,1} h_2$	0,8	$\alpha_2$	$\alpha_2 p_o$	$(\alpha_2 p_o + \alpha_1 p_o) / 2$	$E_2$	$s_2$
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

8. Устанавливается нижняя граница сжимаемой толщи грунта, соответствующая глубине  $z=H_c$  ниже подошвы фундамента, на которой выполняется условие:

$$\sigma_{zp,i} = 0,2 \cdot \sigma_{zg,i} \quad (4.33)$$

9. Определяется величина осадки основания для каждого слоя грунта в пределах сжимаемой толщи по формуле:

$$s = \beta \cdot \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{zp,i(cp)} \cdot h_i}{E_i} \quad (4.33)$$

где  $\beta$  - безразмерный коэффициент, равный 0,8.

10. Производится проверка условия (4.26). При его несоблюдении следует изменить размеры подошвы фундамента или его глубину заложения.



## **5 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СВАЙНОГО ФУНДАМЕНТА**

### **5.1 Основные положения**

Свайным фундаментом называется группа свай, объединенных сверху в единую конструкцию ростверком. Ростверк предназначен для передачи и равномерного распределения нагрузки на сваи. Свайные фундаменты подразделяют на фундаменты с низким и высоким ростверком.

Высоким называется ростверк, подошва которого опирается на грунт или заглублена в него.

Целесообразность проектирования свайного фундамента зависит от глубины заложения прочных грунтов основания (несущих слоёв грунта). Свайные фундаменты применяются при глубине заложения несущего слоя грунта от 5 м.

Фундаменты с низким ростверком принято возводить на суходолах, поймах рек или в руслах при глубине воды не более 3 м. В остальных случаях проектируются фундаменты с высоким ростверком.

В данной курсовой работе необходимо запроектировать фундамент с низким ростверком.

### **5.2 Выбор материала ростверка и назначение его размеров**

Для конструкций мостовых сооружений рекомендуется применять бетон и железобетон из тяжёлого бетона класса не ниже В20.

Размеры ростверка в плане назначаются аналогично размерам подошвы фундамента мелкого заложения (см. п.4.2). Глубина залегания ростверка принимается равной глубине залегания фундамента мелкого заложения (отметка верха ростверка принимается равной отметке обреза фундамента мелкого заложения).

Толщина ростверка назначается исходя размеров свай. Сваи должны быть жёстко заделаны в плиту ростверка на высоту не менее двух диаметров свай при их размерах не более  $60 \times 60$  см (или  $\varnothing 60$  см), при размерах свай свыше 60 см – не менее чем на 1,2 м. По конструктивным условиям толщина ростверка должна быть не менее 1,2 м, окончательные размеры ростверка уточняются после расчётов при размещении в нём свай.

### **5.3 Определение глубины заложения ростверка**

Отметка подошвы ростверка должна быть установлена в соответствии со следующими основными требованиями [4]:

- а) в непучинистых грунтах – располагается независимо от глубины промерзания грунта;
- б) в пучинистых грунтах – ниже расчётной глубины промерзания грунта не менее чем на 0,25 м;
- в) в руслах рек – ниже линии местного размыва не менее чем на 2,5 м.

## 5.4 Выбор конструкции и размеров свай

Исходя из геологических и гидрогеологических условий строительной площадки, необходимо назначить конструкцию и материал свай. При этом следует учитывать достоинства и недостатки различных видов свай. Основные сведения по конструкциям свай в зависимости от их характера работы представлены в [1, 4, 11].

В курсовой работе применяются забивные железобетонные сваи сплошного сечения (прилож.А, табл.А.13 и А.14).

Нижний конец свай должен быть заглублён в несущий слой грунта не менее чем:

- а) 0,5 м – крупнообломочные грунты, гравелистые, крупные и средней крупности песчаные грунты, а также глинистые грунты с показателем текучести  $I_L < 0,1$ ;
- б) 1,0 м – во все другие виды нескальных грунтов.

По конструктивным требованиям [4] наименьшая длина свай принимается равной 4 м.

## 5.5 Расчёты по первой группе предельных состояний

### 5.5.1 Расчёт по прочности материала свай

Сопrotивление сваи по материалу определяется как сопротивление элемента, работающего на сжатие, без учёта продольного изгиба [1].

Несущая способность сваи по материалу определяется по следующей формуле:

$$F_{dM} = \gamma_c \cdot (\gamma_{cb} \cdot R_b \cdot A_b + R_{sc} \cdot A_s) \quad (5.1)$$

где  $\gamma_c$  – коэффициент условий работы, принимаемый для набивных свай равным 0,6, для остальных типов свай – 1,0;

$\gamma_{cb}$  – коэффициент условий работы материала свай, принимаемый равным для свай сечением  $30 \times 30$  см и более – 1,0, для свай меньшего сечения – 0,9;

$R_b$  – расчётное сопротивление бетона осевому сжатию, кПа, принимаемое по прилож.А, табл.А.11;

$A_b$  – площадь поперечного сечения сваи, м<sup>2</sup>;

$R_{sc}$  – расчётное сопротивление арматуры, кПа, принимаемое по прилож.А, табл.А.12;

$A_s$  – площадь поперечного сечения продольной рабочей арматуры сваи, м<sup>2</sup>, принимается равной  $A_s = (0,15 \div 0,20) A_b$ .

### 5.5.2 Расчёт по несущей способности грунта основания свай

По характеру передачи нагрузки на грунты основания сваи подразделяются на два вида – сваи-стойки и висячие сваи [4].

К сваям-стойкам относятся сваи, опирающиеся на скальные грунты, а забивные (набивные) сваи – на малосжимаемые грунты, к которым относятся крупнообломочные грунты с печаным заполнителем, а также плотные глинистые грунты твёрдой консистенции с модулем деформации  $E$  не менее 50000 кПа.

К висячим сваям относятся сваи, опирающиеся на сжимаемые грунты и передающие нагрузку на грунты основания как нижним концом, так и боковой поверхностью.

Несущая способность свай стойки определяется по формуле:

$$F_d = \gamma_c \cdot R \cdot A \quad (5.2)$$

где  $\gamma_c$  – коэффициент условий работы свай в грунте, принимаемый равным 1,0;

$A$  – площадь опирания на грунт свай,  $\text{м}^2$ , принимаемая равной площади поперечного сечения свай  $A_b$ ;

$R$  – расчётное сопротивление грунта под нижним концом свай-стойки, кПа, принимаемое равным 20000 кПа для всех видов забивных свай, опирающихся на скальные и малосжимаемые грунты;

Несущая способности висячей сваи, погружаемой без выемки грунта, работающей на сжимающую нагрузку определяется по формуле:

$$F_d = \gamma_c \cdot [\gamma_{cR} \cdot R \cdot A + u \cdot \sum (\gamma_{cf} \cdot f_i \cdot h_i)] \quad (5.3)$$

где  $\gamma_c$  – коэффициент условий работы свай в грунте, принимаемый равным 1,0;

$A$  – площадь опирания на грунт свай,  $\text{м}^2$ , принимаемая равной площади поперечного сечения свай  $A_b$ ;

$R$  – расчётное сопротивление грунта под нижним концом свай, кПа, принимаемое по прилож.А, табл.А.10;

$u$  – наружный периметр поперечного сечения свай, м;

$h_i$  – толщина  $i$ -го слоя грунта основания, соприкасающегося с боковой поверхностью свай, м;

$f_i$  – расчётное сопротивление  $i$ -го слоя грунта основания по боковой поверхности свай, кПа, принимаемое по прилож.А, табл.А.9, при этом, средняя глубина расположения слоя соответствует расстоянию  $z_i$  от поверхности грунта на суходолах и от дна водотока с учётом общего размыва до середины  $i$ -го слоя грунта основания (см.рис.5.1);

$\gamma_{cR}$  – коэффициент условий работы грунта под нижним концом свай, принимаемый равным 1,0;

$\gamma_{cf}$  – коэффициент условий работы грунта, учитывающий влияние способа погружения свай, принимаемый равным 1,0.

