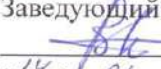
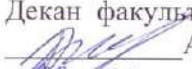



Учреждение образования
«Белорусский государственный университет транспорта»

Факультет «Промышленное и гражданское строительство»

Кафедра «Строительные конструкции, основания и фундаменты»

СОГЛАСОВАНО
Заведующий кафедрой СКОиФ
 В.В. Талецкий
«14» 01 2017 г.

СОГЛАСОВАНО
Декан факультета ПГС
 А.Г. Ташкинов
«06» 06 2017 г.

СОГЛАСОВАНО
Декан заочного факультета
 В.В. Пигунов
«25» 09 2017 г.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
«МЕХАНИКА ГРУНТОВ, ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ»

для специальности

1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство»

1-70 02 02 «Экспертиза и управление недвижимостью»

Составитель:

Талецкий Валентин Васильевич, заведующий кафедрой «Строительные конструкции, основания и фундаменты» учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта», к.т.н., доцент

Рассмотрено и утверждено
на заседании кафедры «14» 01 2017 г.
протокол № 1

Рассмотрено и утверждено
на заседании совета факультета ПГС
«07» 06 2017 г.
протокол № 6

Рассмотрено и утверждено
на методической комиссии заочного факультета
«25» 09 2017 г.
протокол № 6

2 СПИСОК РЕЦЕНЗЕНТОВ

М.В. Лапата – главный специалист – конструктор технического отдела открытого акционерного общества по комплексному проектированию объектов жилищно-гражданского назначения «Институт «Гомельгражданпроект»

П.В. Шведовский – заведующий кафедрой «Геотехника и транспортные коммуникации» учреждения образования «Брестский государственный технический университет», к.т.н.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Пояснительная записка.....	4
1 Теоретический раздел.....	6
1.1 Содержание учебного материала.....	7
1.2 Методические рекомендации к выполнению курсовых проектов...	12
1.3 Основная и дополнительная литература.....	13
2 Практический раздел.....	14
2.1 Перечень тем практических занятий.....	15
2.2 Примеры и пояснения к практическим занятиям.....	16
2.3 Перечень тем практических занятий на курсовое проектирование...	60
2.4 Примеры и пояснения к практическим занятиям на курсовое проектирование.....	61
2.5. Перечень тем лабораторных занятий.....	96
2.6. Характеристика курсового проекта.....	97
2.7. Характеристика курсовой работы.....	98
3 Раздел контроля знаний.....	99
3.1. Перечень вопросов к зачету.....	100
3.2. Перечень вопросов к экзамену.....	102
3.3 Критерии оценки уровня знаний студентов.....	108
4 Вспомогательный раздел.....	115
4.1 Учебные программы по дисциплине «Механика грунтов, основа- вания и фундаменты»:	
– для специальности 1-70 02 01 «Промышленное и гражданское стро- ительство» от 01.07.16 № УД-24.66/уч.	
– для специальности 1-70 02 02 «Экспертиза и управление недвижи- мостью» от 02.07.15 № УД-24.51/уч.	

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Краткая характеристика. Учебно-методический комплекс по учебной дисциплине (УМКД) является совокупностью нормативно-методических документов и учебно-программных материалов, обеспечивающих реализацию дисциплины в образовательном процессе и способствующих эффективному освоению студентами учебного материала, включающий учебные задания для тренинга, средства контроля знаний и умений обучающихся.

Учебно-методический комплекс по дисциплине «Механика грунтов, основания и фундаменты» является совокупностью учебно-методических материалов, способствующих эффективному освоению знаний дисциплины на базе современных достижений науки и технологии железобетонных конструкций студентами факультета ПГС. Особое внимание уделяется развитию у студентов мыслить логически, четко и грамотно излагать материал, также использовать полученную терминологию.

Требования, учитывающиеся при разработке УМКД.

Целью изучения дисциплины является формирование знаний о законах механики грунтов; о свойствах грунтов, обусловленных историей их формирования, структурой, температурно-влажностными факторами, динамикой и кинематикой нагружения; о распределении напряжений в массиве грунтов при воздействии собственного веса и нагрузок от возводимых строительных конструкций; о применении наиболее рациональных типов фундаментов и технологий их возведения в различных геологических и гидрогеологических условиях для обеспечения надежной, экономичной и долговременной эксплуатации оснований и фундаментов промышленных и гражданских зданий и сооружений.

Задачи дисциплины:

1. Научить студентов на основе результатов инженерно-геологических изысканий проектировать и возводить технически и экономически обоснованные конструкции нулевого цикла сооружений различного назначения, отвечающие требованиям надежности, прочности, долговечности и экологической безопасности;

2. Дать студентам практические навыки по расчету оснований и фундаментов зданий и сооружений в соответствии с нормативной и научно-технической литературой;

3. Ознакомить студентов с методами и оборудованием для производства работ нулевого цикла, современными автоматизированными программными комплексами, применяемыми при проектировании и строительстве;

4. Научить применять полученные знания по инженерной геологии, гидрогеологии, механике грунтов, основаниям и фундаментам в народном хозяйстве в целях обеспечения устойчивого и инновационного развития экономики Республики Беларусь.

В результате изучения дисциплины студент должен

знать:

- табулированные и схематизированные способы определения напряжений в грунтах;
- понятия о фазах напряженного состояния в грунтах, а также методику расчетной и предельной нагрузки на грунт;
- методику оценки устойчивости откосов и естественных склонов, а также горизонтального давления грунтов на ограждения;

уметь:

- рассчитывать значения и строить эпюры напряжений в грунтовых толщах;
- производить расчеты вероятных осадок фундаментов и кренов сооружений:
- определять размеры подошвы фундамента в плане;

владеть:

- выполнением оценки устойчивости оснований и фундаментов аналитическими расчетами:
- разработкой проекта производства работ по возведению фундаментов;
- методикой определения физических, деформационных, фильтрационных и прочностных характеристик грунтов и области их применения.

При создании УМК по дисциплине «Механика грунтов, основания и фундаменты» использовали следующие нормативные документы:

- Положение об учебно-методическом комплексе на уровне высшего образования, утвержденным постановлением Министерства образования РБ от 26.07.2011 № 167;
- Положение об учебно-методическом комплексе специальности (направлению специальности) и дисциплины на уровне высшего образования БелГУТ от 24.10.2013 № П-49-2013;
- Образовательный стандарт ОСВО 1-70 02 01-2013 по специальности «Промышленное и гражданское строительство»;
- Образовательный стандарт ОСВО 1-70 02 02-2013 по специальности «Экспертиза и управление недвижимостью»;
- Учебную программу по дисциплине «Механика грунтов, основания и фундаменты» для специальности 1-70 02 02 «Экспертиза и управление недвижимостью» от 02.07.15 № УД-24.51/уч.;
- Учебную программу по дисциплине «Механика грунтов, основания и фундаменты» для специальности 1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство» от 01.07.16 № УД-24.66/уч.

1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

1.1 СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. Механика грунтов.

Введение. Основные задачи курса. Значение науки механики грунтов и фундаментостроения в современном строительстве. Исторический обзор становления и развития дисциплины. Основные задачи в области дальнейшего развития фундаментостроения.

Тема 1. Основные виды, состав и состояние грунтов. Строительная классификация грунтов. Состав грунтов. Вода в грунтах, её виды и свойства. Газообразная составляющая грунта. Влияние состава грунта на физико-механические свойства. Структурные связи и строение грунтов. Структура и текстура грунтов.

Тема 2. Физические свойства и классификационные показатели грунтов. Основные физические характеристики грунтов. Производные характеристики грунтов. Гранулометрический состав. Пластичность глинистых грунтов. Понятие об оптимальной плотности скелета грунта и оптимальной влажности грунта.

Тема 3. Основные закономерности механики грунтов.

Механические свойства грунтов.

Сжимаемость грунтов. Физические представления. Компрессионная зависимость. Коэффициент сжимаемости и коэффициент относительной сжимаемости. Структурная прочность грунта. Закон уплотнения и линейная деформируемость грунта. Компрессионная зависимость при объемном сжатии. Определение модуля деформации грунта с помощью компрессионной кривой. Модуль объемной деформации и модуль сдвига.

Водопроницаемость грунтов. Закон ламинарной фильтрации (Дарси). Понятие о начальном градиенте. Определение коэффициента фильтрации. Модель водонасыщенного грунта. Понятие об эффективном и нейтральном давлении.

Сопротивление грунтов сдвигу. Закон Кулона. Сопротивление сдвигу сыпучих грунтов. Сопротивление сдвигу связных консолидированных грунтов. Сопротивление сдвигу неконсолидированных грунтов. Условия предельного равновесия сыпучих и связных грунтов. Испытание грунтов на сдвиг при простом и трехосном сжатии.

Структурно-фазовая деформируемость грунтов. Общая зависимость между деформациями и напряжениями. Принцип линейной деформируемости.

Полевые методы определения характеристик деформируемости и прочности.

Особенности свойств структурно-неустойчивых грунтов. Мерзлые и вечномерзлые грунты. Лёссовые грунты (лёссы). Просадочные грунты. Набухающие грунты. Слабые водонасыщенные глинистые грунты (илы, ленточные глины, водонасыщенные лёссовые грунты). Торф и заторфованные грунты. Засоленные грунты. Насыпные грунты.

Тема 4. Определение напряжений в грунтовой толще.

Напряжения от действия сосредоточенной силы (основная задача). Напряжения от нескольких сосредоточенных сил. Определение сжимающих напряжений способом элементарного суммирования. Определение сжимающих напряжений по методу

угловых точек. Распределение напряжений в случае плоской задачи. Распределение давлений по подошве фундаментов (контактная задача). Определение напряжений от собственного веса грунта.

Тема 5. Теория предельного напряженного состояния грунтов.

Понятие о предельном напряженном состоянии (равновесии) грунта. Уравнения предельного равновесия. Фазы напряженного состояния грунтов при возрастании нагрузки. Начальная критическая нагрузка на грунт. Предельная нагрузка на грунт.

Устойчивость грунтов в откосах, склонах. Основные понятия и причины нарушения устойчивости откосов. Устойчивость откоса предельно сыпучего грунта. Устойчивость вертикального откоса в предельно связных грунтах. Устойчивость откосов по теории предельного равновесия. Графоаналитические методы расчета устойчивости откосов (метод круглоцилиндрических поверхностей скольжения). Устойчивость прислоненных откосов. Меры борьбы с оползнями.

Определение давления грунта на подпорные стенки. Понятие об активном давлении и пассивном отпоре грунта. Аналитический метод определения давления грунта на подпорную стенку. Определение давления грунта на подпорные стенки методом теории предельного равновесия. Графоаналитический метод определения давления грунта на подпорную стенку.

Тема 6. Деформации грунтов и прогноз осадки фундаментов.

Виды деформаций и причины их обуславливающие. Упругие деформации грунтов и методы их определения. Условия возникновения упругих деформаций. Метод общих упругих деформаций. Метод местных упругих деформаций. Обобщенные методы определения деформаций.

Прогноз осадок фундаментов. Общие положения. Осадка слоя грунта при сплошной нагрузке (основная задача). Метод послойного суммирования. Метод линейно-деформируемого слоя. Метод эквивалентного слоя грунта. Метод ограниченной сжимаемой толщи. Метод общих деформаций. Учет влияния загрузки соседних площадей фундаментов. Особенности практического использования методов расчета осадок фундаментов.

Прогноз изменения осадок во времени. Общие положения. Одномерная задача консолидации грунтов (основной случай). Другие случаи одномерной задачи консолидации. Учет структурности грунтов (структурной прочности скелета грунта) и сжимаемости газосодержащей поровой воды. Вторичная консолидация. Учет начального гидравлического градиента напора. Учет слоистости залегания грунтов и изменения сжимаемости и водопроницаемости грунта при его уплотнении. Плоская и пространственная задачи теории фильтрационной консолидации грунтов.

Тема 7. Реологические процессы в грунтах и их значение.

Реологические явления в грунтах. Физические причины протекания реологических процессов в грунтах. Длительная прочность грунта и релаксация напряжений. Деформации ползучести грунта при уплотнении. Вопросы нелинейной механики грунтов.

Тема 8. Динамика дисперсных грунтов.

Общие сведения о динамических воздействиях на грунт. Особенности развития объёмных деформаций при динамических воздействиях. Модели основания при динамических воздействиях. Изменение свойств грунтов при динамических воздействиях. Учет динамических воздействий при расчёте оснований.

Раздел II. Основания и фундаменты

Тема 9. Виды фундаментов и области их применения

Типы фундаментов. Фундаменты мелкого и глубокого заложения. Жесткие и гибкие фундаменты. Массивные фундаменты. Свайные фундаменты. Индустриальные конструкции фундаментов.

Тема 10. Основные положения проектирования оснований и фундаментов

Действующие строительные нормы и правила проектирования оснований и фундаментов. Вопросы экономики при проектировании оснований и фундаментов. Исходные данные для проектирования: материалы инженерно-геологических и гидрогеологических изысканий, результаты лабораторных исследований и полевых испытаний, оценка строительных свойств грунтов площадки. Вариантность решений в выборе типа оснований и фундаментов.

Предельные состояния оснований. Группы предельных состояний. Требования, предъявляемые к расчету оснований по несущей способности и по деформациям. Нагрузки нормативные и расчетные. Сочетание нагрузок. Учет перераспределения нагрузок надфундаментной конструкцией. Принципы совместной работы основания и надфундаментной конструкции.

Нормативные и расчетные характеристики грунтов для расчета оснований по первой и второй группам предельных состояний.

Тема 11. Фундаменты мелкого заложения, возводимые в открытых котлованах

Плитные фундаменты мелкого заложения на естественном основании. Определение глубины заложения фундаментов в зависимости от геологических, гидрогеологических условий, сезонного промерзания грунтов, конструктивных и эксплуатационных особенностей зданий и сооружений. Выбор типа и материала фундаментов. Определение размеров фундаментов. Основные принципы конструирования различных типов фундаментов.

Защита подвалов и подземных сооружений от подтопления подземными водами. Защита подвалов и стен от агрессивного действия подземных вод.

Тема 12. Свайные фундаменты и фундаменты глубокого заложения

Условия применения и классификация фундаментов глубокого заложения: свай, свай-оболочек, тонкостенных оболочек, буровых опор, опускных колодцев, кессонов. Их отличие от фундаментов мелкого заложения. Фундаменты, сооружаемые методом "стена в грунте".

Сваи и свайные фундаменты. Виды конструкций и классификация свай, свайных ростверков и свайных фундаментов. Условия применения различных видов свай и свайных фундаментов. Условия работы свай-стоек и свай защемлен-

ных в грунте. Определение их несущей способности по прочности материала и прочности грунта. Способы определения несущей способности свай по условиям прочности грунта: по теоретическим формулам; по результатам испытаний статической нагрузкой; по данным пробной забивки (динамический способ); по результатам зондирования в полевых условиях; по эмпирической формуле (сопротивлению грунтов трению по боковой поверхности и среднему сопротивлению сжатия под острием свай). Определение несущей способности свай, работающей на выдергивание.

Условия работы свай в высоком и низком свайных ростверках. Основные принципы расчета свайных фундаментов с высоким ростверком. Расчет свайных фундаментов с низким ростверком. Определение нагрузок на сваи в фундаменте при центральном и внецентренном действии сил.

Тема 13. Методы искусственного улучшения грунтов оснований

Замена слабых грунтов. Устройство песчаных подушек. Механические методы улучшения грунтов оснований. Уплотнение грунтов поверхностным трамбованием, глубинным вибрированием и песчаными сваями, предварительными пригрузками и понижением уровня подземных вод (действие гидродинамического давления). Уплотнение слабых глинистых грунтов вертикальным дренированием.

Методы закрепления структурно-неустойчивых грунтов: химический, электрохимический и термический.

Тема 14. Фундаменты в особых условиях

Фундаменты на структурно-неустойчивых грунтах, илистых, заторфованных, набухающих, ленточных глинах, неравномерно сжимаемых грунтах. Особенности проектирования фундаментов на этих грунтах.

Фундаменты на просадочных грунтах. Лессовые грунты, их свойства, использование их в качестве оснований сооружений. Оценка просадочной толщи лессовых грунтов. Особенности возведения и конструирования фундаментов на этих грунтах.

Фундаменты в условиях вечной мерзлоты. Общие сведения о мерзлых и вечномерзлых грунтах. Свойства мерзлых грунтов при отрицательной температуре и при оттаивании. Принципы использования вечномерзлых грунтов в качестве оснований. Фундаменты на вечномерзлых грунтах. Морозное пучение грунтов и меры борьбы с выпучиванием фундаментов. Вопросы охраны окружающей среды.

Фундаменты в сейсмических районах. Сейсмические воздействия на сооружения. Определение сейсмических нагрузок и динамических коэффициентов. Основные положения проектирования и особенности выбора оснований и конструирования фундаментов в сейсмических районах.

Тема 15. Фундаменты под машины с динамическими нагрузками

Общие сведения о влиянии динамических воздействий на грунт. Классификация машин с динамическими нагрузками; машины периодического и непериодического действия.

Основные принципы расчета и конструирования массивных фундаментов под машины периодического и непериодического (ударного) действия. Понятие о рамных фундаментах. Мероприятия, позволяющие уменьшить амплитуды колебаний.

Тема 16. Усиление и переустройство фундаментов

Причины, вызывающие необходимость усиления оснований и фундаментов. Обследование фундаментов. Оценка напряженного состояния грунтов основания до и после реконструкции зданий и сооружений. Способы усиления оснований и конструкций фундаментов. Различные методы улучшения грунтов оснований. Подведение фундаментов. Пересадка фундамента на сваи.

Тема 17. Фундаменты зданий, примыкающих к существующим

Причины развития дополнительных осадок зданий, при возведении примыкающих к ним сооружений. Особенности проектирования фундаментов вблизи существующих зданий. Мероприятия по уменьшению влияния нового здания на соседние. Новое здание на фундаментах мелкого заложения. Свайные фундаменты для новых зданий.

1.2 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ

Вотяков И.Ф. Механика грунтов, основания и фундаменты. Задание на курсовой проект и методические указания по его выполнению. Гомель, 1996.

Вотяков И.Ф. Механика грунтов, основания и фундаменты. Методические указания. Гомель, 1989.

Вотяков И.Ф. Методические указания к выполнению дипломных проектов с углубленной проработкой раздела «Основания и фундаменты». Гомель, 1991.

Вотяков И.Ф. Проектирование фундаментов зданий и сооружений на естественном основании. Гомель, 1986.

Проектирование фундаментов промышленных и гражданских зданий : учеб.-метод. пособие по курсовому и дипломному проектированию / В. В. Талецкий, М. В. Маркова. – Гомель : БелГУТ, 2018. – 85 с.

1.3 ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Далматов Б.И. Механика грунтов, основания и фундаменты. М.: Стройиздат, 1988.
2. Далматов Б.И., Морарескул Н.Н., Науменко В.Г. Проектирование фундаментов зданий и промышленных сооружений. М.: Высшая школа, 1986.
3. Вотяков И.Ф. Механика грунтов, основания сооружений. Ч. 1–3. Гомель: БелИИЖТ, 1990, 1993, 1994.
4. Седенко М.В. Геология, гидрогеология и инженерная геология. Изд. 2-е, Минск: Высш. шк., 1975, 384 с.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

5. Кудрявцев И.А., Пироговский К.Н. Основания и фундаменты. Гомель, 2003.
6. Пироговский К.Н.. Механика грунтов: лабораторный практикум. – Гомель: БелГУТ, 2007.
7. Веселов В.А. Проектирование оснований и фундаментов. – М.: Стройиздат, 1978.
8. Вотяков И.Ф. Механика грунтов, основания и фундаменты. Методические указания. Гомель, 1996.

НОРМАТИВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

9. ТКП 45-5.01-254-2012. Основания и фундаменты зданий и сооружений. Основные положения. Строительные нормы.
10. ТКП 45-5.01-67-2007. Фундаменты плитные. Правила проектирования.
11. ТКП 45-5.01-256-2012. Основания и фундаменты зданий и сооружений. Сваи забивные. Правила проектирования и устройства.
12. ТКП 45-5.01-237-2011. Основания и фундаменты зданий и сооружений. Подпорные стены и крепления котлованов. Правила проектирования и устройства.

2 ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1 ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

1. Грансостав песчаных грунтов.
2. Определение характеристик физических свойств грунтов.
3. Определение характеристик компрессионных свойств грунтов.
4. Определение характеристик прочностных свойств грунта.
5. Нормативные и расчетные значения характеристик грунта.
6. Определение напряжений от собственного веса грунта.
7. Расчет дополнительных напряжений от действия одной и нескольких сосредоточенных сил.
8. Напряжения в грунтах от равномерно распределенной нагрузки (метод угловых точек, метод послойного элементарного суммирования).
9. Напряжения в грунтах в случае плоской задачи.
10. Устойчивость откосов склонов и выемок.
11. Давление грунтов на подпорную стенку.
12. Выбор глубины заложения фундамента.
13. Определение размеров подошвы фундамента.
14. Определение напряжений под подошвой фундамента.
15. Определение расчетного сопротивления грунта под подошвой фундамента.
16. Расчет осадки фундаментов по методу послойного элементарного суммирования.
17. Расчет осадки фундаментов по методу эквивалентного слоя (Цытовича).
18. Затухание осадок во времени.
19. Конструкции фундаментов под стены и под колонны.
20. Проектирование гидроизоляции фундаментов и подземных частей здания.
21. Выбор типа и длины свай. Назначение глубины заложения ростверка.
22. Определение несущей способности сваи по материалу и по грунту.
23. Определение количества свай. Назначение размеров ростверка.
24. Расчет свайных фундаментов по деформациям.
25. Подбор сваебойного оборудования. Проектный отказ сваи.
26. Фундаменты из буронабивных свай.

Практическое занятие № 1

Гранулометрический состав грунтов

Грансоставом называется весовое содержание частиц различной крупности, выраженное в процентах по отношению к массе сухой пробы, взятой для анализа.

Ситовой метод – один из основных в практике исследований грунтов для строительства. Метод используется для определения гранулометрического состава крупнообломочных и песчаных грунтов, а также крупнозернистой части пылевато-глинистых грунтов.

Сущность метода заключается в рассеве пробы грунта с помощью набора сит. Для разделения грунта на фракции ситовым методом без промывки водой применяют сита с отверстиями диаметром 10; 5; 2; 1; 0,5 мм; с промывкой водой – сита с размером отверстий 10; 5; 2; 1; 0,5; 0,25; 0,1 мм. Ситовой метод с промывкой водой обычно применяют для определения гранулометрического состава мелких и пылеватых песков.

Гранулометрический состав грунтов является определяющим фактором для физико-механических свойств грунтов. От него зависят пластичность, пористость, водопроницаемость, сжимаемость, сопротивление сдвигу грунтов и др.

Гранулометрический состав служит для классификации грунтов.

Пример 1 *Даны результаты ситового анализа гранулометрического состава песка. Необходимо определить вид песка по грансоставу и по показателю максимальной неоднородности по СТБ 943-2007 «Грунты. Классификация».*

Остатки в гр. на ситах					
2,0	1,0	0,5	0,25	0,1	<0,1
120	200	260	310	265	45

Для того, что бы закончить таблицу рассева грансостава необходимо вычислить частные остатки, в %, пользуясь формулой:

$$A_n = \frac{m_\phi}{m_H} \cdot 100, \%$$

$$A_{2,0} = \frac{120}{1200} \cdot 100 = 10 \%; A_{1,0} = \frac{200}{1200} \cdot 100 = 16,67 \%; A_{0,5} = \frac{260}{1200} \cdot 100 = 21,67 \%;$$

$$A_{0,25} = \frac{310}{1200} \cdot 100 = 25,83 \%; A_{0,1} = \frac{265}{1200} \cdot 100 = 22,08 \%;$$

$$A_{<0,1} = \frac{45}{1200} \cdot 100 = 3,75 \%;$$

После этого просчитываем полные остатки на ситах, в % суммируя частный остаток на данном сите и все частные остатки на всех вышележащих ситах, пользуясь формулой:

$$\Pi_{\Pi} = A_{n+1} + A_n$$

$$\Pi_{\Pi, 2,0} = 10 \%; \Pi_{\Pi, 1,0} = 10 + 16,67 = 26,67 \%; \Pi_{\Pi, 0,5} = 26,67 + 21,67 = 48,34 \%;$$

$$\Pi_{\Pi, 0,25} = 48,34 + 25,83 = 74,17 \%; \Pi_{\Pi, 0,1} = 74,17 + 22,08 = 96,25 \%;$$

$$\Pi_{\Pi, <0,1} = 96,25 + 3,75 = 100 \%.$$

После этого определяем полные просевы (проходы) через данное сито по формуле:

$$\Pi_{\text{пр}} = 100 \% - \Pi_{\Pi}$$

$$\Pi_{\text{пр}, 2,0} = 100 - 10 = 90 \%; \Pi_{\text{пр}, 1,0} = 100 - 26,67 = 73,33 \%; \Pi_{\text{пр}, 0,5} = 100 - 48,34 = 51,66 \%; \Pi_{\text{пр}, 0,25} = 100 - 74,17 = 25,83 \%; \Pi_{\text{пр}, 0,1} = 100 - 96,25 = 3,75 \%; \Pi_{\text{пр}, <0,1} = 100 - 100 = 0 \%.$$

Вычисленные данные сводим в таблицу 1.

Таблица 1 – Рассев грансостава грунта

Показатели	Размер отверстий сит, мм					
	2,0	1,0	0,5	0,25	0,1	<0,1
Частный остаток, г	120	200	260	310	265	45
Частный остаток, %	10	16,67	21,67	25,83	22,08	3,75
Полный остаток, %	10	26,67	48,34	74,17	96,25	100
Полный проход, %	90	73,33	51,66	25,83	3,75	0

Для определения наименования грунта по грансоставу пользуемся значениями полных остатков на ситах (см. таблицу 1, строка 3) и сравниваем их с требованиями СТБ 943-2007 «Грунты. Классификация».

В соответствии с данным СТБ выделяют следующие виды песчаных грунтов:

- гравелистый – масса частиц крупнее 2 мм более 25 %;
- крупный – масса частиц крупнее 0,5 мм более 50 %;
- средний – масса частиц крупнее 0,25 мм более 50 %;
- мелкий – масса частиц крупнее 0,1 мм 75 % и более;
- пылеватый – масса частиц крупнее 0,1 мм менее 75 %.

Определение наименования грунта производим по первому удовлетворяющему показателю в порядке расположения фракций, т.е. сверху вниз.

В соответствии с данным рассева грунта масса частиц крупнее 0,25 мм составляет 74,17 %, следовательно наименование грунта – ***песок средний***.

Для определения показателя максимальной неоднородности грунта (U_{\max}) строим кривую однородности грунта, используя данные таблицы 1 (4 строка)

Для этого вычерчиваем систему координат. По оси абсцисс откладываем в логарифмическом масштабе размеры отверстий сит, в мм. По оси ординат – полные просевы в %.

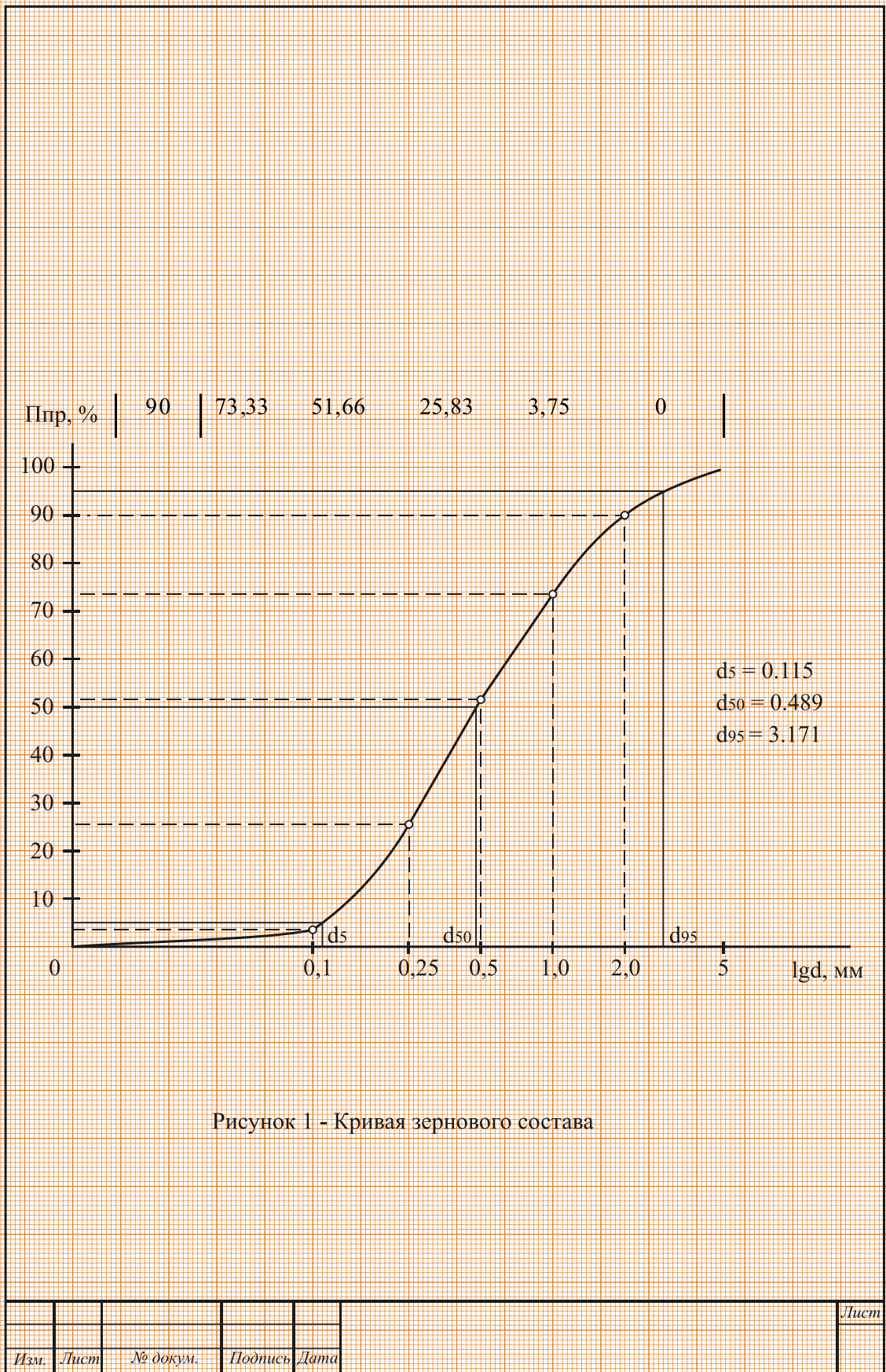
За 1 принимаем отрезок равный 5 см. Просчитываем расстояния, которые откладываем по оси абсцисс:

$$\lg 0,25 (2,5) = 0,398 \cdot 5 = 2,0 \text{ см.}$$

$$\lg 0,5 (5,0) = 0,699 \cdot 5 = 3,5 \text{ см.}$$

$$\lg 2,0 = 0,301 \cdot 5 = 1,51 \text{ см.}$$

Откладываем в интервалах от 0 до 0,1; от 0,1 до 1,0 и от 1 до 10 соответствующие величины.



После построения кривой определяем коэффициент максимальной неоднородности грунта

$$U_{\max} = d_{50} \frac{d_{95}}{d_5},$$

На пересечении значений 5 %, 95 % и 50 % и кривой находим на оси абсцисс соответствующие диаметры: $d_5 = 0,114$ мм; $d_{50} = 0,489$ мм; $d_{95} = 3,171$ мм.

Коэффициент максимальной неоднородности грунта:

$$U_{\max} = 0,489 \frac{3,171}{0,114} = 15,91.$$

По U_{\max} песок подразделяются на

- однородный ($U_{\max} \leq 4$),
- среднеоднородный ($4 < U_{\max} \leq 20$),
- неоднородный ($20 < U_{\max} \leq 40$),
- повышенной неоднородности ($U_{\max} > 40$).

Так как значение U_{\max} находится в интервале от 4 до 20, то **песок среднеоднородный**.

