

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(СИБСТРИН)

**Кафедра инженерной
геологии, оснований
и фундаментов**

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ ПРОМЫШЛЕННОГО ЗДАНИЯ

Задания и методические указания
по выполнению курсового проекта для студентов, обучающихся
по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство»
всех форм обучения

НОВОСИБИРСК 2021

Задания и методические указания разработаны
канд. техн. наук, доцентом С.В. Линовским
и ст. преподавателем Т.А. Якушкиной.

Утверждены учебно-методической комиссией
института строительства
28 июня 2021 года

Рецензенты:

- В.С. Молчанов, канд. техн. наук, доцент
кафедры инженерной геологии, оснований
и фундаментов НГАСУ (Сибстрин);
- А.О. Колесников, канд. техн. наук, доцент
кафедры инженерной геологии, оснований
и фундаментов НГАСУ (Сибстрин)

© Новосибирский государственный
архитектурно-строительный
университет (Сибстрин), 2021

Настоящие методические указания составлены с частичным использованием материалов, содержащихся в методической разработке «Расчет оснований и фундаментов промышленного здания» (авторы канд. техн. наук, профессор В.С. Миронов, канд. техн. наук, доцент А.О. Колесников, канд. техн. наук, профессор В.К. Федоров), изданной в НГАСУ (Сибстрин) в 2008 году.

Последовательность работы над проектом

Расчетная часть курсового проекта должна состоять из перечисленных ниже разделов и выполняться в рекомендуемой последовательности.

- 1 Подготовка исходных данных для проектирования.
- 2 Сбор нагрузок, действующих на верхние обрезы фундаментов, от надземной части здания.
- 3 Анализ инженерно-строительных условий площадки строительства.
- 4 Выбор возможных видов фундаментов и оснований (два варианта).
- 5 Расчет и конструирование принятых вариантов.
- 6 Технико-экономическая оценка рассмотренных вариантов устройства оснований и фундаментов (по стоимости и трудоемкости).

Ниже приводятся рекомендации по выполнению отдельных этапов курсового проекта.

1 Подготовка исходных данных для проектирования

Выбор исходных данных для курсового проекта производится согласно заданию (приложение А), выданному и заполненному преподавателем. Варианты грунтовых условий и географического пункта строительства (устанавливается место строительства, рельеф площадки и инженерно-геологические разрезы) приведены в приложении Б. Физико-механические характеристики грунтов определяются по приложению В в соот-

ветствии с номерами грунтов, указанными в определенном варианте задания.

Номер варианта здания или сооружения (устанавливается конструктивная схема здания, его основные размеры, единичная нагрузка и другие исходные данные, относящиеся к проектируемому объекту) приведен в приложении Г. Номера фундаментов, подлежащих расчету, указываются в задании (приложение А, п. II.1).

Проектируемое здания выполняется из сборных железобетонных конструкций. Для дальнейших расчетов фундаментов необходимо выполнить выбор колонн для заданного здания (сооружения). Для назначения размеров колонн, отметок их заглубления ниже уровня пола и привязок колонн и стен к разбивочным осям могут быть использованы данные приложения Д.

2 Сбор нагрузок, действующих на верхние обрезы фундаментов, от надземной части здания

Методика сбора нагрузок в соответствии с действующими нормами и определение усилий, приходящихся на фундаменты от конструкций надземной части здания, достаточно подробно излагаются в соответствующих курсах расчета конструкций.

С целью уменьшения трудоемкости выполнения курсового проекта по основаниям и фундаментам рекомендуется следующая упрощенная методика сбора нагрузок, действующих на фундаменты.

Вертикальная нормативная сосредоточенная нагрузка (N''), передающаяся от колонны на фундамент, подсчитывается как произведение заданной единичной нагрузки соответствующего пролета на грузовую площадь покрытия (или перекрытия), приходящуюся на рассматриваемую колонну (рис. 1, красным цветом показана грузовая площадь A_{gp}^1 , синим – A_{gp}^2).

В единичные значения нагрузок по пролетам, приведенные в соответствующих вариантах задания, включены: собственный вес всех конструкций покрытия (перекрытия), собственный вес

колонны, снеговая, крановая и другие виды временных нагрузок.

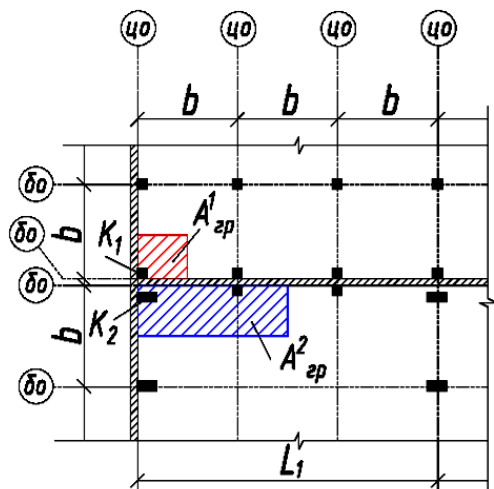


Рисунок 1. Определение грузовых площадей:

$бо$ – буквенная ось; $цо$ – цифровая ось; K_1 , K_2 – соответственно колонна № 1 и колонна № 2

Методика расчета вертикальных сосредоточенных нагрузок от колонн ($N^{n,1}$ и $N^{n,2}$) приведена ниже (см. совместно с рис. 1).

$$A^1_{сп} = \frac{b}{2} \cdot \frac{b}{2}, \quad N^{n,1} = n \cdot q_6 \cdot A^1_{сп};$$

$$A^2_{сп} = \frac{L_1}{2} \cdot \frac{b}{2}, \quad N^{n,2} = q_l \cdot A^2_{сп},$$

где q_6 – единичная нагрузка бытовых помещений;
 q_l – единичная нагрузка в соответствующем пролете;
 n – количество перекрытий (включая покрытие) бытовых помещений.

Вертикальная сосредоточенная нагрузка от колонны считается приложенной в центре тяжести поперечного сечения колонны.

Кроме вертикальной нагрузки от колонн, на которые опираются элементы покрытий или перекрытий, на фундаменты передаются изгибающие моменты и горизонтальные силы, действующие в плоскости поперечной рамы здания.

Численные значения этих моментов (M'') и горизонтальных сил (Q'') вычисляются по формулам, приведенным в табл. 1. Горизонтальные силы Q'' считаются приложенными в уровне верхнего обреза фундаментов. Направление действия моментов и горизонтальных сил – в плоскости поперечника здания (направление – внутрь помещения).

Таблица 1

Формулы для вычисления моментов (M'')
и горизонтальных сил (Q'')

Усилия	Промышленные здания				Бытовые помещения	
	Одноэтажные		Многоэтажные			
	Внут- ренние колонны	Наруж- ные ко- лонны	Внут- ренние колонны	Наруж- ные ко- лонны	Внут- ренние колонны	Наруж- ные ко- лонны
M^H	$0,05N^H$	$0,08N^H$	$0,02N^H$	$0,05N^H$	0	$0,03N^H$
Q^H	$0,006N^H$	$0,01N^H$	$0,006N^H$	$0,008N^H$	0	$0,005N^H$

Нагрузки от собственного веса стен ($P''_{ст}$) подсчитываются как произведение веса одного квадратного метра вертикальной поверхности стены на ее грузовую площадь, приходящуюся на рассматриваемый фундамент. Грузовая площадь стен определяется аналогично грузовой площади колонн. В случае опирания элементов покрытия (или перекрытия) на стены, к нагрузке от стен добавляется нагрузка от соответствующей грузовой площади перекрытия или покрытия.

Вес керамзитобетонных стеновых панелей принимается равным 3 кН/м^2 их вертикальной поверхности.

В подсчете нагрузок от стен должны быть учтены коэффициенты уменьшения их общего веса за счет оконных и дверных проемов. Эти коэффициенты принимаются:

- а) для наружных стен цехов промышленных зданий $k = 0,6$;
- б) для наружных стен бытовых помещений $k = 0,8$.

В перечисленные выше нагрузки не входит вес фундаментов и грунта на их уступах.

Результаты сбора нагрузок удобно оформить в виде табл. 2.

Таблица 2

Сбор нагрузок на фундаменты

Фундамент № (оси)	Нагрузки от колонн					Нагрузки от стен			
	Грузовая площадь, m^2	Единичная нагрузка, kH/m^2	N^H , kH	M^H , kHm	Q^H , kH	Грузовая площадь, m^2	Единичная нагрузка, kH/m^2	Коэффициент уменьшения нагрузки	$P^H_{ст}$, kH

Все найденные значения нормативных нагрузок относятся к расчету оснований по II группе предельных состояний (по деформациям). При расчете оснований и конструкций по I группе предельных состояний (по несущей способности) полученные значения нагрузок следует умножить на осредненный коэффициент надежности по нагрузке $\gamma_f = 1,2$ (например, $N^p = 1,2N^H$).