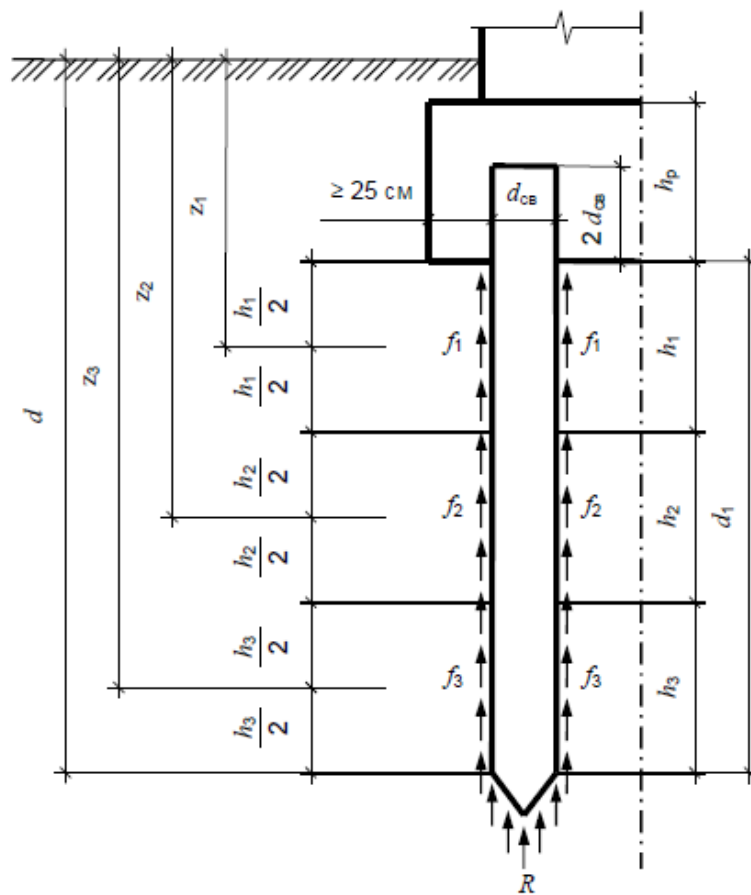


Рисунок 5.1 – Схема к определению несущей способности свай

### 5.5.3 Определение количества свай и размещение их в ростверке

Предварительно количество свай определяют по формуле:

$$n = \frac{k \cdot N'_I \cdot \gamma_k}{F_d} \quad (5.4)$$

где  $k$  – коэффициент, приближённо учитывающий вес ростверка и действие момента горизонтальных сил, принимаемый равным 1,2;

$N'_I$  – расчётная вертикальная нагрузка на фундамент, кН, определяемая по формуле (4.9);

$F_d$  – минимальная несущая способность свай по грунту или по материалу (формулы (5.1 – 5.3)), кН;

$\gamma_k$  – коэффициент надёжности, принимаемый равным 1,4 для фундаментов опор с низким ростверком.

После определения числа свай необходимо произвести их размещение в ростверке в плане. Варианты размещения свай в ростверке приведены на рис.5.2.

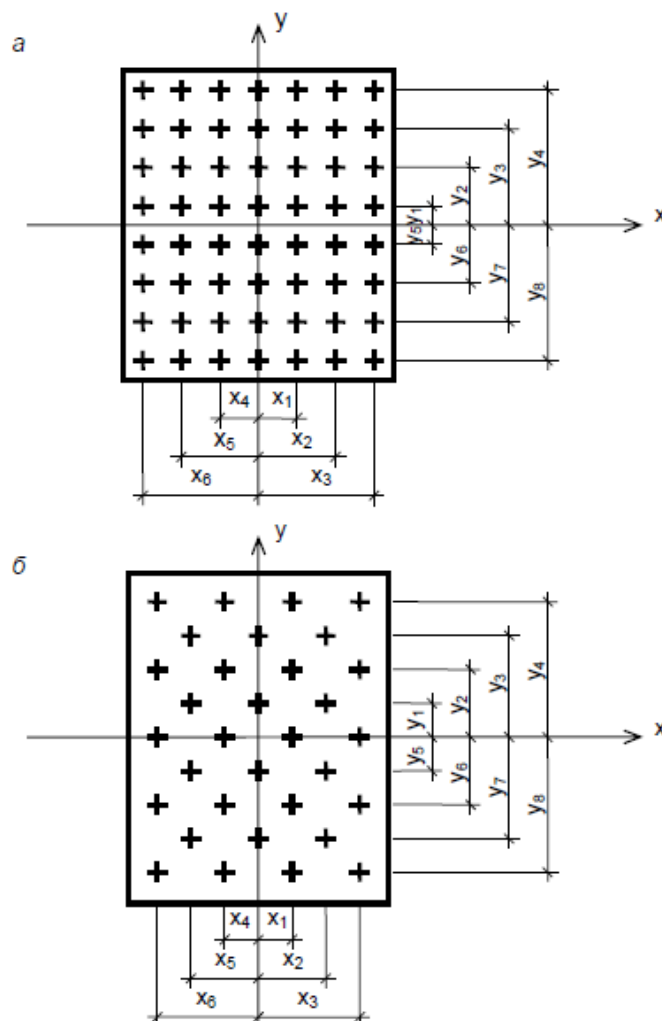


Рисунок 5.2 – Варианты размещения свай в ростверке в плане: а – рядовой порядок,  
б шахматный порядок

Расстояние между висячими сваями по осям должно быть назначено не менее  $3d_{св}$ , между сваями-стойками – не менее  $1,5d_{св}$ , но не более  $6d_{св}$ , где за  $d_{св}$  принято принимать диаметр круглой сваи или сторону сваи квадратного сечения.

Расстояние от края плиты ростверка до ближайшей грани сваи должно быть выдержано не менее 25 см.

Предварительно распределение свай производится на минимальной площади ростверка, которая определяется по формуле:

$$A_{\min} = (b_o + 2 \cdot c) \cdot (a_o + 2 \cdot c) \quad (5.5)$$

где  $b_o$ ,  $a_o$  – соответственно ширина опоры по фасаду и поперёк оси моста (см. исходные данные);

$c$  – ширина обреза ростверка, принимаемая в пределах  $0,3 \div 0,5$  м.