Вид песка по грансоставу и по показателю максимальной неоднородности по СТБ 943-2007 «Грунты. Классификация» – **песок средний среднеоднородный**.

Задачи для самостоятельного выполнения:

Необходимо определить вид песка по грансоставу и по показателю максимальной неоднородности по СТБ 943-2007 «Грунты. Классификация», используя ниже приведенные данные:

№ варианта	Остатки в гр. на ситах (частный остаток)					
	2,0	1,0	0,5	0,25	0,1	<0,1
1	2	15	63	124	658	138
2	100	123	297	425	361	194
3	5	24	36	198	760	177
4	140	180	215	370	218	177
5	132	187	238	390	405	148
6	0	26	115	198	380	781
7	2	130	230	618	370	150
8	12	69	155	512	492	260
9	4	55	178	220	365	478

Практическое занятие № 2 (2-3 занятие)

Определение характеристик физических свойств грунтов

В зависимости от способа определения физические характеристика подразделяются на две группы:

- *прямые* – определяются только опытным путем на основе лабораторных исследований (ρ (γ), ρ_s (γ_s), w , грансостав, w_L , w_P);
- *производные (косвенные)* – определяются только расчетными формулами (ρ_d (γ_d), S_r , n , e , I_P , I_L , и др.).

Физические значения плотности (ρ , ρ_s , ρ_d) применяют для характеристики физических свойств горной породы грунта основания или строительного материала, а также в динамических расчетах оснований. *Физические значения удельного веса* (γ , γ_s , γ_d) используют непосредственно в расчетах оснований, в частности, при определении природного давления, при расчете осадки.

Значения удельного веса характеризуют отношение веса грунта к занимаемому этим грунтом объему по формуле

$$\gamma = \rho g, \text{ кН/м}^3$$

где g – ускорение свободного падения, равное $9,81 \text{ м/с}^2$.

При классификация песчаных грунтов по СТБ 943-2007 определяют тип, вид и разновидность:

- тип – песок, если масса частиц крупнее 2 мм < 50 %;
- вид – по гранулометрическому составу и по показателю максимальной неоднородности U_{\max} ;
- разновидность – по прочности (сопротивление грунта при зондировании) и по степени влажности S_r .

Классификация пылевато-глинистых грунтов по СТБ 943-2007 производится по типу и разновидности:

- тип грунта определяется по числу пластичности I_p ;
- разновидность – по прочности (сопротивление грунта при зондировании) и по показателю текучести I_L .

Пример 2

По данным лабораторных исследований песчаного грунта известны: вид грунта – песок средний; плотность грунта $\rho = 2,09$ г/см³; плотность частиц грунта $\rho_s = 2,65$ г/см³; природная влажность $w = 19$ %, показатель максимальной неоднородности $U_{max} = 28$. По результатам полевого испытания грунта – значения условного динамического сопротивления грунта $pd = 12,8$ МПа.

*Необходимо определить: плотность сухого грунта ρ_d , г/см³; плотность водонасыщенного грунта ρ_{sb} , г/см³; пористость грунта n ; коэффициент пористости e ; степень влажности S_r .
Определить плотность сложения грунта. Дать наименование грунта по имеющимся характеристикам.*

Плотность сухого грунта ρ_d (отношение массы твердой компоненты грунта при естественной структуре, исключая массу воды в его порах, к занимаемому этой породой объему) определяется по формуле

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + w},$$

где ρ – плотность грунта; $\rho = 2,09$ г/см³;

w – природная влажность в долях единиц, $w = 19$ %.

Определяем плотность сухого грунта ρ_d :

$$\rho_d = \frac{2,09}{1 + 0,19} = 1,76 \text{ г/см}^3,$$

Плотность водонасыщенного грунта ρ_{sb} (массы единицы объема при естественной пористости под водой) определяется по формуле

$$\rho_{sb} = \frac{\rho_s - \rho_w}{1 + e},$$

где ρ_s – плотность частиц грунта; $\rho_s = 2,65$ г/см³;

ρ_w – плотность воды; $\rho_w = 1$ г/см³;

e – коэффициент пористости.

Коэффициент пористости e (отношение общего объема пор в грунте к объему только грунтовых частиц)

$$e = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_d},$$

где ρ_s – плотность частиц грунта; $\rho_s = 2,65 \text{ г/см}^3$;
 ρ_d – плотность сухого грунта; $\rho_d = 1,76 \text{ г/см}^3$.

Определяем коэффициент пористости:

$$e = \frac{2,65 - 1,76}{1,76} = 0,506,$$

Определяем плотность водонасыщенного грунта ρ_{sb} :

$$\rho_{sb} = \frac{2,65 - 1}{1 + 0,506} = 1,10 \text{ г/см}^3,$$

Пористость грунта n (суммарный объем всех пор в единице объема грунта) рассчитывается по формуле

$$n = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_s} \cdot 100,$$

где ρ_s – плотность частиц грунта, $\rho_s = 2,65 \text{ г/см}^3$;
 ρ_d – плотность сухого грунта, $\rho_d = 1,76 \text{ г/см}^3$.

Определяем пористость грунта n :

$$n = \frac{2,65 - 1,76}{2,65} \cdot 100 = 33,58.$$

Степень влажности S_r (влажность, характеризующая степень заполнения пор грунта водой) вычисляется по формуле

$$S_r = \frac{w \rho_s}{e \rho_w},$$

где w – природная влажность в долях единиц, $w = 0,19$.

ρ_s – плотность частиц грунта, $\rho_s = 2,65 \text{ г/см}^3$;

e – коэффициент пористости; $e = 0,506$;

ρ_w – плотность воды, $\rho_w = 1 \text{ г/см}^3$.

Определяем степень влажности S_r :

$$S_r = \frac{w \rho_s}{e \rho_w} = \frac{0,19 \cdot 2,65}{0,506 \cdot 1} = 0,996,$$

Плотность сложения грунта определяется через коэффициент пористости $e = 0,506$ – песок плотный (прилож.Б СТБ 943-2007);

Таблица 2 – Подразделение песчаных грунтов по коэффициенту пористости

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

Определяем полное наименование грунта по полученным данным:

- Тип – по исходным данным – **песок**;
- Вид: по гранулометрическому составу (исх. данные) – **средний**;

по показателю максимальной неоднородности – **неоднородный** ($20 < U_{\max} \leq 40$), т.к. $U_{\max} = 28$;

- Разновидность: по прочности при зондировании: т.к. $p_d = 12,8$ МПа, по табл. 5.2 ТКП 45-5.01-17-2006 «Прочностные и деформационные характеристики грунтов по данным динамического зондирования» определяем – грунт **средней прочности** ($3,0 \leq p_d \leq 14,0$);

по степени влажности – грунт **водонасыщенный** ($0,8 < S_r \leq 1,0$), т.к. $S_r = 0,996$.

Таблица 3 – Подразделение песчаных грунтов по значения условного динамического сопротивления грунта p_d

Вид песков	Прочность песков при условном динамическом сопротивлении грунта p_d , МПа		
	Прочные	Средней прочности	Малопрочные
Пески гравелистые, крупные и средние, независимо от влажности	$p_d > 14,0$	$3,0 \leq p_d \leq 14,0$	$p_d < 3,0$
Пески мелкие, независимо от влажности	$p_d > 8,5$	$2,2 \leq p_d \leq 8,5$	$p_d < 2,2$
Пески пылеватые маловлажные и влажные	$p_d > 8,5$	$1,5 \leq p_d \leq 8,5$	$p_d < 1,5$

Таблица 4 – Классификация песчаных грунтов по водонасыщению

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

Наименование грунта – песок средний средней прочности водонасыщенный.

Пример 3

По данным лабораторных исследований глинистого грунта известны: природная влажность $w = 0,23$ доли ед.; влажность на границе текучести $w_L = 35\%$; влажность на границе раскатывания $w_P = 18\%$, плотность грунта $\rho = 1,95 \text{ г/см}^3$; плотность частиц грунта $\rho_s = 2,71 \text{ г/см}^3$. По результатам полевого испытания грунта – значения условного динамического сопротивления грунта $pd = 2,2 \text{ МПа}$.

Необходимо определить число пластичности (I_P), консистенцию (I_L) глинистого грунта, дать наименование грунта по имеющимся характеристикам.

Число пластичности I_P определяется по формуле

$$I_P = w_L - w_P,$$

где w_L – влажность на границе текучести, $w_L = 35\%$;

w_P – влажность на границе раскатывания, $w_P = 18\%$.

Определяем число пластичности:

$$I_P = 35 - 18 = 17\%.$$

Показатель текучести I_L определяется по формуле

$$I_L = \frac{w - w_P}{w_L - w_P},$$

где w – природная влажность, $w = 23\%$;

w_L – влажность на границе текучести, $w_L = 35\%$;

w_P – влажность на границе раскатывания, $w_P = 18\%$.

$$I_L = \frac{23 - 18}{17} = 0,29.$$

Определяем полное наименование грунта по полученным данным:

- Тип по числу пластичности $I_P = 17$ – **суглинок** ($7 < I_P \leq 17$);
- Разновидность: по показателю текучести $I_L = 0,29$ – **тугопластичный** ($0,25 < I_L \leq 0,5$);

по прочности при зондировании: т.к. $p_d = 2,2$

МПа, по табл. 5.6 ТКП 45-5.01-17-2006 определяем – грунт **средней прочности** ($1,2 \leq p_d \leq 2,8$);

Таблица 5 – Классификация глинистых грунтов по типу

Тип грунта	Число пластичности
Супесь	$1 \leq I_P \leq 7$
Суглинок	$7 < I_P \leq 17$
Глина	$I_P > 17$

Таблица 6 – Классификация глинистых грунтов по консистенции

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

Таблица 7 – Подразделение глинистых грунтов по значения условного динамического сопротивления грунта p_d

Разновидность моренных глинистых грунтов	Условное динамическое сопротивление грунта p_d , МПа
Очень прочные	$p_d > 8,3$
Прочные	$2,8 < p_d \leq 8,3$
Средней прочности	$1,2 \leq p_d \leq 2,8$
Слабые	$p_d < 1,2$

Наименование грунта – суглинок тугопластичный средней прочности.

Контрольные задачи:

Задача 2.1. Плотность частиц грунта $2,73 \text{ т/м}^3$, плотность грунта $1,91 \text{ т/м}^3$, влажность $0,21$. Определить удельный вес грунта с учетом взвешивающего действия воды (γ_{sb}).

Задача 2.2. Песок мелкий с характеристиками: $\rho_s = 2,66 \text{ г/см}^3$; $\rho = 1,92 \text{ г/см}^3$; $w = 0,12$. Установить плотность сложения грунта и разновидность по степени влажности.

Задача 2.3. Плотность глинистого грунта $1,87 \text{ г/см}^3$, плотность частиц грунта $2,69 \text{ г/см}^3$, влажность $0,11$, влажность на границе текучести 16% , влажность на границе раскатывания 10% . Установить тип и разновидность грунта.

Задача 2.4. Плотность грунта $1,69 \text{ т/м}^3$, влажность $0,06$. Определить плотность того же грунта при влажности $0,24$.

Задача 2.5. Определить вес одного кубометра насыщенного водой грунта ($S_r = 1$), если плотность сухого грунта $1,7 \text{ г/см}^3$, плотность частиц грунта $2,69 \text{ г/см}^3$.

Задача 2.6. Как изменится плотность сложения мелкого водонасыщенного песка после понижения уровня подземных вод, если известно: $\rho_s = 2,65 \text{ г/см}^3$; влажность до понижения $w_1 = 0,2$; влажность после понижения $w_2 = 0,06$. Плотность до понижения $\rho_1 = 1,89 \text{ г/см}^3$; после понижения уровня воды $\rho_2 = 1,79 \text{ г/см}^3$.

Практическое занятие № 3 (4 занятие)

Определение характеристик компрессионных свойств грунтов

Компрессионные испытания – наиболее распространенный вид лабораторных исследований для определения деформационных характеристик (свойств) грунтов. Компрессия – это процесс сжатия грунта без возможности бокового расширения ($\varepsilon_x = \varepsilon_y = 0$), т.е. уплотнение образца без его разрушения.

Компрессионные испытания грунтов в лабораторных условиях проводятся в компрессионных приборах (одометрах). Конструкции их бывают различные, в зависимости от способа приложения нагрузки и целей исследования.

При испытании грунта на компрессию предварительно определяют плотность грунта ρ , плотность частиц грунта ρ_s и природную влажность w грунта, по которым вычисляют начальный (до сжатия) коэффициент пористости грунта e_0 .

Уплотняемость грунта за счет уменьшения пористости оценивается *коэффициентом сжимаемости* m_0 .

Кроме коэффициента сжимаемости, по результатам компрессионных испытаний может быть определен *модуль общей деформации грунта* E_0 , МПа. Модулем общей деформации называется коэффициент пропорциональности между относительной деформацией и вертикальным давлением. Модуль общей деформации используется при расчете осадок фундаментов.

Имеется так же ряд расчетных формул, когда за характеристику сжимаемости принимается модуль осадки

$$\varepsilon_p = \frac{S}{h},$$

т.е. относительная деформация при заданном внешнем давлении p в условиях невозможности бокового расширения грунта, позволяющий учесть криволинейность зависимости деформаций грунта от нагрузки.

Тогда e_i – коэффициент пористости грунта при давлении p_i определяется по формуле:

$$e_i = e_0 - (1 + e_0) \frac{S_i}{h}$$

Пример 3

Используя исходные данные построить компрессионную кривую и определить общий модуль деформации E_0 в интервале давлений: $p_1 = 0,1$ МПа, $p_2 = 0,2$ МПа. Характеристики песчаного грунта: вид грунта – песок пылеватый; плотность грунта $\rho = 2,07$ г/см³; плотность частиц грунта $\rho_s = 2,78$ г/см³; природная влажность $w = 14$ %.

Давление p , МПа	Значения коэффициента пористости e
0,05	0,510
0,1	0,488
0,2	0,425
0,3	0,367
0,4	0,342

Модуль деформации по компрессионным испытаниям определяем по формуле

$$E = m_k \frac{\beta}{m_v},$$

где $\beta = \left(1 - \frac{2\nu^2}{1-\nu}\right)$, ν – коэффициент Пуассона; выбирается в

зависимости от вида грунта, для песка и супеси $\nu = 0,3$; для суглинка – $0,35$; для глин – $0,41$.

$$\beta = \left(1 - \frac{2 \cdot 0,3^2}{1 - 0,3}\right) = 0,743;$$

m_k – коэффициент для перехода от компрессионного модуля деформации к его значениям, получаемым в геологических выработках; $m_k = 4,0-6$

m_v – коэффициент относительной сжимаемости определяем по формуле

$$m_v = \frac{m_0}{1 + e_0},$$

где m_0 – коэффициент сжимаемости, определяемый по формуле

$$m_0 = \frac{e_2 - e_3}{p_3 - p_2},$$

где e_2 , e_3 , p_2 , p_3 – соответственно коэффициенты пористости и давления в пределах давлений $P = 0,1 \div 0,2$ МПа.

$$e_2 = 0,488; \quad p_2 = 0,1 \text{ МПа}; \quad e_3 = 0,425; \quad p_3 = 0,2 \text{ МПа}.$$

$$m_0 = \frac{0,488 - 0,425}{0,2 - 0,1} = 0,63 \text{ МПа}^{-1}.$$

e_0 - коэффициент пористости до начала сжатия грунта

$$e_0 = \frac{\rho_s}{\rho} (1 + w) - 1 = \frac{2,78}{2,07} (1 + 0,14) - 1 = 0,531.$$

$$m_v = \frac{0,63}{1 + 0,531} = 0,412 \text{ МПа}^{-1}$$

$$E = 4 \cdot \frac{0,743}{0,412} = 7,204 \text{ МПа}.$$

График компрессионной кривой приведен на рисунке 2.

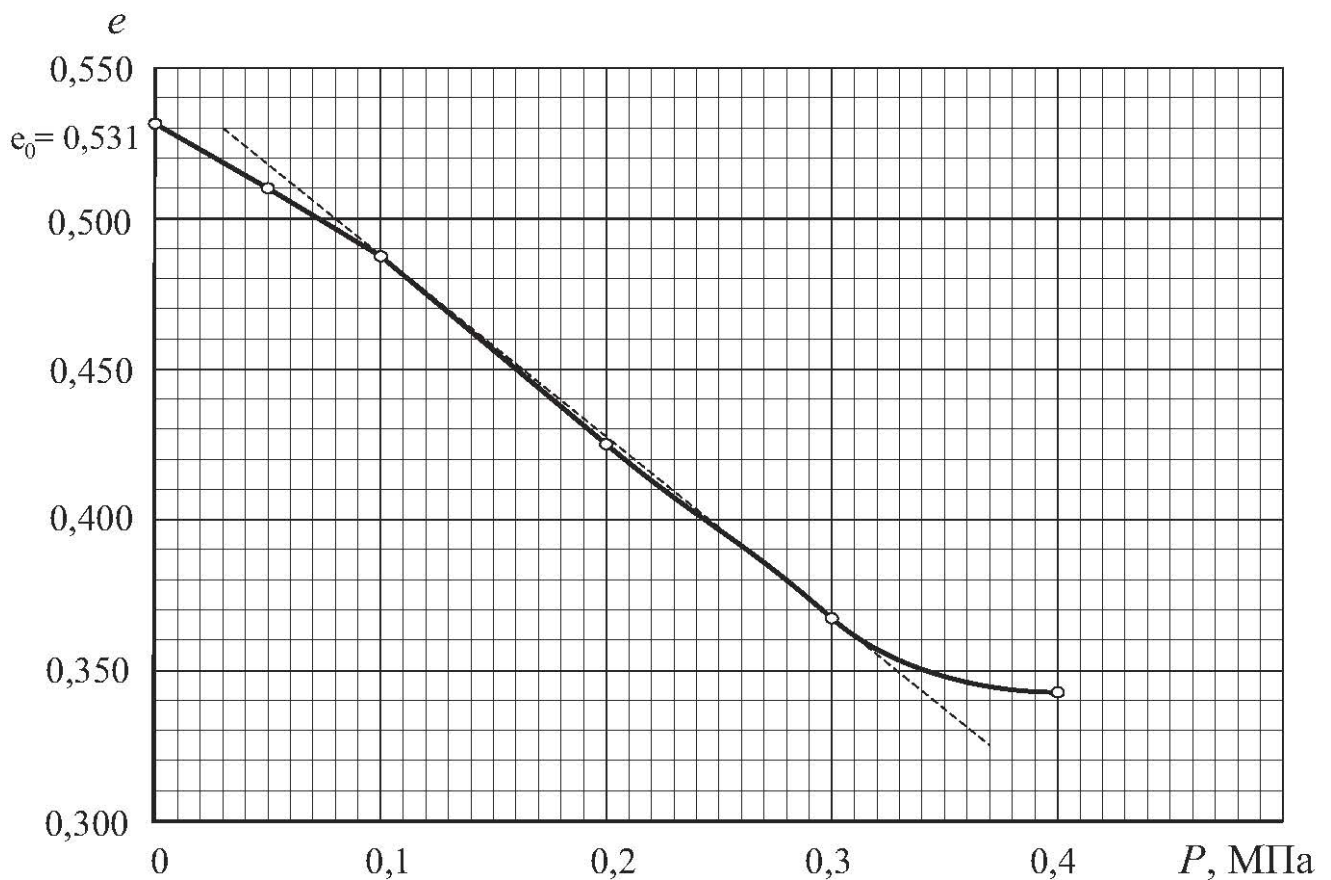


Рисунок 2 – График компрессионной кривой

Пример 4

По первичным результатам компрессионных испытаний пробы грунта приведенным ниже необходимо поострить график зависимости модуля осадки от напряжения, если начальная высота образца = 20 мм.

Напряжение σ , МПа	Показания индикатора, мм	Осадка образца по индикатору S , мм
0	8,5	
0,1	8,38	
0,2	8,31	
0,3	8,27	
0,4	8,24	
0,5	8,21	
0,6	8,19	
0,7	8,18	

Рассчитываем осадку образца, отнимая от предыдущего показания индикатора последующее: $8,5 - 8,38 = 0,12$ мм и т.д. Заполняем таблицу

Напряжение σ , МПа	Показания индикатора, мм	Осадка образца по индикатору S , мм
0	8,5	0
0,1	8,38	0,12
0,2	8,31	0,19
0,3	8,27	0,23
0,4	8,24	0,26
0,5	8,21	0,29
0,6	8,19	0,31
0,7	8,18	0,32

Определяем модуль осадки по формуле $\varepsilon_p = \frac{S}{h}$

$$\varepsilon_{p1} = \frac{0,12}{20} \cdot 1000 = 6 \text{ мм/м}; \quad \varepsilon_{p2} = \frac{0,19}{20} \cdot 1000 = 9,5 \text{ мм/м};$$

$$\varepsilon_{p3} = \frac{0,23}{20} \cdot 1000 = 11,5 \text{ мм/м}; \quad \varepsilon_{p4} = \frac{0,26}{20} \cdot 1000 = 13,0 \text{ мм/м};$$

$$\varepsilon_{p5} = \frac{0,29}{20} \cdot 1000 = 14,5 \text{ мм/м}; \quad \varepsilon_{p6} = \frac{0,313}{20} \cdot 1000 = 15,5 \text{ мм/м};$$

$$\varepsilon_{p7} = \frac{0,32}{20} \cdot 1000 = 16,0 \text{ мм/м};$$

Строим график (см. рисунок 3).

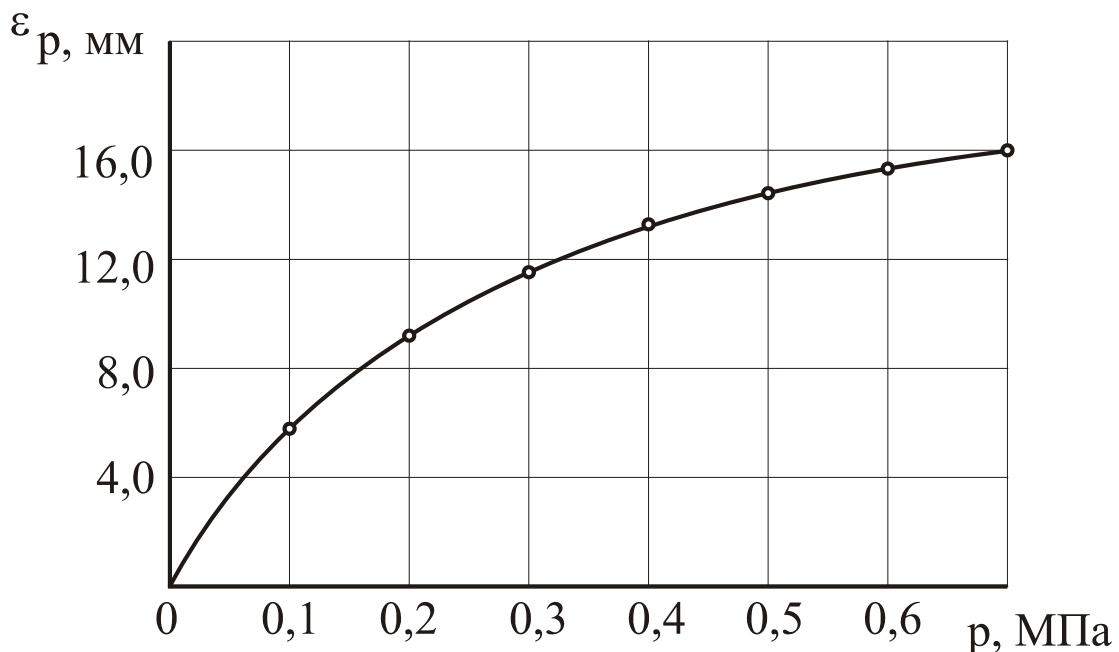


Рисунок 3 – Компрессионная кривая вида $\varepsilon_p = f(\sigma)$

Контрольные задачи:

Задача 3.1. Коэффициент пористости грунта при давлении 0,05 МПа равен 0,54. После уплотнения в компрессионном приборе под давлением 0,3 МПа e стало 0,51. Определить значение коэффициента сжимаемости грунта.

Задача 3.2. Коэффициент относительной сжимаемости грунта $0,5 \text{ МПа}^{-1}$. Определить значение модуля деформации, если коэффициент Пуассона равен $0,37$.

Задача 3.3. Определить значение модуля деформации грунта в интервале давлений $0,1-0,4 \text{ МПа}$, если коэффициент пористости грунта при давлении $0,1 \text{ МПа} - 0,61$; $0,4 \text{ МПа} - 0,59$, коэффициент Пуассона – $0,31$.

Задача 3.4. По данным примера 4 построить компрессионную кривую вида $e = f(\sigma)$, если плотность частиц грунта $2,7 \text{ г/см}^3$, плотность грунта 2 г/см^3 , начальная влажность – $0,2$.

Практическая работа № 4 (5 занятие – 1 часть)

Определение характеристик прочностных свойств грунтов

Основным показателем прочности грунта является сопротивление его сдвигу.

Сопротивление грунта сдвигу складывается из сил внутреннего трения и сил сцепления.

Внутреннее трение принимается пропорциональным нормальному давлению и характеризуется величиной *коэффициента внутреннего трения* $tg \varphi$.

Сцепление c зависит от наличия внутренних сил связности грунта.

Сдвиг в песчаных и крупнообломочных грунтах зависит только от трения; в пылевато-глинистых от трения и сцепления.

Результаты испытаний сопротивления грунтов сдвигу выражаются в виде графика, построенного в осях « σ – τ » «нормальное уплотняющее давление – сдвигающее касательное усилие»

Пример 5

Построить график зависимости касательного напряжения τ от нормального напряжения σ и вычислить значение прочностных характеристик грунта φ и c при данных, полученных испытанием проб грунта на сдвиг

Нормальное напряжение σ , кПа	Касательные напряжения τ , кПа
100	48
200	60
300	72

Строим график по данным испытаний на сдвиг, для этого в системе прямоугольных координат в одинаковом масштабе откладываем на оси абсцисс значения нормального напряжения σ , а по оси ординат – значения касательного напряжения τ . Через полученные точки проводим прямую до пересечения с осью ординат (рисунок 4).

Коэффициент внутреннего трения определяем по формуле:

$$\operatorname{tg}\varphi = (\tau_3 - \tau_1)/(\sigma_3 - \sigma_1),$$

где τ – сдвигающее касательное усилие, МПа;

σ – нормальное уплотняющее давление, МПа;

Определяем коэффициент внутреннего трения

$$\operatorname{tg}\varphi = (72 - 48)/(300 - 100) = 0,12.$$

Угол внутреннего трения $\varphi = \operatorname{arctg} 0,12 = 6,843^\circ$.

Значение удельного сцепления определяем из уравнения Кулона

$$\tau = \sigma \operatorname{tg}\varphi + c$$

$$c = \tau - \sigma \operatorname{tg}\varphi,$$

где, τ – сдвигающее касательное усилие, $\tau = 48$ МПа;

σ – нормальное уплотняющее давление, $\sigma = 100$ МПа;

$\operatorname{tg}\varphi$ – коэффициент внутреннего трения, $\operatorname{tg}\varphi = 0,12$.

$$c = 48 - 100 \cdot 0,12 = 36,0 \text{ кПа}.$$

График сдвига приведен на рисунке 4.

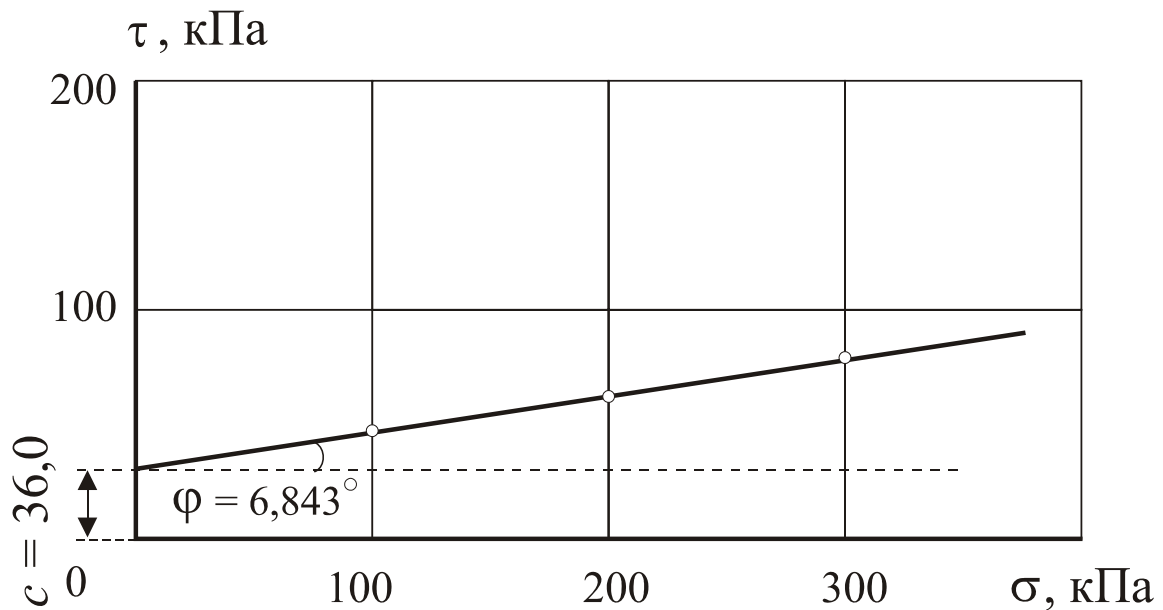


Рисунок 4 – График сдвига

Контрольные задачи:

Задача 4.1. Построить график зависимости касательного напряжения τ от нормального напряжения σ и вычислить значение прочностных характеристик грунта φ и c при данных, полученных испытанием проб грунта на сдвиг

Нормальное напряжение σ , кПа	Касательные напряжения τ , кПа								
	№ варианта								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
100	81	112	85	70	56	47	35	120	90
200	117	155	122	100	85	70	55	140	130
300	148	198	160	131	111	92	75	160	170

Практическая работа № 5 (5 занятие – 2 часть)

Нормативные и расчетные значения характеристик грунта

Чаще всего грунты залегают в виде слоев некоторой мощности или инженерно-геологических элементов (ИГЭ).

За ИГЭ принимают некоторый объем грунта одного и того же происхождения и вида при условии, что значения характеристик грунта изменяются в пределах элемента случайно (незакономерно), либо наблюдающаяся закономерность такова, что ею можно пренебречь.

Исследование свойств производится по некоторому количеству монолитов. Так как грунтовый массив неоднороден, значения одного и того же показателя могут варьировать. Возникает необходимость учесть это изменение, для более надежного проектирования. Для этих целей применяется математическая статистика.

Единичное определение какой либо характеристики или показателя в статистике называется частным значением этого показателя. Взятые вместе несколько частных значений, составляют выборку.

Согласно правилам статистики, чтобы выборка была представительной и по ней можно было судить о свойствах слоя, в ней должно быть не менее 6 частных определений, такое правило соблюдается для механических показателей – E , C и φ . Для физических свойств минимальный объем выборки увеличен до 10 значений.

При инженерно-геологических изысканиях отбираются монолиты грунтов, которые доставляются в грунтоведческую лабораторию. Там их испытывают и определяют минимум 10 значений каждой физической характеристики (плотность ρ , влажность W , плотность частиц грунта т.д.) и 6 механических (модуль деформации E , удельное сцепление C и угол внутреннего трения φ) для одного пласта (слоя, инженерно-геологического элемента). После этого полученные выборки обрабатывают методами статистики, в ходе которой и получают нормативные и расчетные значения.

Алгоритм обработки в соответствии с ГОСТ 20522-2012 «Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний» следующий:

1. Нормативное значение характеристик грунта определяют как среднеарифметическую величину:

$$X_n = \frac{\sum X_i}{n};$$

где n – количество определений (значений в выборке).

2. Выполняют статистическую проверку для исключения возможных ошибок. Исключают то частичное (максимальное или минимальное) значение X_i , для которого выполняется условие $|X_n - X_i| > vS$,

где v - статистический критерий, принимаемый в зависимости от числа определений n характеристики по приложению Е1 ГОСТ 20522-2012; S - среднеквадратическое отклонение характеристики, вычисляемое по формуле:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_n - X_i)^2}{n - 1}};$$

Если какое-либо значение характеристики исключено, следует для оставшихся опытных данных заново вычислить X_n и S .