3 Анализ инженерно-геологических условий площадки строительства

При оценке инженерно-геологических условий площадки строительства на основании имеющихся исходных данных должны быть освещены следующие вопросы:

1 Географическое положение площадки.

2 Геологическая характеристика площадки (расположение и глубина скважин, описание грунтов в порядке их залегания

сверху вниз, мощность пластов и особенности их залегания, гидрогеологические условия).

По имеющимся физико-механическим свойствам грунтов следует в соответствии с [1] установить исчерпывающее описание каждого из пластов грунта площадки.

Для глинистых (связных) грунтов уточнить их вид и наименование по числу пластичности (I_p) и показателю текучести (I_L), выполнить предварительную оценку просадочности и набухания при их замачивании (по [2]).

Для песчаных (несвязных) грунтов уточнить их вид и наименование в зависимости от коэффициента пористости (e) и коэффициента водонасыщения (S_r) по [1].

Для всех грунтов сделать вывод о деформируемости грунтов по [1].

Необходимо проанализировать каждый из пластов грунта с точки зрения его пригодности в качестве основания для фундаментов по его прочностным, деформационным и другим свойствам (например, по просадочности, пучинистости, набуханию и т.п.).

4 Выбор возможных видов фундаментов и оснований

В составе курсового проекта в качестве возможных могут быть рассмотрены различные виды фундаментов и оснований. Для обычных, наиболее часто встречающихся зданий (промышленные здания из унифицированных сборных элементов, типовые жилые и общественные здания) в неосложненных грунтовых условиях в первую очередь должен быть рассмотрен вопрос о возможности применения фундаментов мелкого заложения и фундаментов из забивных железобетонных свай. Поэтому в учебных целях в настоящем проекте обязательным является рассмотрение как минимум двух наиболее распространенных вариантов фундаментов:

1 Фундаменты мелкого заложения (ФМЗ) в виде отдельных столбчатых монолитных железобетонных фундаментов под колонны каркаса.

2 Свайные фундаменты с использованием унифицированных железобетонных свай заводского изготовления кустового расположения и монолитных железобетонных ростверков под колонны каркаса.

5 Расчет и конструирование принятых вариантов (последовательность расчетов оснований и фундаментов)

1 Определение глубины заложения подошвы фундамента (ростверка)

Глубины заложения подошвы фундамента (d) – это расстояние от отметки планировки (DL) до отметки подошвы фундамента (FL). Факторы, в зависимости от которых назначается глубина заложения подошвы фундамента, подробно изложены в лекционном материале и технической литературе, рекомендуемой к использованию при изучении курса «Основания и фундаменты». В данном проекте необходимо назначить минимально возможную глубину заложения в зависимости от конструктивных особенностей здания (конструктивную глубину заложения). Определив глубину сезонного промерзания и оттаивания грунта (нормативную и расчетную) и установив степень его пучинистости, назначить окончательную глубину заложения подошвы фундамента.

1.1 Определение конструктивной глубины заложения подошвы фундамента (d_k).

Конструктивная глубина заложения подошвы фундамента зависит от особенностей здания: наличия подземной части, способа соединения надземных конструкций с фундаментом. Следует учесть, что фундаменты проектируются монолитные железобетонные под сборные железобетонные колонны (стаканного типа). Подвала в здании не предусмотрено. Отметка планировки (DL) совпадает с верхним обрезаем фундамента. Сопряжение фундамента с колонной – установка колонны в стакан с последующим омоноличиванием. В соответствии с принятыми отметками планировки (DL) и низа колонны (HK), необходимостью

назначения зазора между торцом колонны и дном стакана (50 мм) и минимальной толщины подстаканной части фундамента (250 мм) назначается конструктивная глубина заложения фундамента (рис. 2). Полученную глубину необходимо округлить в большую сторону до значения, кратного 150 мм (кратность опалубки по высоте при устройстве монолитных фундаментов).

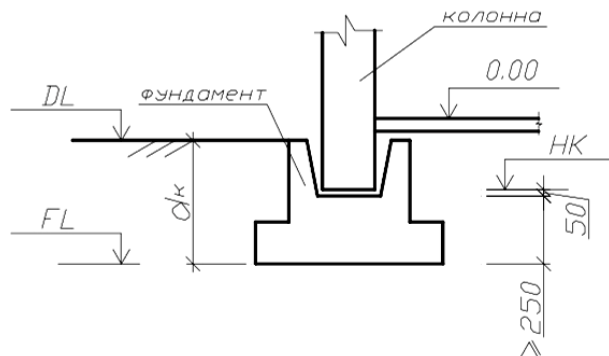


Рисунок 2. Определение конструктивной глубины заложения подошвы фундамента

1.2 Уточнение глубины заложения из условий сезонного промерзания грунта.

1.2.1 Определение нормативной глубины сезонного промерзания грунта (d_{fn}).

В курсовом проекте d_{fn} определяется по [3, формула (5.3)], где M_b в свою очередь, определяется по [4, табл. 5.1].

1.2.2 Определение расчетной глубины сезонного промерзания грунта (d_f).

Расчетная глубина сезонного промерзания грунта (с учетом влияния здания или сооружения) определяется по [3, формула (5.4)].

1.2.3 Определение окончательной глубины заложения подошвы фундамента.

Для назначения окончательной глубины заложения подошвы фундамента необходимо иметь сведения о свойствах мороз-

ной пучинистости грунта. Если такие данные о грунте отсутствуют, то определяется зависимость глубины заложения подошвы фундамента d от расчетной глубины сезонного промерзания d_f по [1, табл. 5.3]. Если d не зависит от d_f , то окончательно принимается $d = d_k$ (грунт не пучинистый). Если же d зависит от d_f (грунт обладает пучинистыми свойствами), то необходимо сравнить d и d_k и из этих двух значений выбрать максимальную глубину (для предотвращения возникновения лобовых сил морозного пучения), при необходимости – округлить в большую сторону (кратно 150 мм).

2 Определение минимально возможных размеров подошвы фундаментов.

В первом приближении размеры подошвы фундаментов (b и l) принимаются равными размерам обрезов фундаментов $b_{обр}$ и $l_{обр}$, которые, в свою очередь, определяются в зависимости от размеров надземных конструкций, сопрягаемых с фундаментом и округляются в большую сторону (кратно 300 мм).

3 Приведение нагрузок к центру подошвы фундамента

Приведение нагрузок, действующих на верхний обрез фундамента, к центру подошвы фундамента выполняется по правилам строительной механики.

Например, для приведенных нормативных нагрузок фундамента под колонны № 1 и 2 (рис. 3):

$$N_0^H = N_{II}^H + N_B^H + P_{cm1}^H + P_{cm2}^H + P_{cm3}^H ;$$

$$M_{ox}^H = -M_B^H - Q_B^H \cdot d - N_B^H \cdot e_1 - P_{cm2}^H \cdot e_2 - P_{cm1}^H \cdot e_5 + P_{cm3}^H \cdot e_3 + N_{II}^H \cdot e_4 ;$$

$$M_{oy}^H = -M_{II}^H - Q_{II}^H \cdot d + N_B^H \cdot e_6 + P_{cm2}^H \cdot e_7 + P_{cm3}^H \cdot e_8 .$$

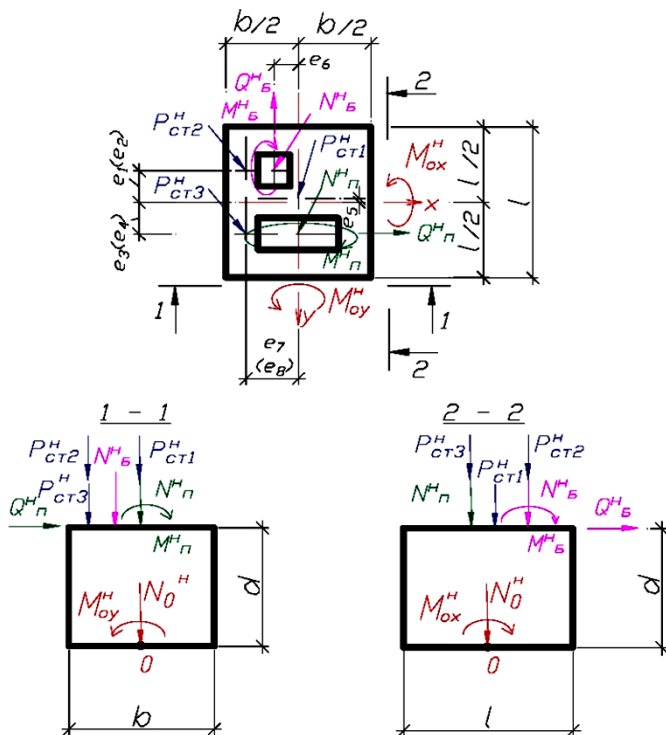


Рисунок 3. Приведение нагрузок к центру подошвы фундамента

Перед выполнением последующих расчетов необходимо выполнить «посадку» фундамента (с учетом окончательной глубины заложения подошвы фундаментов) на инженерно-геологический разрез.