Если минимальной площади ростверка недостаточно для размещения свай в нём, то необходимо произвести увеличение размеров подошвы ростверка в пределах максимального угла развития  $30^\circ$  при принятой высоте ростверка. В случае, если назначенные размеры подошвы ростверка также недостаточны для размещения в нём свай, следует выполнить следующие действия:

- 1) увеличить длину и поперечное сечение свай с целью увеличения их несущей способности;
- 2) увеличить размеры ростверка путём его заглубления и устройства уступов (ступеней) с соблюдением максимального угла развития  $30^\circ$ , при этом, высота ступеней принимается в пределах 1÷2 м.

Высота последней ступени ростверка, в которую производится заделка свай, назначается исходя из условия [1]:

$$h_{nc} \geq l_3 + 0,5 \text{ м} \quad (5.6)$$

где  $l_3$  – величина заделки свай в ростверк, м (см. п.4.2).

После размещения свай требуется уточнить окончательные размеры ростверка.

#### 5.5.4 Расчёт свайного фундамента по несущей способности

Проверка нагрузки на сваю заключается в обеспечении условия, по которому действующая нагрузка на сваю не должна превышать наименьшую расчётную нагрузку на сваю по грунту или по материалу.

При внецентренно нагруженном фундаменте наибольшую нагрузку воспринимают сваи крайних рядов, для них нагрузка определяется по следующей формуле:

$$N_{\max} = \frac{N_I}{n} + \frac{M_y \cdot x_{\max}}{\sum (n_i \cdot x_i^2)} \leq \frac{F_d}{\gamma_k} \quad (5.7)$$

Нагрузка на угловую сваю определяется по формуле:

$$N_{\max} = \frac{N_I}{n} + \frac{M_y \cdot x_{\max}}{\sum (n_i \cdot x_i^2)} + \frac{M_x \cdot y_{\max}}{\sum (n_i \cdot y_i^2)} \leq m \cdot \frac{F_d}{\gamma_k} \quad (5.8)$$

где  $N_I$  – полная расчётная вертикальная нагрузка, кН, с учётом нагрузки от веса ростверка и свай, определяемая по формуле:

$$N_I = 1,1 \cdot (N_o + N_n + N_p + N_{ce} + N_w) + \gamma_f \cdot N_{ep} \quad (5.9)$$

где  $N_p$  – нагрузка от собственного веса ростверка, кН,  $N_p = V_p \cdot \gamma_b$ ,  $V_p$  – объём ростверка,  $\text{м}^3$ ,  $\gamma_b = 25 \text{ кН/м}^3$  – удельный вес материала ростверка;

$N_{ce}$  – суммарная нагрузка от веса свай, кН;

$M_x$ ,  $M_y$  – расчётные моменты относительно главных осей плоскости подошвы ростверка соответственно от тормозной силы и поперечных ударов, кНм, определяемые по формулам:

$$M_y = 1,1 \cdot F_{hx} (1,1 + h_o + h_p) \quad (4.10)$$

$$M_x = 1,1 \cdot F_{hy} (1,1 + h_o + h_p) \quad (4.11)$$

$\gamma_k$  – коэффициент надёжности, принимаемый 1,4;

$m$  – коэффициент повышения расчётной нагрузки на сваю, принимаемый равный 1,1 при четырёх сваях в ряду и 1,2 – при восьми и более сваях в ряду;

$x_i$ ,  $y_i$  – расстояния от центральных осей подошвы ростверка до оси каждого ряда свай, м (см. рис.5.2);

$x_{\max}$ ,  $y_{\max}$  – расстояния от центральных осей подошвы ростверка до осей крайних рядов свай, м;

остальные значения – те же, что и в формуле (4.16).

По результатам расчёта необходимо внести соответствующие изменения в конструкцию свайного фундамента.

### 5.5.5 Проверка несущей способности по грунту свайного фундамента как условного массивного

При данной проверке свайный фундамент рассматривается как условный массивный фундамент в форме прямоугольного параллелепипеда, состоящего из ростверка, свай и грунта, ограниченного контуром (см.рис.5.3).

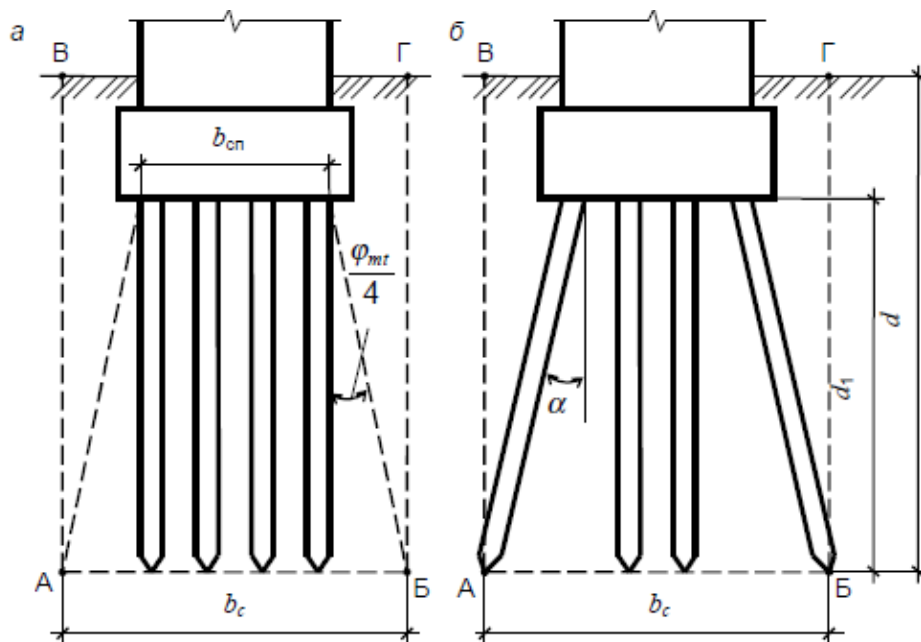


Рисунок 5.3 – Схема условного массивного свайного фундамента: а – при вертикальном положении свай, б – при наличии наклонных свай

Размеры подошвы условного массивного свайного фундамента назначаются по формулам:

$$a_c = a_{cn} + 2 \cdot d_1 \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\varphi_{mt}}{4}\right) \quad (5.12)$$

$$b_c = b_{cn} + 2 \cdot d_1 \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\varphi_{mt}}{4}\right) \quad (5.13)$$

$b_{cn}$  и  $a_{cn}$  – ширина подошвы условного фундамента по фасаду и поперёк оси моста соответственно, м;

$d_1$  – глубина погружения свай в грунт ниже подошвы ростверка, м (см. рис.5.3);

$\varphi_{mt}$  – приведённое среднее значение углов внутреннего трения грунтов основания, прорезанных сваями, определяемое по формуле:

$$\varphi_{mt} = \frac{\sum (\varphi_{l,i} \cdot h_i)}{d_1} \quad (5.14)$$

где  $\varphi_{l,i}$  – расчётные значения углов внутреннего трения слоёв грунта основания толщиной  $h_i$ .