3. Вычисляют коэффициент вариации V характеристики и показатель точности ее среднего значения ρ_α по формулам:

$$V = \frac{S}{X_n}, \quad \rho_\alpha = \frac{t_\alpha V}{\sqrt{n}},$$

где t_α – коэффициент, принимаемый по приложению Е2 в зависимости от заданной односторонней доверительной вероятности α и числа степеней свободы $K = n - 1$.

Доверительную вероятность расчетных значений характеристик грунтов α принимают равной при расчетах оснований по первой группе предельных состояний (по несущей способности) 0,95, по второй группе (по деформациям) – 0,85

4. Вычисляют коэффициент надежности по грунту по формуле:

$$\gamma_g = \frac{1}{1 \pm \rho_\alpha},$$

Знак перед величиной ρ_α принимают таким, чтобы обеспечивалась большая надежность основания или сооружения.

5. Вычисляют расчетное значение X характеристики грунта по формуле

$$X_\alpha = \frac{X_n}{\gamma_g}.$$

Иногда в формулах вместо α , а также в качестве индекса для характеристики X указывают значения доверительной вероятности 0,85 или 0,95.

Пример 6

Вычислить нормативное и расчетное значение плотности насыщенного водой мелкозернистого песка, залегающего в основании фундамента здания: 2,04; 2,1; 2,01; 2,01; 2,07; 2,10; 2,12; 2,09; 2,03; 2,07 г/см³

$$\sum_1^{10} \rho_i = 20,64 \quad \rho_n = \frac{1}{n} \sum_1^{10} \rho_i = \frac{1}{10} \cdot 20,64 = 2,064 \text{ г/см}^3.$$

Выполняем статистическую проверку, сводя в таблицу полученные результаты

$\rho_i, \text{ г/см}^3$	$\rho_n - \rho_i$	$(\rho_n - \rho_i)^2$
2,04	+0,024	0,000576
2,10	-0,036	0,001296
2,01	+0,054	0,002916
2,01	+0,054	0,002916
2,07	-0,006	0,000036
2,10	-0,036	0,001296
2,12	-0,056	0,003136
2,09	-0,026	0,000676
2,03	+0,034	0,001156
2,07	-0,006	0,000036

$$\sum_1^{10} (\rho_n - \rho_i)^2 = 0,01404$$

Среднеквадратическое отклонение

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_1^{10} (\rho_n - \rho_i)^2} = \sqrt{\frac{1}{10-1} \cdot 0,01404} = 0,039497 \text{ г/см}^3.$$

$v = 2,41$; $v \cdot S = 2,41 \cdot 0,039497 = 0,09519$, сравниваем с $|\rho_n - \rho_i|$, эти значения должны быть меньше чем 0,09519, иначе исключаем значения не удовлетворяющие этому условию и пересчитываем.

Доверительную вероятность расчетных значений характеристик грунтов α принимаем равной при расчетах оснований по первой группе предельных состояний (по несущей способности) 0,95, по второй группе (по деформациям) – 0,85. Тогда в соответствии с

приложением Е2 значение коэффициента t_α ($K = 10-1 = 9$) при $\alpha = 0,85$ $t_\alpha=1,10$; при $\alpha = 0,95$ $t_\alpha=1,83$.

1. Для расчета оснований по первой группе предельных состояний – по несущей способности

Вычисляем коэффициент вариации V характеристики и показатель точности ее среднего значения ρ_α

$$V = S/\rho_n = 0,039497/2,064 = 0,019136$$

$$\rho_\alpha = \frac{t_\alpha V}{\sqrt{n}} = \frac{1,83 \cdot 0,019136}{\sqrt{10}} = 0,0111$$

. Вычисляем коэффициент надежности по грунту по формуле:

$$\gamma_q = \frac{1}{1 \pm \rho_\alpha} = \frac{1}{1 - 0,0111} = 1,0112$$

Вычисляем расчетное значение ρ_I характеристики грунта по формуле $\rho_I = \frac{\rho_n}{\gamma_q} = \frac{2,064}{1,0112} = 2,041$ г/см³

2. Для расчета по второй группе предельных состояний по деформациям

$$\rho_\alpha = \frac{t_\alpha V}{\sqrt{n}} = \frac{1,10 \cdot 0,019136}{\sqrt{10}} = 0,006656$$

Вычисляем коэффициент надежности по грунту по формуле:

$$\gamma_q = \frac{1}{1 \pm \rho_\alpha} = \frac{1}{1 - 0,006656} = 1,0067$$

Вычисляем расчетное значение ρ_{II} характеристики грунта по формуле $\rho_{II} = \frac{\rho_n}{\gamma_q} = \frac{2,064}{1,0067} = 2,0502$ г/см³

Контрольные задачи:

Задача 5.1. Вычислить нормативное и расчетное значение плотности частиц глины, залегающего в основании фундамента здания. В лаборатории определены частные значения ρ_s по 12 образцам: 2,693; 2,709; 2,710; 2,711; 2,699; 2,698; 2,697; 2,702; 2,708; 2,711 2,699; г/см³.

Практическая работа № 5 (6,7 занятие)

Напряженное состояние грунтов

(1 часть)

Напряженное состояние основания в линейно-деформируемом полупространстве создается как действием внешней нагрузки, так и действием собственного веса вышележащего пласта грунта.

Вертикальное напряжение, возникающее в грунтовом массиве от собственного веса грунта, называют природным. Это давление характеризует напряженное состояние грунта до начала строительства, т.е. до передачи на него нагрузки от веса сооружения. Величина природного давления зависит от удельного веса грунта γ и глубины h .

Вертикальное напряжение от собственного веса грунта σ_{zg} принимается возрастающим пропорционально глубине слоя:

$$\sigma_{zg} = \sum_{i=1}^n \gamma_i h_i,$$

где γ_i – удельный вес грунта i -го слоя;

h_i – толщина i -го слоя;

n – число слоев, от веса которых определяется напряжение.

Удельный вес грунта ниже уровня подземных вод, но выше водоупора определяется с учетом взвешивающего действия воды:

$$\gamma_{sb} = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{1 + e},$$

где γ_s – удельный вес частиц грунта, кН/м^3 ;

γ_w – удельный вес воды, $\gamma_w = 10 \text{ кН/м}^3$;

e – коэффициент пористости.

При определении σ_{zg} в водоупорном слое, следует учитывать давление столба воды, расположенного выше рассматриваемой глубины.

Водоупор – это пласт слабо- или водонепроницаемого грунта (суглинок или глина) (П8-2000 к СНБ 5.01.01), т.е. с коэффициентом фильтрации менее $0,005 \text{ м/сутки}$ (ГОСТ 25100). При отсутствии данных о K_f , водоупорными можно считать глинистые грунты с $I_l \leq 0,25$ (СП 22.13330).

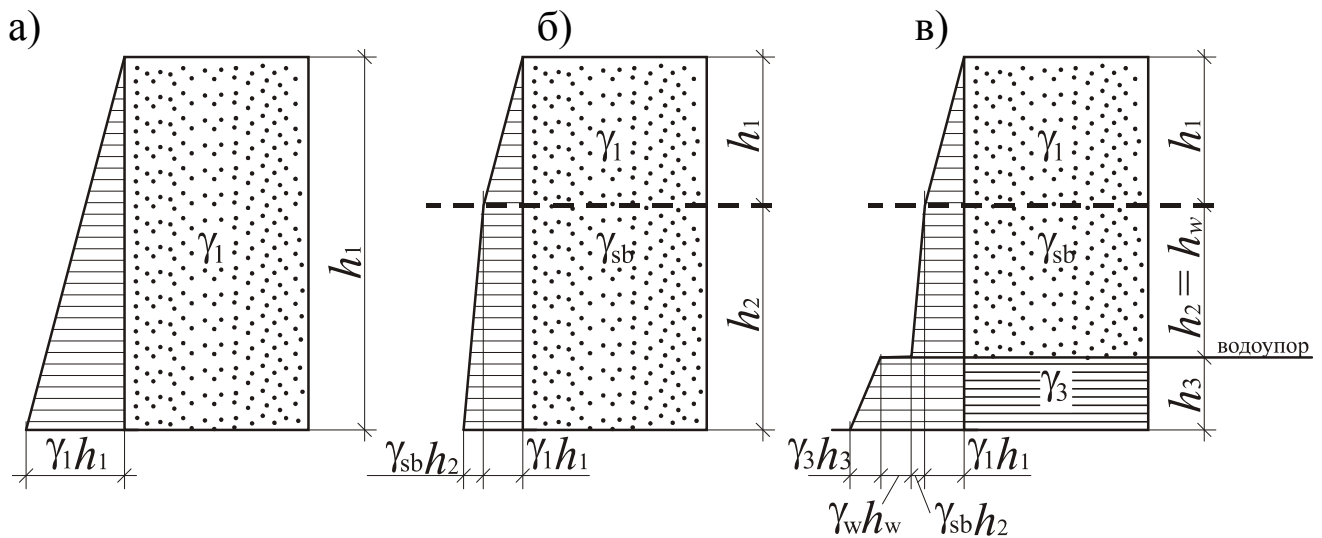


Рисунок – Эпюры природных давлений

Пример 7

Вычислить значения вертикального напряжения от собственного веса грунта для геологического разреза, показанного на рисунке (схема в), имеющего следующие характеристики: 1-й слой – песок мощностью $h_1 + h_2 = 6$ м. Удельный вес частиц грунта $26,5 \text{ кН/м}^3$, удельный вес грунта 18 кН/м^3 , коэффициент пористости $0,54$. Уровень подземных вод проходит на глубине $h_1 = 4$ м от поверхности грунта. 2-й слой – глина в твердом состоянии мощностью $h_3 = 5$ м, $\gamma_s = 27 \text{ кН/м}^3$, $\gamma = 21 \text{ кН/м}^3$. Слой глины является водоупором.

Вычисляем значения природного давления:

1. На уровне грунтовых вод на глубине 4 м

$$\sigma_{zg1} = \gamma_1 h_1 = 18 \cdot 4 = 72 \text{ кПа}$$

2. На кровле водоупора

$$\sigma_{zg2} = \sigma_{zg1} + \gamma_{sb} h_2 = 72 + 10,7 \cdot 2 = 93,4 \text{ кПа}$$

где $\gamma_{sb} = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{1 + e} = \frac{26,5 - 10}{1 + 0,54} = 10,7 \text{ кН/м}^3$

На кровле водоупора с учетом давления воды

$$\sigma'_{zg2} = \sigma_{zg2} + \gamma_w h_w = 93,4 + 10 \cdot 2 = 113,4 \text{ кПа}$$

3. На подошве глины

$$\sigma_{zg3} = \sigma'_{zg2} + \gamma_3 h_3 = 113,4 + 21 \cdot 5 = 218,4 \text{ кПа}$$

Пример 8

По данным геологического разреза и физико-механических свойств грунтов вычислить значения напряжений от собственного веса грунта σ_{zg} в толще основания прямоугольного фундамента размером 3×5 м, глубиной заложения – $d = 2,4$ м. УГВ расположен на глубине 4,5 м.

Характеристика грунтовых условий строительства площадки:

– 1-й слой – песок средний плотный водонасыщенный, мощность слоя 1,8 м ($w = 17,0$ %; $\rho = 2,08$ г/см³; $\rho_s = 2,65$ г/см³);

– 2-й слой – супесь пластичная, мощность слоя 4,9 м ($w = 13$ %; $\rho = 2,1$ г/см³; $\rho_s = 2,75$ г/см³);

– 3-й слой – глина полутвердая, мощность слоя 5 м ($w = 23$ %; $\rho = 2,09$ г/см³; $\rho_s = 2,63$ г/см³).

Построить эпюру

Толщу основания делим на элементарные слои. Величина слоев $h \leq 0,4b = 0,4 \cdot 3 = 1,2$ м. На геологический разрез наносим контуры фундамента и границы элементарных слоев. Границы элементарных слоев должны совпадать с границами естественных напластований и уровнем грунтовых вод.

Удельный вес грунта:

$$\underline{1 \text{ слой}} - \gamma_1 = \rho g = 2,08 \cdot 9,81 = 20,4 \text{ кН/м}^3$$

$$\underline{2 \text{ слой}} - \gamma_2 = \rho g = 2,10 \cdot 9,81 = 20,6 \text{ кН/м}^3$$

$$\gamma_{sb} = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{1 + e} = \frac{2,75 \cdot 9,81 - 1 \cdot 9,81}{1 + 0,48} = 11,6 \text{ кН/м}^3$$

$$e = \frac{\rho_s}{\rho} (1 + w) - 1 = \frac{2,75}{2,1} (1 + 0,13) - 1 = 0,48.$$

$$\underline{3 \text{ слой}} - \gamma_3 = \rho g = 2,09 \cdot 9,81 = 20,5 \text{ кН/м}^3$$

Вычисляем вертикальные напряжения от собственного веса грунта на подошве каждого слоя и строим эпюру.

Напряжение от собственного веса грунта на отметке подошвы фундамента:

$$\sigma_{zg, 0} = \gamma d = \gamma_1 \cdot 1,8 + \gamma_2 \cdot 0,6 = 20,4 \cdot 1,8 + 20,6 \cdot 0,6 = 49,08 \text{ кПа,}$$

Вертикальное напряжение от собственного веса грунта на отметке подошвы:

$$1\text{-го слоя: } \sigma_{zg, 1} = \sigma_{zg, 0} + \gamma h_1 = 49,08 + 20,6 \cdot 1,2 = 73,8 \text{ кПа.}$$

$$2\text{-го слоя: } \sigma_{zg, 2} = \sigma_{zg, 1} + \gamma h_2 = 73,8 + 20,6 \cdot 1,2 = 98,52 \text{ кПа.}$$

$$3\text{-го слоя: } \sigma_{zg, 3} = \sigma_{zg, 2} + \gamma h_3 = 98,52 + 20,6 \cdot 0,1 = 100,58 \text{ кПа.}$$

Вертикальное напряжение от собственного веса грунта на отметке подошвы с учетом взвешивающего действия воды:

$$4\text{-го слоя: } \sigma_{zg, 4} = \sigma_{zg, 3} + \gamma_{sb} h_4 = 100,58 + 11,6 \cdot 1,1 = 113,34 \text{ кПа.}$$

$$5\text{-го слоя: } \sigma_{zg, 5} = \sigma_{zg, 4} + \gamma_{sb} h_5 = 113,34 + 11,6 \cdot 0,7 = 121,46 \text{ кПа.}$$

с учетом веса столба воды

$$\sigma'_{zg, 5} = \sigma_{zg, 5} + \gamma_w h_w = 121,46 + 9,81 \cdot 1,8 = 139,12 \text{ кПа.}$$

Далее просчитываем вертикальные напряжения от собственного веса грунта с учетом физических характеристик глины :

$$6\text{-го слоя: } \sigma_{zg, 6} = \sigma_{zg, 5} + \gamma_{sb} h_6 = 139,12 + 20,5 \cdot 0,5 = 149,37 \text{ кПа.}$$

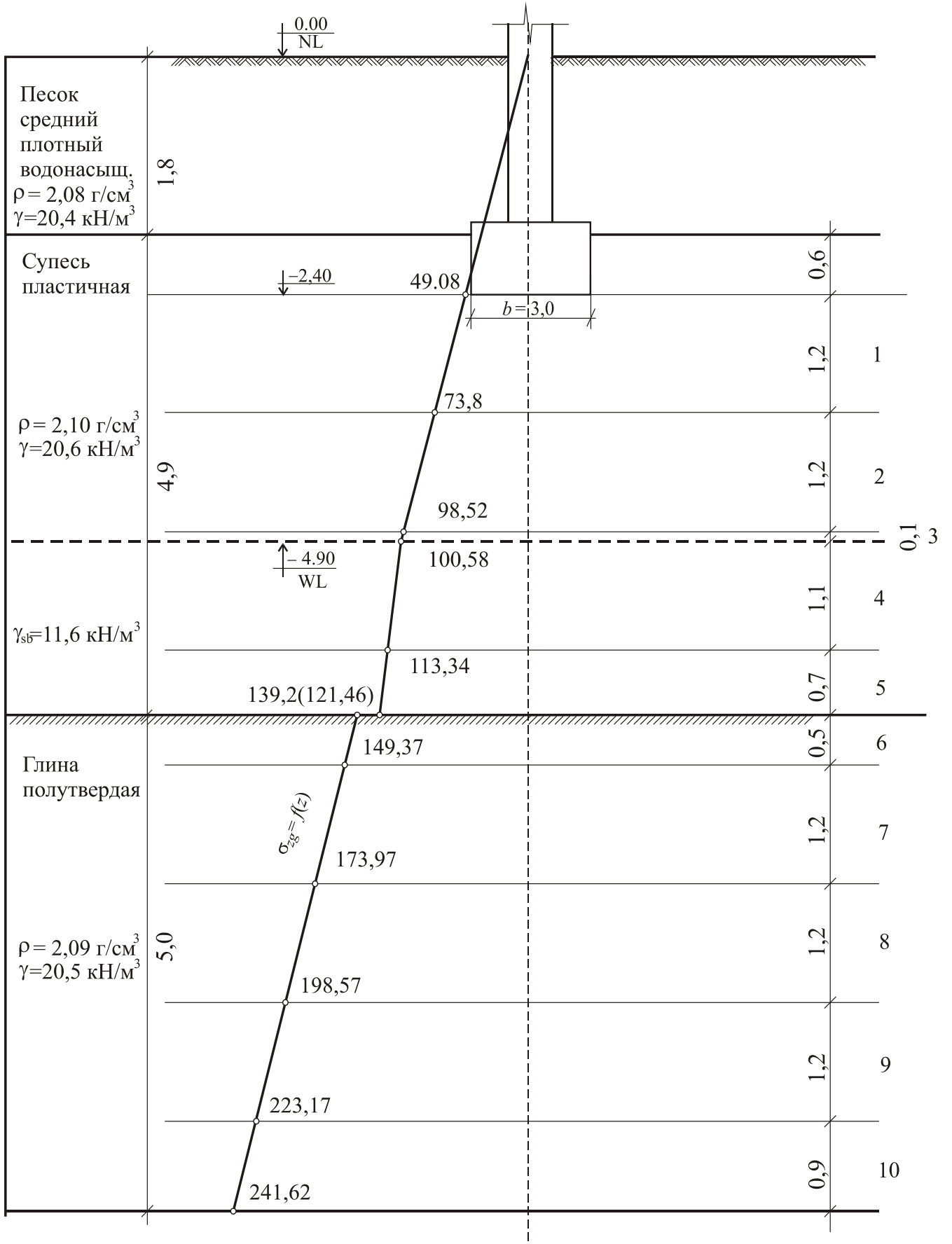
$$7\text{-го слоя: } \sigma_{zg, 7} = \sigma_{zg, 6} + \gamma_{sb} h_7 = 149,37 + 20,5 \cdot 1,2 = 173,97 \text{ кПа.}$$

$$8\text{-го слоя: } \sigma_{zg, 8} = \sigma_{zg, 7} + \gamma_{sb} h_8 = 173,97 + 20,5 \cdot 1,2 = 198,57 \text{ кПа.}$$

$$9\text{-го слоя: } \sigma_{zg, 9} = \sigma_{zg, 8} + \gamma_{sb} h_9 = 198,57 + 20,5 \cdot 1,2 = 223,17 \text{ кПа}$$

$$10\text{-го слоя } \sigma_{zg, 10} = \sigma_{zg, 9} + \gamma_{sb} h_{10} = 223,17 + 20,5 \cdot 0,9 = 241,62 \text{ кПа}$$

Для построения эпюры откладываем ординаты соответствующие вычисленным значениям, и соединяем их концы прямыми линиями.



Контрольные задачи:

Задача 5.1. Определить напряжение от собственного веса грунта на глубине 4,0 м от поверхности земли, если $\rho = 2,06 \text{ т/м}^3$, $\rho_s = 2,68 \text{ т/м}^3$, $w = 16 \%$. Уровень воды совпадает с отметкой поверхности земли.

Задача 5.2. Как изменится эпюра напряжения от собственного веса грунта (см. пример 8), если глубина заложения фундамента станет 1,65 м, а УГВ залегает на глубине 2,0 м от подошвы фундамента.

(2 часть)

Напряжения в грунте, обусловленные действием приложенной внешней нагрузки, называются дополнительными.

Дополнительное вертикальное давление на основания от внешней нагрузки в уровне подошвы фундамента

$$p_0 = p - \sigma_{zg, 0},$$

где p – среднее давление под подошвой фундамента;

$\sigma_{zg, 0}$ – вертикальное напряжение от собственного веса грунта в уровне подошвы фундамента.

Дополнительное вертикальное напряжение от внешней нагрузки на глубине z от подошвы фундамента обозначается σ_{zp} .

Дополнительные вертикальные напряжения в точках, расположенных на вертикали, проходящей через центр подошвы фундамента, на глубине z определяется по формуле

$$\sigma_{zp} = \alpha p_0,$$

где α – коэффициент, принимаемый в зависимости от соотношения сторон подошвы прямоугольного фундамента $\eta = l : b$ и относительной глубины равной $\xi = 2z/b$;

z – расстояние от подошвы фундамента до точки на осевой вертикали, в которой определяется напряжение.

Дополнительные вертикальные напряжения на глубине z по вертикали, проходящей через угловую точку прямоугольного фундамента, определяется по формуле

$$\sigma_{zp, c} = \alpha p_0 / 4,$$

где α – коэффициент, принимаемый в зависимости от соотношения сторон подошвы прямоугольного фундамента $\eta = l : b$ и относительной глубины $\xi = z/b$,

z – расстояние от подошвы фундамента до точки на вертикали, проходящей через угловую точку, в которой определяется напряжение.

Пример 9

По данным, приведенном в примере 8 вычислить значения дополнительных вертикальных напряжений, расположенных на осевой вертикали, и построить эпюру напряжений. Среднее давление под подошвой фундамента $p = 500 \text{ кН/м}^2$ (кПа).

Находим значение дополнительного давления под подошвой фундамента:

$$p_0 = p - \sigma_{zg,0} = 500 - 49,08 = 450,92 \text{ кПа}$$

Вычисляем значения дополнительных вертикальных напряжений в табличной форме:

№	$z, \text{ м}$	$\xi = 2z/b (b=3 \text{ м})$	$\alpha, (\eta = 5/3=1,67)$	$\sigma_{zp} = \alpha p_0, \text{ кПа}$
0	0	0	1,000	450,92
1	1,2	0,8	0,8601	387,84
2	2,4	1,6	0,5631	253,91
3	2,5	1,667	0,546	246,20
4	3,6	2,4	0,3581	161,47
5	4,3	2,867	0,2878	129,77
6	4,8	3,2	0,2371	107,18
7	6,0	4,0	0,1659	74,81
8	7,2	4,8	0,1219	54,97
9	8,4	5,6	0,0925	41,71
10	9,3	6,2	0,0768	34,63

На подошве фундамента:

При $\xi = 0$; $\alpha_1 = 1,000$, $\sigma_{zp,0} = 1 \cdot 450,92 = 450,92 \text{ кПа}$

На подошве 1-го слоя:

$$\text{При } \xi = 0,8; \eta_1 = 1,4 - \alpha_1 = 0,848$$

$$\eta_2 = 1,8 - \alpha_2 = 0,866$$

$$\eta = 1,67 - \alpha = ?$$

Проводим интерполяцию:

$$\alpha = \alpha_1 + \left[\left(\frac{\alpha_1 - \alpha_2}{\eta_2 - \eta_1} \right) \cdot (\eta - \eta_1) \right] = 0,848 + \left[\left(\frac{0,866 - 0,848}{1,8 - 1,4} \right) \cdot (1,67 - 1,40) \right] = 0,8601 \text{ кПа}$$

$$\sigma_{zp,1} = 0,8601 \cdot 450,92 = 387,84 \text{ кПа}$$

На подошве 2-го слоя:

$$\text{При } \xi = 1,6; \eta_1 = 1,4 - \alpha_1 = 0,532$$

$$\eta_2 = 1,8 - \alpha_2 = 0,578$$

$$\eta = 1,67 - \alpha = ?$$

Проводим интерполяцию:

$$\alpha = \alpha_1 + \left[\left(\frac{\alpha_1 - \alpha_2}{\eta_2 - \eta_1} \right) \cdot (\eta - \eta_1) \right] = 0,532 + \left[\left(\frac{0,578 - 0,532}{1,8 - 1,4} \right) \cdot (1,67 - 1,40) \right] = 0,5631 \text{ кПа}$$

$$\sigma_{zp,2} = 0,5631 \cdot 450,92 = 253,91 \text{ кПа}$$

На подошве 3-го слоя:

$$\text{При } \xi = 1,6; \alpha = 0,5631$$

$$\text{При } \xi = 2,4; \eta_1 = 1,4 - \alpha_1 = 0,325$$

$$\eta_2 = 1,8 - \alpha_2 = 0,374$$

$$\eta = 1,67 - \alpha = ?$$

$$\alpha = \alpha_1 + \left[\left(\frac{\alpha_1 - \alpha_2}{\eta_2 - \eta_1} \right) \cdot (\eta - \eta_1) \right] = 0,325 + \left[\left(\frac{0,374 - 0,325}{1,8 - 1,4} \right) \cdot (1,67 - 1,40) \right] = 0,3581 \text{ кПа}$$

$$\text{При } \xi_1 = 1,6; \alpha_1 = 0,5631$$

$$\text{При } \xi_2 = 2,4; \alpha_2 = 0,3581$$

$$\text{При } \xi = 1,667; \alpha = ?$$

$$\alpha = \alpha_1 - \left[\left(\frac{\alpha_1 - \alpha_2}{\xi_2 - \xi_1} \right) \cdot (\xi - \xi_1) \right] = 0,5631 - \left[\left(\frac{0,5631 - 0,3581}{2,4 - 1,6} \right) \cdot (1,6667 - 1,60) \right] = 0,546 \text{ кПа}$$

$$\sigma_{zp,3} = 0,546 \cdot 450,92 = 246,20 \text{ кПа}$$

На подошве 4-го слоя:

При $\xi = 2,4$; $\alpha = 0,3581$

$$\sigma_{zp,4} = 0,3581 \cdot 450,92 = 161,47 \text{ кПа}$$

На подошве 5-го слоя:

При $\xi = 2,4$; $\alpha = 0,3581$

При $\xi = 3,2$; $\eta_1 = 1,4 - \alpha_1 = 0,21$

$$\eta_2 = 1,8 - \alpha_2 = 0,251$$

$$\eta = 1,67 - \alpha = ?$$

$$\alpha = \alpha_1 + \left[\left(\frac{\alpha_1 - \alpha_2}{\eta_2 - \eta_1} \right) \cdot (\eta - \eta_1) \right] = 0,21 + \left[\left(\frac{0,251 - 0,21}{1,8 - 1,4} \right) \cdot (1,67 - 1,40) \right] = 0,2377 \text{ кПа}$$

При $\xi_1 = 2,4$; $\alpha_1 = 0,3581$

При $\xi_2 = 3,2$; $\alpha_2 = 0,2377$

При $\xi = 2,867$; $\alpha = ?$

$$\alpha = \alpha_1 - \left[\left(\frac{\alpha_1 - \alpha_2}{\xi_2 - \xi_1} \right) \cdot (\xi - \xi_1) \right] = 0,3581 - \left[\left(\frac{0,3581 - 0,2377}{3,2 - 2,4} \right) \cdot (2,867 - 2,4) \right] = 0,2878 \text{ кПа}$$

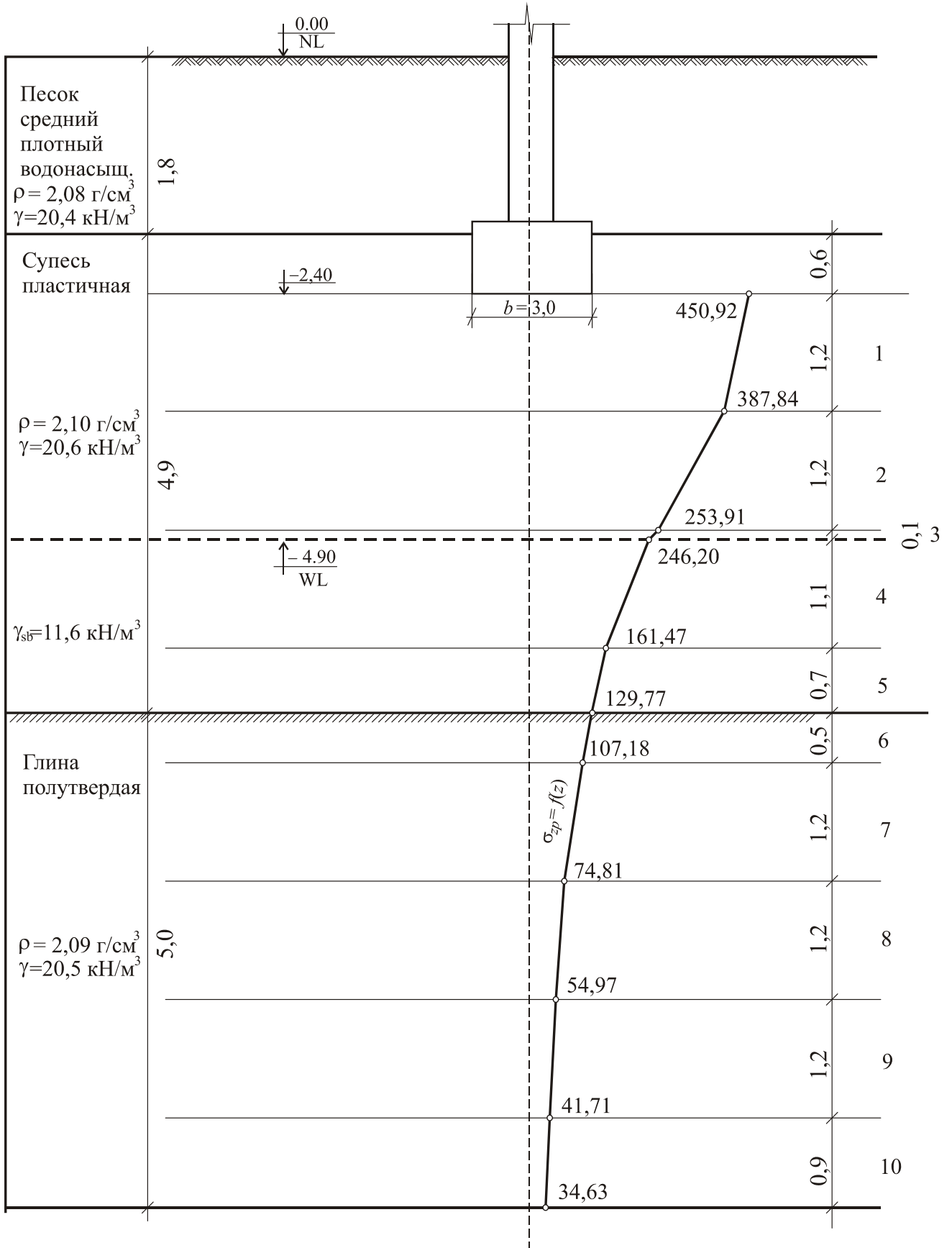
$$\sigma_{zp,5} = 0,2878 \cdot 450,92 = 129,77 \text{ кПа}$$

На подошве 6-го слоя:

При $\xi = 3,2$; $\alpha = 0,2377$

$$\sigma_{zp,6} = 0,2377 \cdot 450,92 = 107,18 \text{ кПа}$$

И т.д.



Пример 10

По данным, приведенном в примере 8 вычислить значения дополнительных вертикальных напряжений, расположенных на угловой вертикали на глубине 1,2 м от подошвы фундамента. Среднее давление под подошвой фундамента $p = 500 \text{ кН/м}^2$ (кПа).