4 Определение размеров подошвы фундамента мелкого заложения (вариант 1)

Размеры подошвы ФМЗ (b и l) определяются расчетом грунтового основания по II группе предельных состояний (за исключением шести случаев, обозначенных в [3, п. 5.1.9]). При расчете должно выполняться условие [3, формула (5.6)]:

$$S \leq S_u,$$

где S – расчетная совместная осадка фундамента и здания (сооружения);

S_u – предельно допустимая осадка фундамента и здания (сооружения), принимаемая по [3, приложение Г].

Определение S возможно при соблюдении условия $P \leq R$, где P – давление под подошвой фундамента; R – расчетное сопротивление грунта.

4.1 На первом этапе определяется условное расчетное сопротивление грунта под подошвой фундамента ($R_{усл}$) по [3, формула (5.7)] при минимальной ширине подошвы $b = b_{обр}$ (см. раздел 5, п. 2 настоящих методических указаний).

4.2 Определение требуемой площади подошвы фундамента:

$$A_{mp} = \frac{N_0^H}{R_{усл} - d \cdot \gamma_{mt}},$$

где $\gamma_{mt} = 20 \div 22 \text{ кН/м}^3$ – осредненный удельный вес фундамента и грунта на его уступах; остальные обозначения см. выше.

4.3 Определение фактических размеров подошвы фундамента.

При внецентренном нагружении целесообразно принимать фундаменты с прямоугольной формой подошвы, при центральном нагружении – квадратной формы.

Для внецентренно нагруженного фундамента соотношение ширины подошвы (b) к длине подошвы (l) обычно находится в интервале от 0,6 до 0,8. В расчетах первоначально задаемся отношением $b/l = 0,7$, тогда размеры могут быть получены из решения системы уравнений:

$$\begin{cases} \frac{b}{l} = 0,7; \\ A_{mp} = b \cdot l. \end{cases}$$

Для центрально нагруженного фундамента $b = l = \sqrt{A_{mp}}$.

Полученные размеры подошвы фундамента необходимо округлить кратно 300 мм (кратность размеров опалубки). Округлять можно в ближайшую сторону, но при условии, что фактическая площадь подошвы должна быть не меньше требуемой.

Также необходимо сравнить полученные размеры подошвы фундамента с минимально возможными (т.е. размерами обреза). Если фактические размеры подошвы фундамента (или один из них) получились меньше размеров обреза, то размеры b и l (или один из них) принимаются равными размерам обреза.

4.4 Уточнение расчетного сопротивления грунта под подошвой (R).

Фактическое значение расчетного сопротивления основания (R), с которым будем сравнивать давления под подошвой фундамента, определяется аналогично п. 4.1 при реальном значении ширины подошвы фундамента (из п. 4.3).

4.5 Определение фактических давлений под подошвой фундамента.

В расчетах значения внешних усилий следует принимать по их абсолютной величине. Значения давлений в разных точках под подошвой фундамента определяются зависимостью:

$$P_{\max}^{\min} = \underbrace{\frac{N_0^H + G_{\phi, \text{эп}}^H}{A}}_I \pm \underbrace{\frac{M_{ox}^H}{W_{ox}}}_{II} \pm \underbrace{\frac{M_{oy}^H}{W_{oy}}}_{III},$$

где $W_{ox} = \frac{b^2 \cdot l}{6}$, $W_{oy} = \frac{b \cdot l^2}{6}$ – моменты сопротивления сечения соответственно по осям x и y ;

$G_{\phi, \text{эп}}^H = b \cdot l \cdot d \cdot \gamma_{mt}$ – нормативная нагрузка от веса фундамента и грунта на уступах.

Распределение давлений для общего случая действия внешних нагрузок по подошве фундамента (наличие вертикально нагрузки и изгибающих моментов в двух направлениях) показаны на рис. 4.

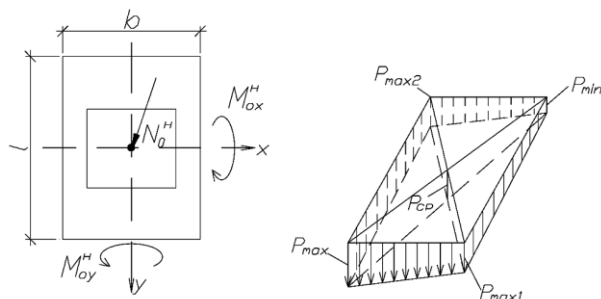


Рисунок 4. Схема распределения давлений по подошве фундамента

4.6 Проверка выполнения условий.

При действии по подошве двух моментов, должны выполняться одновременно пять условий:

$$\begin{cases} P_{cp} \leq R, \\ P_{max} \leq 1,5 \cdot R, \\ P_{max1} \leq 1,2 \cdot R, \\ P_{max2} \leq 1,2 \cdot R, \\ P_{min} \geq 0. \end{cases}$$

При действии по подошве одного момента, должны выполняться одновременно три условия:

$$\begin{cases} P_{cp} \leq R, \\ P_{max} \leq 1,2 \cdot R, \\ P_{min} \geq 0. \end{cases}$$

Для центрально нагруженного фундамента должно выполняться условие:

$$P_{cp} \leq R.$$

При выполнении всех условий необходимо перейти к расчету осадки фундамента и проверке условия $S \leq S_u$.

При невыполнении хотя бы одного условия следует увеличить размеры подошвы фундамента и повторить расчет с п. 4.4, добиваясь выполнения приведенных выше ограничений с запа-

сом не более 20 % (если запас больше, то, при возможности, следует уменьшить размеры подошвы фундамента).

4.7 Расчет осадки фундамента

Абсолютная осадка – это вертикальное перемещение центра подошвы фундамента, следовательно, при определении осадки используется значения давления P_{cp} . Основным методом расчета осадки является метод послойного суммирования [3, п. 5.6.31, формула (5.16)].

Перед началом расчета необходимо определить толщину элементарного слоя $h_i \leq 0,4 \cdot b$, где b – определенная ранее ширина подошвы фундамента. Далее необходимо разбить грунтовую толщу под подошвой фундамента на элементарные слои с толщиной, не превышающей значение h_i (выполнить схему разбивки на слои, рис. 5). Следует иметь в виду, что элементарный слой должен быть однородным по составу (т.е. элементарный слой не может начинаться в грунте, имеющем одни характеристики, а заканчиваться в слое грунта с другими характеристиками). На кровле каждого слоя выставляются расчетные точки (начиная от подошвы – т. 0).

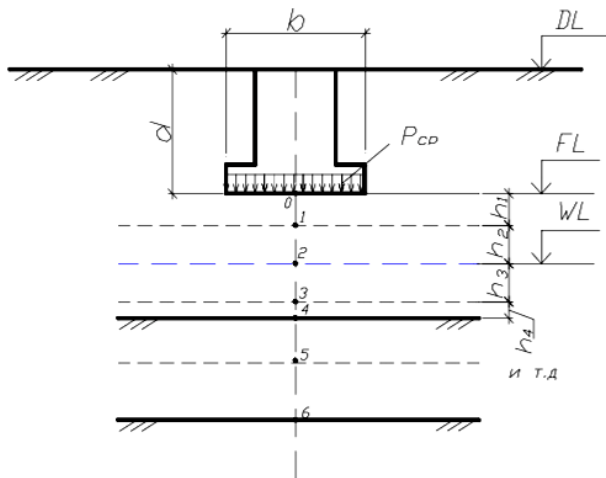


Рисунок 5. Разбиение грунтовой толщ на элементарные слои

Затем, в назначенных расчетных точках определяются необходимые напряжения:

- природные на уровне подошвы фундамента

$$\sigma_{zg,0} = \gamma_{II} \cdot d \text{ или } \sigma_{zg,0} = \gamma_{II} \cdot d^* ;$$

- природные в i -й точке

$$\sigma_{zg,i} = \sigma_{zg,0} + \sum_{i=1}^n (\gamma_{II,i} \cdot h_i) ;$$

- дополнительные в i -й точке

$$\sigma_{zp,i} = \alpha_i \cdot P_{cp} ;$$

- дополнительные от вынутого в котловане грунта

$$\sigma_{zg,i} = \alpha_{1,i} \cdot \sigma_{zg,0} ,$$

где d – глубина заложения подошвы фундамента (при планировке территории срезкой);

d^* – расстояние от отметки природного рельефа (NL) до отметки подошвы фундамента (FL) (при планировке территории насыпью).