Проверка несущей способности свайного фундамента осуществляется по следующим условиям [1]:

$$p = \frac{N_c}{a_c \cdot b_c} \leq \frac{R}{\gamma_n} \quad (5.15)$$

$$p_{\max} = \frac{N_c}{a_c \cdot b_c} + \frac{6 \cdot b_c \cdot (3 \cdot M_c + 2 \cdot F_{hx} \cdot d_1)}{a_c \cdot \left( \frac{k}{c_b} \cdot d_1^4 + 3 \cdot b_c^3 \right)} \leq \frac{\gamma_c \cdot R}{\gamma_n} \quad (5.16)$$

где  $R$  – расчётное сопротивление грунта в уровне нижних концов свай, определяемое по формуле (4.10), кПа;

$\gamma_c, \gamma_n$  – те же коэффициенты, что и в формуле (4.13);

$M_c$  – момент тормозной силы в уровне подошвы ростверка, кНм, определяемый по формуле:

$$M_c = 1,1 \cdot F_{hx} \cdot (1,1 + h_o + h_p) \quad (5.17)$$

$N_c$  – нормальная составляющая давления условного фундамента на грунт основания, кН, определяемая с учётом веса грунтового массива по формуле:

$$N_c = 1,1 \cdot (N_o + N_n + N_p + N_{cv} + N_{zp}) + \gamma_f \cdot N_{gp} \quad (5.18)$$

где  $N_{zp}$  – нагрузка от собственного веса грунта основания в пределах всего условного фундамента, определяемая по формуле:

$$N_{zp} = \gamma_I \cdot V_{zp} = \gamma_I \cdot (a_c \cdot b_c \cdot d - a_p \cdot b_p \cdot h_p) \quad (5.18)$$

$k$  – коэффициент пропорциональности, кН/м<sup>4</sup>, определяющий нарастание с глубиной коэффициента постели грунта, расположенного выше подошвы условного массивного фундамента, принимаемый по табл.5.1;

$c_b$  – коэффициент постели грунта в уровне подошвы условного массивного фундамента, кН/м<sup>3</sup>, принимаемый при  $d_I$  до 10 м равным  $c_b=10 k$ , при  $d_I > 10$  м –  $c_d=kd_I$ .

Таблица 5.1 – Коэффициент пропорциональности

Грунты	Коэффициент $k$ , кН/м <sup>4</sup>
Текучепластичные глины и суглинки ( $0,75 < I_L \leq 1$ )	490 – 1960
Мягкопластичные – глины и суглинки ( $0,5 < I_L \leq 0,75$ ) – пластичные супеси ( $0 \leq I_L \leq 1$ ) – пылеватые пески ( $0,6 \leq e \leq 0,8$ )	1961 – 3920
Тугопластичные и полутвёрдые – глины и суглинки ( $0 < I_L \leq 0,5$ ) – твёрдые супеси ( $I_L \leq 0$ ) – пески мелкие ( $0,6 \leq e \leq 0,75$ ) – пески средней крупности ( $0,55 \leq e \leq 0,70$ )	3921 – 5880
Твёрдые глины и суглинки ( $I_L \leq 0$ ) пески крупные ( $0,55 \leq e \leq 0,70$ )	5881 – 9800
Пески гравелистые ( $0,55 \leq e \leq 0,70$ ) крупнообломочные грунты с песчаным заполнителем	9801 – 19600



## 5.6 Расчёт осадки свайного фундамента по второй группе предельных состояний

Расчёт осадки основания свайного фундамента производится аналогично расчёту осадки основания фундамента мелкого заложения (п.4.5.1). Осадка основания определяется ниже подошвы условного массивного фундамента от нормативных и постоянных нагрузок. При расчёте суммарной нагрузки на основание должны быть учтены нагрузки от собственного веса ростверка, свай и слоёв грунта в пределах массива (см. рис.5.4), при этом, в формуле (5.14) вместо  $\varphi_{i,i}$  используются  $\varphi_{II,i}$ .

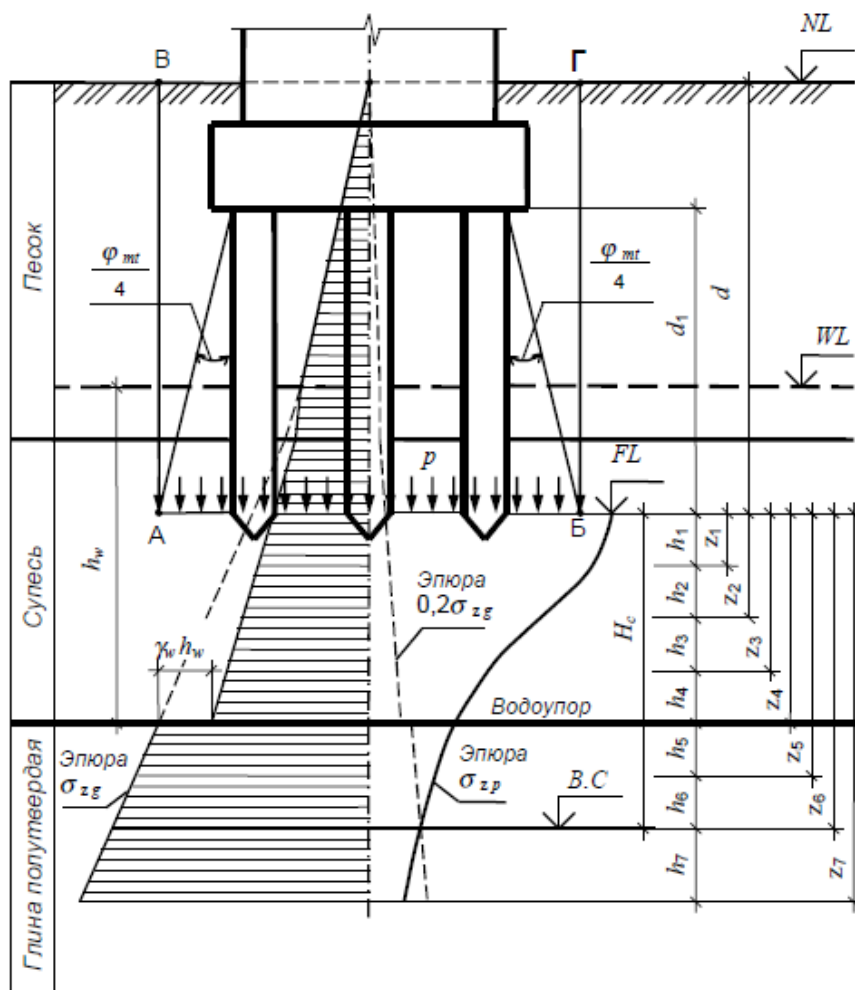


Рисунок 5.4 – Схема распределения напряжений в основании свайного фундамента

Толща грунта ниже подошва фундамента условного массивного фундамента разбивается на элементарные слои толщиной  $h_i$ , принимаемой для каждого слоя не более  $0,4b_c$ .

Полная осадка основания определяется как сумма осадок элементарных слоёв грунта по формуле (4.35) и не должна превышать предельную допустимую осадку.

## 6 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ СРАВНЕНИЕ ВАРИАНТОВ ФУНДАМЕНТА

После расчёта и конструирования обоих вариантов фундамента промежуточной опоры моста необходимо произвести их технико-экономическое сравнение.