На глубине $z = 1,2 \text{ м}$

$$\xi = z/b = 1,2/3 = 0,4; \quad \eta = l/b = 5/3 = 1,67$$

$$\text{При } \xi = 0,4; \quad \eta_1 = 1,4 - \alpha_1 = 0,972$$

$$\eta_2 = 1,8 - \alpha_2 = 0,975$$

$$\eta = 1,67 - \alpha = ?$$

Проводим интерполяцию:

$$\alpha = \alpha_1 + \left[\left(\frac{\alpha_1 - \alpha_2}{\eta_2 - \eta_1} \right) \cdot (\eta - \eta_1) \right] = 0,972 + \left[\left(\frac{0,975 - 0,972}{1,8 - 1,4} \right) \cdot (1,67 - 1,40) \right] = 0,9740 \text{ кПа}$$

$$\sigma_{zp,c} = 0,974 \cdot 450,92/4 = 109,80 \text{ кПа}$$

Контрольные задачи:

Задача 5.3. Определить величину дополнительного вертикального напряжения в точке основания фундамента размерами подошвы $2 \times 2 \text{ м}$, расположенной на осевой вертикали z на глубине 6 м от подошвы фундамента, если дополнительное давление $p_0 = 340 \text{ кПа}$.

Задача 5.4. Определить величину дополнительного вертикального напряжения в точке основания фундамента размерами подошвы $2 \times 4 \text{ м}$, расположенной на угловой вертикали z_c на глубине 2,6 м от подошвы фундамента, если дополнительное давление $p_0 = 280 \text{ кПа}$.

Задача 5.5. Дополнительное давление под подошвой ленточного фундамента $p_0 = 370 \text{ кПа}$. Ширина фундамента 1,8 м. Определить значения дополнительного напряжения в точках, расположенных на осевой вертикали с координатами z : 1,0; 2,0; 3,0; 5,0; 7,0 м и построить эпюру напряжений.

Практическая работа № 6 (8 занятие)

Давление грунта на подпорную стенку (1 часть)

Подпорные стенки устраиваются для удержания склонов и откосов, если их крутизна превышает предельно допустимую. Подпорные стенки могут выполнять функции набережной или ограждения подвального помещения здания.

Давление грунта, которое передается со стороны грунтовой толщи на подпорную стенку, называется активным. Давление, воспринимаемое грунтом от боковой части фундамента подпорной стенки, называется пассивным.

Расчет подпорной стенки сводится к определению ее устойчивости против сдвига по основанию и опрокидывания при повороте вокруг внешнего ребра подошвы.

В строительной практике возникают следующие случаи, влияющие на выбор расчетных характеристик:

- засыпка произведена сыпучим грунтом;
- при засыпке сыпучим грунтом стенка имеет дополнительную равномерно распределенную нагрузку;
- засыпка произведена связным грунтом;
- часть подпорной стенки затоплена водой.

Рассмотрим расчет подпорной стенки при песчаной засыпке. В данном случае расчет сводится к определению активных и пассивных давлений на подпорную стенку.

Расчет подпорной стенки при песчаной засыпке

Активное давление от песчаной засыпки на уровне подошвы фундамента определяется по формуле:

$$P_a = \gamma H \operatorname{tg}^2 \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right), \text{ кН/м}^2,$$

где γ – удельный вес грунта, кН/м^3 ;

H – высота подпорной стенки, м;

φ – угол внутреннего трения, град.

Пассивное давление от подпорной стенки на песчаный грунт:

$$P_n = \gamma_{\text{загл}} \operatorname{tg}^2 \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right), \text{ кН/м}^2,$$

где $h_{загл}$ – глубина заглубления фундамента, м.

Эпюры распределения активного и пассивного давления на подпорную стенку приведены на рисунке

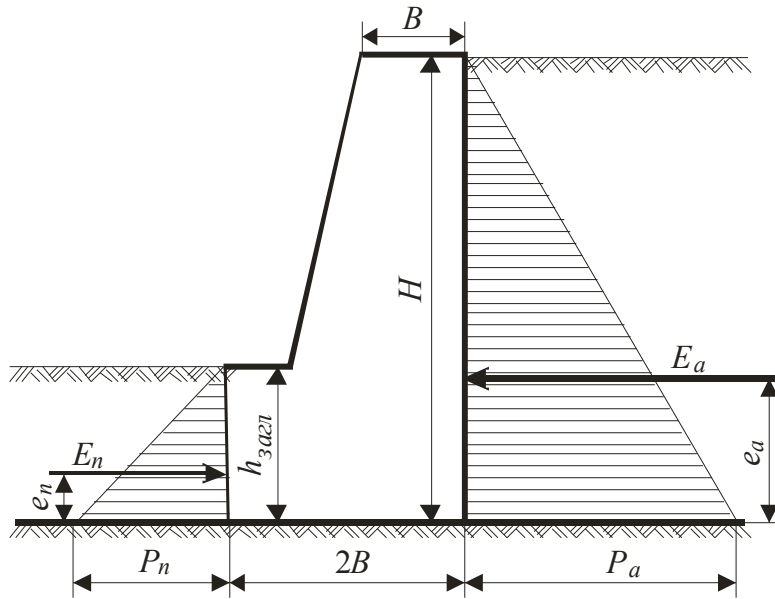


Рисунок – Эпюры давлений при песчаной засыпке

Полное активное давление несвязного грунта на 1 м длины подпорной стенки высотой H :

$$E_a = \gamma \frac{H^2}{2} \left(\operatorname{tg}^2 \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right) \right), \text{ кН/м.}$$

Полное пассивное давление несвязного грунта на 1 м длины подпорной стенки с высотой фундамента $h_{загл}$:

$$E_n = \gamma \frac{h_{загл}^2}{2} \left(\operatorname{tg}^2 \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right) \right), \text{ кН/м.}$$

Точки приложения активного и пассивного давления определяются по следующим формулам:

$$e_a = \frac{1}{3} H, \text{ м} \quad e_n = \frac{1}{3} h_{загл}, \text{ м.}$$

Пример 11. Произвести расчет активных и пассивных давлений на подпорную стенку при песчаной засыпке. Построить эпюры давлений.

Дано: высота подпорной стенки $H = 8,5$ м; величина заглубления фундамента $h_{загл} = 2,3$ м; ширина подпорной стенки по низу $2B = 3$ м; удельный вес грунта $\gamma = 18,65$ кН/м³; угол внутреннего трения грунта $\varphi = 14$ град.

Вычерчиваем в масштабе профиль подпорной стенки с учетом исходных данных. Размер подпорной стенки по верху равен половине размера этой же стенки по низу. Ширину горизонтальной площадки принимаем произвольно.

Определяем активное давление от песчаной засыпки на уровне подошвы фундамента:

$$P_a = \gamma H \operatorname{tg}^2 \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right) = 18,65 \times 8,5 \times \operatorname{tg}^2 \left(45 - \frac{14}{2} \right) = 96,76 \text{ кН/м}^2,$$

где γ_w – удельный вес грунта, $\gamma_w = 18,65$ кН/м³; H – высота подпорной стенки, $H = 8,5$ м; φ – угол внутреннего трения, $\varphi = 14$ град.

Определяем пассивное давление от подпорной стенки на песчаный грунт:

$$P_n = \gamma h_{загл} \operatorname{tg}^2 \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right) = 18,65 \times 2,3 \times \operatorname{tg}^2 \left(45 + \frac{14}{2} \right) = 70,27 \text{ кН/м}^2,$$

где $h_{загл}$ – глубина заглубления фундамента, $h_{загл} = 2,3$ м.

Строим эпюру распределения активного и пассивного давления на подпорную стенку. Эти эпюры носят прямолинейный характер. В верхней точке подпорной стенки равны нулю, а в нижней – соответственно P_a или P_n (рисунок).

Определяем полное активное давление песчаного грунта на 1 м длины подпорной стенки высотой H :

$$E_a = \gamma \frac{H^2}{2} \left(\operatorname{tg}^2 45 - \frac{\varphi}{2} \right) = 18,65 \frac{8,5^2}{2} \left(\operatorname{tg}^2 \left(45 - \frac{14}{2} \right) \right) = 411,25 \text{ кН/м}.$$

Определяем полное пассивное давление несвязного грунта на 1 м длины подпорной стенки с высотой фундамента $h_{загл}$:

$$E_n = \gamma \frac{h_{загл}^2}{2} \left(\operatorname{tg}^2 \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right) \right) = 18,65 \frac{2,3^2}{2} \left(\operatorname{tg}^2 \left(45 + \frac{14}{2} \right) \right) = 80,81 \text{ кН/м}.$$

Определяем точку приложения активного давления

$$e_a = \frac{1}{3} H = 8,5 / 3 = 2,83 \text{ м.}$$

На эпюре активного давления (см. рисунок) от подошвы фундамента откладываем e_a и проводим горизонтальную стрелку, обозначающую E_a .

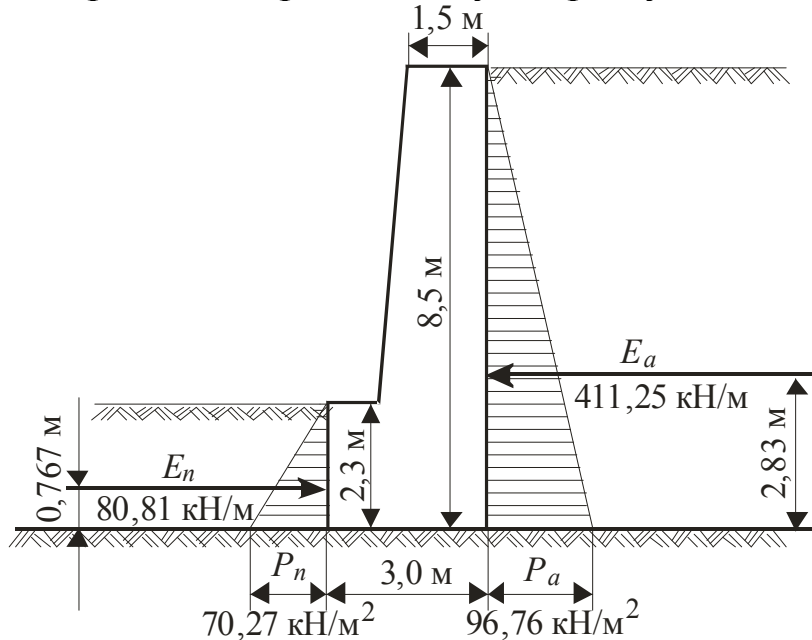


Рисунок – Эпюры давлений при песчаной засыпке

Определяем точку приложения пассивного давления

$$e_n = \frac{1}{3} h_{\text{загл}} = 2,3 / 3 = 0,767 \text{ м.}$$

На эпюре пассивного давления (см. рисунок) от подошвы фундамента откладываем e_n и проводим горизонтальную стрелку, обозначающую E_n .

Определение устойчивости грунтового откоса (2 часть)

В проектной практике решения подобных задач широко распространен расчет устойчивости откосов по методу круглоцилиндрических поверхностей скольжения.

За коэффициент устойчивости откоса η принимают отношение момента сил, удерживающих откос от сдвига, к моменту сил, стремящихся сдвинуть откос:

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^n N_i \cdot \text{tg} \varphi_i + \sum_{i=1}^n c_i \cdot l_i}{\sum_{i=1}^n T_i}$$

Порядок расчета:

1. Вычерчиваем в масштабе откос (на миллиметровой бумаге)

2. Определяем значение $\lambda_{cp} = \frac{\gamma \cdot H \cdot \operatorname{tg} \varphi}{c}$, где γ – удельный вес грунта; H – высота откоса; φ – угол внутреннего трения грунта; c – удельное сцепление грунта.

Угол наклона грунтового откоса $\alpha = \operatorname{arctg}\left(\frac{1}{m}\right)$, где m – заложение откоса.

Для полученных значения по графику Янбу определяем относительные координаты x_0 и y_0 центра наиболее опасной круглоцилиндрической поверхности скольжения O .

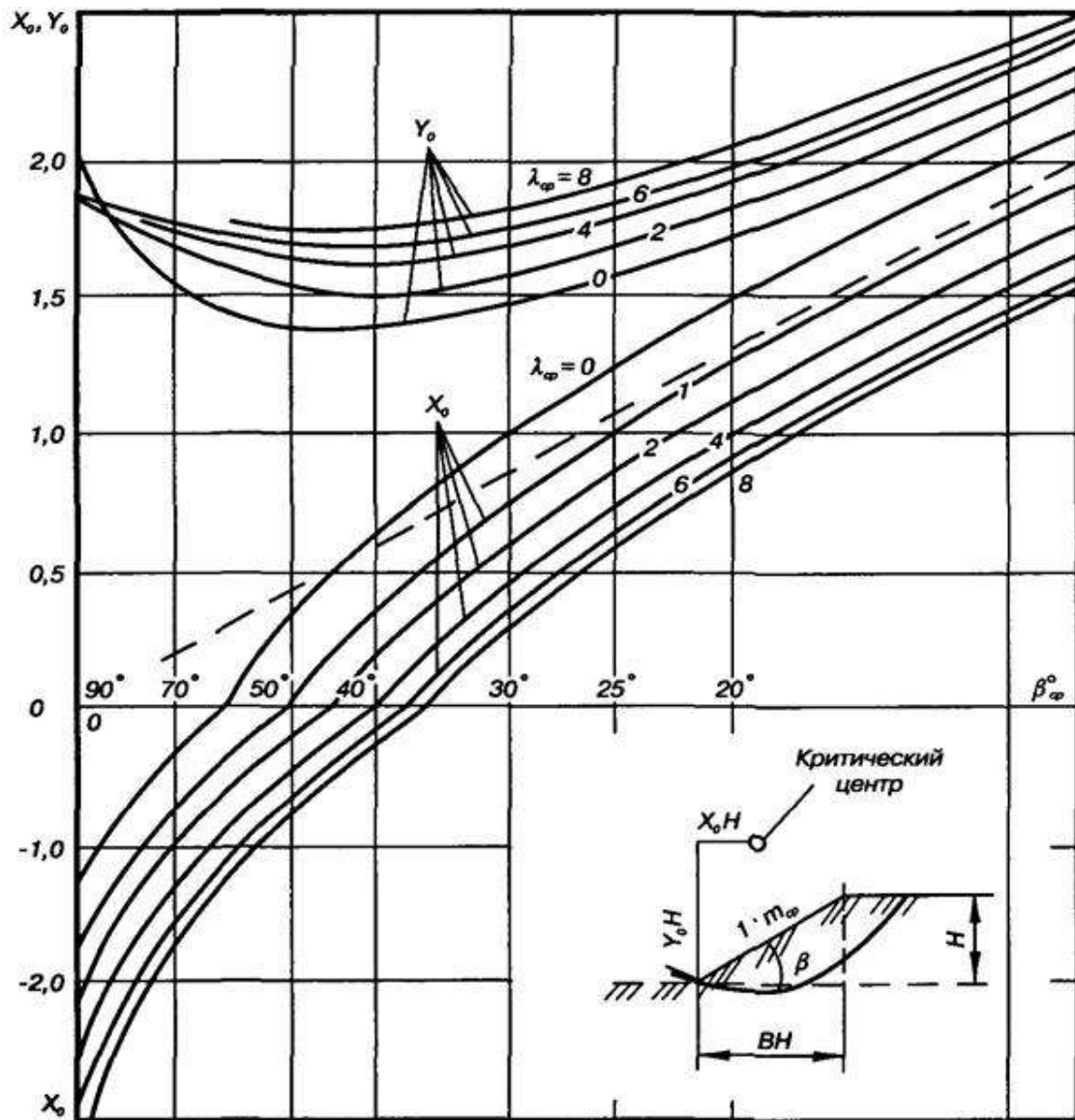


Рисунок – График Янбу

Координаты центра наиболее опасной круглоцилиндрической поверхности скольжения O : $x = x_0 \cdot H$ и $y = y_0 \cdot H$.

Проводим дугу окружности с центром в точке O , радиусом OA (см. рисунок).

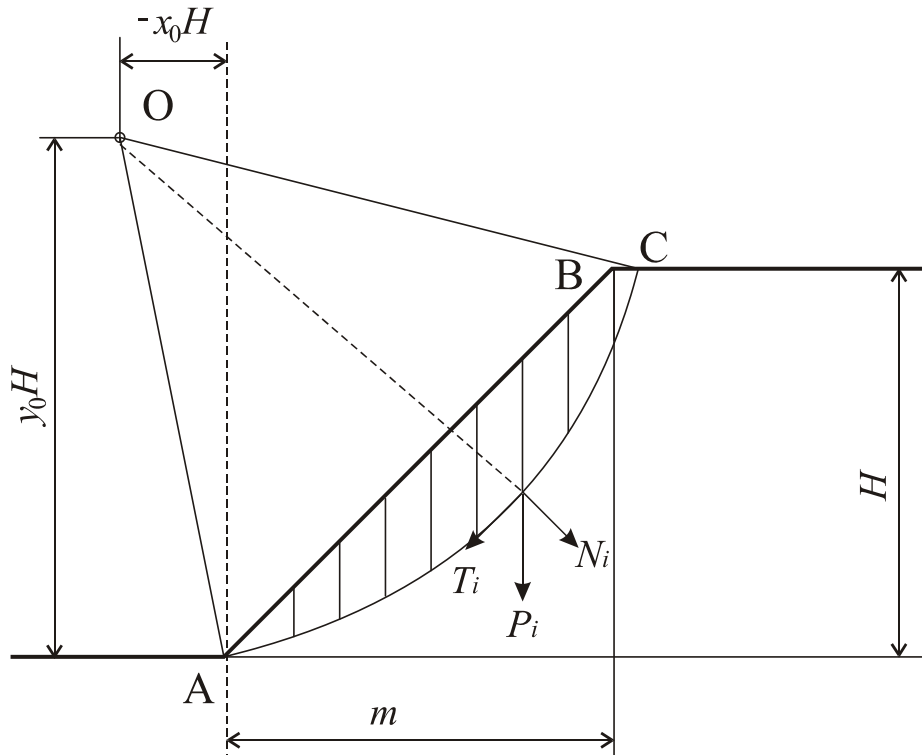


Рисунок – Расчетная схема

3. Разбиваем призму скольжения ABC вертикальными линиями так, что бы получилось не менее 5-6 блоков, шириной не более 3 м. При этом необходимо учитывать:

- Геометрия блока должна быть близка к треугольной или четырех угольной;
- В пределах нижней границе блока (по поверхности скольжения) свойства грунта должны быть неизменными (лежать в одном инженерно-геологическом элементе).

4. Для каждого блока определяем:

- α_i – угол наклона нижней грани блока к горизонтали (по соотношению сторон или при помощи транспортира);
- Длину дуги, ограничивающую нижнюю часть i -го блока (линейной с учетом принятого масштаба);
- Вес блока P_i как произведение площади блока A_i на удельный вес грунта соответствующего слоя γ_i ;

$$P_i = A_i \gamma_i$$

Площадь четырехугольного блока быстрее всего можно определить через его диагонали:

$$A_i = \frac{d_{1i} - d_{2i}}{2} \sin \alpha_0$$

где α_0 – меньший угол между диагоналями.

Площадь блока треугольной формы через его высоту h_i и основание f_i :

$$A_i = \frac{h_i f_i}{2};$$

5. Определяем нормальную и тангенциальную составляющую веса блока

$$N_i = P_i \sin \alpha_i$$

$$T_i = P_i \cos \alpha_i$$

6. Находим коэффициент устойчивости откоса по зависимости:

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^n N_i \cdot \operatorname{tg} \varphi_i + \sum_{i=1}^n c_i \cdot l_i}{\sum_{i=1}^n T_i}$$

φ_i , c_i – угол внутреннего трения и удельное сцепления того слоя грунта в котором лежит нижняя грань блока.

Если коэффициент устойчивости откоса больше 1,15, то делается вывод, что устойчивость откоса обеспечена.

Контрольные задачи:

Задача 6.1. Высота откоса $H = 12$ м. Заложение откоса $m = 2$ м. Угол внутреннего трения грунта $\varphi = 16^\circ$. Удельное сцепление грунта $c = 10$ кПа. Удельный вес грунта $\gamma = 22$ кН/м³. Расчитать устойчивость откоса.

2.2 ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ НА КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

1. Классификация грунтов.
2. Назначение глубины заложения фундамента на естественном основании.
3. Конструирование фундамента. Приведение нагрузок к уровню подошвы фундамента. Проверка напряжений в уровне подошвы фундамента.
4. Расчет осадки фундамента методом послойного суммирования или эквивалентного слоя.
5. Расчет осадки фундамента во времени.
6. Глубина заложения подошвы ростверка, назначение опорного слоя, определение требуемой длины сваи и ее несущей способности.
7. Расчет количества свай, конструирование ростверка.
8. Расчет осадки свайного фундамента. Сравнение вариантов.

1. Определение физических свойств грунтов.

Для количественной оценки прочностных и деформационных свойств грунтов площадки необходимо вычислить производные характеристики физических свойств грунтов, к которым относятся:

- для песчаных грунтов – коэффициент пористости и степень влажности;
- для пылевато-глинистых грунтов – число пластичности, показатель текучести, коэффициент пористости и степень влажности.

Коэффициент пористости: $e = \frac{\rho_s}{\rho} (1 + w) - 1;$

Степень влажности: $S_r = \frac{w\rho_s}{e\rho_w};$

Число пластичности: $I_p = w_L - w_p;$

Показатель текучести: $I_L = \frac{w - w_p}{I_p};$

где ρ_s - плотность частиц грунта;
 ρ - плотность грунта;
 w - природная влажность;
 ρ_w - плотность воды;
 w_L - влажность на границе текучести;
 w_p - влажность на границе раскатывания.

Для грунтов, расположенных ниже уровня грунтовых вод, но выше водоупора, необходимо учесть взвешивающее действие воды на частицы грунта.

В этом случае, удельный вес грунта с учётом взвешивающего действия воды:

$$\gamma_{sb} = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{1 + e};$$

где γ_s - удельный вес частиц грунта;
 γ_w - удельный вес воды ($\gamma_w = 10 \text{ кН/м}^3$).

К водоупору, согласно П8-2000 к СНБ 5.01.01-99, относится пласт слабо- или водонепроницаемого грунта (супесь, суглинок или глина).

Таблица 1 – Подразделение грунтов по степени водопроницаемости согласно ГОСТ 25100-95

Разновидность грунтов	Коэффициент фильтрации, м/сут (см/сек)
Неводопроницаемый	< 0,005 ($< 5,8 \cdot 10^{-6}$)
Слабоводопроницаемый	0,005 – 0,3 ($5,8 \cdot 10^{-6} - 3,5 \cdot 10^{-4}$)
Водопроницаемый	0,3 – 3 ($3,5 \cdot 10^{-4} - 3,5 \cdot 10^{-3}$)
Сильноводопроницаемый	3 – 30 ($3,5 \cdot 10^{-3} - 3,5 \cdot 10^{-2}$)
Очень сильноводопроницаемый	> 30 ($> 3,5 \cdot 10^{-2}$)

2. Классификация грунтов.

Значения характеристик физических свойств грунтов определяют их тип и разновидность.

2.1. Разновидности песчаных грунтов.

Таблица 2 – Разновидности песчаных грунтов по степени влажности согласно СТБ 943-2007

Степень влажности S_r	Разновидность песчаных грунтов по степени влажности
$0 < S_r \leq 0,5$	Маловлажные
$0,5 < S_r \leq 0,8$	Влажные
$0,8 < S_r \leq 1$	Насыщенные водой

Таблица 3 – Разновидности песчаных грунтов по плотности согласно СТБ 943-2007

Вид песчаного грунта	Коэффициент пористости e	Разновидность песчаных грунтов по плотности
Гравелистый, крупный, средней крупности	$e < 0,55$	Плотный
	$0,55 \leq e \leq 0,70$	Средней плотности
	$e > 0,70$	Рыхлый
Мелкий	$e < 0,60$	Плотный
	$0,60 \leq e \leq 0,75$	Средней плотности
	$e > 0,75$	Рыхлый
Пылеватый	$e < 0,60$	Плотный
	$0,60 \leq e \leq 0,80$	Средней плотности
	$e > 0,80$	Рыхлый

2.2. Разновидности пылевато-глинистых грунтов

Таблица 4 – Разновидности пылевато-глинистых грунтов по числу пластичности I_p согласно СТБ 943-2007

Разновидность пылевато-глинистых грунтов	Число пластичности I_p
Супесь	$1 \leq I_p \leq 7$
Суглинок	$7 < I_p \leq 17$
Глина	$I_p > 17$

Таблица 5 – Разновидности пылевато-глинистых грунтов по показателю текучести (консистенции) согласно СТБ 943-2007

Вид пылевато-глинистого грунта	Разновидность пылевато-глинистого грунта по показателю текучести	Показатель текучести I_L
Супесь	Твёрдая	$I_L < 0$
	Пластичная	$0 \leq I_L \leq 1$
	Текучая	$I_L > 1$
Суглинок и глина	Твёрдые	$I_L < 0$
	Полутвёрдые	$0 \leq I_L \leq 0,25$
	Тугопластичные	$0,25 < I_L \leq 0,50$
	Мягкопластичные	$0,50 < I_L \leq 0,75$
	Текучеплатичные	$0,75 < I_L \leq 1$
	Текучие	$I_L > 1$

Среди пылевато-глинистых грунтов необходимо выделить грунты, проявляющие специфические свойства при замачивании: набухающие и просадочные.

К набухающим грунтам относятся глинистые грунты, которые при замачивании водой или химическими растворами увеличиваются в объёме и при этом величина относительной деформации набухания без нагрузки $\varepsilon_{sw} \geq 0,04$.

К просадочным грунтам относятся глинистые грунты, которые под действием внешней нагрузки или собственного веса при замачивании водой дают дополнительную осадку (просадку), и при этом относительная просадочность $\varepsilon_{sl} \geq 0,01$.

При предварительной оценке к просадочным обычно относятся лессы, лессовидные грунты, а так же некоторые виды покровных глинистых грунтов со степенью влажности $S_r < 0,8$, для которых величина показателя I_{ss} , меньше значений, приведённых в табл. 6.

$$I_{ss} = \frac{e_L - e}{1 + e};$$

где e - коэффициент пористости грунта природного сложения и влажности;
 e_L - коэффициент пористости, соответствующий влажности на границе текучести w_L , и определяемый по формуле:

$$e_L = w_L \frac{\gamma_s}{\gamma_w};$$

где γ_s - удельный вес частиц грунта;
 γ_w - удельный вес воды ($\gamma_w = 10 \text{ кН/м}^3$).

Таблица 6 – Предельные значения показателя I_{ss} , используемые для предварительного отнесения глинистых грунтов к просадочным

Число пластичности грунта I_p	$1 \leq I_p < 10$	$10 \leq I_p < 14$	$14 \leq I_p < 22$
Показатель I_{ss}	0,1	0,17	0,24

3. Определение механических свойств грунтов.

К механическим свойствам грунтов относятся: удельное сцепление (c_n), угол внутреннего трения (φ_n), модуль деформации (E) и условное расчётное сопротивление (R_0).

Значения данных характеристик определяем по таблицам ТКП 45-5.01-67-2007 (таблицам 7 – 10).

Промежуточные значения характеристик грунтов, приведённых в таблицах 7 – 10, допускается определять линейной интерполяцией.

Если значения e и I_L грунтов выходят за пределы, предусмотренные таблицами 7 – 10, характеристики c_n , φ_n и E следует определять по данным испытаний этих грунтов.

3.1. Механические свойства песчаных грунтов.

Таблица 7 – Нормативные значения удельного сцепления c_n , кПа, угла внутреннего трения φ_n , град, и модуля деформации E , МПа, для песчаных грунтов четвертичных отложений

Наименование песчаных грунтов	Обозначение характеристик грунтов	Значение характеристик грунтов при коэффициенте пористости e			
		0,45	0,55	0,65	0,75
Гравелистые и крупные	c_n	2	1	–	–
	φ_n	43°	40°	38°	35°
	E	50	40	30	15
Средней крупности	c_n	3	2	1	–
	φ_n	40°	38°	35°	33°
	E	45	35	25	13
Мелкие	c_n	6	4	2	–
	φ_n	38°	36°	32°	28°
	E	40	30	20	12
Пылеватые	c_n	8	6	4	2
	φ_n	36°	34°	30°	26°
	E	35	25	18	11

Примечание – Характеристики песчаных грунтов относят к кварцевым пескам с зёрнами различной окатанности, содержащим не более 20% полевого шпата и не более 5% в сумме различных примесей (слода, глауконит и др.), включая глинистые фракции и органическое вещество, независимо от степени влажности грунтов S_r .

Таблица 8 – Условное расчётное сопротивление R_0 песчаных грунтов (относятся к фундаментам, имеющим ширину $b_0 = 1\text{ м}$ и глубину заложения $d_0 = 2\text{ м}$)

Пески	Значение R_0 , кПа, в зависимости от прочности песков	
	Прочные при коэффициенте пористости e от 0,45 до 0,54	Средней прочности при коэффициенте пористости e от 0,55 до 0,75
Крупные	600	500
Средние	500	400
Мелкие:		
маловлажные и влажные	400	300
водонасыщенные	300	250
Пылеватые:		
маловлажные	300	250
влажные	250	150
водонасыщенные	200	100

Примечание – В таблице значения R_0 даны для меньшего значения e . Для большего значения e приведенные в таблице значения R_0 для прочных грунтов следует умножить на 0,9, а для грунтов средней прочности – на 0,8; для промежуточных значений e значение R_0 допускается определять линейной интерполяцией.

3.2. Механические свойства глинистых грунтов.

Таблица 9 – Нормативные значения удельного сцепления c_n , кПа, угла внутреннего трения φ_n , град, и модуля деформации E , МПа, для глинистых (не моренных и не лессовых) грунтов четвертичных отложений

Наименование глинистых грунтов	Пределы нормативных значений показателя текучести I_L	Обозначения характеристик грунтов	Значения характеристик грунтов при коэффициенте пористости e						
			0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,05
Супеси	$0 \leq I_L \leq 0,25$	c_n	21	17	15	13	–	–	–
		φ_n	30°	29°	27°	24°	–	–	–
		E	32	24	16	10	7	–	–
	$0,25 < I_L \leq 0,75$	c_n	19	15	13	11	9	–	–
		φ_n	28°	26°	24°	21°	18°	–	–
		E	31	23	15	9	6	–	–
Суглинки	$0 \leq I_L \leq 0,25$	c_n	47	37	31	25	22	19	–
		φ_n	26°	25°	24°	23°	22°	20°	–
		E	34	27	22	17	14	11	–
	$0,25 < I_L \leq 0,50$	c_n	39	34	28	23	18	15	–
		φ_n	24°	23°	22°	21°	19°	17°	–
		E	32	25	19	14	11	8	–
	$0,50 < I_L \leq 0,75$	c_n	–	–	25	20	16	14	12
		φ_n	–	–	19°	18°	16°	14°	12°
		E	–	–	17	12	8	6	5
Глины	$0 \leq I_L \leq 0,25$	c_n	–	81	68	54	47	41	36
		φ_n	–	21°	20°	19°	18°	16°	14°
		E	–	28	24	21	18	15	12
	$0,25 < I_L \leq 0,50$	c_n	–	–	57	50	43	37	32
		φ_n	–	–	18°	17°	16°	14°	11°
		E	–	–	21	18	15	12	9

Примечание – Характеристики глинистых грунтов относятся к грунтам, содержащим не более 10% органического вещества и имеющим степень влажности $S_r \leq 0,8$.

65

Таблица 10 – Условное расчётное сопротивление R_0 глинистых непросадочных грунтов (кроме моренных и лессовых) (относится к фундаментам, имеющим ширину $b_0 = 1$ м и глубину заложения $d_0 = 2$ м)

Глинистые грунты	Коэффициент пористости e	Значение R_0 , кПа, при показателе текучести грунта I_L , равном		
		0	0,5	0,75
Супеси	0,5	400	300	250
	0,7	300	250	200
Суглинки	0,5	400	350	300
	0,7	350	300	200
	0,85	250	200	150
Глины	0,5	600	500	400
	0,6	500	400	300
	0,8	300	250	200
	1,0	250	200	150

4. Построение геологического разреза.

Таблица 11 – Условные обозначения грунтов согласно СТБ 21.302-99

	Песок гравелистый		Почвенно-растительный слой		Насыпные грунты
	Песок крупный		Супесь		Намывные грунты
	Песок средний		Суглинок		Щебенистый грунт
	Песок мелкий		Суглинок лессовидный		Гравийный грунт
	Песок пылеватый		Глина		Галечниковый грунт

5. Назначение глубины заложения фундаментов.