Разбиение на слои и определение напряжений осуществляются в пределах сжимаемой (активной) зоны основания. Расчет (разбивка на слои и определение напряжений) прекращается при выполнении условий: $\sigma_{zp} \leq 0,5 \cdot \sigma_{zg}$ (при $E > 7$ МПа) и $\sigma_{zp} \leq 0,2 \cdot \sigma_{zg}$ (при $E \leq 7$ МПа). Расчет рекомендуется вести в табличной форме (табл. 3) построчно с проверкой выполнения указанного выше условия, сопровождая вычисления построением эпюр напряжений (рис. 6).

Далее выполняется расчет осадки S по [3, формула (5.16)], которая сравнивается с предельно допустимой. Необходимо добиться выполнения условия (см. раздел 5, п. 4 настоящих указаний):

$$S \leq S_u.$$

Если условие не выполняется, то требуется увеличить размеры подошвы фундамента и повторять расчет до выполнения условия.

Таблица 3

Определение напряжений в грунтовом массиве и нижней границы сжимаемой толщи

№ точки	$z_i, \text{ м}$	$\xi_i = 2z_i/b$	$\xi_{1,i} = 2z_i/b_\kappa$	α_i	$\alpha_{1,i}$	$\sigma_{zg,i}, \text{ кПа}$	$\sigma_{zp,i}, \text{ кПа}$	$\sigma_{zp,i}^{cp}, \text{ кПа}$	$\sigma_{zy,i}, \text{ кПа}$	$\sigma_{zy,i}^{cp}, \text{ кПа}$	$0,5(0,2) \sigma_{zg,i}, \text{ кПа}$	$E_i, \text{ кПа}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1												
2												
...												
n												

Примечание. b_κ – ширина котлована.

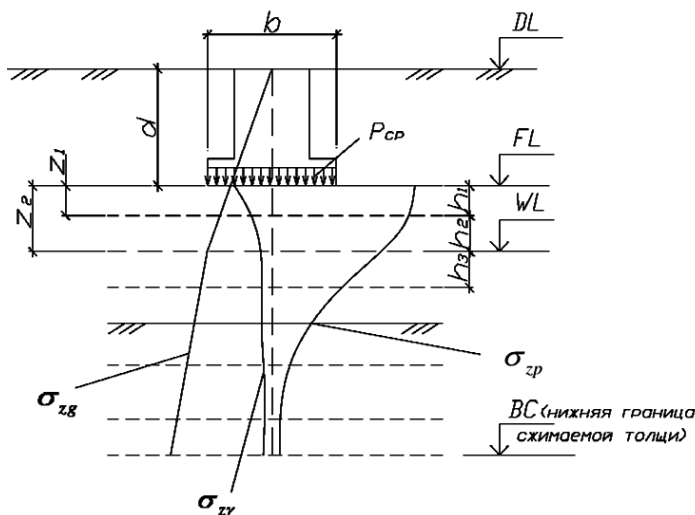


Рисунок 6. Схема распределения вертикальных напряжений

4.8 Проверка слабого подстилающего слоя

Если в пределах сжимаемой толщи (активной зоны) основания под несущим слоем грунта залегает грунт, имеющий более низкие прочностные характеристики (φ_{II} , c_{II}), то необходимо выполнить проверку этого (подстилающего) слоя. Расчет заключается в проверке условия, обозначенного формулой (5.9) из [3].

При невыполнении указанного условия необходимо увеличить размеры подошвы фундамента и повторить данный расчет.

5 Конструирование фундаментов мелкого заложения, расчет прочности и подбор рабочей арматуры – выполняются по отдельному заданию.

6 Расчет и проектирование свайных фундаментов (вариант 2)

6.1 Глубина заложения подошвы ростверка (d_p) назначается по ранее выполненным расчетам (см. раздел 5, п. 1 настоящих методических указаний).

6.2 Корректировка приведенных нагрузок

Для расчета оснований свайных фундаментов по первому предельному состоянию следует использовать соответствующие расчетные нагрузки с коэффициентом надежности по нагрузке γ_f (см. раздел II настоящих методических указаний).

6.3 Назначение типа, длины и марки сваи

Рекомендуется принимать железобетонные сваи квадратного сплошного сечения (например, 300×300 мм), погружаемые в грунт забивкой дизель-молотом. При определении требуемой длины сваи необходимо учитывать физико-механические свойства грунтов и нагрузки, действующие на фундамент (выполнить «посадку» сваи на инженерно-геологический разрез). Сваи погружают со дна котлована глубиной ($d_p + 0,1$) м с учетом необходимости устройства бетонной подготовки под монолитный ростверк. Для сопряжения с ростверком (жесткая заделка) верх сваи должен выступать от верхней грани бетонной подготовки на 300 мм (рис. 7). Необходимо также учитывать заглубление нижнего конца сваи в несущий пласт грунта (параметр $h_{загл}$) в соответствии с [5, п. 8.14]. Окончательно длину и марку сваи принимают в соответствии с номенклатурой свай, выпускаемых заводами строительной индустрии, учитывая, что длина принятой сваи не должна быть менее требуемой. Марка сваи обозначается по номенклатуре изготовителя (например, С7,0-30, где 7,0 – длина сваи в метрах, 30 – диаметр круглой сваи или размер стороны сваи квадратного сечения в сантиметрах).

6.4 Определение несущей способности сваи расчетным методом

Несущая способность свай свай по грунту (F_d) рассчитывается по [5, формула (7.8)]; обозначения, расшифровка параметров приведены в [5, п. 7.2.2]; схема для определения F_d – на рис. 8.

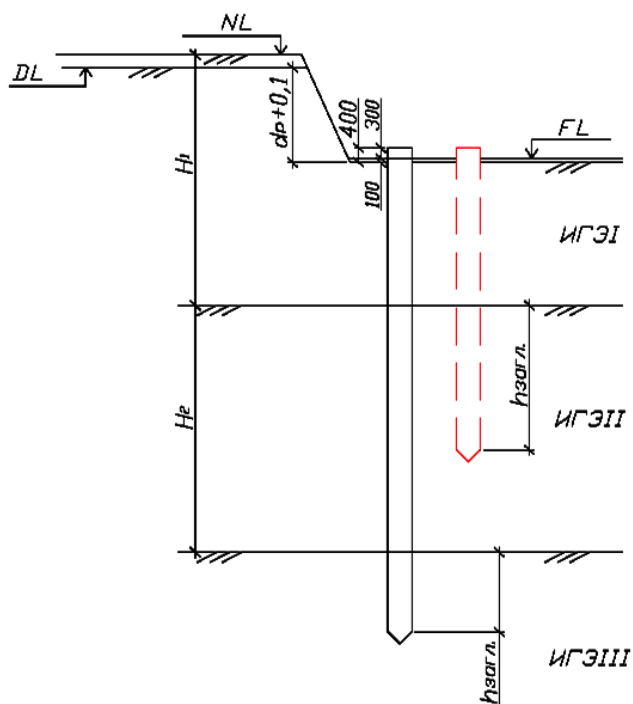


Рисунок 7. Схема к определению длины сваи

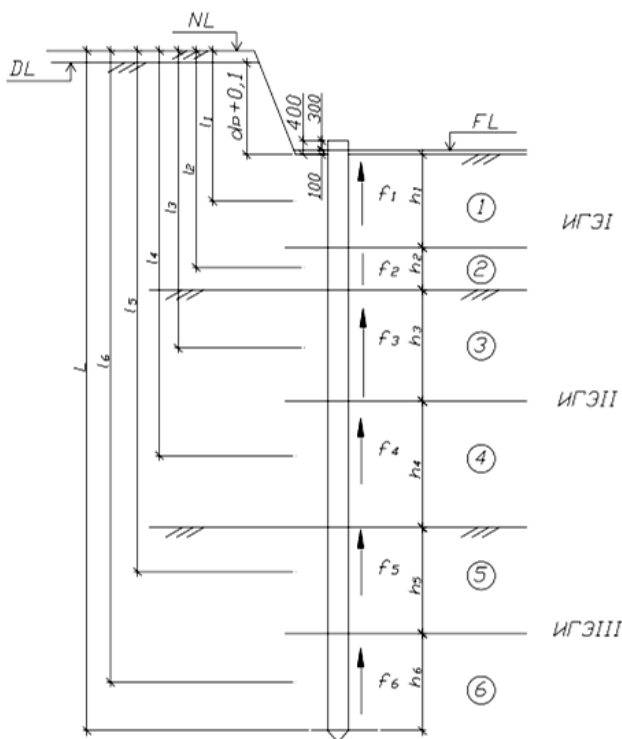


Рисунок 8. Схема к определению несущей способности свай

6.5 Определение количества свай в кусте

При расчете свайного фундамента под колонну сваи располагаются в виде куста и объединяются железобетонным ростверком. Количество свай в кусте определяется по формуле:

$$n = \frac{N_0^p}{F_d / \gamma_n \cdot \gamma_{c,g}} \cdot 1,15,$$

где γ_n , $\gamma_{c,g}$ – коэффициенты надежности, соответственно по назначению сооружения и по грунту [5, п. 7.1.11];

N_0^p – расчетная нагрузка, передаваемая на сваи;

F_d – несущая способность сваи (см. раздел 5, п. 6.4 настоящих методических указаний);

1,15 – коэффициент, учитывающий действие изгибающих моментов на ростверк.