Для этого требуется определить объёмы основных работ по возведению фундамента и их стоимость, результаты сводятся в ведомость по форме табл.6.1. В табл.6.1 приведён пример подсчёта объёмов работ в соответствии с рис.6.1 для фундамента мелкого заложения (при сооружении опоры на суходоле островков не отсыпается).

Таблица 6.1 – Ведомость объёмов и стоимости основных работ по сооружению фундамента промежуточной опоры моста

Наименование работ и формулы для подсчёта объёмов работ	Объём работ		Стоимость, руб.	
	Един.изм	Объём	Единицна	Обща
<i>Вариант №1. Фундамент мелкого заложения</i>				
Отсыпка островка с укреплением скальным грунтом $V_{сп} = \frac{1}{6} \cdot h_{осип} \cdot [(2 \cdot A + a_1) \cdot B + (2 \cdot a_1 + A) \cdot b_1]$	м <sup>3</sup>	236	3,3	779
Устройство металлического шпунтового ограждения котлована $P_{шп} = (a + b) \cdot 2 \cdot l_{шп} \cdot 0,2$	т	28,6	222,7	6369
Разработка котлована механизированным способом без водоотлива $V_{сп} = a \cdot b \cdot (l_{шп} - l_{зад})$	м <sup>3</sup>	98	1,53	150
Кладка фундамента из монолитного бетона $V_{сп} = \sum (a_i \cdot b_i \cdot h_i)$	м <sup>3</sup>	1008	64,4	64915
Итого в ценах на 1991 г.:				72213
Итого в текущих ценах с учётом индекса = 50				

При определении стоимости работ необходимо воспользоваться укрупнёнными расценками по прилож.А табл.А15, соответствующими уровню цен 1991 г., с увеличением итоговой стоимости (без учёта НДС) на индекс изменения сметной стоимости строительно-монтажных работ. В курсовой работе значение индекса приближённо принимается равным 50 (по состоянию на I квартал 2020 г.).

Сравнение вариантов фундамента промежуточной опоры моста производится по технико-экономическим показателям, приведённым в табл.6.2.

В качестве оптимального варианта фундамента опоры следует принять вариант, имеющий наибольший коэффициент сборности бетона и железобетона и наименьшие показатели:

- стоимости строительства;
- объёма монолитного бетона.

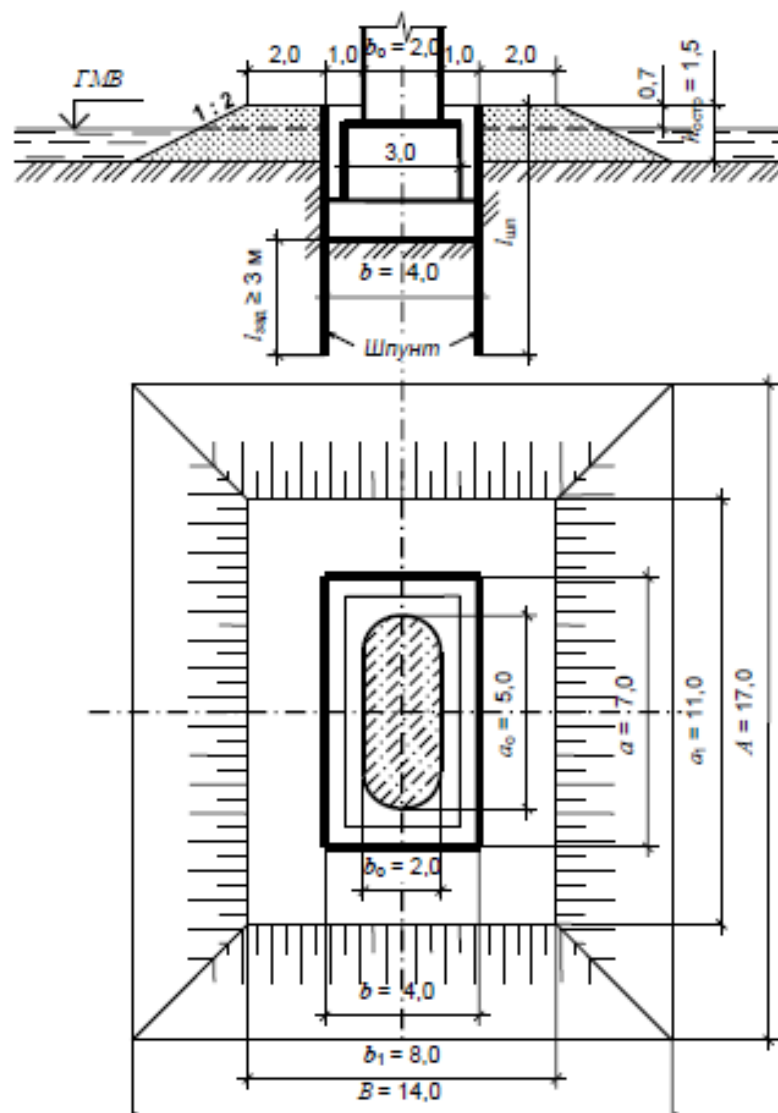


Рисунок 6.1 – Схема к определению объёмов работ при возведении фундамента мелкого заложения при наличии водотока:

$h_{остр}$  – высота островка;  $l_{шп}$  – длина шпунтового ограждения;  $l_{зад}$  – величина заделки шпунтового ограждения ниже дна котлована

Таблица 6.2 – Техничко-экономические показатели вариантов фундамента промежуточной опоры моста

Показатели	Един.изм.	Варианты	
		Фундамент мелкого заложения	Свайный фундамент
Строительная стоимость	руб.		
Объёмы бетонных и железобетонных работ:	м <sup>3</sup>		
– в том числе сборного железобетона	м <sup>3</sup>		
Коэффициент сборности конструкций фундамента $K_{сб}$	–		

Коэффициент сборности конструкций фундамента определяется по формуле:

$$K_{сб} = \frac{V_{сб}}{V_{общ}} \quad (6.1)$$

где  $V_{сб}$  – объём сборного железобетона и бетона, м<sup>3</sup>;

$V_{общ}$  – суммарный объём железобетона и бетона, м<sup>3</sup>.

## 7 КОНСТРУИРОВАНИЕ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ОПОРЫ МОСТА

После выбора оптимального варианта фундамента промежуточной опоры моста необходимо разработать чертёж опоры моста.

В состав чертежа должны входить:

- три проекции конструкции промежуточной опоры (по фасаду моста, поперёк оси моста, вид снизу);
- геологический разрез в пределах фундамента промежуточной опоры;
- ведомость объёмов работ по сооружению фундамента опоры моста;
- примечания.

В примечаниях необходимо обозначить:

- единицы измерения размеров на чертеже (мм);
- материалы фундамента опоры (класс бетона и арматуры, тип и размеры поперечного сечения свай и пр.).

Чертёж выполняется на формате А3 альбомной ориентации в масштабах 1:100, 1:75, 1:50 в зависимости от размеров опоры с учётом наполняемости чертежа не менее 75%. При разработке чертежа необходимо соблюдать требования [9].