Глубина заложения фундаментов является одним из основных факторов, обеспечивающих необходимую несущую способность и деформации основания, не превышающие предельные по условиям нормальной эксплуатации проектируемого сооружения и находящегося в нём оборудования.

Глубина заложения подошвы фундамента должна гарантировать недопущение предельных состояний основания (конструкций сооружения) и назначается исходя из:

- назначения и конструктивных особенностей здания и сооружения (например, наличия подвалов, подземных коммуникаций, фундаментов под оборудование и т.д.);
- глубины сезонного промерзания пучинистых грунтов которые при промораживании увеличиваются в объёме, а после оттаивания дают значительную осадку;
- глубины заложения фундаментов примыкающих зданий и сооружений, а также оборудования;
- геологических условий площадки строительства (особенностей напластования и свойств отдельных слоев грунта);
- гидрогеологических условий (уровня грунтовых вод и верховодки, а также возможность их изменения в процессе строительства и эксплуатации зданий и сооружений, агрессивности грунтовых вод и т.д.);
- величины и характера нагрузок и воздействий, действующих на основание.

Глубина заложения фундаментов исчисляется⁶⁶ от поверхности планировки или пола подвала до подошвы фундамента (при наличии бетонной подготовки под фундаментом, глубину заложения принимается, как правило, до её низа).

При назначении глубины заложения фундаментов исходя из конструктивных особенностей, следует иметь в виду, что минимальная глубина заложения подошвы фундамента должна быть, как правило, на 0,5 м ниже уровня планировки или пола подвала, а также пола примыкающих к фундаментам прямых, каналов, водозаборов, резервуаров, бункеров вводов сетей и др.

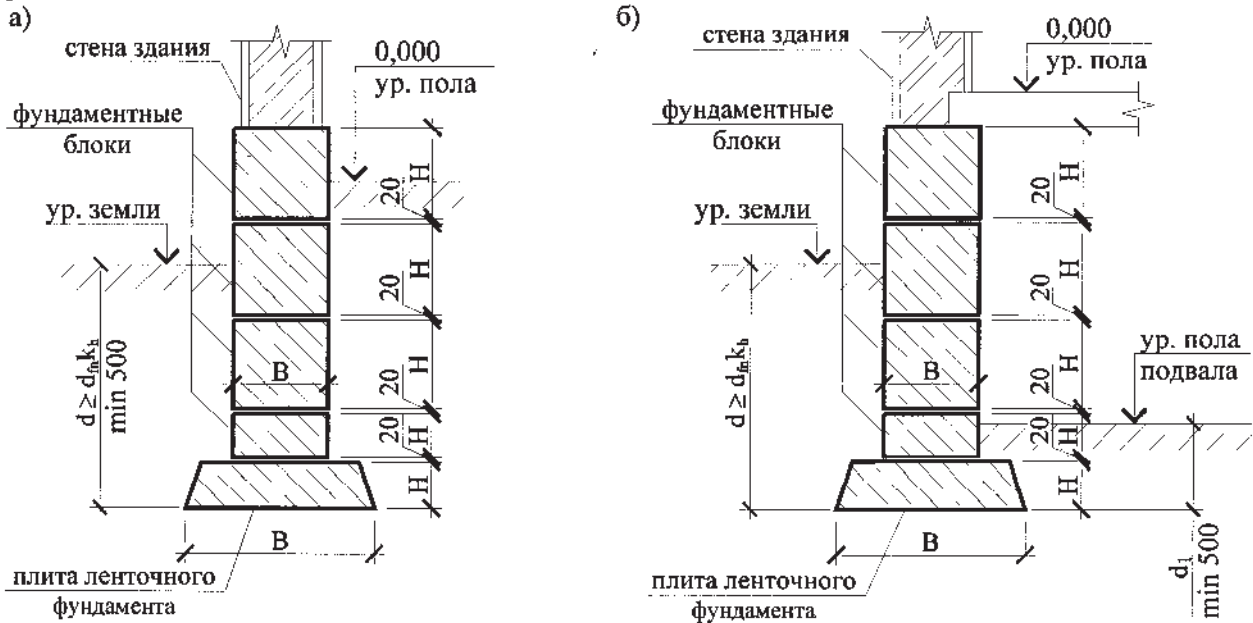


Рисунок 1 – Назначение глубины заложения подошвы ленточных фундаментов: а) здание без подвала; б) здание с подвалом

Марки и соответствующие им размеры фундаментных блоков и плит ленточных фундаментов приведены в приложении А; столбчатые фундаменты выполняем монолитными.

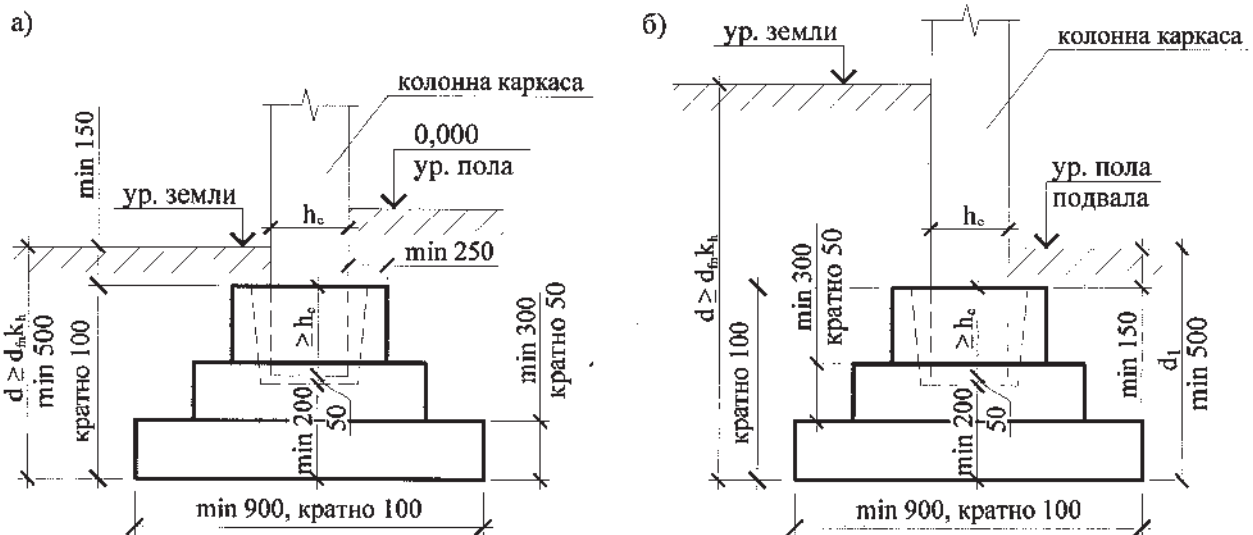


Рисунок 2 – Назначение глубины заложения подошвы столбчатых фундаментов: а) здание без подвала; б) здание с подвалом

Если ориентироваться на типовые фундаменты под железобетонные колонны, то стандартные размеры высоты фундаментов: 1,5 м; 1,8 м; 2,1 м и т.д.

При проектировании фундаментов следует учитывать, что одним из основных факторов, определяющих отметку заложения фундаментов, является глубина сезонного промерзания пучинистых грунтов. Деформации основания при морозном пучении и последующем оттаивании, как правило неравномерны вследствие естественной неоднородности грунта, в том числе степени его пучинистости, и различия температурных условий, в которых могут находиться грунты под отдельными фундаментами.

К пучинистым грунтам относятся пески мелкие и пылеватые, а также глинистые и крупнообломочные грунты с глинистым заполнителем.

Исключение возможности промерзания грунтов под подошвой фундаментов в период эксплуатации здания обеспечивается именно соответствующей глубиной заложения этих фундаментов, которая, в свою очередь, должна быть больше расчётной глубины сезонного промерзания.

При этом расчетная глубина сезонного промерзания грунта:

$$d_f = k_h d_{fn};$$

здесь k_h - коэффициент, учитывающий влияние теплового режима сооружения, принимаемый для наружных фундаментов отапливаемых сооружений по таблице 15; для неотапливаемых сооружений - $k_h = 1,1$;

d_{fn} - нормативная глубина сезонного промерзания, определяемая по данным наблюдений местной гидрометеорологической станции за период не менее 10 лет.

Данная формула распространяется только на здания и сооружения массового жилищно-гражданского и промышленного строительства. И не распространяется на здания и сооружения, оказывающие большое тепловое влияние на температурный режим грунтов в основании фундаментов, как например, горячие цеха, котельные, теплицы и др.

Таблица 15 – Рекомендуемые значения коэффициента k_h для наружных фундаментов отапливаемых зданий согласно ТКП 45-5.01-67-2007

Особенности сооружения	Коэффициент k_h при расчётной среднесуточной температуре воздуха в помещении, примыкающем к наружным фундаментам, °С				
	0	5	10	15	> 20
Без подвала с полами, устраиваемыми:					
по грунту	$\frac{1,30}{1,00}$	$\frac{1,10}{0,80}$	$\frac{0,90}{0,70}$	$\frac{0,80}{0,60}$	$\frac{0,80}{0,60}$
на лагах по грунту	$\frac{1,10}{0,90}$	$\frac{1,00}{0,80}$	$\frac{1,00}{0,70}$	$\frac{0,90}{0,70}$	$\frac{0,90}{0,70}$
по утеплённому поцольному перекрытию	$\frac{1,05}{0,80}$	$\frac{1,00}{0,80}$	$\frac{1,00}{0,80}$	$\frac{1,00}{0,70}$	$\frac{0,90}{0,70}$
С подвалом или техническим подпольем	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40

Примечания:

- 1 Приведенные в таблице значения коэффициента k_h относятся: в числителе – к сечениям ленточных фундаментов под наружные стены, расположенным у углов сооружения на расстоянии не более 5,0 м от них, в знаменателе – к сечениям оставшейся средней части длины наружных стен.
- 2 Для столбчатых и свайных фундаментов коэффициент k_h принимается: при расчетной температуре воздуха в помещении, примыкающем к фундаментам, не более 10 °С – по таблице; при температуре воздуха выше 10 °С – по таблице с увеличением соответствующих значений в 1,15 раза, но не более чем $k_h = 1,00$.
- 3 Приведенные значения k_h относятся к фундаментам, у которых расстояние от внешней грани стены до края подошвы фундамента a_f менее или равно 0,5 м; при значении a_f более 0,5 м значения k_h увеличиваются на 0,10, но не более чем $k_h = 1,00$.
- 4 К помещениям, примыкающим к наружным фундаментам, относятся подвалы и технические подполья, а при их отсутствии – помещения первого этажа сооружений.
- 5 При промежуточных значениях температуры воздуха помещений значения k_h принимаются с округлением до ближайшего большего значения, указанного в таблице.

Исключение промерзания грунтов в период строительства обеспечивается не глубиной промерзания фундамента, а теплоизоляционными мероприятиями.

Допускается не учитывать пучинистость грунтов в случаях:

- если подземные воды находятся ниже глубины промерзания не менее чем: на 2 м – для песков, 3 м – для супесей и суглинков и 4 м – для глин;
- если глина и суглинок находятся в твердом или полутвердом состоянии, супесь – в твердом.

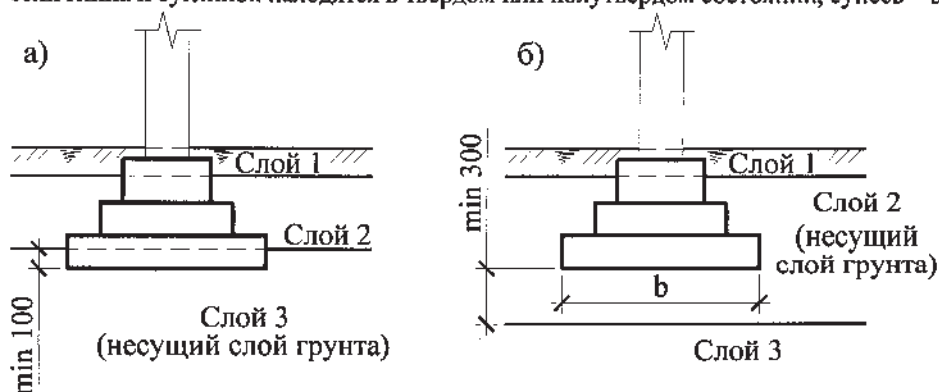


Рисунок 3 – Выбор глубины заложения фундаментов по инженерно-геологическим условиям: а) заглубление в несущий слой грунта; б) слой несущего грунта под подошвой фундамента.

При выборе глубины заложения фундаментов по инженерно-геологическим и гидрогеологическим условиям рекомендуется:

- не использовать в качестве основания илы, торфы, рыхлые песчаные и текучепластичные глинистые грунты;
- фундаменты под большие нагрузки, в целях уменьшения их размеров, рационально основывать на малосжимаемых грунтах;
- предусмотреть заглубление фундамента в несущий слой грунта на 10 ... 50 см;
- не оставлять под подошвой фундамента слой грунта малой толщины, если строительные свойства грунта этого слоя значительно хуже свойств подстилающего слоя;
- закладывать фундаменты выше уровня грунтовых вод для исключения необходимости применения водоотлива и сохранения естественной структуры грунта при производстве работ.

Пример:

Рассмотрим принцип определения физико-механических характеристик свойств грунтов строительной площадки и принцип построения геологического разреза. На данной строительной площадке требуется запроектировать фундаменты под здание магазина. Нагрузка в уровне обреза фундаментов приведены в таблице на рисунке 4. Нормативная глубина сезонного промерзания грунтов $d_{fn} = 1,3$ м.

Таблица 12 – Исходные данные для проектирования

Отметка земли, нормативная глубина промерзания	Номер слоя	Мощность слоя, м	Глубина подошвы слоя, м	Отметка подошвы слоя, м	Отметка уровня подземных вод, м	Наименование грунта по типу	Плотность $\rho, \text{г/см}^3$	Плотность частиц $\rho_s, \text{г/см}^3$	Влажность w	Предел текучести $w_L, \%$	Предел пластичности $w_p, \%$	Коэффициент фильтрации $K_f, \text{см/сек}$
$N_L = 140,0$ $d_{fn} = 1,8$	1	0,3	0,3	139,7	136,0	Растительный слой	1,40	–	–	–	–	–
	2	4,0	4,3	135,7		Супесь	2,00	2,68	0,18	20	13	$8,0 \cdot 10^{-4}$
	3	2,0	6,3	133,7		Песок мелкий	1,98	2,64	0,23	0	0	$2,5 \cdot 10^{-2}$
	4	4,0	10,3	129,7		Суглинок	1,95	2,69	0,28	37	21	$6,0 \cdot 10^{-6}$
	5	5,0	15,3	124,7		Глина	1,93	2,75	0,32	53	30	$3,0 \cdot 10^{-8}$

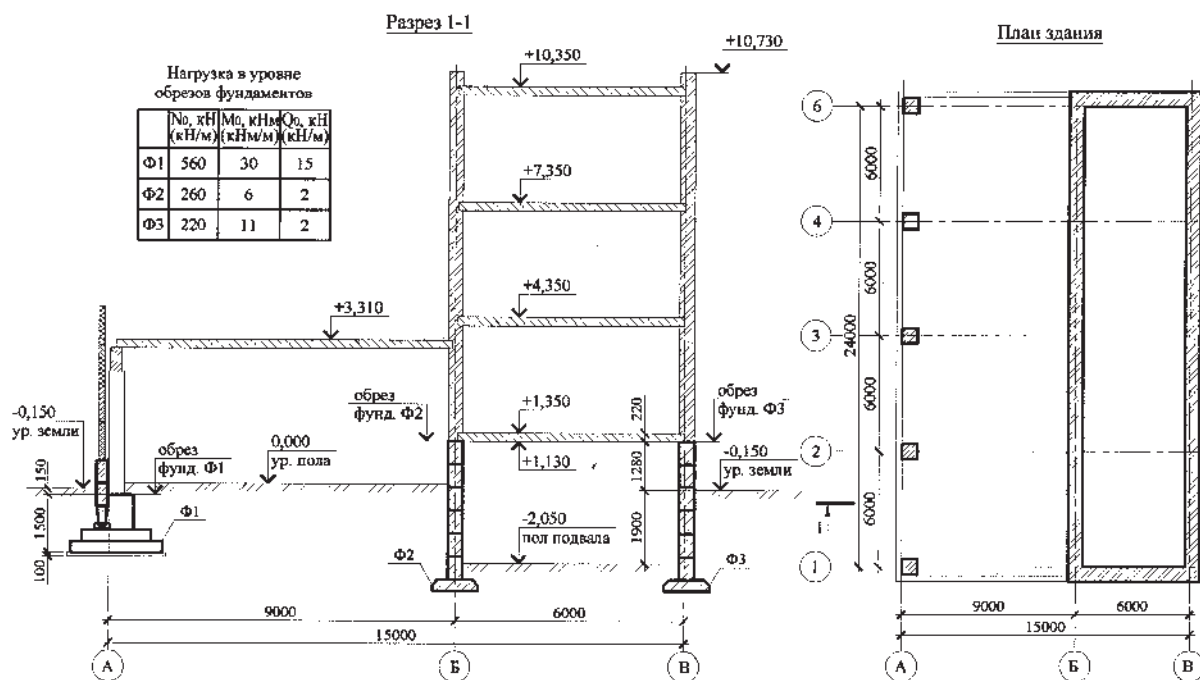


Рисунок 4 – Здание магазина

Перед расчётом физических свойств грунтов, определимся с положением уровня грунтовых вод по отношению к слоям грунта строительной площадки. А также определимся со слоем грунта, выступающим в качестве водоупора.

Положение уровня грунтовых вод и возможность его изменения в период строительства и эксплуатации возводимых зданий и сооружений влияют на выбор: типа фундаментов, их размеров, глубины заложения, водозащитных мероприятий и пр. При повышении уровня грунтовых вод могут изменяться деформационные и прочностные свойства глинистых грунтов основания, возникать просадка или набухание грунта, увеличиваться степень морозного пучения и пр. При понижении уровня грунтовых вод могут возникать дополнительные осадки как глинистых, так и песчаных грунтов.

Согласно отметкам, грунтовые воды начинаются в слое грунта №2 (отметка уровня грунтовых вод +136,0; отметка подошвы слоя №2 +135,7). Значит, начиная со слоя №2 и до слоя грунта, выступающего водоупором, необходимо учитывать взвешивающее действие воды на частицы грунта, т.е. определить удельный вес этих грунтов с учётом взвешивающего действия воды.

Для выявления слоя грунта, выступающего водоупором, составим таблицу подразделения слоёв грунта строительной площадки по степени водопроницаемости.

Таблица 13 – Подразделение грунтов строительной площадки по степени водопроницаемости

№ слоя	Наименование грунта	Коэффициент фильтрации K_f , см/сек	Коэффициент фильтрации K_f , м/сут	Разновидность грунта по степени водопроницаемости
1	Растительный слой	–	–	–
2	Супесь	$8,0 \cdot 10^{-4}$	0,7	водопроницаемый
3	Песок мелкий	$2,5 \cdot 10^{-2}$	21,6	сильноводопроницаемый
4	Суглинок	$6,0 \cdot 10^{-6}$	0,005	слабоводопроницаемый
5	Глина	$3,0 \cdot 10^{-8}$	0,00003	неводопроницаемый

Таким образом, в качестве водоупора для рассматриваемой строительной площадки выступает слой №4 (слабоводопроницаемый суглинок). Т.е. удельный вес слоёв грунта №2 (супесь) и №3 (песок мелкий) учитываем с учётом взвешивающего действия воды.

2	$e_2 = \frac{2,68}{2,00} \cdot (1 + 0,18) - 1 = 0,58; \quad S_{r2} = \frac{0,18 \cdot 2,68}{0,58 \cdot 1} = 0,83; \quad I_{p2} = 20 - 13 = 7\%; \quad I_{L2} = \frac{18 - 13}{7} = 0,71;$ $\gamma_{sb} = \frac{26,8 - 10}{1 + 0,58} = 10,6 \text{ кН/м}^3;$
3	$e_3 = \frac{2,64}{1,98} \cdot (1 + 0,23) - 1 = 0,64; \quad S_{r3} = \frac{0,23 \cdot 2,64}{0,64 \cdot 1} = 0,95; \quad \gamma_{sb} = \frac{26,4 - 10}{1 + 0,64} = 10,0 \text{ кН/м}^3;$
4	$e_4 = \frac{2,69}{1,95} \cdot (1 + 0,28) - 1 = 0,76; \quad S_{r4} = \frac{0,28 \cdot 2,69}{0,76 \cdot 1} = 0,99; \quad I_{p4} = 37 - 21 = 16\%; \quad I_{L4} = \frac{28 - 21}{16} = 0,44;$
5	$e_5 = \frac{2,75}{1,93} \cdot (1 + 0,32) - 1 = 0,89; \quad S_{r5} = \frac{0,32 \cdot 2,75}{0,89 \cdot 1} = 0,99; \quad I_{p5} = 53 - 30 = 23\%; \quad I_{L5} = \frac{32 - 30}{23} = 0,09;$

Т.к. степень влажности всех глинистых грунтов площадки строительства превышает 0,8, то считать, что данные слои грунта не проявят просадочных свойств.

Классификацию грунтов, и определение их механических свойств разберём на примере двух слоёв: №3 (песок мелкий) и №4 (суглинок).

Слой №3: песок мелкий средней плотности ($e_3 = 0,64$) насыщенный водой ($S_{r3} = 0,95$).

Для определения удельного сцепления, угла внутреннего трения и модуля деформации слоя №3 выполним интерполяцию между двумя значениями коэффициента пористости: $e = 0,55$ и $e = 0,65$, для $e_3 = 0,64$.

$$c_{n3} = 4 - \frac{4 - 2}{0,65 - 0,55} \cdot (0,64 - 0,55) = 2,2 \text{ кПа};$$

$$\varphi_{n3} = 36 - \frac{36 - 32}{0,65 - 0,55} \cdot (0,64 - 0,55) = 32,4^\circ;$$

$$E_3 = 30 - \frac{30 - 20}{0,65 - 0,55} \cdot (0,64 - 0,55) = 21,0 \text{ МПа};$$

Для определения условного расчётного сопротивления слоя №3 необходимо вычислить R_0 для большего значения коэффициента пористости приведённого в таблице 8, т.к. в таблице приведены значения R_0 для меньшего e (см. примечание к таблице). Для слоя №3 это будет: $e = 0,55 \rightarrow R_0 = 250 \text{ кПа}$; $e = 0,75 \rightarrow R_0 = 250 \cdot 0,8 = 200 \text{ кПа}$. Значение R_0 для $e_3 = 0,64$ определяем интерполяцией:

$$R_{03} = 250 - \frac{250 - 200}{0,75 - 0,55} \cdot (0,64 - 0,55) = 227,5 \text{ кПа}.$$

Слой №4: суглинок тугопластичный ($I_{L4} = 0,44$) непросадочный ($S_{r4} = 0,99$).

В таблице 9 приведены значения механических характеристик глинистых грунтов, имеющих степень влажности $S_r \leq 0,8$, что не соответствует слою №4. Однако при отсутствии возможности провести испытания данного слоя грунта, для выполнения учебных расчётов будет ориентироваться на значения c_n , φ_n и E , указанные в таблице.

Для определения удельного сцепления, угла внутреннего трения и модуля деформации слоя №4 выполним интерполяцию между двумя значениями коэффициента пористости: $e = 0,75$ и $e = 0,85$, для $e_4 = 0,76$ ($I_{L4} = 0,44$).

$$c_{n4} = 23 - \frac{23 - 18}{0,85 - 0,75} \cdot (0,76 - 0,75) = 22,5 \text{ кПа};$$

$$\varphi_{n4} = 21 - \frac{21 - 19}{0,85 - 0,75} \cdot (0,76 - 0,75) = 20,8^\circ;$$

$$E_4 = 14 - \frac{14 - 11}{0,85 - 0,75} \cdot (0,76 - 0,75) = 13,7 \text{ МПа};$$

Для определения условного расчётного сопротивления слоя №4 выполним интерполяцию между двумя значениями коэффициента пористости и двумя значениями показателя текучести: $e = 0,70$ и $e = 0,85$, для $e_4 = 0,76$; $I_L = 0$ и $I_L = 0,5$, для $I_{L4} = 0,44$.

$$e_4 = 0,76; \quad I_L = 0 \rightarrow R_0 = 350 - \frac{350 - 250}{0,85 - 0,70} \cdot (0,76 - 0,70) = 310 \text{ кПа};$$

$$e_4 = 0,76; \quad I_L = 0,5 \rightarrow R_0 = 300 - \frac{300 - 200}{0,85 - 0,70} \cdot (0,76 - 0,70) = 260 \text{ кПа};$$

$$e_4 = 0,76; I_{L4} = 0,44 \rightarrow R_{04} = 310 - \frac{310 - 260}{0,5 - 0} \cdot (0,44 - 0) = 266 \text{ кПа.}$$

Все физико-механические свойства грунтов площадки строительства отображаем в табличной форме.

Таблица 14 – Характеристики физико-механических свойств грунтов строительной площадки

Номер слоя	Исходные данные					Вычисляемые характеристики				Наименование грунта по СТБ 943-2007	Характеристики из табл. ТКП 45-5.01-67-2007			
	Плотность частиц $\rho_s, \text{г/см}^3$	Плотность $\rho, \text{г/см}^3$	Влажность w	Граница текучести $w_L, \%$	Граница пластичности $w_p, \%$	Число пластичности $I_p, \%$	Показатель текучести I_L	Коэффициент пористости e	Степень влажности S_r		Удельное сцепление $c_n, \text{кПа}$	Угол внутреннего трения $\varphi_n, \text{град}$	Модуль деформации $E, \text{МПа}$	Условное расчётное сопротивление $R_0, \text{кПа}$
1	-	1,40	-	-	-	-	-	-	-	Растительный слой	-	-	-	-
2	2,68	2,00	0,18	20	13	7	0,71	0,58	0,83	Супесь пластичная непросадочная	14,4	25,4	20,6	238
3	2,64	1,98	0,23	-	-	-	-	0,64	0,95	Песок мелкий средней плотности насыщенный водой	2,2	32,4	21,0	228
4	2,69	1,95	0,28	37	21	16	0,44	0,76	0,99	Суглинок тугопластичный непросадочный	22,5	20,8	13,7	266
5	2,75	1,93	0,32	53	30	23	0,09	0,89	0,99	Глина полутвёрдая непросадочная	44,6	17,2	16,8	269

Номер слоя	Мощность слоя, м	Глубина подошвы слоя, м	Абсолютная отметка подошвы слоя, м	Наименование грунта по СТБ 943-2007	Характеристики слоя грунта	Скважина +140,00	Условные обозначения по СТБ 21.302-99
1	0,3	0,3	139,70	Растительный слой	$\gamma = 14,0 \text{ кН/м}^3$	↓	
2	4,0	4,3	135,70	Супесь пластичная непросадочная	$\gamma = 20,0 \text{ кН/м}^3$ $\gamma_{\text{вб}} = 10,6 \text{ кН/м}^3$ $E = 20,6 \text{ МПа}$ $c_n = 14,4 \text{ кПа}$ $\varphi_n = 25,4^\circ$	УГВ ↓ +136,00	
3	2,0	6,3	133,70	Песок мелкий средней плотности насыщенный водой	$\gamma = 19,8 \text{ кН/м}^3$ $\gamma_{\text{вб}} = 10,0 \text{ кН/м}^3$ $E = 21,0 \text{ МПа}$ $c_n = 2,2 \text{ кПа}$ $\varphi_n = 32,4^\circ$		
4	4,0	10,3	129,70	Суглинок тугопластичный непросадочный	$\gamma = 19,5 \text{ кН/м}^3$ $E = 13,7 \text{ МПа}$ $c_n = 22,5 \text{ кПа}$ $\varphi_n = 20,8^\circ$	↑ водоупор	
5	5,0	15,3	124,70	Глина полутвёрдая непросадочная	$\gamma = 19,3 \text{ кН/м}^3$ $E = 16,8 \text{ МПа}$ $c_n = 44,6 \text{ кПа}$ $\varphi_n = 17,2^\circ$		

Рисунок 5 – Геологический разрез по скважине №1 строительной площадки

Определяем расчётную глубину сезонного промерзания грунтов. Для этого принимаем среднесуточную температуру воздуха в помещениях магазина 15 °С. Тогда для наружных фундаментов:

- Для фундамента Ф1: $k_h = 0,8 \cdot 1,15 = 0,92$ (см. примечание к табл. 15), $d_f = k_h d_{fn} = 0,92 \cdot 1,3 = 1,2$ м; (в случае если размер подошвы фундамента окажется таким, что расстояние от внешней грани стены до края подошвы будет более 0,5 м, значение k_h необходимо будет увеличить на 0,1);

- Для фундамента Ф3: $k_h = 0,5$, $d_f = k_h d_{fn} = 0,5 \cdot 1,3 = 0,65$ м.

Исходя из конструктивных особенностей фундаментов, глубина заложения составит:

- Для фундамента Ф1: $d = 0,15 + 1,5 + 0,1 = 1,75$ м (где 0,15 м – заглубление обреза фундамента от поверхности земли; 1,5 м – высота конструкции фундамента; 0,1 м – толщина бетонной подготовки, т.к. фундамент монолитный);

- Для фундамента Ф3: по требованиям ТКП подошва фундамента должна быть не менее чем на 0,5 м ниже пола подвала, т.е. $d_{min} = 1,9 + 0,5 = 2,4$ м, что соответствует отметке -2,550 (где 1,9 м – глубина пола подвала от поверхности земли).

Теперь, для определения фактической глубины заложения фундамента Ф3, необходимо определить число фундаментных блоков, вмещающихся до отметки -2,550 (за вычетом высоты фундаментной плиты). Высота конструкции ленточного фундамента в этом случае составит: $1,28 + 1,9 + 0,5 = 3,68$ м.

Высота плиты ленточного фундамента $h_{пл} = 300$ мм; высота фундаментного блока $h_{бл} = 600$ мм. Определяем требуемое число блоков: $(3,68 - 0,3)/0,6 = 5,63$ шт. Принимаем 6 блоков по 600 мм, тогда высота конструкции фундамента Ф3: $0,6 \cdot 6 + 0,3 = 3,9$ м; отметка подошвы: $+1,130 - 3,9 = -2,770$.

Глубина заложения фундамента Ф3 от поверхности земли в этом случае составит: $d = 2,770 - 0,150 = 2,62$ м.

Получается, что глубина заложения фундаментов исходя из их конструктивных особенностей оказывается больше расчётной глубины сезонного промерзания, т.е. условие $d \geq d_f$ выполняется.

Глубину заложения фундамента под внутреннюю стену (фундамент Ф2) назначаем равной глубине заложения фундамента Ф3, то есть отметка подошвы Ф2 равна -2,770.

Теперь необходимо проверить как фундаменты размещаются в грунте при данных глубинах заложения подошвы и при необходимости откорректировать глубину заложения.

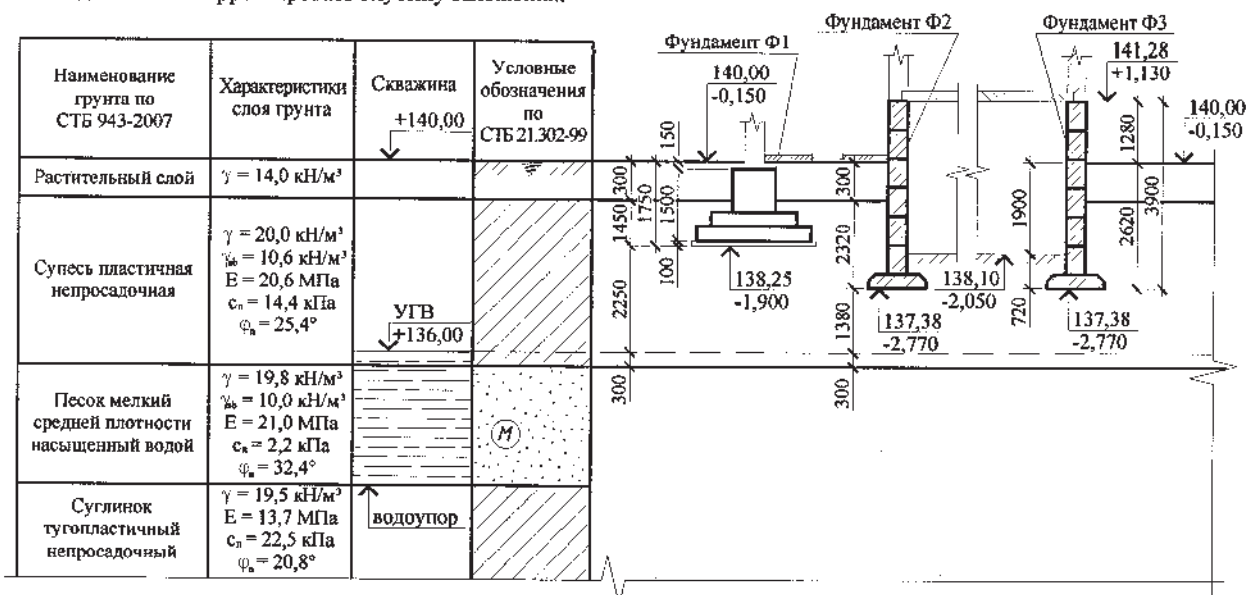


Рисунок 6 – Схема размещения фундаментов в соответствии с гидрогеологическим условиям площадки строительства

6. Определение требуемых размеров подошвы фундаментов.