6.6 Компоновка свайных кустов и определение размеров ростверка

При применении забивных свай расстояние между их осями должно быть не менее $3d$ и не более $6d$ (где d – размер поперечного сечения сваи) свесы ростверка от наружной грани свай от 50 до 100 мм; размеры ростверка – не меньше размеров верхнего обреза фундамента. Сваи могут располагаться в ряд или в шахматном порядке (рис. 9).

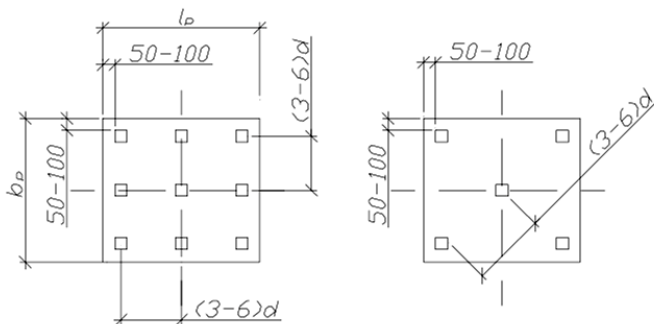


Рисунок 9. Примеры компоновки свайных кустов

6.7 Определение нагрузки на максимально (минимально) нагруженную сваю ($N_{\max}$, $N_{\min}$)

Расчетную нагрузку на сваю для фундаментов с вертикальными сваями, объединенными жестким ростверком, определяют по [5, формула (7.3)]:

$$N_{\max}^p = \frac{N_0^p + G_{p, \text{ср}}^p}{n} \pm \frac{M_{oy}^p \cdot x_{\max}}{\sum (x_i^2)} \pm \frac{M_{ox}^p \cdot y_{\max}}{\sum (y_i^2)}.$$

Расшифровку параметров формулы см. в [5, п. 7.1.12], обозначение параметров – на рис. 10.

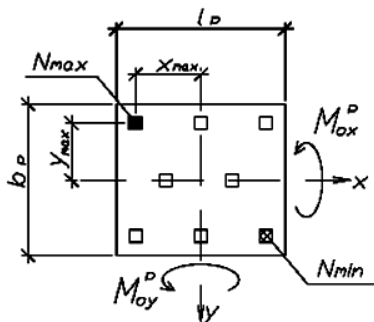


Рисунок 10. Схемы к определению нагрузок на сваи

6.8 Проверка выполнения условия:

$$\begin{cases} N_{\max} \leq \frac{F_d}{\gamma_n \gamma_{c,g}}, \\ N_{\min} \geq 0. \end{cases}$$

Если хотя бы одно из условий не выполняется, то необходимо увеличить количество свай в кусте или длину свай, или размеры поперечного сечения свай. Расчет повторить, добиваясь безусловного выполнения условий настоящего пункта.

6.9 Определение осадки свайного фундамента (расчет по II группе предельных состояний)

Нормативная нагрузка на каждую сваю в кусте определяется по [5, п. 7.3].

При расчете осадки свайного куста (малая группа свай) необходимо учитывать не только осадку рассматриваемой сваи, но и влияние на ее деформации других свай, входящих в куст. Расчет осадки в этом случае ведется по [5, формула (7.40)]:

$$S_i = S(N_i) + \sum_{j \neq i} \delta_{ij} \frac{N_j}{G_1 \cdot l},$$

где $S(N_i)$ – осадка одиночной i -й сваи, определяемая по [5, формула (7.32)];

δ_{ij} – коэффициент, определяемый по [5, формула (7.39)];

j – количество свай, входящих в куст (за исключением i -й сваи);

N_j – нормативная нагрузка, действующая на сваю, от которой определяется дополнительная осадка;

G_1 – модуль сдвига грунта, принимаемый осредненным для всех грунтов в пределах длины сваи (см. [5, п. 7.4.3.]);

l – длина части сваи, имеющей контакт с грунтом.

6.10 Проверка выполнения условия [3, формула (5.6)]:

$$S \leq S_u.$$

Если условие не выполняется, то необходимо увеличить количество свай или длину свай, или площадь поперечного сечения свай. Расчет осадки повторить, добиваясь безусловного выполнения приведенного выше условия.

6.11 Конструирование свайных ростверков, расчет прочности и подбор рабочей арматуры выполняются по отдельному заданию.

6.12 Подбор механизма для погружения свай, определение величины расчетного отказа выполняются по отдельному заданию.

Содержание, объем и оформление курсового проекта

Курсовой проект состоит из расчетно-пояснительной записки и чертежей.

РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Расчетно-пояснительная записка должна содержать исходные данные, все расчеты и пояснения к ним, обоснование принимаемых решений в последовательности, предусмотренной данными методическими указаниями.

Текстовый материал должен быть предельно сжатым. Расчеты приводятся с минимальными, но достаточными для понимания текстовыми пояснениями или в табличной форме. Расчеты обязательно должны быть снабжены эскизами и расчетными схемами с необходимыми размерами. По указанию руководителя курсового проекта часть или все указанные в задании фундаменты мелкого заложения могут быть рассчитаны с использованием программ или программных комплексов, в том числе разработанных на кафедре ИГОФ.

Страницы записки должны быть пронумерованы. В начале помещается оглавление, в конце – перечень использованной литературы.

Расчетно-пояснительная записка представляется на защиту в сброшюрованном виде.

ЧЕРТЕЖИ

Чертежи выполняются на одном листе формата А1 или двух листах формата А2 в соответствии с рекомендациями, разработанными на кафедре ИГОФ [6]. По заданию руководителя часть чертежей курсового проекта может выполняться вручную.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 25100-2020. Грунты. Классификация : взамен ГОСТ 25100-2011 : введ. 2021-01-01. – Москва : Стандартинформ, 2020. – 38 с.
2. Основания, фундаменты и подземные сооружения / [М. И. Горбунов-Посадов, В. А. Ильичев, В. И. Крутов и др.] ; под ред. Е. А. Сорочана, Ю. Г. Трофименкова. – Курган, 2007. – 480 с.
3. [СП 22.13330.2016](#). Основания зданий и сооружений : актуализированная ред. СНиП 2.02.01-83* : изм. 1–3 : введ. 2017-07-01. – Текст : электронный // Техэксперт. Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов.
4. СП 131.13330.2020. Строительная климатология : актуализированная ред. СНиП 23-01-99* : введ. 2021-06-25. – Москва : Стандартинформ, 2021. – 154 с.
5. [СП 24.13330.2011](#). Свайные фундаменты : актуализированная ред. СНиП 2.02.03-85 : с опечаткой : изм. 1–3 : введ. 2011-05-20. – Текст : электронный // Техэксперт. Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов.
6. Выполнение графической документации курсового проекта : метод. указания / Новосиб. гос. архитектур.-строит. ун-т ; сост. : Л. В. Нуждин, С. В. Линовский, П. А. Гензе. – Новосибирск : НГАСУ, 2001. – 17 с.

Приложение А



НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (СИБСТРИН)

КАФЕДРА ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ, ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ

ЗАДАНИЕ

на выполнение курсового проекта

«Расчет оснований и фундаментов промышленного здания»

Студенту _____ группы _____

I. Исходные данные

1. Номер варианта грунтовых условий и географического пункта строительства _____ № _____
2. Номер варианта здания или сооружения _____ № _____

II. Основные этапы выполнения проекта

1. Собрать нагрузки, действующие на фундаменты _____ № _____
2. Выполнить анализ инженерно-геологических условий строительной площадки.
3. Выбрать конкурирующие варианты фундаментов (не менее двух).
4. Провести расчет вариантов оснований и фундаментов для сечений (фундаментов), установленных заданием.
5. Разработать чертежи фундаментов.
6. Определить по укрупненным расценкам стоимость и трудоемкость устройства фундаментов. Сравнить выбранные конкурирующие варианты.