## **СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. СП 35.13330.2011 Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03 – 84\*. – М.: ГП ЦПП, 2012.
2. СП 22.13330.2011 Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01 – 83\*. – М.: Стройиздат, 2012.
3. СП 50 – 101.2014. Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений. – М.: ФГУП ЦПП, 2005.
4. СП 24.13330.2011. Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03 – 85. – М.: Стандартинформ, 2017.
5. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23 – 01 – 99\*. – М.: НИИСФ РААСН, 2015.
6. СП 25.13330.2012. Основания и фундаменты на вечномёрзлых грунтах. Актуализированная редакция СНиП 2.02.04 – 88. – М.: Стандартинформ, 2019
7. ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация. – М.: Стандартинформ, 2015.
8. ГОСТ 30416 – 2012. Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний. – М.: Стандартинформ, 2015.
9. ГОСТ 21.001-2013. Система проектной документации для строительства (СПДС). Общие положения. – М.:ОАО ЦНС, 2015.
10. ГОСТ 21.302-2013. Система проектной документации для строительства (СПДС). Условные графические обозначения в документации по геологическим изысканиям. – М.:ОАО ЦНС, 2015.
11. Бахарев И.И., Рязанов Ю.С. Проектирование фундаментов глубокого заложения. – Хабаровск, Изд-во ДВГУПС, 2000.
12. Строительные конструкции. Основания и фундаменты: Ягупов Б.А. Учеб. для вузов. – М.: Стройиздат, 1991. – 671 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ

Таблица А.1 – Разновидности глинистых грунтов по числу пластичности

Разновидности глинистых грунтов	Число пластичности $I_p$ , %
Супесь	1 – 7
Суглинок	7 – 17
Глина	>17

Таблица А.2 – Разновидности глинистых грунтов по показателю текучести

Разновидности глинистых грунтов	Число пластичности $I_p$ , %
Супесь:	
– твёрдая	< 0
– пластичная	0 – 1
– текучая	> 1,00
Суглинки и глины:	
– твёрдые	< 0
– полутвёрдые	0 – 0,25
– тугопластичные	0,25 – 0,50
– мягкопластичные	0,50 – 0,75
– текучепластичные	0,75 – 1,00
– текучие	> 1,00

Таблица А.3 – Разновидности песков по коэффициенту пористости

Разновидности песков	Коэффициент пористости $e$		
	Пески гравелистые, крупные и средней крупности	Мелкие пески	Пылеватые пески
Плотный	<0,55	<0,60	<0,60
Средней плотности	0,55 – 0,70	0,60 – 0,75	0,60 – 0,80
Рыхлый	> 0,70	> 0,75	> 0,80

Таблица А.4 – Разновидности грунтов по коэффициенту водонасыщения  $S_r$

Разновидности грунтов	Коэффициент водонасыщения $S_r$ , д.е.
Малой степени водонасыщения	0 – 0,50
Средней степени водонасыщения	0,50 – 0,80
Насыщенные водой	0,80 – 1,00

Таблица А.5 – Условное сопротивление пылевато-глинистых грунтов

Грунты	Коэффициент пористости $e$	Условное сопротивление $R_0$ пылевато-глинистых (непросадочных) грунтов основания, кПа, в зависимости от показателя текучести $I_L$						
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
Супеси при $I_p \leq 5$	0,5	343	294	245	196	147	98	–
	0,7	294	245	196	147	98	–	–
Суглинки при $10 \leq I_p \leq 15$	0,5	392	343	294	245	196	147	98
	0,7	343	294	245	196	147	98	–
	1,0	294	245	196	147	98	–	–
Глины при $I_p \geq 20$	0,5	588	441	343	294	245	196	147
	0,6	490	343	294	245	196	147	98
	0,8	392	294	245	196	147	98	–
	1,1	294	245	196	147	98	–	–

Примечания:

- Для промежуточных значений  $I_L$  и  $e$  значение  $R_0$  определяется интерполяцией.
- $R_0$  для твёрдых глинистых грунтов следует принимать:
  - для супесей – не более 981 кПа;
  - для суглинков – не более 1962 кПа;
  - для глин – не более 2943 кПа.

Таблица А.6 – Условное сопротивление песчаных грунтов

Песчаные грунты и их влажность	Условное сопротивление $R_0$ песчаных грунтов средней плотности в основаниях, кПа
<b>Гравелистые и крупные независимо от их влажности</b>	343
<b>Средней крупности:</b>	
– маловлажные	294
– влажные и насыщенные водой	245
<b>Мелкие:</b>	
– маловлажные	196
– влажные и насыщенные водой	147
<b>Пылеватые:</b>	
– маловлажные	196
– влажные	147
– насыщенные водой	98

Примечание. Для плотных песчаных грунтов  $R_0$  следует увеличить на 60% [1].



Таблица А.7 – Условное сопротивление крупнообломочных грунтов

Песчаные грунты и их влажность	Условное сопротивление $R_0$ крупнообломочных грунтов в основаниях, кПа
Галечниковый (щебенистый) из обломков пород: кристаллических осадочных	1470 980
Гравийный (дресвяной) из обломков пород: кристаллических осадочных	785 490

Таблица А.8 – Грунты и степень водонасыщения

Грунты и степень водонасыщения	Значения $\tau_{fh}$ , кПа, при глубине сезонного промерзания – оттаивания $d_{th}$ , м		
	1,0	2,0	3,0
Пылевато-глинистые при показателе текучести $I_L > 0,5$ , пески мелкие и пылеватые при степени влажности $S_r > 0,95$	130	110	90
Пылевато-глинистые при $0,25 < I_L \leq 0,5$ , пески мелкие и пылеватые при $0,8 < S_r \leq 0,95$ , крупнообломочные с заполнителем (глинистым, мелкопесчаным и пылеватым) свыше 30 %	100	90	70
Пылевато-глинистые при $I_L \geq 0,25$ , пески мелкие и пылеватые при $0,6 < S_r \leq 0,8$ , а также крупнообломочные с заполнителем (пылевато-глинистым, мелкопесчаным и пылеватым) от 10 % до 30 %	80	70	50

Таблица А.9 – Расчётные сопротивления по боковой поверхности свай

Средняя глубина расположения слоя грунта, м	Расчетные сопротивления на боковой поверхности забивных и вдавливаемых свай и свай-оболочек $f_i$ , кПа								
	песков средней плотности								
	крупных и средней крупности	мелких	пылеватых	–	–	–	–	–	–
	глинистых грунтов при показателе текучести $I_L$								
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
1	35	23	15	12	8	4	4	3	2
2	42	30	21	17	12	7	5	4	4
3	48	35	25	20	14	8	7	6	5
4	53	38	27	22	16	9	8	7	5
5	56	40	29	24	17	10	8	7	6
6	58	42	31	25	18	10	8	7	6
8	62	44	33	26	19	10	8	7	6
10	65	46	34	27	19	10	8	7	6
15	72	51	38	28	20	11	8	7	6
20	79	56	41	30	20	12	8	7	6
25	86	61	44	32	20	12	8	7	6
30	93	66	47	34	21	12	9	8	7
35	100	70	50	36	22	13	9	8	7

Примечания:

1. Значения расчётного сопротивления плотных песчаных грунтов по боковой поверхности свай следует увеличивать на 30%.
2. Расчётные сопротивления супесей и суглинков с коэффициентом пористости  $e < 0,5$  и глин с коэффициентом пористости  $e < 0,6$  следует увеличивать на 15% при любых значениях показателя текучести.