Размеры подошвы фундаментов определяются в зависимости от нагрузок, действующих относительно оси фундаментов, и характера эпюры контактных давлений.

Минимальные размеры подошвы плитного фундамента назначаются не менее размеров опорных частей надфундаментных конструкций и должны удовлетворять условию:

$$p_m \leq R;$$

где p_m и R - соответственно среднее давление и расчетное сопротивление грунта под подошвой фундамента.

$$p_m = \frac{N_{0II}}{A} + \gamma_m d;$$

где N_{0II} - расчётная нагрузка (при расчёте по II группе предельных состояний, то есть при $\gamma_f = 1$) в плоскости обреза фундамента, $N_{0II} = N_0 \gamma_f = N_0$ (здесь N_0 – нормативная нагрузка в плоскости обреза фундамента);
 A - площадь подошвы фундамента;
 d - глубина заложения фундамента от уровня планировки;
 γ_m - осреднённое значение удельного веса материала фундамента и грунта на его уступах (для предварительных расчётов допускается принимать $\gamma_m = 20 \text{ кН/м}^3$).

Для определения предварительных размеров подошвы фундамента принимаем значение расчётного сопротивления грунта под подошвой равным условному расчётному сопротивлению слоя грунта, принятого в качестве несущего, т.е. $R = R_0$.

Тогда требуемая площадь подошвы фундамента:

$$A = \frac{N_{0II}}{R_0 - \gamma_m d};$$

Центрально нагруженные столбчатые фундамента принимаем квадратными в плане с размерами подошвы $b = l = \sqrt{A}$.

Внецентренно нагруженные столбчатые фундамента принимаем прямоугольными в плане, ориентированные большей стороной в плоскости действия момента, с размерами подошвы $l > \sqrt{A}$; $b = A/l$, при этом соотношение сторон подошвы $n = b/l$ должно находиться в пределах 0,6 – 0,85.

При расчёта ленточных фундаментов рассматриваем участок длиной $l = 1 \text{ м}$, тогда $b = A/l = A/1$.

После того как размеры фундамента будут назначены, необходимо определить нагрузки и воздействия, передаваемые непосредственно на основание. То есть (учитывая, что в задании на курсовую работу указаны лишь нагрузки в плоскости обреза фундамента) необходимо дополнительно определить усилия, возникающие от собственного веса конструкции фундамента и фундаментной балки (для столбчатых фундаментов), веса грунта на уступах фундамента и бокового давления грунта на стену подвала.

В общем случае, нагрузка, передаваемая на подошву фундамента, имеет вид:

$$N_{II} = N_{0II} + G_{фII} + G_{sII} + G_{ф6II} + G_{cfII} + N_{внешII} + N'_{внешII};$$

$$M_{II} = M_{0II} + Q_{0II} h_{ф} + M_{EII} + G_{ф6II} e_1 + G_{cfII} e_2 + G_{sII} e_3 + N_{внешII} e_3 + N'_{внешII} e_2;$$

где N_{0II} - усилие, передаваемое на обреза фундамента, от собственного веса несущих и ограждающих конструкций здания, а также от временной нагрузки на перекрытиях и покрытии здания (значение данного усилия указано в задании на курсовую работу);
 $G_{фII}$ - собственный вес конструкции фундамента;
 G_{sII} - вес грунта на уступах фундамента;
 $G_{ф6II}$ - усилие, передаваемое на фундамент от фундаментной балки (для столбчатых фундаментов, при наличии фундаментной балки);
 G_{cfII} - нагрузка от собственного веса конструкции пола 1-го этажа (подвала);
 $N_{внешII}$ - временная нагрузка от транспорта и складированных материалов на поверхности планировки, расположенная в зоне подошвы фундаментов (если данная нагрузка не оговаривается в техническом задании на проектирование, её допускается принимать для производственных зданий равной 20 кН/м^2 , в остальных случаях - 10 кН/м^2);
 $N'_{внешII}$ - временная нагрузка от транспорта и складированных материалов на поверхности пола первого этажа (подвала), расположенная в зоне подошвы фундаментов;
 M_{0II} - суммарный момент, передаваемый на обреза фундамента от несущих и ограждающих конструкций здания в результате действия ветровой и крановой нагрузок, а также от веса стеновых панелей и т.д. (значение данного момента указано в задании на курсовую работу);
 Q_{0II} - суммарная поперечная сила, передаваемая на обреза фундамента от несущих конструкций здания в результате действия ветровой и крановой нагрузок (значение данного усилия указано в задании на курсовую работу);
 M_{EII} - момент, создаваемый боковым давлением грунта на стену подвала (отпор грунта со стороны подвала не учитывается в том случае, если он улучшает работу фундамента);
 $h_{ф}$ - высота фундамента;
 $e_{1...x}$ - эксцентриситет приложения нагрузки.

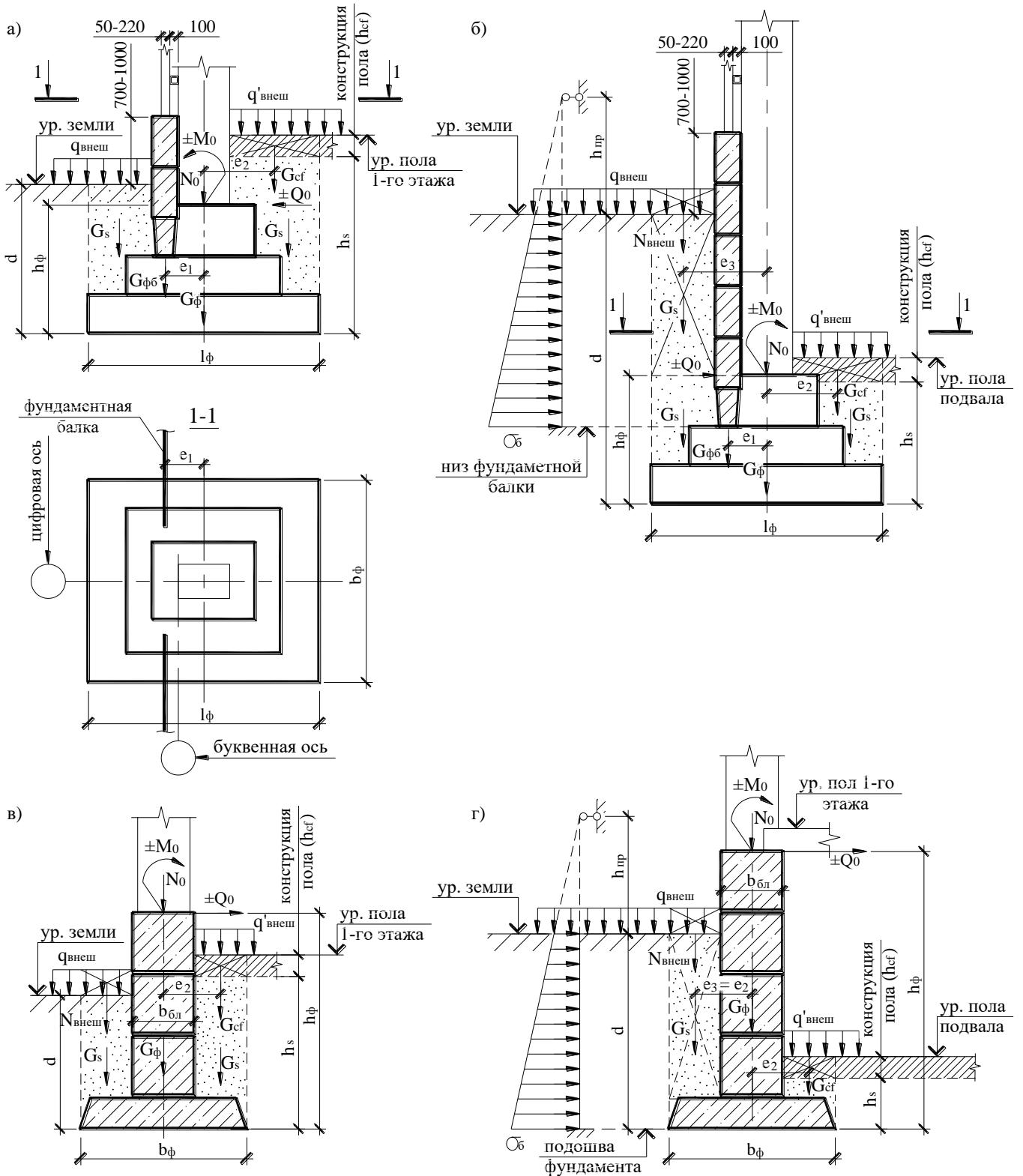


Рисунок 7 – Нагрузки, воспринимаемые подошвой фундамента: а) столбчатый фундамент в здании без подвала; б) столбчатый фундамент в здании с подвалом; в) ленточный фундамент в здании без подвала; г) ленточный фундамент в здании с подвалом

Индекс «II» означает, что значение нагрузки принимается для расчёта по II группе предельных состояний, то есть при $\gamma_f = 1$.

Расчёт наружных стен подвалов производится из условия загрузения стены подвала грунтом и односторонней временной нагрузкой на поверхности планировки (при отсутствии данных об интенсивности полезной нагрузки на планировку, она принимается равной 10 кН/м^2 для гражданских и 20 кН/м^2 для производственных сооружений).

Подробный принцип расчёта усилий, возникающих в стене подвала и в основании фундамента при этом, изложен в пособии по проектированию подпорных стен и стен подвалов. В курсовой работе ограничимся упрощённым расчётом, при котором момент в уровне подошвы фундамента определяется как момент на опоре однопролётной балки с жёстким защемлением на опоре А и шарнирной опорой В (при этом следует считать, что монтаж перекрытия над подвалом производится до засыпки грунта в пазухи фундамента) (см. рис. 7 б, г). Тогда с наружной стороны здания:

$$M_{EII} = \frac{74}{15} \sigma_6 L^2 B = \frac{\sigma_6 (d + h_{пр})^2}{15} B;$$

где σ_6 - боковое давление грунта на отметке подошвы фундамента;
 L - пролёт рассматриваемой условной балки;
 B - грузовая ширина (длина рассматриваемого участка стены подвала), принимаемая для ленточных фундаментов равной 1 м; для столбчатых фундаментов каркасных зданий – равной шагу колон;
 d - глубина заложения фундамента от поверхности планировки до подошвы (низа подготовки);
 $h_{пр}$ - приведённая толщина грунта засыпки, вес которой эквивалентен действию временной нагрузки на поверхности планировки:

$$h_{пр} = \frac{q_{внеш}}{\gamma'_{II}};$$

где $q_{внеш}$ - временная нагрузка на поверхности планировки;
 γ'_{II} - удельный вес грунта засыпки (для расчёта по II группе предельных состояний).

Согласно указаниям ТКП 45-5.01-67-2007 значения характеристик насыпных уплотнённых грунтов (грунтов засыпки) устанавливаются по характеристикам тех же грунтов ненарушенного сложения. Допускается между характеристиками грунтов ненарушенного сложения и характеристиками грунтов засыпки (при отсутствии результатов исследований) устанавливать следующие соотношения:

$$\gamma'_{II} = 0,95\gamma_{II} = 0,95(1,05\gamma_n) \approx \gamma_n;$$

где γ_{II} - удельный вес грунта для расчётов по II группе предельных состояний;
 γ_n - нормативное значение удельного веса грунта (значение для каждого слоя грунта строительной площадки указано в задании на курсовую работу).

При этом боковое давление грунта на отметке подошвы фундамента:

$$\sigma_6 = \gamma'_{II}(d + h_{пр}) \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi'_{II}}{2} \right);$$

где φ'_{II} - осреднённое значение угла сдвига грунта засыпки, зависящего от угла внутреннего трения и удельного сцепления
(согласно указаниям ТКП 45-5.01-67-2007 $\varphi'_{II} = 0,9\varphi_{II} = 0,9\varphi_n$).

При определении давления грунта на стену подвала для обводнённых грунтов необходимо также учитывать гидростатическое давление $p_w = \gamma_w h_w$ (здесь γ_w – удельный вес воды, 10 кН/м^3 ; h_w – толщина слоя воды).

При определении момента от отпора грунта со стороны подвала (с внутренней стороны здания) следует принимать $d = h_s$, а $q_{внеш} = q'_{внеш} + q_{cf}$;

здесь h_s - глубина заложения фундамента от низа конструкции пола до подошвы (низа подготовки);
 $q'_{внеш}$ - временная нагрузка на поверхности пола подвала;
 q_{cf} - нагрузка от собственного веса конструкции пола подвала.

В случае если со стороны подвала отсутствует временная нагрузка на поверхности пола и глубина заложения подошвы фундамента от пола подвала менее 1 м, то значение момента от отпора грунта будет несущественным, и его определением можно пренебречь. Данное замечание в основном касается жилых зданий, так как, в соответствии с пожарными нормами, эксплуатация подвалов в данных видах сооружений запрещена.

7. Проверка напряжений в основании и уточнение размеров подошвы фундаментов.

Принятые в первом приближении размеры подошвы фундаментов уточняются исходя из требований:

$$\begin{aligned} p_m &\leq R; \\ p_{max} &\leq 1,2R; \\ p_{max,c} &\leq 1,5R; \\ p_{min} &\geq 0; \end{aligned}$$

где R - расчётное сопротивление грунта под подошвой фундамента;
 p_m - среднее давление под подошвой фундамента;
 p_{max} - максимальное краевое давление вдоль каждой оси фундамента при внецентренном нагружении;
 $p_{max,c}$ - максимальное давление в угловой точке «С» фундамента при действии на него изгибающих моментов во взаимно перпендикулярных направлениях;
 p_{min} - минимальное краевое давление вдоль каждой оси фундамента при внецентренном нагружении.

При проверке напряжений под подошвой фундамента следует исходить из того, что недонапряжение, как правило, не должно превышать 10% .

Следует отметить, что в случаях, если расчётное сопротивление грунта основания $R \leq 150 \text{ кПа}$, рекомендуется принимать трапецидальную эпюру давлений на грунт, для которой выполняется условие:

$$\frac{p_{min}}{p_{max}} > 0,25.$$

В общем случае давление под подошвой фундамента определяется по формуле:

$$p_m = \frac{N_{II}}{A};$$

$$p_{min}^{max} = \frac{75N_{II}}{A} \pm \frac{M_{IIx(y)}}{W_{x(y)}};$$

$$p_{max,c} = \frac{N_{II}}{A} + \frac{M_{IIx}}{W_x} + \frac{M_{IIy}}{W_y};$$

Расчётное сопротивление грунта под подошвой фундамента:

$$R = \frac{\gamma_1 \gamma_2}{k} [M_\gamma k_z b \gamma_{II} + M_q d_1 \gamma'_{II} + (M_q - 1) d_b \gamma'_{II} + M_c c_{II}];$$

- где γ_1 и γ_2 - коэффициенты условий работы, принимаемые по таблице 16;
 k - коэффициент $k = 1$, если прочностные характеристики грунта φ и c определены непосредственными испытаниями, и $k = 1,1$, если они приняты по таблицам;
 M_γ, M_q, M_c - коэффициенты, принимаемые по таблице 17;
 k_z - коэффициент, принимаемый равным:
 при $b < 10$ м - $k_z = 1$;
 при $b \geq 10$ м - $k_z = z_0/b + 0,2$ (здесь $z_0 = 8$ м; b - ширина подошвы фундамента);
 p_{min} - минимальное краевое давление вдоль каждой оси фундамента при внецентренном нагружении.

γ_{II} - среднее арифметическое расчетное значение удельного веса грунтов, залегающих ниже подошвы фундамента на глубину сжимаемой толщи, но не менее $2b$ при $b \leq 1$ м и не менее $0,5b$ при $b > 1$ м:

$$\gamma_{II} = \frac{\sum_{i=1}^n (\gamma_{II,i} h_i E_i)}{\sum_{i=1}^n (h_i E_i)}$$

(при наличии подземных вод определяется с учетом их взвешивающего действия);

γ'_{II} - среднее арифметическое расчетное значение удельного веса грунтов, залегающих выше подошвы фундамента;

c_{II} - расчетное удельное сцепление грунта, залегающего непосредственно под подошвой фундамента;

d_1 - глубина заложения фундаментов:

- для наружных и внутренних фундаментов бесподвальных сооружений – от уровня планировки (срезкой или подсыпкой);
- для наружных и внутренних фундаментов сооружений с подвалом – приведённая глубина заложения от пола подвала:

$$d_1 = h_s + \frac{h_{cf} \gamma_{cf}}{\gamma_{II}};$$

здесь h_s - толщина слоя грунта выше подошвы фундамента со стороны подвала;

h_{cf} - толщина конструкции пола подвала;

γ_{cf} - расчетный удельный вес конструкции пола подвала;

d_b - глубина подвала, от уровня планировки до верха пола.

Примечания:

- данную формулу допускается применять при любой форме фундаментов в плане (если подошва фундамента имеет форму круга или правильного многоугольника площадью A , принимается $b = \sqrt{A}$);
- расчетные значения удельного веса грунтов допускается принимать равными их нормативным значениям;

Таблица 16 – Значения коэффициентов γ_1 и γ_2 согласно ТКП 45-5.01-67-2007

Грунты основания	γ_1	γ_2 при отношении длины сооружения или его отсека к высоте L/H , равном	
		4 и более	1,5 и менее
Крупнообломочные с песчаным заполнителем и песчаные (кроме мелких и пылеватых)	1,4	1,2	1,4
Пески мелкие	1,3	1,1	1,3
Пески пылеватые:			
маловлажные и влажные	1,25	1,0	1,2
насыщенные водой	1,1	1,0	1,2
Глинистые, а также крупнообломочные с глинистым заполнителем и показателем текучести грунта или заполнителя:			
$I_L \leq 0,25$	1,25	1,0	1,1
$0,25 < I_L \leq 0,5$	1,2	1,0	1,1
$I_L > 0,5$	1,1	1,0	1,0

Примечание – При промежуточных значениях отношения длины здания (сооружения) к его высоте значение коэффициента γ_2 определяется интерполяцией.

Таблица 17 – Коэффициенты M_γ, M_q, M_c согласно ТКП 45-5.01-67-2007

Угол внутреннего трения φ_{II}	Коэффициенты			Угол внутреннего трения φ_{II}	Коэффициенты		
	M_γ	M_q	M_c		M_γ	M_q	M_c
0°	0	1,00	3,14	23°	0,69	3,65	6,24
1°	0,01	1,06	3,23	24°	0,72	3,87	6,45
2°	0,03	1,12	3,32	25°	0,78	4,11	6,67
3°	0,04	1,18	3,41	26°	0,84	4,37	6,90
4°	0,06	1,25	3,51	27°	0,91	4,64	7,14
5°	0,08	1,32	3,61	28°	0,98	4,93	7,40
6°	0,10	1,39	3,71	29°	1,06	5,25	7,67
7°	0,12	1,47	3,82	30°	1,15	5,59	7,95
8°	0,14	1,55	3,93	31°	1,24	5,95	8,24
9°	0,16	1,64	4,05	32°	1,34	6,34	8,55
10°	0,18	1,73	4,17	33°	1,44	6,76	8,88
11°	0,21	1,83	4,29	34°	1,55	7,22	9,22
12°	0,23	1,94	4,42	35°	1,68	7,71	9,58
13°	0,26	2,05	4,55	36°	1,81	8,24	9,97
14°	0,29	2,17	4,69	37°	1,95	8,81	10,37
15°	0,32	2,30	4,84	38°	2,11	9,44	10,80
16°	0,36	2,43	4,99	39°	2,28	10,11	11,25
17°	0,39	2,57	5,15	40°	2,46	10,85	11,73
18°	0,43	2,73	5,31	41°	2,66	11,64	12,24
19°	0,47	2,89	5,48	42°	2,88	12,51	12,79
20°	0,51	3,06	5,66	43°	3,12	13,46	13,37
21°	0,56	3,24	5,84	44°	3,38	14,50	13,98
22°	0,61	3,44	6,04	45°	3,66	15,64	14,64

Продолжение примера:

Все фундаменты расположены во втором слое «супесь пластичная непросадочная» с $R_0 = 238$ кПа. Назначаем предварительные размеры подошвы фундаментов.

Для фундамента Ф1:

$$A_1 = \frac{N_{0II}}{R_0 - \gamma_m d} = \frac{560}{238 - 20 \cdot 1,75} = 2,76 \text{ м}^2;$$

Принимаем размеры подошвы 1,5 x 1,8 м, тогда геометрические характеристики принятых размеров подошвы:

$$A_1 = b_1 l_1 = 1,5 \cdot 1,8 = 2,7 \text{ м}^2; \quad W_1 = \frac{b_1 l_1^2}{6} = \frac{1,5 \cdot (1,8)^2}{6} = 0,81 \text{ м}^3.$$

Для фундамента Ф2:

$$b_2 = \frac{N_{0II}}{R_0 - \gamma_m d} = \frac{260}{238 - 20 \cdot 2,62} = 1,40 \text{ м}^2;$$

Принимаем ширину подошвы $b_2 = 1,4$ м, тогда геометрические характеристики 1 м длины подошвы фундамента:

$$A_2 = l_2 b_2 = 1,0 \cdot 1,4 = 1,4 \text{ м}^2; \quad W_2 = \frac{l_2 b_2^2}{6} = \frac{1,0 \cdot (1,4)^2}{6} = 0,33 \text{ м}^3.$$

Для фундамента Ф3:

$$b_3 = \frac{N_{0II}}{R_0 - \gamma_m d} = \frac{220}{238 - 20 \cdot 2,62} = 1,19 \text{ м}^2;$$

Принимаем ширину подошвы $b_3 = 1,2$ м, тогда геометрические характеристики 1 м длины подошвы фундамента:

$$A_3 = l_3 b_3 = 1,0 \cdot 1,2 = 1,2 \text{ м}^2; \quad W_3 = \frac{l_3 b_3^2}{6} = \frac{1,0 \cdot (1,2)^2}{6} = 0,24 \text{ м}^3.$$

Определим нагрузку, передаваемую на подошвы фундаментов, для этого предварительно определяем:

1. Собственный вес фундаментов:

$$\text{Ф1: } G_{\text{ФII}} = 25 \cdot (1,5 \cdot 1,8 \cdot 0,45 + 0,9 \cdot 0,9 \cdot 1,05) = 51,6 \text{ кН};$$

$$\text{Ф2: } G_{\text{ФII}} = 25 \cdot 0,3 \cdot 1,4 + 20 \cdot 3,6 \cdot 0,4 = 39,3 \text{ кН/м};$$

$$\text{Ф3: } G_{\text{ФII}} = 25 \cdot 0,3 \cdot 1,2 + 20 \cdot 3,6 \cdot 0,4 = 37,8 \text{ кН/м}.$$

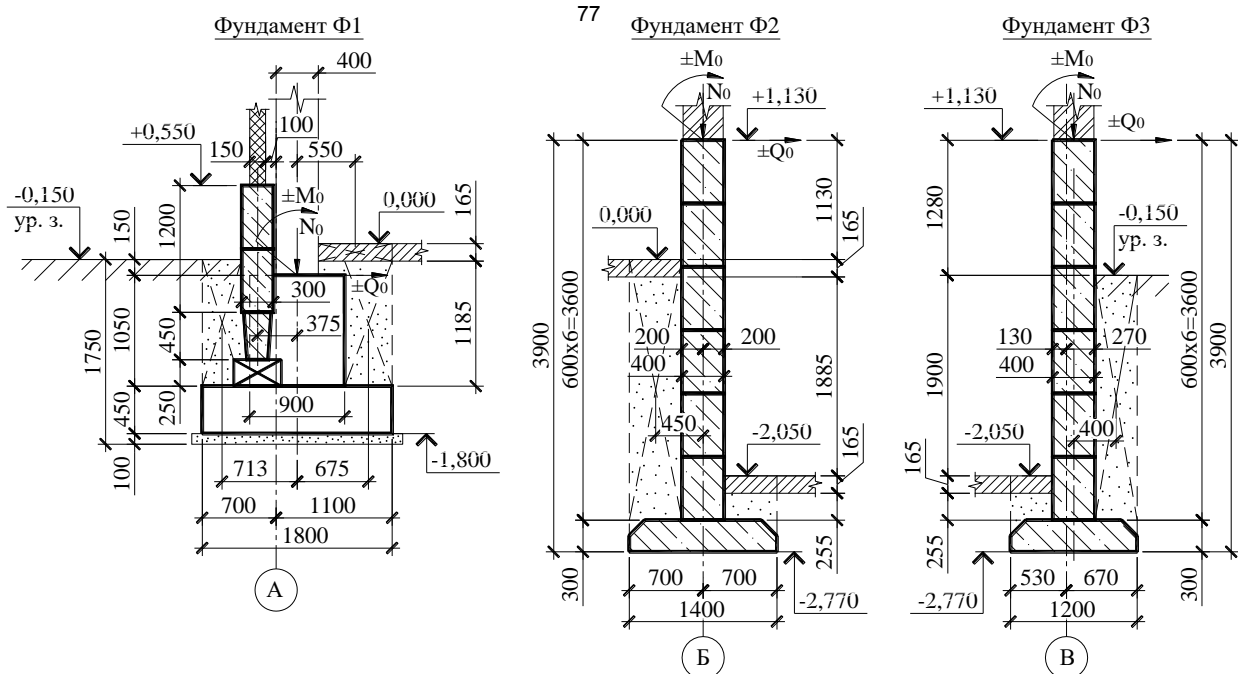


Рисунок 8 – Расчётная схема фундаментов Ф1, Ф2 и Ф3

2. Нагрузка от собственного веса конструкции пола:

Принимаем конструкцию пола первого этажа (подвала) в виде керамической плитки по 50 мм монолитного армированного основания, с устройством бетонной подготовки под него (см. рисунок 9).

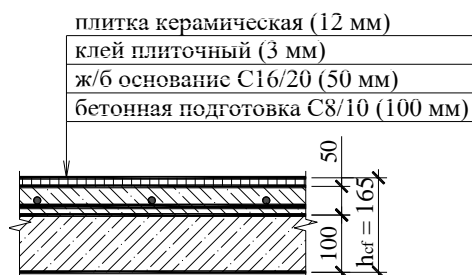


Рисунок 9 – Конструкция пола 1-го этажа и подвала

Таким образом, удельный вес конструкции пола:

$$\gamma_{cf} = \frac{\sum_{i=1}^n (\gamma_{cf,i} h_i)}{\sum_{i=1}^n h_i} = \frac{24 \cdot 0,015 + 25 \cdot 0,05 + 20 \cdot 0,1}{0,015 + 0,05 + 0,1} = 21,9 \text{ кН/м}^3;$$

Следует отметить, что при проектировании жилых зданий, пол подвалов следует выполнять в виде грунтовое основание, так как, в соответствии с пожарными нормами, подвалы в жилых домах должны быть не эксплуатируемыми.

$$\text{Ф1: } G_{cfII} = 21,9 \cdot 0,165 \cdot \frac{1,8 \cdot 1,5 - 0,4 \cdot 0,4}{2} = 4,6 \text{ кН (конструкция пола с одной стороны от фундамента);}$$

$$\text{Ф2: } G_{cfII} = 21,9 \cdot 0,165 \cdot (1,4 - 0,4) = 3,6 \text{ кН/м (конструкция пола с двух сторон от фундамента);}$$

$$\text{Ф3: } G_{cfII} = 21,9 \cdot 0,165 \cdot \frac{1,2 - 0,4}{2} = 1,4 \text{ кН/м (конструкция пола с одной стороны от фундамента).}$$

3. Вес грунта на уступах фундаментов:

Удельный вес грунта засыпки:

$$\text{для Ф1: } \gamma'_{II} = \frac{\sum_{i=1}^n (\gamma'_{II,i} h_i)}{\sum_{i=1}^n h_i} = \frac{14 \cdot 0,3 + 20 \cdot 1,45}{0,3 + 1,45} = 19,0 \text{ кН/м}^3;$$

$$\text{для Ф2 и Ф3: } \gamma'_{II} = \frac{\sum_{i=1}^n (\gamma'_{II,i} h_i)}{\sum_{i=1}^n h_i} = \frac{14 \cdot 0,3 + 20 \cdot 2,32}{0,3 + 2,32} = 19,3 \text{ кН/м}^3;$$

$$\text{Ф1: } G_{sII}^{\text{лев}} = 19,0 \cdot \frac{1,5 \cdot 1,8 - 0,9 \cdot 0,9}{2} \cdot (1,05 + 0,15) = 21,5 \text{ кН;}$$

$$G_{sII}^{\text{прав}} = 19,0 \cdot \frac{1,5 \cdot 1,8 - 0,9 \cdot 0,9}{2} \cdot 1,185 = 21,3 \text{ кН;}$$

$$\text{Ф2: } G_{sII}^{\text{лев}} = 19,3 \cdot \frac{1,4 - 0,4}{2} \cdot (1,885 + 0,165 + 0,255) = 22,2 \text{ кН/м;}$$

$$G_{sII}^{\text{прав}} = 19,3 \cdot \frac{1,4 - 0,4}{2} \cdot 0,255 = 2,5 \text{ кН/м;}$$

$$\text{Ф3: } G_{sII}^{\text{лев}} = 19,3 \cdot \frac{1,2 - 0,4}{2} \cdot 0,255 = 2,0 \text{ кН/м;}$$

$$G_{sII}^{\text{прав}} = 19,3 \cdot \frac{1,2 - 0,4}{2} \cdot (1,900 + 0,165 + 0,255) = 17,9 \text{ кН/м;}$$

4. Вес фундаментной балки (принимаем балку ФБ6-2 с весом 1300 кг):

$$\text{Ф1: } G_{\phi II} = 13 + 20 \cdot 0,3 \cdot 1,2 \cdot 6 = 56,2 \text{ кН.}$$

5. Временная нагрузка на поверхности планировки и поверхности пола первого этажа (подвала), расположенная в зоне подошвы фундаментов:

Временную нагрузку на поверхности пола первого этажа (подвала) принимаем $q'_{\text{внеш}} = 4 \text{ кПа}$ (для помещений магазинов согласно СНиП 2.01.07-85); на поверхности земли $q_{\text{внеш}} = 10 \text{ кПа}$ (т.к. в проекте общественное здание).

$$\Phi 1: N_{\text{внешII}} = 10 \cdot \frac{1,8 \cdot 1,5 - 0,4 \cdot 0,4}{2} = 12,7 \text{ кН};$$

$$N'_{\text{внешII}} = 4 \cdot \frac{1,8 \cdot 1,5 - 0,4 \cdot 0,4}{2} = 5,1 \text{ кН};$$

$$\Phi 2: N'_{\text{внешII}} = 4 \cdot (1,4 - 0,4) = 4,0 \text{ кН/м};$$

$$\Phi 3: N_{\text{внешII}} = 10 \cdot \frac{1,2 - 0,4}{2} = 4,0 \text{ кН/м};$$

$$N'_{\text{внешII}} = 4 \cdot \frac{1,2 - 0,4}{2} = 1,6 \text{ кН};$$

6. Моменты, создаваемые боковым давлением грунта на стены подвала:

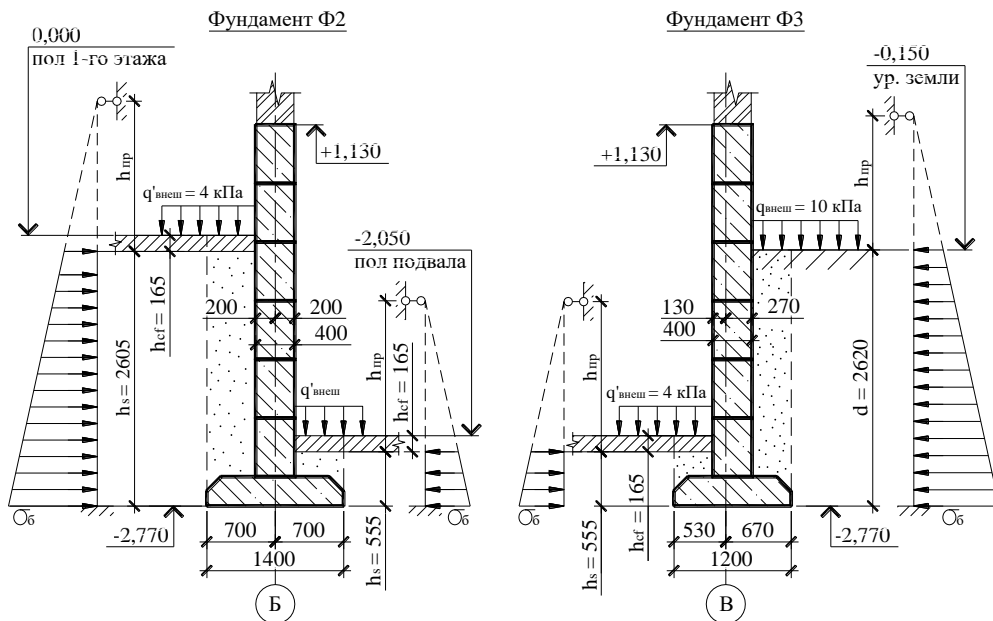


Рисунок 10 – Схема действия бокового давления грунта на стену подвала для фундаментов Ф2 и Ф3

Осреднённое значение угла сдвига грунта засыпки:

$$\varphi'_{II} = \frac{\sum_{i=1}^n (\varphi'_{II,i} h_i)}{\sum_{i=1}^n h_i} = 25,4^\circ.$$

Тогда для фундамента Ф2:

$$h_{\text{пр}} = \frac{q'_{\text{внеш}} + q_{cf}}{\gamma'_{II}} = \frac{q'_{\text{внеш}} + \gamma_{cf} h_{cf}}{\gamma'_{II}} = \frac{4 + 21,9 \cdot 0,165}{19,3} = 0,394 \text{ м};$$

$$\sigma_6 = \gamma'_{II} (h_s + h_{\text{пр}}) \cdot \text{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi'_{II}}{2} \right) = 19,3 \cdot (2,605 + 0,394) \cdot \text{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{25,4^\circ}{2} \right) = 23,1 \text{ кПа};$$

$$M_{EII} = \frac{\sigma_6 (h_s + h_{\text{пр}})^2}{15} B = \frac{23,1 \cdot (2,605 \cdot 0,394)^2}{15} \cdot 1 = 13,8 \frac{\text{кН} \cdot \text{м}}{\text{м}};$$

$$h_{\text{отпор}} = \frac{q'_{\text{внеш}} + q_{cf}}{\gamma'_{II}} = \frac{q'_{\text{внеш}} + \gamma_{cf} h_{cf}}{\gamma'_{II}} = \frac{4 + 21,9 \cdot 0,165}{19,3} = 0,394 \text{ м};$$

$$\sigma_6^{\text{отпор}} = \gamma'_{II} (h_s^{\text{отпор}} + h_{\text{отпор}}) \cdot \text{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi'_{II}}{2} \right) = 19,3 \cdot (0,555 + 0,394) \cdot \text{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{25,4^\circ}{2} \right) = 7,3 \text{ кПа};$$

$$M_{EII}^{\text{отпор}} = \frac{\sigma_6^{\text{отпор}} (h_s^{\text{отпор}} + h_{\text{отпор}})^2}{15} B = \frac{7,3 \cdot (0,555 \cdot 0,394)^2}{15} \cdot 1 = 0,4 \frac{\text{кН} \cdot \text{м}}{\text{м}}.$$

Тогда для фундамента Ф3:

$$h_{\text{пр}} = \frac{q_{\text{внеш}}}{\gamma'_{II}} = \frac{10}{19,3} = 0,518 \text{ м};$$

$$\sigma_6 = \gamma'_{II} (d + h_{\text{пр}}) \cdot \text{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi'_{II}}{2} \right) = 19,3 \cdot (2,620 + 0,518) \cdot \text{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{25,4^\circ}{2} \right) = 24,2 \text{ кПа};$$

$$M_{EII} = \frac{\sigma_6 (d + h_{\text{пр}})^2}{15} B = \frac{24,2 \cdot (2,620 \cdot 0,518)^2}{15} \cdot 1 = 15,9 \frac{\text{кН} \cdot \text{м}}{\text{м}};$$

Значение отпора грунта со стороны подвала аналогично отпору для фундамента Ф2.

Примечание – Для столбчатых фундаментов каркасных зданий с подвалом боковое давление грунта рассматривается до отметки низа фундаментной балки, так как нагрузка от бокового давления грунта, передаваемая на этот фундамент, собирается с грузовой ширины, равной шагу колонн (длине стены подвала между осями) – от поверхности земли до низа фундаментной балки; и с грузовой ширины, равной ширине фундамента – от низа фундаментной балки до подошвы фундамента (последнюю величину допускается не учитывать в расчётах ввиду её малых значений).

Фактическая нагрузка, передаваемая на подошвы фундаментов:

Для Ф1:

$$N_{II} = 560 + 51,6 + 4,6 + 21,5 + 21,3 + 56,2 + 12,7 + 5,1 = 733 \text{ кН};$$

$$M_{II} = 30 + 15 \cdot (1,05 + 0,45) + 56,2 \cdot 0,375 + (21,5 + 12,7) \cdot 0,713 - 21,3 \cdot 0,675 - (5,1 + 4,6) \cdot 0,55 = 78,2 \text{ кНм};$$

Для Ф2:

79

$$N_{II} = 260 + 39,3 + 3,6 + 22,2 + 2,5 + 4,0 = 331,6 \text{ кН/м};$$

$$M_{II} = 6 + 2 \cdot 3,9 + 13,8 - 0,4 - (22,2 - 2,5) \cdot 0,45 = 18,3 \frac{\text{кН} \cdot \text{м}}{\text{м}};$$

Для Ф3:

$$N_{II} = 220 + 37,8 + 1,4 + 2,0 + 17,9 + 4,0 + 1,6 = 284,7 \text{ кН/м};$$

$$M_{II} = 11 + 2 \cdot 3,9 + 15,9 - 0,4 - (17,9 - 2 + 4 - 1,6) \cdot 0,4 = 27,0 \frac{\text{кН} \cdot \text{м}}{\text{м}}.$$

Определим расчётное сопротивление грунта и проверим давление под подошвой фундаментов.

Рассмотрим фундамент Ф1.

$$\gamma_1 = 1,1; \gamma_2 = 1,0; k = 1,1; k_z = 1; b = 1,5 \text{ м}; d_1 = 1,75 \text{ м}; d_b = 0; c_{II} = 14,4 \text{ кПа}; \gamma'_{II} = 19,0 \text{ кН/м}^3;$$

Среднее арифметическое расчётное значение удельного веса грунтов, залегающих ниже подошвы фундамента определяем на глубину $0,5b = 0,5 \cdot 1,5 \text{ м} = 0,75 \text{ м}$; $\gamma_{II} = 20,0 \text{ кН/м}^3$;

$$M_\gamma = 0,80; M_q = 4,21; M_c = 6,76.$$

Тогда расчётного сопротивления грунта основания осевому сжатию:

$$R = \frac{1,1 \cdot 1,0}{1,1} [0,80 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 20,0 + 4,21 \cdot 1,75 \cdot 19,0 + 6,76 \cdot 14,4] = 261,3 \text{ кПа};$$

Давление под подошвой фундамента Ф1:

$$p_m = \frac{N_{II}}{A_1} = \frac{733}{2,7} = 271,5 \text{ кПа} > (R = 261,3 \text{ кПа}) - \text{условие не выполняется};$$

$$p_{max} = \frac{N_{II}}{A_1} + \frac{M_{II}}{W_1} = \frac{733}{2,7} + \frac{78,2}{0,81} = 368,0 \text{ кПа} > (1,2R = 313,6 \text{ кПа}) - \text{условие не выполняется};$$

$$p_{min} = \frac{N_{II}}{A_1} - \frac{M_{II}}{W_1} = \frac{733}{2,7} - \frac{78,2}{0,81} = 174,9 \text{ кПа} > 0.$$

Увеличиваем размеры подошвы фундамента Ф1 до 1,8 x 1,8 м, тогда геометрические характеристики:

$$A_1 = b_1 l_1 = 1,8 \cdot 1,8 = 3,24 \text{ м}^2; W_1 = \frac{b_1 l_1^2}{6} = \frac{1,8 \cdot (1,8)^2}{6} = 0,97 \text{ м}^3.$$

$$G_{фII} = 25(1,8 \cdot 1,8 \cdot 0,45 + 0,9 \cdot 0,9 \cdot 1,05) = 57,7 \text{ кН};$$

$$G_{сфII} = 21,9 \cdot 0,165 \cdot \frac{1,8 \cdot 1,8 - 0,4 \cdot 0,4}{2} = 5,6 \text{ кН};$$

$$G_{сII}^{лев} = 19,0 \cdot \frac{1,8 \cdot 1,8 - 0,9 \cdot 0,9}{2} \cdot (1,05 + 0,15) = 27,7 \text{ кН};$$

$$G_{сII}^{прав} = 19,0 \cdot \frac{1,8 \cdot 1,8 - 0,9 \cdot 0,9}{2} \cdot 1,185 = 27,4 \text{ кН};$$

$$N_{внешII} = 10 \cdot \frac{1,8 \cdot 1,8 - 0,4 \cdot 0,4}{2} = 15,4 \text{ кН};$$

$$N'_{внешII} = 4 \cdot \frac{1,8 \cdot 1,8 - 0,4 \cdot 0,4}{2} = 6,2 \text{ кН};$$

$$N_{II} = 560 + 57,7 + 5,6 + 27,7 + 27,4 + 56,2 + 15,4 + 6,2 = 756,2 \text{ кН};$$

$$M_{II} = 30 + 15 \cdot (1,05 + 0,45) + 56,2 \cdot 0,375 + (27,7 + 15,4) \cdot 0,713 - 27,4 \cdot 0,675 - (6,2 + 5,6) \cdot 0,55 = 79,3 \text{ кНм};$$

$$R = \frac{1,1 \cdot 1,0}{1,1} [0,80 \cdot 1 \cdot 1,8 \cdot 20,0 + 4,21 \cdot 1,75 \cdot 19,0 + 6,76 \cdot 14,4] = 266,1 \text{ кПа};$$

Давление под подошвой фундамента Ф1:

$$p_m = \frac{N_{II}}{A_1} = \frac{756,2}{3,24} = 233,4 \text{ кПа} < (R = 266,1 \text{ кПа});$$

$$p_{max} = \frac{N_{II}}{A_1} + \frac{M_{II}}{W_1} = \frac{756,2}{3,24} + \frac{79,3}{0,97} = 315,1 \text{ кПа} < (1,2R = 319,3 \text{ кПа});$$

$$p_{min} = \frac{N_{II}}{A_1} - \frac{M_{II}}{W_1} = \frac{756,2}{3,24} - \frac{79,3}{0,97} = 151,6 \text{ кПа} > 0.$$

Рассмотрим фундамент Ф2.

$$\gamma_1 = 1,1; \gamma_2 = 1,0; k = 1,1; k_z = 1; b = 1,4 \text{ м}; c_{II} = 14,4 \text{ кПа}; \gamma'_{II} = 19,3 \text{ кН/м}^3;$$

Среднее арифметическое расчётное значение удельного веса грунтов, залегающих ниже подошвы фундамента определяем на глубину $0,5b = 0,5 \cdot 1,4 \text{ м} = 0,7 \text{ м}$; $\gamma_{II} = 20,0 \text{ кН/м}^3$;

$$d_1 = 0,555 + \frac{0,165 \cdot 21,9}{20,0} = 0,73 \text{ м}; d_b = 1,9 \text{ м}; M_\gamma = 0,80; M_q = 4,21; M_c = 6,76.$$

Тогда расчётного сопротивления грунта основания осевому сжатию:

$$R = \frac{1,1 \cdot 1,0}{1,1} [0,80 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 20,0 + 4,21 \cdot 0,73 \cdot 19,3 + (4,21 - 1) \cdot 1,9 \cdot 19,3 + 6,76 \cdot 14,4] = 296,8 \text{ кПа};$$

Рассмотрим 1 м длины фундамента, тогда давление под подошвой фундамента Ф2:

$$p_m = \frac{N_{II}}{A_2} = \frac{331,6}{1,4} = 236,8 \text{ кПа} < (R = 296,8) - \text{запас прочности 20\%};$$

$$p_{max} = \frac{N_{II}}{A_2} + \frac{M_{II}}{W_2} = \frac{331,6}{1,4} + \frac{18,3}{0,33} = 292,3 \text{ кПа} > (1,2R = 356,2 \text{ кПа}) - \text{запас прочности } 18\%;$$

$$p_{min} = \frac{N_{II}}{A_2} - \frac{M_{II}}{W_2} = \frac{331,6}{1,4} - \frac{18,3}{0,33} = 181,4 \text{ кПа} > 0.$$

Из-за излишнего запаса прочности уменьшаем ширину подошвы фундамента Ф2 до $b_2 = 1,2$ м, тогда геометрические характеристики 1 м длины подошвы фундамента:

$$A_2 = l_2 b_2 = 1,0 \cdot 1,2 = 1,2 \text{ м}^2; \quad W_2 = \frac{l_2 b_2^2}{6} = \frac{1,0 \cdot (1,2)^2}{6} = 0,24 \text{ м}^3.$$

$$G_{\Phi II} = 25 \cdot 0,3 \cdot 1,2 + 20 \cdot 3,6 \cdot 0,4 = 37,8 \text{ кН/м.}$$

$$G_{cf II} = 21,9 \cdot 0,165 \cdot (1,2 - 0,4) = 2,9 \text{ кН/м;}$$

$$G_{sII}^{лев} = 19,3 \cdot \frac{1,2 - 0,4}{2} \cdot (1,885 + 0,165 + 0,255) = 17,8 \text{ кН/м;}$$

$$G_{sII}^{прав} = 19,3 \cdot \frac{1,2 - 0,4}{2} \cdot 0,255 = 2,0 \text{ кН/м;}$$

$$N'_{внеш II} = 4 \cdot (1,2 - 0,4) = 3,2 \text{ кН/м;}$$

$$N_{II} = 260 + 37,8 + 2,9 + 17,8 + 2,0 + 3,2 = 323,7 \text{ кН/м;}$$

$$M_{II} = 6 + 2 \cdot 3,9 + 13,8 - 0,4 - (17,8 - 2,0) \cdot 0,40 = 19,3 \frac{\text{кН} \cdot \text{м}}{\text{м}};$$

$$R = \frac{1,1 \cdot 1,0}{1,1} [0,80 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 20,0 + 4,21 \cdot 0,73 \cdot 19,3 + (4,21 - 1) \cdot 1,9 \cdot 19,3 + 6,76 \cdot 14,4] = 293,6 \text{ кПа;}$$

Давление под подошвой фундамента Ф2:

$$p_m = \frac{N_{II}}{A_2} = \frac{323,7}{1,2} = 269,8 \text{ кПа} < (R = 293,6) - \text{запас прочности } 8\%;$$

$$p_{max} = \frac{N_{II}}{A_2} + \frac{M_{II}}{W_2} = \frac{323,7}{1,2} + \frac{19,3}{0,24} = 350,2 \text{ кПа} > (1,2R = 352,3 \text{ кПа}) - \text{запас прочности } < 1\%;$$

$$p_{min} = \frac{N_{II}}{A_2} - \frac{M_{II}}{W_2} = \frac{323,7}{1,2} - \frac{19,3}{0,24} = 189,3 \text{ кПа} > 0.$$

Рассмотрим фундамент Ф3.

$R = 293,6$ кПа; (расчёт см. выше)

Условно вырезаем 1 м длины фундамента, тогда давление под подошвой Ф3:

$$p_m = \frac{N_{II}}{A_3} = \frac{284,7}{1,2} = 237,2 \text{ кПа} < (R = 293,6) - \text{запас прочности } 19\%;$$

$$p_{max} = \frac{N_{II}}{A_3} + \frac{M_{II}}{W_3} = \frac{284,7}{1,2} + \frac{27,0}{0,24} = 349,8 \text{ кПа} < (1,2R = 352,3 \text{ кПа}) - \text{запас прочности } < 1\%;$$

$$p_{min} = \frac{N_{II}}{A_3} - \frac{M_{II}}{W_3} = \frac{284,7}{1,2} - \frac{27,0}{0,24} = 124,8 \text{ кПа} > 0.$$

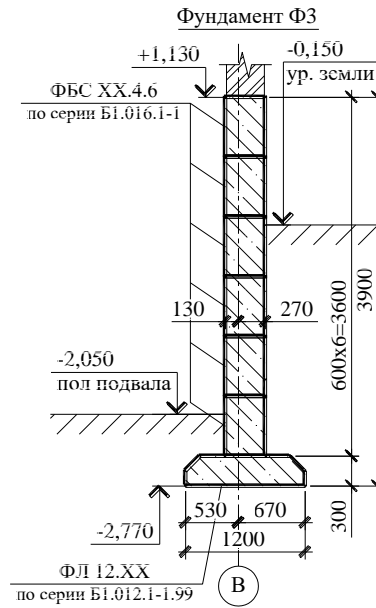
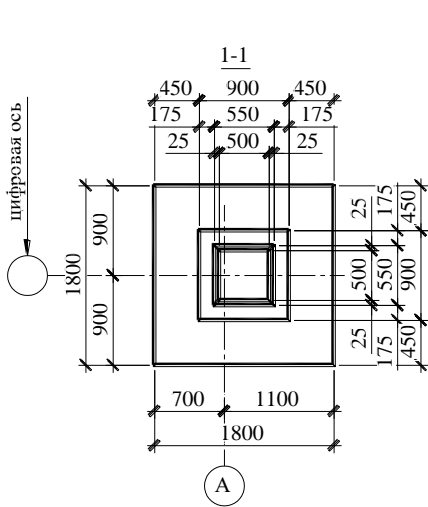
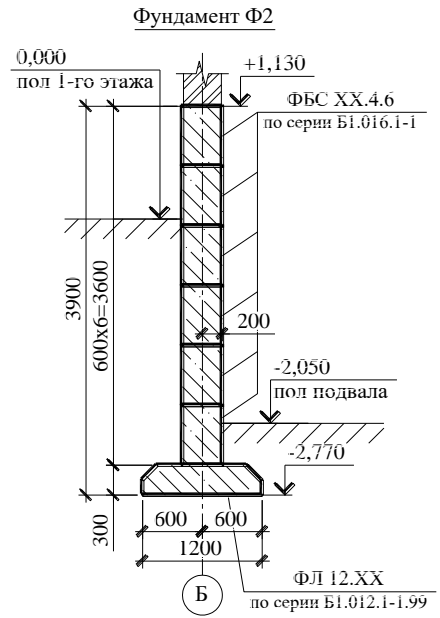
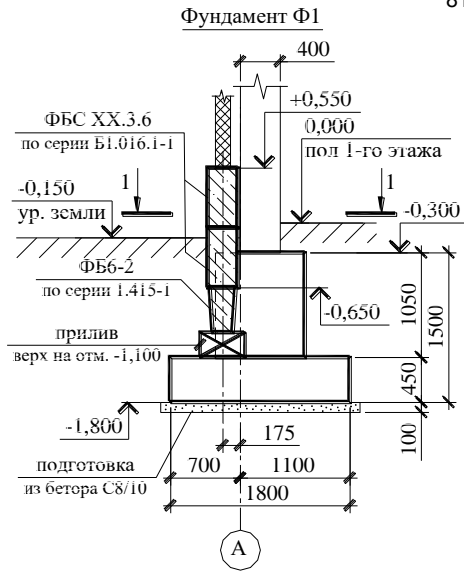


Рисунок 11 – Фундаменты Ф1, Ф2 и Ф3

Таблица А1 – Марки фундаментных балок согласно серии 1.415-1

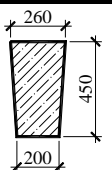
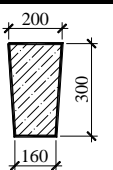
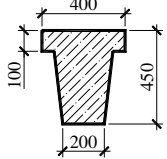
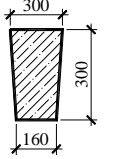
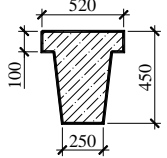
Сечение балки	Марка балки	Длина балки, м	Вес, кг	Сечение балки	Марка балки	Длина балки, м	Вес, кг
	ФБ6 - 1 ФБ6 - 2 ФБ6 - 3 ФБ6 - 4 ФБ6 - 5	5,95 5,05 4,75 4,45 4,30	1600 1300 1200 1200 1100		ФБ6 - 40 ФБ6 - 41 ФБ6 - 42 ФБ6 - 43 ФБ6 - 44	5,95 5,05 4,75 4,45 4,30	800 700 700 600 600
	ФБ6 - 11 ФБ6 - 12 ФБ6 - 13 ФБ6 - 14 ФБ6 - 15	5,95 5,05 4,75 4,45 4,30	1800 1500 1400 1300 1300		ФБ6 - 45 ФБ6 - 46 ФБ6 - 47 ФБ6 - 48 ФБ6 - 49	5,95 5,05 4,75 4,45 4,30	1000 900 800 800 800
	ФБ6 - 28 ФБ6 - 29 ФБ6 - 30 ФБ6 - 31 ФБ6 - 32	5,95 5,05 4,75 4,45 4,30	2200 1900 1800 1700 1600				

Таблица А2 – Марки фундаментных блоков согласно серии Б1.016.1-1

Марка блока по серии Б1.016.1-1	Габаритные размеры, мм			Масса, кг ($\rho = 2400 \text{ кг/м}^3$)
	длина L	ширина В	высота Н	
ФБС 24.3.6	2380	300	580	970
ФБС 24.4.6		400		1300
ФБС 24.5.6		500		1630
ФБС 24.6.6		600		1960
ФБС 12.2.6	1180	200	580	320
ФБС 12.3.6		300		485
ФБС 12.4.6		400		640
ФБС 12.5.6		500		790
ФБС 12.6.6		600		960
ФБС 12.2.3	1180	200	280	160
ФБС 12.3.3		300		240
ФБС 12.4.3		400		310
ФБС 12.5.3		500		380
ФБС 12.6.3		600		460
ФБС 9.2.6	880	200	580	235
ФБС 9.3.6		300		350
ФБС 9.4.6		400		470
ФБС 9.5.6		500		590
ФБС 9.6.6		600		700
<i>Примечания:</i>				
1 Морозостойкость бетона изделий должна соответствовать марке по морозостойкости, установленной проектной документацией конкретного здания (сооружения) и указанной в заказе на изготовление изделий.				
2 Внешний вид и качество поверхности изделий должны соответствовать требованиям СТБ 1079-97.				
3 В марке изделий, изготавливаемых из тяжёлого бетона, вид бетона не указывают.				
4 Маркировка блоков стен подвалов должна содержать обозначение показателя проницаемости бетона: Н – нормальной проницаемости (W4); П – пониженной проницаемости (W6); О – особо низкой проницаемости (W8).				
5 Пример маркировки блока ФБС длиной 2380 мм, шириной 400 мм и высотой 580 мм, из тяжёлого бетона, нормальной проницаемости:				
ФБС 24.4.6 – Н СТБ 1076-97.				

83
Таблица А3 – Марки плит ленточных фундаментов согласно серии Б1.012.1-1.99

Марка плиты по серии Б1.012.1-1.99	Габаритные размеры, мм			Масса, кг
	ширина В	длина L	высота Н	
ФЛ 6.24	600	2380	300	930
ФЛ 6.12		1180		450
ФЛ 8.24	800	2380		1150
ФЛ 8.12		1180		550
ФЛ 10.30	1000	2980		1750
ФЛ 10.24		2380		1380
ФЛ 10.12		1180		650
ФЛ 10.8		780		420
ФЛ 12.30	1200	2980		2050
ФЛ 12.24		2380		1630
ФЛ 12.12		1180		780
ФЛ 12.8		780		500
ФЛ 14.30	1400	2980	2400	
ФЛ 14.24		2380	1900	
ФЛ 14.12		1180	910	
ФЛ 14.8		780	580	
ФЛ 16.30	1600	2980	2710	
ФЛ 16.24		2380	2150	
ФЛ 16.12		1180	1030	
ФЛ 16.8		780	650	
ФЛ 20.30	2000	2980	5100	
ФЛ 20.24		2380	4050	
ФЛ 20.12		1180	1950	
ФЛ 20.8		780	1250	
ФЛ 24.30	2400	2980	5980	
ФЛ 24.24		2380	4750	
ФЛ 24.12		1180	2300	
ФЛ 24.8		780	1450	
ФЛ 28.24	2800	2380	5900	
ФЛ 28.12		1180	2820	
ФЛ 28.8		780	1800	
ФЛ 32.12	3200	1180	3230	
ФЛ 32.8		780	2050	

Примечания:
 1 Данные плиты предназначены для устройства ленточных фундаментов зданий и сооружений, эксплуатируемых при расчётной температуре наружного воздуха до минус 40 °С включительно в грунтах и грунтовых водах с неагрессивной степенью воздействия на железобетонные конструкции. В противном случае проектная документация на конкретное здание или сооружение должна содержать дополнительные требования на изготовление плит.
 5 Пример маркировки плиты ФЛ шириной 1200 мм, длиной 2400 мм, первой группы по несущей способности (таблица А3а):
 ФЛ 12.24 – 1.

Таблица А3а – Группы плит ленточных фундаментов по несущей способности согласно серии Б1.012.1-1.99

Ширина плиты, мм	Толщина стены не менее, мм	Наибольшее допустимое давление на основание, кПа, для групп по несущей способности			
		1	2	3	4
600	160	450			
	300	600			
800	160	150	350		450
	300	250	570		600
	500	600			
1000	160	150	250	350	450
	300	220	360	450	500
1200...3200	160	150	250	350	450

8. Расчет осадки фундаментов (места по стойному суммированию).
 Осадка основания фундамента с использованием расчетной схемы основания в виде упругого линейно-деформируемого полупространства определяется методом последовательного суммирования осадок отдельных слоев в пределах скимековой толщи основания H_c .
 Принимается, что для фундаментов шириной или диаметром менее 10 м осадка вычисляется дополнительным давлением. Равным образом срединного давления, передаваемого фундаментом, и природного давления (от веса грунта до выемки котлована).
 При условии, что в уровне подошвы фундамента среднее давление на основание R_m (передаваемое от фундамента) больше вертикального природного давления от собственного веса вышележащего грунта $- R_m > \sigma_{gr,0}$, осадка s определяется по формуле:

$$s = \beta \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{gr,i} \cdot h_i}{E_i};$$

где β - безразмерный коэффициент, равный 0,8;

$\sigma_{gr,i,0}$ - среднее долговременное (в природном) вертикальное нормальное напряжение в i -м слое основания вдоль вертикали, проходящей через центр подошвы фундамента, равное полусумме указанных напряжений на верней (Z_{i-1}) и нижней (Z_i) границах рассматриваемого слоя:

$$\sigma_{gr,i,0} = \frac{\sigma_{gr,i-1} + \sigma_{gr,i-1}}{2};$$

h_i - толщина i -го слоя, на котором распределяется скимековая толща грунта (значение h_i принимается не более 0,4b, где b - ширина фундамента);

E_i - модуль деформации i -го слоя грунта, определяемый по результатам штамповых или компрессионных испытаний по ветви первоначального нагружения;

n - число слоев, на которые разбит скимековая толща основания.
 Дополнительные вертикальные нормальные напряжения в i -м слое основания на глубине Z_i , отчитываемой от подошвы фундамента, вдоль вертикали, проходящей через ее центр, $\sigma_{gr,i}$ определяются по формуле:

$$\sigma_{gr,i} = \sigma_{gr,0};$$

где α - коэффициент затухания напряжений, принимаемый в зависимости от формы подошвы фундамента, соотношения его сторон $n = l/b$ и относительной глубины $\xi = Z/l$:

R_m - долговременное вертикальное давление на основание в уровне подошвы фундамента:

$$R_m = R_m - P_{sg,0};$$

здесь R_m - среднее давление под подошвой фундамента от приложенной к нему нагрузки;

$P_{sg,0}$ - вертикальное природное давление в грунте на уровне подошвы фундамента от веса вышележащих грунтов (по отметки природного рельефа):

$$P_{sg,0} = \gamma_i \cdot d_i;$$

γ_i - удельный вес грунта природного сложения, расположенных выше отметки подошвы фундамента ($\gamma_i = \gamma_{i,0}$);

d_i - глубина заложения подошвы фундамента от уровня природного рельефа.

Нижняя граница скимековой толщи основания по методу последовательного суммирования определяется глубиной $Z = H_c$, определенной из условия $\sigma_{gr} = 0,2 P_{sg}$.

где σ_{gr} - совокупительное вертикальное нормальное напряжение на глубине $Z = H_c$;

P_{sg} - вертикальное давление от собственного веса грунта.

Если в пределах глубины H_c , определенной по указанному выше условию, застает слой грунта с модулем деформации $E > 100$ МПа, толщина скимековой толщи принимается до верхней границы этого грунта.
 Если найденная нижняя граница скимековой толщи находится в слое слабого грунта с модулем деформации $E < 5$ МПа или такой слой является предельной указанной границей на глубине, не превышающей ширины фундамента b , найденное значение H_c увеличивается на толщину этого слоя, а за H_c принимается минимальное из значений соответствующее подошве слабого слоя или глубине, на которой выполняется условие $\sigma_{gr} = 0,1 P_{sg}$.

Вертикальное давление от собственного веса грунта в любой точке основания на расстоянии Z от подошвы фундамента $P_{sg,i}$ определяется по формуле:

$$P_{sg,i} = P_{sg,0} + \sum_{k=1}^i \gamma_k \cdot h_k;$$

где $P_{sg,0}$ - вертикальное природное давление в грунте на уровне подошвы фундамента от веса вышележащих грунтов (по отметки природного рельефа);

γ_k - соответствующий удельный вес k -го слоя грунта на расстоянии Z от подошвы фундамента;

h_k - толщина k -го слоя грунта на расстоянии Z от подошвы фундамента.

Удельный вес грунтов, залегающих ниже уровня подземных вод, но выше водоупора, должен приниматься с учетом вышележащего действия воды. При определении P_{sg} в водоупорном слое следует учитывать давление столба воды, расположенного выше рассматриваемой глубины.