Дата выдачи задания «___» _____ 20__ года

Срок защиты проекта «___» _____ 20__ года

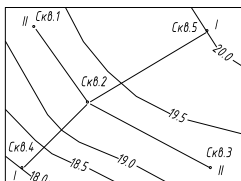
Руководитель проектирования _____

Примечание

1. Состав и объем курсового проекта, последовательность выполнения и другие сведения о выполнении проекта приводятся в методических указаниях кафедры.
2. Задание представляется студентом на кафедру вместе с проектом, без чего проект к защите не принимается.

Приложение Б

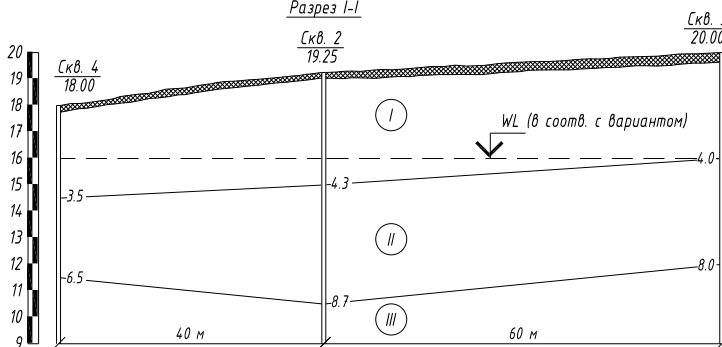
Варианты задания курсового проекта. Место строительства и грунтовые условия



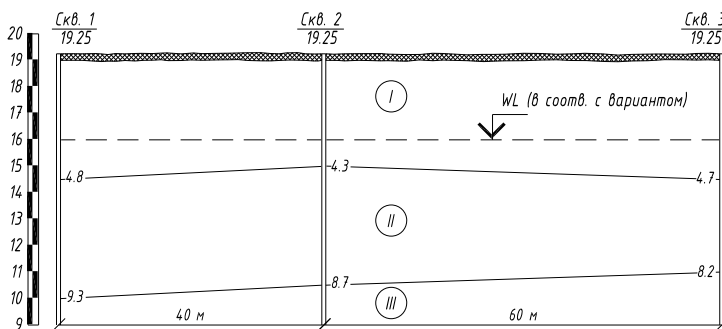
Вариант	Место строительства	Грунтовые условия			
		ИГЭ-I	ИГЭ-II	ИГЭ-III	WL
1	Искитим	25	9	3	17.20
2	Новосибирск	12	27	32	15.00
3	Барнаул	20	13	2	16.00
4	Красноярск	22	25	7	16.20
5	Екатеринбург	10	14	26	15.00
6	Омск	17	1	4	17.00

За относительную отметку 0.000 принята отметка уровня пола первого этажа, соответствующая абсолютной отметке 19.00.

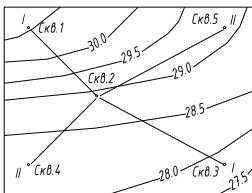
Разрез I-I



Разрез II-II



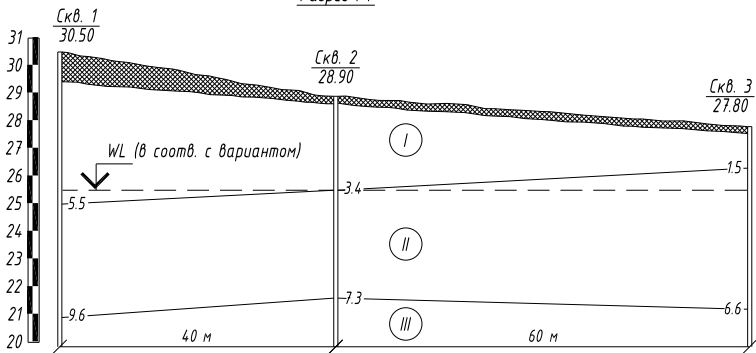
Продолжение прил. Б



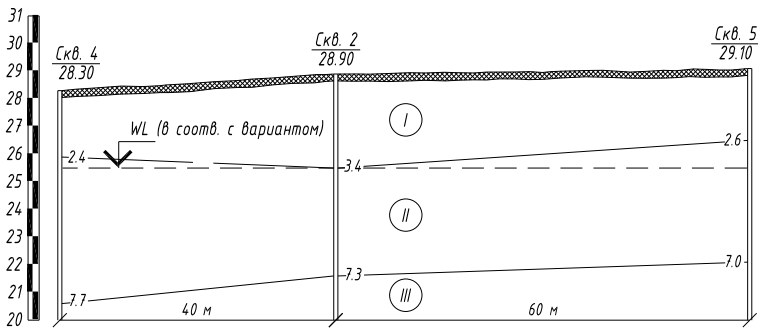
Вариант	Место строительства	Грунтовые условия			
		ИГЭ-I	ИГЭ-II	ИГЭ-III	WL
7	Томск	21	23	8	25.30
8	Барнаул	16	29	6	24.90
9	Новосибирск	32	8	13	26.00
10	Екатеринбург	15	26	29	24.00
11	Кемерово	11	24	5	23.85
12	Бийск	18	22	9	25.70

За относительную отметку 0,000 принята отметка уровня пола первого этажа, соответствующая абсолютной отметке 29.50.

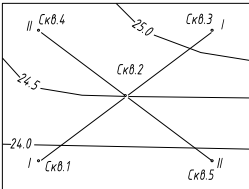
Разрез I-I



Разрез II-II

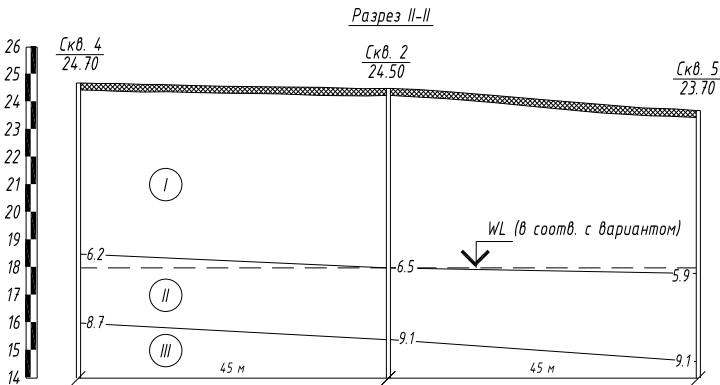
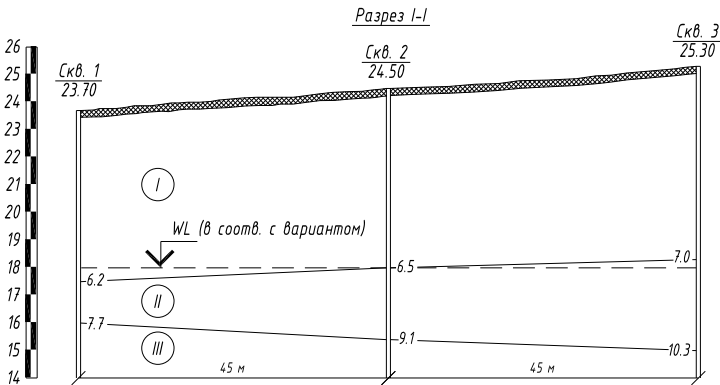


Продолжение прил. Б

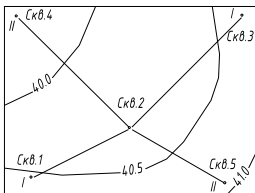


Вариант	Место строительства	Грунтовые условия			
		ИГЭ-I	ИГЭ-II	ИГЭ-III	WL
13	Новосибирск	19	17	27	18.00
14	Барнаул	30	6	23	18.20
15	Томск	31	4	17	17.50
16	Красноярск	19	24	1	17.00
17	Новокузнецк	25	28	14	19.00
18	Тюмень	29	28	1	19.50

За относительную отметку 0.000 принята отметка уровня пола первого этажа, соответствующая абсолютной отметке 24.00.