Таблица А.10 – Расчётные сопротивления под нижним концом свай

Глубина погружения нижнего конца сваи, м	Расчетные сопротивления под нижним концом забивных и вдавливаемых свай и свай-оболочек, погружаемых без выемки грунта, $R$ , кПа						
	песков средней плотности						
	гравелистых	крупных	–	средней крупности	мелких	пылеватых	–
	глинистых грунтов при показателе текучести $I_L$						
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
3	7500	$\frac{6600}{4000}$	3000	$\frac{3100}{2000}$	$\frac{2000}{1200}$	1100	600
4	8300	$\frac{6800}{5100}$	3800	$\frac{3200}{2500}$	$\frac{2100}{1600}$	1250	700
5	8800	$\frac{7000}{6200}$	4000	$\frac{3400}{2800}$	$\frac{2200}{2000}$	1300	800
7	9700	$\frac{7300}{6900}$	4300	$\frac{3700}{3300}$	$\frac{2400}{2200}$	1400	850
10	10500	$\frac{7700}{7300}$	5000	$\frac{4000}{3500}$	$\frac{2600}{2400}$	1500	900
15	11700	$\frac{8200}{7500}$	5600	$\frac{4400}{4000}$	2900	1650	1000
20	12600	8500	6200	$\frac{4800}{4500}$	3200	1800	1100
25	13400	9000	6800	5200	3500	1950	1200
30	14 200	9500	7400	5600	3800	2100	1300
35	15000	10000	8000	6000	4100	2250	1400

Примечания:

1. Над чертой даны значения  $R$  для песчаных грунтов, под чертой – для глинистых грунтов.
2. Глубина погружения нижнего конца сваи и средняя глубина расположения слоя грунта в акватории принимается от уровня дна с учётом общего размыва.
3. Для промежуточных значений глубины погружения сваи и показателя текучести глинистых грунтов значения  $R$  и  $f_i$  определяются интерполяцией.
4. Для плотных песчаных грунтов значения  $R$  следует увеличить на 60% но не более чем до 20 000 кПа.

Таблица А.11 – Расчётное сопротивление бетона сжатию

Вид сопротивления	Условное обозначение	Расчетное сопротивление бетона, МПа, классов по прочности на сжатие						
		В20	В22,5	В25	В27,5	В30	В35	В40
При расчетах по предельным состояниям первой группы								
Сжатие осевое (призменная прочность)	$R_b$	10,5	11,75	13,0	14,3	15,5	17,5	20,0
При расчетах по предельным состояниям второй группы								
Сжатие осевое (призменная прочность)	$R_{b,ser}$	15,0	16,8	18,5	20,5	22,0	25,5	29,0

Таблица А.12 – Расчётные сопротивления арматуры растяжению

Класс арматурной сетки	Диаметр, мм	Расчетные сопротивления растяжению при расчетах по предельным состояниям первой группы $R_s$ и $R_n$ , МПа, для мостов и труб	
		железнодорожных	автодорожных и городских
Ненапрягаемая арматура			
1. Стержневая: а) гладкая А-I б) периодического профиля: А-II, Ас-II А-III	6–40	200	210
	10–40	250	265
	6 и 8	320	340
	10–40	330	350
Напрягаемая арматура			
2. Стержневая а) горячекатаная А-IV* А-V	10–32	435	465
	10–32	565	600

Таблица А.13 – Призматические сплошные сваи мостовых опор с ненапрягаемой арматурой. Серия 3.501 – 86 (инв.№946)

Марка сваи	Класс бетона	Расход бетона, м <sup>3</sup>	Масса, т	Марка сваи	Класс бетона	Расход бетона, м <sup>3</sup>	Масса, т
СМ 4-30	В20	0,37	0,9	СМ 13-35	В30	1,61	4,0
СМ 5-30		0,46	1,2	СМ 14-35		1,74	4,4
СМ 6-30		0,55	1,4	СМ 15-35		1,86	4,7
СМ 7-30		0,64	1,6	СМ 16-35		1,98	5,0
СМ 8-30		0,73	1,8				
				СМ 8-40		1,31	3,3
СМ 9-30	В22,5	0,82	2,1	СМ 9-40	В30	1,47	3,7
СМ 10-30		0,91	2,3	СМ 10-40		1,69	4,1
СМ 11-30		1,00	2,5	СМ 11-40		1,79	4,5
СМ 12-30		1,09	2,7	СМ 12-40		1,95	4,9
СМ 6-35	В25	0,76	1,9	СМ 13-40	В35	2,11	5,3
СМ 7-35		0,88	2,2	СМ 14-40		2,27	5,7
СМ 8-35		1,00	2,5	СМ 15-40		2,43	6,1
СМ 9-35		1,12	2,8	СМ 16-40		2,59	6,5
СМ 10-35		1,25	3,1				
СМ 11-35		1,37	3,4	СМ 17-40		В40	2,75
СМ 12-35	1,49	3,7	СМ 18-40	2,91	7,3		

Таблица А.14 – Призматические сплошные сваи мостовых опор с напрягаемой арматурой. Серия 3.501 – 86 (инв.№946)

Марка сваи	Класс бетона	Расход бетона, м <sup>3</sup>	Масса, т	Марка сваи	Класс бетона	Расход бетона, м <sup>3</sup>	Масса, т	
СНМ 9-30	В30	0,82	2,1	СНМ 15-35	В35	1,86	4,76	
СНМ 10-30		0,91	2,32	СНМ 16-35		1,98	5,07	
СНМ 11-30		1,00	2,55	СНМ 17-35		2,10	5,38	
СНМ 12-30		1,09	2,78	СНМ 18-35		2,22	5,68	
СНМ 13-30		1,18	3,02	СНМ 19-35		2,34	5,92	
СНМ 14-30		1,27	3,23	СНМ 13-40		2,10	5,37	
СНМ 15-30		1,36	3,47	СНМ 14-40		2,26	5,77	
СНМ 10-35		1,24	3,18	СНМ 15-40		2,42	6,18	
СНМ 11-35		1,36	3,49	СНМ 16-40		2,58	6,59	
СНМ 12-35		1,48	3,78	СНМ 17-40		В40	2,74	7,00
СНМ 13-35		1,61	4,12		СНМ 18-40		2,90	7,40
СНМ 14-35		1,73	4,43		СНМ 19-40		3,06	7,81
					СНМ 20-40		3,22	8,23

Таблица А.15 – Укрупнённые единичные стоимости работ

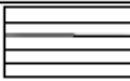
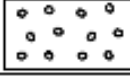