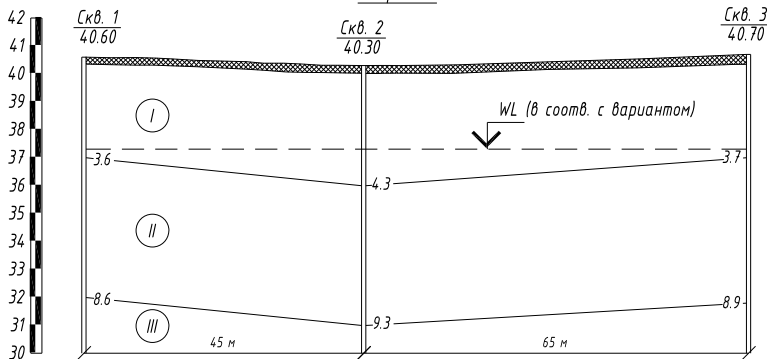
Окончание прил. Б



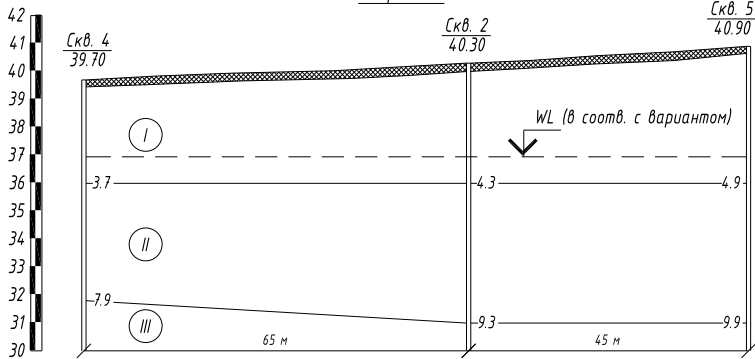
Вариант	Место строительства	Грунтовые условия			
		ИГЭ-I	ИГЭ-II	ИГЭ-III	WL
19	Омск	12	14	25	37.20
20	Кемерово	15	20	17	36.00
21	Красноярск	10	27	29	36.50
22	Новосибирск	18	3	9	35.70
23	Барнаул	31	2	20	37.00
24	Иркутск	16	24	8	38.00

За относительную отметку 0.000 принята отметка уровня пола первого этажа, соответствующая абсолютной отметке 40.50.

Разрез I-I



Разрез II-II



Приложение В

Показатели физико-механических свойств грунтов

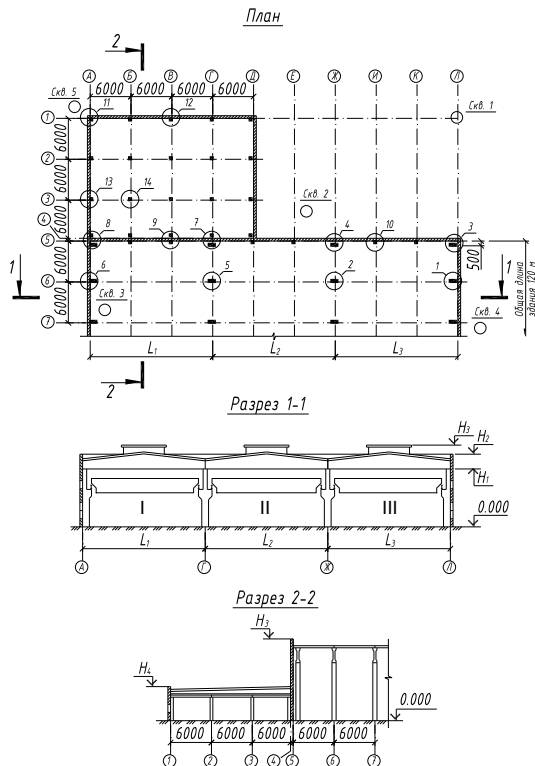
№ п/п	Наименование грунта	ρ_s , т/м ³	ρ_{II} , т/м ³	w, %	w _p , %	w _L , %	ϕ , град.	ϕ_{II} , град.	c _I , кПа	c _{II} , кПа	E, МПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Песок крупный	2,65	1,98	25,0	—	—	33	35	0	0	28,0
2	Песок крупный	2,65	2,01	23,0	—	—	35	38	0	0	32,0
3	Песок средней крупности	2,67	1,995	22,5	—	—	27	30	0	0	25,0
4	Песок средней крупности	2,65	2,005	24,1	—	—	34	35	0	2	30,0
5	Песок средней крупности	2,66	2,044	22,2	—	—	32	36	0	3,5	35,0
6	Песок мелкий	2,67	1,971	27,0	—	—	26	29	0	2,6	21,0
7	Песок мелкий	2,65	1,976	26,0	—	—	28	30	0	5,4	24,0
8	Песок пылеватый	2,69	1,994	26,0	—	—	25	28	0	4,8	15,0
9	Песок пылеватый	2,67	1,954	28,1	—	—	24	26	0	6,2	11,0
10	Песок пылеватый	2,68	1,769	17,5	—	—	20	23	0	4,2	6,4
11	Супесь	2,70	1,62	11,1	10,0	15,0	19	21	7	14	9,4
12	Супесь	2,68	1,81	18,2	17,0	21,0	18	21	6	11,0	10,0
13	Супесь	2,71	1,98	26,4	22,0	28,0	18	20	5	9,6	11,2

Окончание прил. В

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
14	Супесь	2,66	1,971	26,7	22,5	29,4	21	23	6	12	12,5
15	Супесь	2,70	1,454	6,1	5,5	12,1	24	26	7	14	13
16	Супесь	2,69	1,835	13,9	11,5	17,0	22	24	6	13	15
17	Супесь	2,69	1,929	30,5	26,3	32,0	17	18	5	9	7,2
18	Супесь	2,72	1,651	12,3	9,0	23,5	21	23	12	25	17
19	Суглинок	2,70	1,592	9,7	8,5	25,5	21	24	17	31	19
20	Суглинок	2,69	1,868	21,5	15,0	27,4	18	21	11	23	14
21	Суглинок	2,73	1,848	16,4	10,7	25,1	20	22	13	26	15
22	Суглинок	2,71	1,959	27,2	22,1	33,3	16	18	11	20	11
23	Глина	2,70	1,941	28,7	21,2	35,1	15	17	11	19	9,7
24	Глина	2,73	1,952	29,4	21,0	34,7	14	16	14	21	8,4
25	Глина	2,71	1,925	31,4	21,7	34,9	12	15	10	16	7,6
26	Суглинок	2,74	1,921	31,1	26,4	47,2	15	18	28	46	17
27	Суглинок	2,72	1,881	32,1	21,8	51,6	11	15	20	39	13,2
28	Суглинок	2,75	1,897	33,8	21,8	42,4	6	10	21	35	9,1
29	Глина	2,71	1,697	22,7	10,6	29,4	9	11	18	33	8,6
30	Глина	2,76	1,577	13,1	9,6	29,4	13	16	22	38?	13,5
31	Глина	2,72	1,569	15,4	9,4	27,6	10	13	24	35	10,4
32	Глина	2,78	1,782	29,0	28,4	52,4	12	15	39	52	16

Приложение Г

Варианты задания курсового проекта. Конструктивная схема здания, нагрузки



Примечания: 1. Стены здания из панелей $s=300$ мм, $l=6000$ мм.

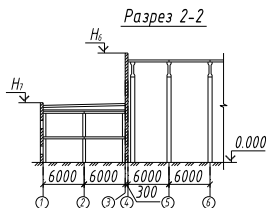
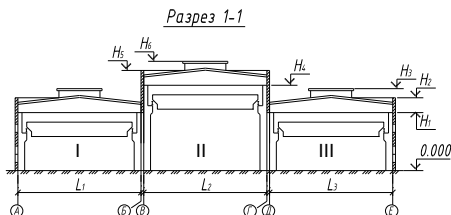
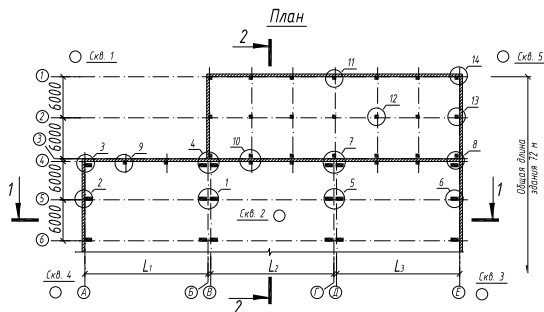
2. Опирание всех балок (ферм) на колонны.

3. Температура внутри производственного корпуса $+18$ °С; в бытовых помещениях $+20$ °С.

4. В бытовых помещениях нагрузка 6 кН/м² от одного перекрытия (покрытия).

Вариант	Пролеты, м			Отметки, м				Нагрузки, кН/м ²		
	L_1	L_2	L_3	H_1	H_2	H_3	H_4	I	II	III
1	18	24	30	8.40	9.60	10.20	4.80	15	12	10
2	18	18	24	10.80	12.60	14.40	5.60	12	15	10
3	24	24	18	12.60	14.40	16.20	4.80	15	12	18
4	24	24	18	14.40	16.20	18.00	5.60	12	20	15

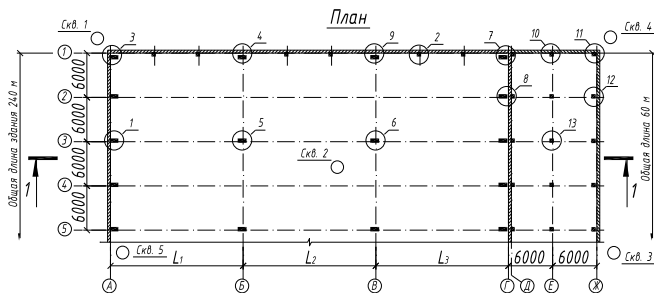
Продолжение прил. Г



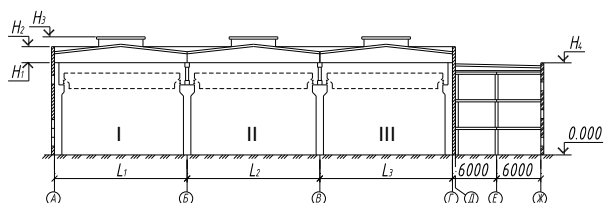
- Примечания: 1. Отметки H_1 , H_2 , H_3 относятся к меньшим пролетам, H_4 , H_5 , H_6 – к большиим.
 2. Стены здания из панелей $s=300$ мм, $l=6000$ мм.
 3. Опирание всех балок (ферм) на колонны.
 4. Температура внутри производственного корпуса $+16$ °С; в бытовых помещениях $+19$ °С.
 5. В бытовых помещениях нагрузка 7 кН/м^2 от одного перекрытия (покрытия).

Вариант	Пролеты, м			Отметки, м							Нагрузки, кН/м^2		
	L_1	L_2	L_3	H_1	H_2	H_3	H_4	H_5	H_6	H_7	I	II	III
5	18	24	24	8.40	10.20	10.80	10.80	12.60	14.40	8.10	10	20	15
6	24	18	18	10.80	12.60	14.40	8.40	10.20	10.80	8.10	15	18	12
7	18	24	24	8.40	10.20	10.80	10.80	12.60	14.40	9.60	12	15	10
8	18	24	18	10.80	12.60	14.40	12.60	14.40	16.20	9.60	12	15	18
9	24	24	30	10.80	12.60	14.40	18.00	19.80	21.60	9.60	22	18	15

Продолжение прил. Г



Разрез 1-1



Примечания: 1. Стены здания из панелей $s=300$ мм, $l=6000$ мм.

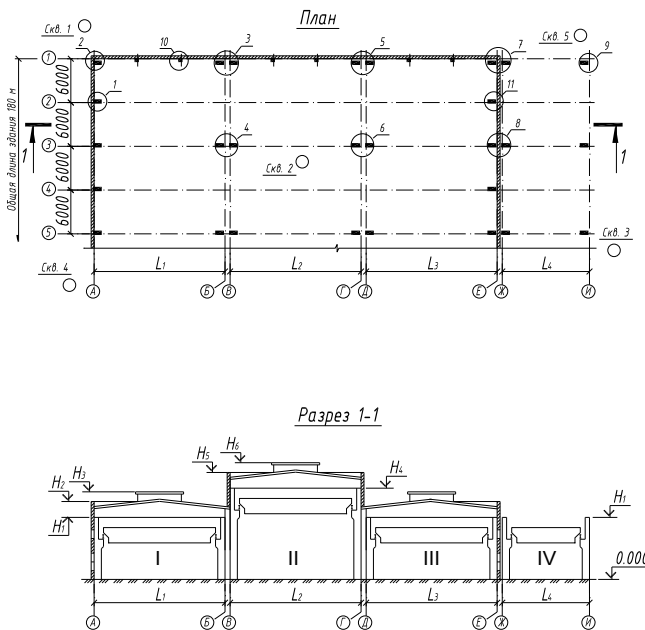
2. Балки (фермы) в средних пролетах опираются на подстропильные фермы, в крайних пролетах – на колонны.

3. Температура внутри производственного корпуса $+16$ °C; в бытовых помещениях $+18$ °C.

4. В бытовых помещениях нагрузка 8 кН/м² от одного перекрытия (покрытия).

Вариант	Пролеты, м			Отметки, м				Нагрузки, кН/м ²		
	L_1	L_2	L_3	H_1	H_2	H_3	H_4	I	II	III
10	18	30	24	9.60	11.40	13.20	10.20	10	12	20
11	24	24	18	12.60	14.40	16.20	10.20	18	15	12
12	30	24	30	16.20	18.00	20.40	12.60	15	15	12
13	18	18	24	10.80	12.60	14.40	12.60	22	15	18
14	24	24	24	14.40	16.20	18.00	10.20	12	15	18
15	30	30	30	18.00	19.80	21.60	12.60	12	10	15

Окончание прил. Г



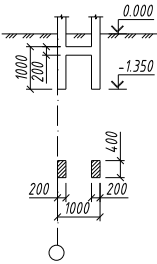
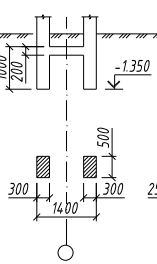
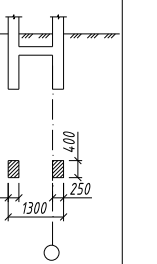
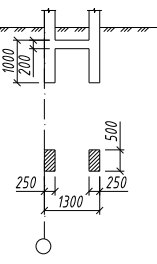
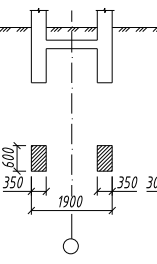
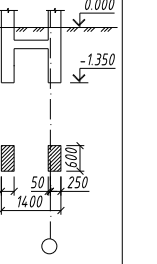
- Примечания: 1. Отметки H_1, H_2, H_3 относятся к меньшим пролетам, H_4, H_5, H_6 – к большим.
2. Стены здания из панелей $s=300$ мм, $l=6000$ мм.
3. Балки (фермы) в средних пролетах опираются на подстропильные фермы, в крайних пролетах – на колонны.
4. Температура внутри производственного корпуса $+16$ °С.
5. Нагрузка на колонны открытой эстакады дана в виде сосредоточенной силы в кН.

Вариант	Пролеты, м				Отметки, м						Нагрузки, кН/м ²			
	L_1	L_2	L_3	L_4	H_1	H_2	H_3	H_4	H_5	H_6	I	II	III	IV (кН)
16	18	24	18	12	8.40	10.20	10.80	12.60	14.40	16.20	8	10	18	450
17	24	30	18	12	10.80	12.60	14.40	14.40	16.20	19.20	10	12	20	550
18	30	30	12	12	12.60	14.40	17.40	16.20	18.00	21.60	10	15	18	350
19	30	24	24	18	16.20	18.00	21.60	10.80	12.60	14.40	12	18	15	600
20	30	18	18	18	14.40	16.20	19.20	12.60	14.40	16.20	15	10	12	650

Приложение Д

Конструкции и размеры колонн, их привязка к разбивочным осям

Двухветвевые колонны

		
		
		
12; 18; 24; 30		Пролет, м
6	12	Шаг, м
10,8; 12,6; 14,4		Отметка верха колонны, м
10; 20/5; 30/5		Грузоподъемность крана, т
		
		
		
24; 30		Пролет, м
6	12	Шаг, м
16,2; 18		Отметка верха колонны, м
30/5; 50/10		Грузоподъемность крана, т

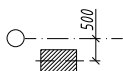
Продолжение прил. Д

Колонны прямоугольного сечения

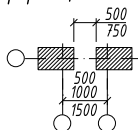
6; 12; 18; 24	18; 24	18; 24	Пролет, м
6	12	6	Шаг, м
от 3,6 до 7,2	от 4,8 до 9,6	8,4	Отметка верха колонны, м
нет	нет	10	Грузоподъемность крана, т
18; 24	12; 18; 24; 30	фахверк	Пролет, м
6	12	6; 12	Шаг, м
9,6; 10,8	8,4; 9,6; 10,8	от 4,8 до 19,8	Отметка верха колонны, м
10; 20/5	10; 20/5	нет	Грузоподъемность крана, т

Привязка колонн к разбивочным осям

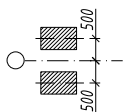
Торцовые несущие
колонны



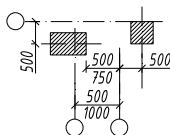
Продольный
деформационный шов



Поперечный
деформационный шов



Примыкание двух
взаимоперпендикулярных
пролетов



Составители

Станислав Викторович Линовский
Татьяна Аскольдовна Якушкина

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ
ПРОМЫШЛЕННОГО ЗДАНИЯ**

Задания и методические указания
по выполнению курсового проекта для студентов, обучающихся
по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство»
всех форм обучения

Корректор А.И. Боева

Новосибирский государственный
архитектурно-строительный университет (Сибстрин)
630008, Новосибирск, ул. Ленинградская, 113