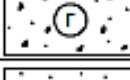






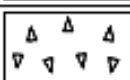

№ п/п	Наименование работ	Ед. изм.	Цена, руб.
1	Отсыпка островков с укреплением скальным грунтом	м <sup>3</sup> грунта	3,3
2	Устройство брусчатого шпунтового ограждения	м <sup>3</sup>	194,0
3	Устройство металлического шпунтового ограждения	т	222,7
4	Разработка котлованов механизированным способом (с последующей засыпкой) а) без водоотлива б) с водоотливом	м <sup>3</sup>	1,53
		м <sup>3</sup>	2,56
5	Кладка фундамента (без ограждения) а) монолитные бетонные фундаменты б) монолитные железобетонные фундаменты в) монолитные железобетонные ростверки (на высоких свайных ростверках) г) сборные бетонные фундаменты д) сборные железобетонные фундаменты.	м <sup>3</sup>	64,4
		м <sup>3</sup>	89,9
		м <sup>3</sup>	82,9
		м <sup>3</sup>	66,3
		м <sup>3</sup>	86,5
6	Погружение железобетонных призматических свай а) на суше или с подмостей б) на плаву	м <sup>3</sup>	127,0
		м <sup>3</sup>	201,4
7	Устройство железобетонных буронабивных свай (столбов) с учетом арматуры а) в легких грунтах I-III гр б) в тяжелых грунтах (нескальных)	м <sup>3</sup>	269,0
		м <sup>3</sup>	419,0
8	Железобетонные оболочки а) изготовление $\alpha = 1,0 \div 3,0$ м б) изготовление $\alpha = 2,0 \div 3,0$ м	м <sup>3</sup>	347,6
		м <sup>3</sup>	376,3
9	Погружение свай-оболочек $\alpha = 1,0 \div 3,0$ м с извлечением грунта а) с земли или подмостей б) на плаву	пог. м	351,7
		пог. м	385,2
10	Заполнение оболочек бетоном методом ВПТ а) на суше или с подмостей б) на плаву	м <sup>3</sup>	38,6
		м <sup>3</sup>	47,2
11	Заполнение оболочек бетоном насухо а) на суше или с подмостей б) на плаву	м <sup>3</sup>	63,6
		м <sup>3</sup>	71,8

УСЛОВНЫЕ ГРАФИЧЕСКИЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ  
(по ГОСТ 21.302 – 2013)

Таблица Б.1 – Условные графические обозначения консистенции и степени влажности грунтов на инженерно-геологических разрезах и колонках

Наименование грунта	Консистенция	Степень влажности	Обозначение
Супесь, суглинок, глина Песок	Твердая –	– Маловлажный	
Суглинок, глина	Полутвердая	–	
То же	Тугопластичная	–	
Супесь Песок	Пластичная –	– Влажный	
Суглинок, глина То же	Мягкопластичная Текучепластичная	– –	
« Песок	Текучая –	– Насыщенный водой	

Таблица Б.2 – Условные графические обозначения основных видов грунтов

Наименование	Обозначение
Глина	
Гравий	
Дресва (дресвяный грунт)	
Песок гравелистый	
Песок крупный	
Песок средний	
Песок мелкий	
Песок пылеватый	
Слой почвенно-растительный	
Суглинок	
Супесь	
Щебень	



ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА

Министерство образования и науки Хабаровского края  
Краевое государственное бюджетное профессиональное образовательное  
учреждение  
«Хабаровский технический колледж»

Цикловая комиссия \_\_\_\_\_ Техника, технологии строительства и электроснабжение  
(наименование)

Специальность \_\_\_\_\_ 08.02.02 Строительство и эксплуатация инженерных сооружений  
(код, наименование специальности)

**КУРСОВАЯ РАБОТА**

на тему «Вариантное проектирование фундамента промежуточной опоры моста»  
по дисциплине МДК 01.01 Проектирование и расчёт оснований и фундаментов  
инженерных сооружений

КР 08.02.02.000. \_\_\_\_\_ – \_\_\_\_\_  
(№ зач. книжки) (учебная группа)

Выполнил студент \_\_\_\_\_ (Фамилия, И.О.)

Руководитель КР \_\_\_\_\_ (Фамилия, И.О.)

Нормоконтроллёр \_\_\_\_\_ (Фамилия, И.О.)

Хабаровск – 2020 г.

МАКЕТ ЗАДАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Министерство образования и науки Хабаровского края  
Краевое государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
«Хабаровский технический колледж»

Цикловая комиссия Техника, технологии строительства и электроснабжение  
(наименование)

**ЗАДАНИЕ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

на тему «Вариантное проектирование фундамента промежуточной опоры моста»  
по дисциплине МДК 01.01 Проектирование и расчёт оснований и фундаментов  
инженерных сооружений

Выдано студенту \_\_\_\_\_ учебной группы \_\_\_\_\_  
(Ф.И.О.) (группа)

08.02.02 Строительство и эксплуатация инженерных сооружений  
(код и наименование специальности)

1. Тема \_\_\_\_\_

2. Срок сдачи студентом курсовой работы: «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

3. Перечень вопросов, подлежащих разработке в курсовом проекте/ курсовой работе:

- Анализ грунтовых условий строительной площадки
- Проектирование фундамента мелкого заложения
- Проектирование свайного фундамента
- Технико-экономическое сравнение вариантов фундамента промежуточной опоры моста

4 . Перечень иллюстрационного материала (графический материал с точным указанием обязательных чертежей или раздаточный материал с точным указанием наименования таблиц или рисунков или презентации):

Руководитель курсового проекта/  
курсовой работы

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_  
(подпись) (Ф.И.О.)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Задание принял к исполнению студент

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_  
(подпись) (Ф.И.О.)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b>	3
<b>1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ</b>	4
<b>2 ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ</b>	6
2.1 Общие сведения	6
2.2 Исходные данные для студентов заочной формы обучения	7
2.3 Исходные данные для студентов дневной формы обучения	12
2.4 Содержание курсовой работы	15
2.5 Требования к оформлению курсовой работы	15
<b>3 АНАЛИЗ ГРУНТОВЫХ УСЛОВИЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ</b>	17
3.1 Определение физико-механических характеристик и наименования грунтов основания	17
3.2 Определение расчётных характеристик	19
<b>4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ФУНДАМЕНТА МЕЛКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ</b>	21
4.1 Основные положения	21
4.2 Определение глубины заложения подошвы фундамента	21
4.3 Определение размеров подошвы фундамента и уступов	22
4.4 Расчёты по первой группе предельных состояний	24
4.5 Расчёты по второй группе предельных состояний	28
<b>5 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СВАЙНОГО ФУНДАМЕНТА</b>	33
5.1 Основные положения	33
5.2 Выбор материала ростверка и назначение его размеров	33
5.3 Определение глубины заложения ростверка	33
5.4 Выбор конструкции и размеров свай	34
5.5 Расчёты по первой группе предельных состояний	34
5.6 Расчёт осадки свайного фундамента по второй группе предельных состояний	41
<b>6 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ СРАВНЕНИЕ ВАРИАНТОВ ФУНДАМЕНТА</b>	42
<b>7 КОНСТРУИРОВАНИЕ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ОПОРЫ МОСТА</b>	45
<b>СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ</b>	46
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Справочные материалы	47
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Условные графические обозначения (по ГОСТ 21.302 – 2013)	55
ПРИЛОЖЕНИЕ В. Образец оформления титульного листа	57
ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Макет задания к выполнению курсовой работы	58