Относительная глубина $\xi = Z/l, b$	Коэффициент α для фундаментов						
	крупный	1,0	1,4	1,8	2,4	3,2	5,0
0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,4	0,949	0,960	0,972	0,975	0,977	0,977	0,977
0,8	0,756	0,800	0,848	0,876	0,876	0,881	0,881
1,2	0,547	0,606	0,682	0,717	0,739	0,754	0,755
1,6	0,390	0,449	0,532	0,578	0,612	0,629	0,642
2,0	0,285	0,336	0,414	0,463	0,505	0,530	0,545
2,4	0,214	0,257	0,325	0,374	0,419	0,449	0,477
2,8	0,165	0,201	0,260	0,304	0,349	0,383	0,410
3,2	0,130	0,160	0,210	0,251	0,294	0,329	0,360
3,6	0,106	0,131	0,173	0,209	0,250	0,285	0,319
4,0	0,087	0,108	0,145	0,176	0,214	0,248	0,285
4,4	0,073	0,091	0,123	0,150	0,185	0,218	0,255
4,8	0,062	0,077	0,105	0,130	0,161	0,192	0,230
5,2	0,053	0,067	0,091	0,113	0,141	0,170	0,208
5,6	0,046	0,058	0,079	0,099	0,124	0,152	0,189
6,0	0,040	0,051	0,070	0,087	0,110	0,136	0,173
6,4	0,036	0,045	0,062	0,077	0,099	0,122	0,158
6,8	0,031	0,040	0,055	0,064	0,088	0,110	0,145
7,2	0,028	0,036	0,049	0,062	0,080	0,100	0,133
7,6	0,024	0,032	0,044	0,056	0,072	0,091	0,123
8,0	0,022	0,029	0,040	0,051	0,066	0,084	0,113
8,4	0,021	0,026	0,037	0,046	0,060	0,077	0,105
8,8	0,019	0,024	0,033	0,042	0,055	0,071	0,098
9,2	0,017	0,022	0,031	0,039	0,051	0,065	0,091
9,6	0,016	0,020	0,028	0,036	0,047	0,060	0,085
10,0	0,015	0,019	0,026	0,033	0,043	0,056	0,079
10,4	0,014	0,017	0,024	0,031	0,040	0,052	0,074
10,8	0,013	0,016	0,022	0,029	0,037	0,049	0,069
11,2	0,012	0,015	0,021	0,027	0,035	0,045	0,065
11,6	0,011	0,014	0,020	0,025	0,033	0,042	0,061
12,0	0,010	0,013	0,018	0,023	0,031	0,040	0,058

Примечание - для промежуточных значений ξ и η коэффициент α определяется линейной интерполяцией.

Таблица 19 - Предельные деформации оснований

Вид сооружения	Предельная относительная разность осадок $\Delta s/l$	Пределы деформации основания	
		крен i_0	максимальная осадка S_{max} , см
1 Промышленные и гражданские одноэтажные и многоэтажные сооружения с полными каркасами: железобетонным стальным	0,0020	-	8
2 Сооружения в конструкциях которых не возникают условия от неравномерных осадок	0,0040	-	12
3 Многоэтажные бескаркасные сооружения с несущими стенами из: кирпичных пилей крупных блоков или кирпичной кладки без армирования то же, с армированием, в том числе с устройством железобетонных поясов	0,0060	-	15
4 Отопы в воздушных линиях электропередач прожекторные прямые анкерные и анкерно-угловые, концевые, порталы открытых распределительных устройств специальные переходные	0,0030 0,0025 0,0020	0,0030 0,0025 0,0020	- - -

Надёжность основания фундамента по деформациям считается обеспеченной, если осадка фундаментов не превышает предельную осадку для рассматриваемого типа сооружения ($s \leq s_u$).

Продолжение примера:

Чтобы наглядно отобразить, как учитывается вес столба воды в водоупорном слое при расчёте напряжений от собственного веса грунта, рассмотрим расчёт осадки фундамента Ф2.

Среднее давление под подошвой этого фундамента от приложенной к нему нагрузки:

$$p_m = 268,9 \text{ кПа};$$

Вертикальное природное давление в уровне подошвы фундамента от веса вышележащих грунтов:

$$p_{zg,0} = \gamma_{II} d_n = \gamma_n d_n = 14,0 \cdot 0,3 + 20,0 \cdot 2,32 = 50,6 \text{ кПа};$$

Тогда дополнительное вертикальное давление на основание в уровне подошвы фундамента:

$$p_0 = p_m - p_{zg,0} = 268,9 - 50,6 = 218,3 \text{ кПа};$$

Чтобы избежать интерполяции по таблице 18, зададимся соотношением $\xi = 0,4$, тогда высота элементарного слоя грунта $h_i = \xi b/2 = 0,4 \cdot 1,2/2 = 0,24 \text{ м}$.

Условие ($h_i = 0,24 \text{ м}$) $<$ ($0,4b = 0,4 \cdot 1,2 = 0,48 \text{ м}$) удовлетворяется.

Пробуем увеличить ξ до $\xi = 0,8$, тогда $h_i = \xi b/2 = 0,8 \cdot 1,2/2 = 0,48 \text{ м}$ (условие $h_i \leq 0,4b$ выполняется). Значит расчёт будем выполнять разбивая сжимаемую толщу грунта на слои мощностью $h_i = 0,48 \text{ м}$ и менее.

Расчёт осадки фундамента выполним в табличной форме.

Таблица 20 – Расчёт осадки фундамента Ф2

№	γ_{II} , кН/м ³	h_i , м	$p_{zg,i} =$ $p_{zg,0} + \gamma_{II} h_i$, кПа	$0,2p_{zg,i}$, кПа	z_i , м	$\xi = 2 \cdot z/b$	α	$\sigma_{zp,i} = \alpha p_0$, кПа	$\sigma_{zp,i,сп}$, кПа	E_i , МПа	s_i , см
			50,6	10,1	0	0	1,000	218,9			
1	20,0	0,48	60,2	12,0	0,48	0,80	0,881	192,9	205,9	20,6	0,38
2	20,0	0,48	69,8	14,0	0,96	1,60	0,642	140,5	166,7	20,6	0,31
3	20,0	0,42	78,2	15,6	1,38	2,30	0,495	108,4	124,4	20,6	0,20
4	10,6	0,30	81,4	16,3	1,68	2,80	0,420	91,9	100,1	20,6	0,12
5	10,0	0,24	83,8	16,8	1,92	3,20	0,374	81,9	86,9	21,0	0,08
6	10,6	0,48	88,6	17,7	2,40	4,00	0,306	67,0	74,4	21,0	0,14
7	10,0	0,48	93,4	18,7	2,88	4,80	0,258	56,5	61,7	21,0	0,11
8	10,0	0,48	98,2	19,6	3,36	5,60	0,223	48,8	52,6	21,0	0,10
9	10,0	0,32	101,4	20,3	3,68	6,13	0,204	44,7	46,7	21,0	0,06
Вес столба воды 23 кПа			124,4	24,9	3,68						
10	19,5	0,16	127,5	25,5	3,84	6,40	0,196	42,9	44,8	13,7	0,04
11	19,5	0,48	136,9	27,4	4,32	7,20	0,175	38,3	40,6	13,7	0,11
12	19,5	0,48	146,2	29,2	4,80	8,00	0,158	34,6	36,4	13,7	0,10
13	19,5	0,48	155,6	31,1	5,28	8,80	0,143	31,3	32,9	13,7	0,09
14	19,5	0,48	164,9	33,0	5,76	9,60	0,132	28,9	30,1	13,7	0,08

Расчёт остановлен т.к. ($\sigma_{zp} = 28,9 \text{ кПа}$) $<$ ($0,2p_{zg} = 33,0 \text{ кПа}$).

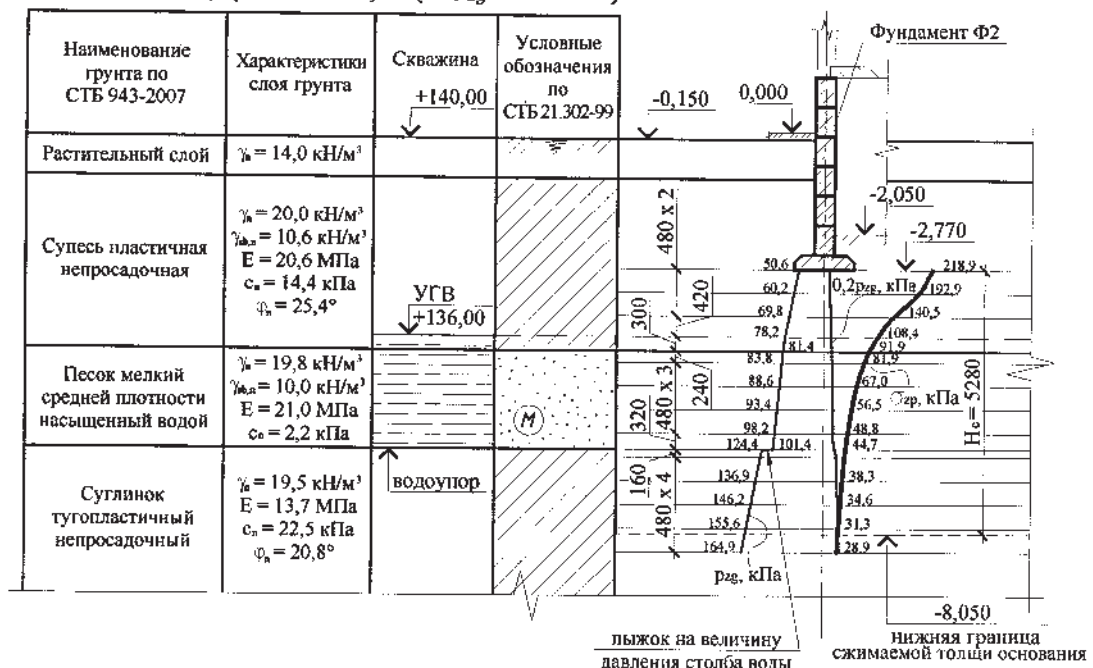


Рисунок 12 – Эпюра напряжений в основании фундамента Ф2

$$s = \sum s_i = 1,92 \text{ см.}$$

Согласно данным, приведенным в таблице 19, предельная осадка для рассматриваемого типа сооружения ($s_u = 10 \text{ см}$) $>$ ($s = 1,92 \text{ см}$), т. е. надёжность основания фундамента по деформациям обеспечена.

ЗАДАНИЕ №6 и №7

9. Конструирование ростверга свайного фундамента.

Глубину заложения подошвы свайного ростверга следует выбирать, руководствуясь тем же принципами, что и для фундаментов на естественном основании. То есть глубина заложения ростверга будет зависеть от высоты самого ростверга и конструктивных решений подпольной части здания (наличие подвала, технического подполья). При возведении роствергов на прочность грунта необходимо так же, как и для фундаментов на естественном основании, предусмотреть меры, предотвращающие или уменьшающие влияние сил морозного пучения грунта на свайный ростверг. То есть заложить подошву ростверга ниже глубины промерзания грунта или предусмотреть мероприятия, направленные на уменьшение пучения промерзающих грунтов или на компенсацию морозного пучения грунтов, путем устройства дренажировочных подушек.

Ростверг ростверга в плане должен удовлетворять условиям размещения свай в кусте, а также быть кратным 100 мм. Расстояние между осями свай должно быть не менее $3d$ (где d – диаметр круглого, сторона квадратного или большая сторона прямоугольного сечения свай). Расстояние от края плиты, до ближайших границ свай следует принимать не менее 100 мм.

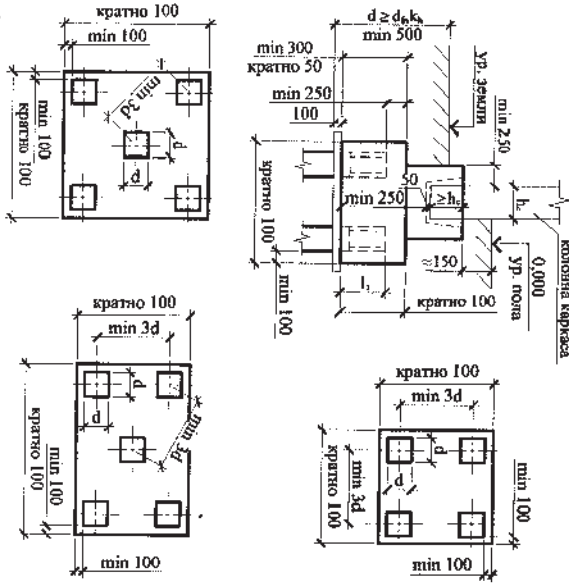


Рисунок 15 – Основные принципы конструирования ростверга и размещения свай

Сопрежение свайного ростверга со сваями допускается предусматривать как свободно опирающимся (шарнирный), так и жестким.

Свободное опирание ростверга на сваи должно учитываться в расчетах условно как шарнирное сопряжение и при монтажных роствергах должно выполняться путем заделки голов свай в ростверг на глубину $l_s = 50 \dots 100$ мм.

Жесткое сопряжение свайного ростверга со сваями следует предусматривать в случае, когда:

- сваи свай располагаются в слабых грунтах (рыхлых песках, пылеватых-глинистых грунтах текучей консистенции, глинах, торфях);
- сваи работают на выдергивающие нагрузки;
- в фундаменте имеются наклонные или остальные вертикальные сваи;
- на сваю действуют горизонтальные нагрузки, значительные перемещения от которых при свободном опирании ожидаются более предельных для проектируемого здания (так как в хрупкой работе на предельном расчете перемещения свай, то данное условие будем считать всегда выполняемым при действии на ростверг поперечных сил и моментов от поперечных свай).

Жесткое сопряжение железобетонных свай с монолитным железобетонным роствергом обеспечивается заделкой в ростверг выходящих арматурных стержней свай на длину их анкеровки ($l_a = l_{an} + 0,1l_a$). Длина анкеровки арматуры определяется расчетом и зависит от вида, класса стали и диаметра арматуры, а также от класса бетона. Так длина анкеровки для периодической арматуры S500 и бетона C16/20 $l_{an} = 30d$, для C20/25: $l_{an} = 25d$, но при этом $l_{an} \geq 200$ мм. Подробный расчет анкеровки арматуры изложен в руководстве по конструированию бетонных и железобетонных конструкций.

Свая в кусте независимо от направления нагрузки фундамента следует размещать таким образом, чтобы равнодействующая постоянных нагрузок действующая на фундамент, проходила как можно ближе к центру тяжести подошвы свай.

10. Выбор типа свай и определение её несущей способности.

Выбор типа свай производится в зависимости от грунтовых условий строительной площадки. Нижний конец свай, как правило, следует заглублять в прочные грунты, порода более слабые непластичные грунты. При этом заглубление свай в грунт, принимается за основное, должно быть не менее:

- 0,5 м – в крупнообломочных, гравелистых, крупных и средней крупности песчаных, пылеватоглинистых с подкашиванием текучести $l_s \leq 0,1$ грунтах;
- 1,0 м – в прочных несжимаемых грунтах.

Таким образом, длина свай определяется по формуле:

$$l_s = l_a + h + l_b$$

- где l_s – глубина заделки головки свай в ростверг;
- h – расстояние от подошвы ростверга, до оси грунта, в который заделывается нижний конец свай (слоя, принятого за основание);
- l_b – глубина погружения нижнего конца свай в несущий слой;

В зависимости от свойств грунта, заглянувших под нижним концом, свай подразделяются на свай-ступен и висячие сваи.

К свай-ступенкам относятся сваи, которые несут нагрузку нижним концом, опирающимся на фрикционные несжимаемые грунт. Сопротивление грунта по боковой поверхности в этом случае не учитывается потому, что осадка такой сваи (за исключением скважины самого ствола), практически не будет иметь места, а сопротивление грунта по боковой поверхности свай, как известно, обусловлено сопротивлением грунта длине и может превышать себя лишь в процессе перемещения, то есть осадки свай. К практическим несжимаемым грунтам относятся скальные, крупнообломочные (валуны), галечниковый, щебенчатый, гравийный, древесный) с несвязным заполнением и глинистые грунты твердой консистенции, за исключением лесов, лесовидных, выщелоченных и засоленных грунтов.

Сваи, погруженные в скжимаемые грунты, и опирающиеся нижним концом также на скжимаемые грунты, называются висячими сваями. Висячие сваи передают нагрузку как нижним концом, так и боковой поверхностью (бетонная разработка осадка за счёт деформации скжимаемого грунта под нижним концом сваи). К скжимаемым грунтам относятся песок, глины суглины и глина от текучей до полутвердой консистенции.

Несущую способность свай следует определять, как наибольшее из значений несущей способности, полученных по следующим двум условиям:

- из условия сопротивления грунта;
- из условия сопротивления материала свай.

Это значит, что должны выполняться оба указанных условия и определяются при установлении критерия несущей способности свай является меньшее из двух значений.

Несущая способность свай из условия сопротивления грунта:

$$P = \frac{F_d}{\gamma_c}$$

- где F_d – расчетная несущая способность грунта;
- γ_c – коэффициент надежности (в случае, если несущая способность свай определяется расчетом, $\gamma_c = 1,4$);

Для свай-стоек: $F_d = \gamma_c R A$;

Для висячих свай: $F_d = \gamma_c (C_r R A + U \sum_{i=1}^n [r_i h_i R_i])$.

где γ_c – коэффициент условия работы свай в грунте ($\gamma_c = 1$);

γ_r, γ_{cr} – коэффициенты условий работы грунта, соответственно, под нижним концом и на боковой поверхности свай (для сплошных забивных свай, погруженных без пробуривания лидерных скважин $\gamma_r = 1,0$; $\gamma_{cr} = 1,0$);

R – расчетное сопротивление грунта под нижним концом свай (для свай-стоек $R = 20000$ кПа; для висячих свай принимается по таблице 21);

R_d – расчетное сопротивление i -то слоя грунта основания по боковой поверхности свай, принимаемое по таблице 22;

A – площадь поперечного сечения свай;

U – периметр поперечного сечения свай;

h_i – толщина i -то слоя грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью свай (при определении h_i плиты грунтов рассчитываются на однородные слои толщиной не более 2 м).

Несущая способность свай из условия сопротивления материала:

$$P = \varphi (\alpha f_{ct} A_c + f_{yd} A_s)$$

- где φ – коэффициент, учитывающий влияние продольного изгиба (для свай, полностью погруженных в грунт $\varphi = 1$);
- α – для бетона класса C50/60 и меньше $\alpha = 1$;
- f_{ct} – расчетная прочность бетона (для C16/20 $f_{ct} = 10,6$ МПа; для C20/25 $f_{ct} = 13,3$ МПа);
- f_{yd} – расчетное сопротивление арматуры (для S500 $\varphi_b = 22$; $f_{yd} = 435$ МПа; $\varphi_{25} = 40$; $f_{yd} = 417$ МПа);
- A_c – площадь сечения бетона;
- A_s – площадь сечения продольной арматуры свай.

Таблица 21 – Расчётное сопротивление грунта под нижним концом свай

Глубина заложения свай, м	Расчётное сопротивление под нижним концом свай R_n , кПа									
	несущих грунтов средней плотности									
	равесных грунтов	крупных	средней плотности	мелких	песчаных	–	–	–	–	–
0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
1	2100	6000	2500	3400	1800	1200	900	800	600	400
2	6000	3200	1800	1300	1000	1000	800	600	400	300
3	7500	6600	3500	2800	2100	1300	1000	900	700	500
4	8300	4000	3500	2200	1600	1200	1000	900	700	400
5	7000	8300	6800	4400	2300	1350	1100	1000	750	550
6	7000	4800	4000	2000	1700	1300	1100	800	600	500
7	8900	7000	4600	2400	1400	1150	1050	800	600	500
8	9400	6000	4400	2800	1350	1150	1100	850	650	550
9	8100	7200	4500	4700	2450	1450	1200	900	700	600
10	9700	6500	4800	3000	2500	1500	1250	900	700	600
11	8500	6900	4600	3300	2200	1450	1170	920	720	610
12	9900	7550	4800	4900	2600	1550	1300	940	740	620
13	8700	7100	4700	3300	2300	1500	1200	900	700	600
14	10200	7800	4900	5000	2550	1600	1300	940	740	620
15	6500	7200	3400	3400	2350	1550	1250	900	700	600
16	9100	7900	5000	5100	2700	1650	1320	960	760	630
17	11000	8200	5200	5200	2800	1750	1350	980	780	640
18	9300	7500	5200	3700	2500	1650	1250	980	780	640
19	11700	8300	5400	5400	3000	1900	1380	1280	800	650
20	9500	7700	5600	4000	2600	1700	1400	1020	820	680
21	12600	8800	5600	5600	3200	1950	1400	1020	820	680
22	10000	7800	6200	4500	2700	1750	1400	1020	820	680
23	13400	9000	5800	5800	3500	2000	1450	1040	840	700
24	10500	7900	6800	4800	2800	1800	1320	1040	840	700

Примечания:
 1 В числителе даны значения R_n для песчаных грунтов, в знаменателе – для пылеватых-глинистых.
 2 Для промежуточных глубин погружения свай и промежуточных значений показателя текучести I_L пылеватых-глинистых грунтов, значения R_n определяются интерполяцией.
 3 Для плотных песчаных грунтов значения R_n следует увеличивать на 60%, но не более, чем 20000 кПа.
 4 Для сугликов при числе пластичности $I_p < 4$ и коэффициенте пористости $e < 0,8$ расчётное сопротивление грунтов R_n следует определять как для пылеватых песков средней плотности.

Таблица 22 – Расчётное сопротивление 1-го слоя грунта на боковой поверхности свай

Глубина заложения свай, м	Расчётное сопротивление 1-го слоя грунта на боковой поверхности свай R_b , кПа									
	несущих грунтов средней плотности									
	равесных грунтов	крупных	средней плотности	мелких	песчаных	–	–	–	–	–
0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
1	60	55	45	40	30	12	9	6	5	3
2	45	38	35	25	15	12	9	6	5	3
3	70	60	55	50	35	17	13	9	7,5	5
4	55	45	42	32	22	17	11	9	7,5	6
5	80	65	60	55	40	21	17	11	9	6,5
6	60	52	48	38	28	21	17	11	9	6,5
7	85	70	63	58	44	24	19	13	10	8
8	65	55	53	40	32	24	19	13	10	8
9	90	75	66	61	47	26	21	15	11	8,5
10	95	80	72	63	48	29	23	16	12	9
11	100	85	75	65	44	35	25	17	13	9,5
12	75	70	63	53	36	32	25	17	13	9,5
13	102	80	77	66	50	33	26	17,5	13,5	10
14	76	73	65	53	37	33	26	17,5	13,5	10
15	104	92	78	67	51	34	27	18	14	10,5
16	106	93	79	68	52	35	28	18,5	14,5	11
17	78	75	67	50	39	35	28	18,5	14,5	11
18	110	95	82	69	54	36	29	19	15	11
19	80	77	68	51	40	37	30	20,5	15	11
20	114	97	82	70	52	41	30	20,5	15	11
21	82	80	70	52	41	37	30	20,5	15	11
22	117	99	85	75	53	38	31	21	15	11
23	85	81	75	53	42	38	31	21	15	11
24	120	100	90	74	54	39	32	22	15	11
25	90	82	80	74	54	44	39	32	22	11

Примечания:
 1 В числителе даны значения R_b для песчаных грунтов, в знаменателе – для пылеватых-глинистых.
 2 Для промежуточных глубин погружения свай и промежуточных значений показателя текучести I_L пылеватых-глинистых грунтов, значения R_b определяются интерполяцией.
 3 Значение расчётного сопротивления плотных несущих грунтов на боковой поверхности свай R_b следует увеличивать на 30% по сравнению со значениями, приведёнными в данной таблице.
 4 Для сугликов при числе пластичности $I_p < 4$ и коэффициенте пористости $e < 0,8$ расчётное сопротивление грунтов R_b следует определять как для пылеватых песков средней плотности.
 5 Расчётное сопротивление сугликов и сугликов с коэффициентом пористости $e < 0,5$ и глины с коэффициентом пористости $e < 0,6$ следует увеличивать на 15% по сравнению со значениями, приведёнными в данной таблице, при любых значениях показателя текучести.

11. Определение количества свай в фундаменте и проверка фактической нагрузки, приходящейся на сваю.

Количество свай в свайном фундаменте рассчитывается по предельным состояниям первой группы, то есть при $U_s = 1,35$ – для постоянных нагрузок и $U_s = 1,5$ – для переменных. Так как указанные в задании на курсовую работу условия в уровне обреза фундамента представляли собой сумму постоянных и переменных нагрузок, то для определения расчётных нагрузок будем использовать осреднённое значение коэффициента надёжности $U_s = 1,4$. Количество свай в свайном фундаменте определяем в следующей последовательности.

Вычисляем среднее давление под подошвой ростверка, приняв расстояние между осями свай $3d$:

$$P_p = \frac{(3d) \cdot U_s}{P}$$

где P – меньше из двух значений несущей способности свай по грунту или по материалу свай;
 d – диаметр круглого, сторона квадратного или большая сторона прямоугольного сечения свай.

Определяем площадь подошвы ростверка (см. расчёт фундаментов на естественной основе):

$$A_p = \frac{N_{01}Y + G_{01}Y}{\gamma_{\text{фунд}} + \gamma_{\text{грунт}}} = \frac{N_{01}Y + G_{01}Y}{\gamma_{\text{фунд}} + \gamma_{\text{грунт}}}$$

- $\gamma_{\text{фунд}}$ - среднее значение удельного веса материала ростверка и грунта на его участках (для шарнирных конструкций ростверков допускается принимать $\gamma_{\text{фунд}} = 20 \text{ кН/м}^3$);
- $\gamma_{\text{грунт}}$ - коэффициент надёжности по нагрузке;
- N_{01} - расчётная нагрузка (при расчёте по I группе предельных состояний) в плоскости обреза фундамента;
- G_{01} - расчётная нагрузка (при расчёте по I группе предельных состояний) от веса фундаментной балки (для столбчатых фундаментов, при наличии фундаментной балки);
- $\gamma_{\text{фунд}}$ - коэффициент, учитывающий процент подошвы площади подошвы фундаментов временной нагрузки (если временная нагрузка расположена лишь с одной стороны от фундамента $\alpha = 0,5$; если с двух сторон от фундамента - $\alpha = 1$);
- d_p - глубина заложения ростверка от уровня планировки.

Тогда вес данного ростверка с грунтом на участках составит:

$$G_{\text{грунт}} = A_p \gamma_{\text{грунт}} d_p$$

- η - коэффициент, учитывающий декарте моменты ($\eta = 1$ - для центрально нагруженных ростверков и ростверков, воспринимающих несимметричные по величине моменты; $\eta = 1,2$ - для несимметрично нагруженных ростверков, при больших значениях момента).
- Подчеркнутое количество свай округляется до целого числа в большую сторону.

После определения требуемого количества свай и компоновки ростверка в соответствии с требованиями, изложенными в главе 9, необходимо определить фактическую расчётную нагрузку, действующую в уровне подошвы ростверка (принцип сбора нагрузок, действующих на свайный ростверк, аналогичен сбору нагрузок для фундаментов на вращающемся основании, но производится для расчётов по I группе предельных состояний) и рассчитать фактическую нагрузку, передаваемую на сваю (которая, в свою очередь, не должна превышать несущую способность сваи). Следует отметить, что продольные силы, возникающие в свае от расчётной нагрузки N_i , следует определять с учётом собственного веса сваи (принимая его так же с коэффициентом надёжности по нагрузке). Таким образом, для ростверков с вертикальными сваями расчётная нагрузка, передаваемая на сваю:

$$N = N_i + G_{\text{свая}} Y_i \pm \frac{M_{\text{свая}} Y_i}{\sum_{i=1}^n Y_i^2} \pm \frac{M_{\text{грунт}} Y_i}{\sum_{i=1}^n Y_i^2}$$

Для центрально нагруженных фундаментов должно выполняться условие: $N \leq P$.
 Для несимметрично нагруженных фундаментов допускается перенести крайние сваи в кусте в размере 20% их несущей способности (кроме фундаментов опор линий электропередач) в случае, если расчёт производится с учётом действия ветра и краев, то есть: $N \leq 1,2P$.

- N_i - расчётное усилие в уровне подошвы ростверка;
- M_i - суммарный расчётный момент в уровне подошвы ростверка;
- $G_{\text{свая}}$ - собственный вес сваи;
- Y_i - коэффициент надёжности по нагрузке;
- n - число свай в ростверке;
- $M_{\text{свая}}$ - расстояние от главных осей до оси каждой сваи;
- $M_{\text{грунт}}$ - расстояние от главных осей до оси сваи, для которой вычисляется расчётная нагрузка;
- P - несущая способность сваи (используя из двух значений, рассчитанных на условия сопротивления грунта и условия сопротивления материалу сваи).

Индикс d_p означает, что значение нагрузки принимается для расчёта по I группе предельных состояний.
 Если нагрузка, передаваемая на сваю, оказывается больше допустимой по несущей способности значения, то необходимо увеличить либо количество свай в ростверке, либо расстояние между осями свай (но не более 6d) или принять другой тип свай.

Продолжение примера:
 Лобную законную площадь ростверка назначаем руководствуясь теми же принципами, что и для фундаментов на естественной основе:
 $\Phi 1: d_p = 1,60 \text{ м} (d_f = 1,2 \text{ м})$
 $\Phi 2: d_p = 2,92 \text{ м} (d_f = 0,55 \text{ м})$
 Лобную законную площадь ростверков назначаем исходя из конструктивных особенностей ростверков к данному заданию.

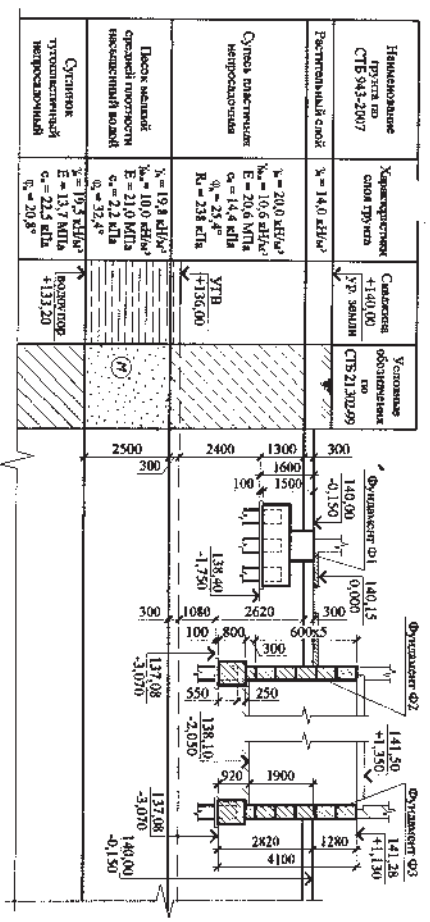


Рисунок 16 - Схема размещения фундаментов в соответствии с гидрогеологическими условиями площадки строительства

Для того чтобы определиться с требуемой длиной свай, выберем её тип армирования и слой грунта, используемый в качестве несущего.
 Применим тип армирования свай 5 (буква) привитур - 4 (Ф14 S500) класс бетона ростверка - С16/20 - тогда $f_{\text{тк}} = 300 \text{ МПа}$, $30 \cdot 14 = 420 \text{ мм}$. Принимаем $f_{\text{тк}} = 450 \text{ МПа}$, тогда $f_{\text{тк}} = 0,45 + 0,1 = 0,55 \text{ МПа}$.
 В качестве несущего примыкает слой тропосферического суглинка (слой №4), тогда $f_{\text{тк}} = 1 \text{ МПа}$.
 Таким образом, требуемая длина свай для фундамента Ф1:
 $l = f_{\text{тк}} + n + f_{\text{тк}} = 0,55 + 0,1 + 2,4 + 0,3 + 2,5 + 1,0 = 6,85 \text{ м}$;
 Принимаем по серии В1.011.1-2.08 свая СП 70.30-8
 Для фундаментов Ф2 и Ф3:
 $l = f_{\text{тк}} + n + f_{\text{тк}} = 0,55 + 0,1 + 1,08 + 0,3 + 2,5 + 1,0 = 5,53 \text{ м}$;
 Принимаем по серии В1.011.1-2.08 свая СП 68.40-5

Определим несущую способность прилегающей сваи (ометрии), что обе вида прилегают сваи относятся к висшим сваям, так как под нижним концом сваи залегает тропосферический суглинок).

Наименование грунта по СТП 943-2007	Характеристики слоя грунта	Связки по СТП 943-2007	Условные обозначения по СТП 21.302-99
Растительный слой	$\gamma_s = 14,0 \text{ кН/м}^3$		
Супесь пластичная непроходная	$\gamma_s = 20,0 \text{ кН/м}^3$ $\gamma_{\text{нп}} = 10,6 \text{ кН/м}^3$ $E = 20,6 \text{ МПа}$ $c_s = 14,4 \text{ кПа}$ $\varphi_s = 25,4^\circ$ $R_s = 238 \text{ кПа}$	УПБ +136,00	
Песок мелкий средней плотности засыпанный водой	$\gamma_s = 19,8 \text{ кН/м}^3$ $\gamma_{\text{нп}} = 10,0 \text{ кН/м}^3$ $E = 21,0 \text{ МПа}$ $c_s = 7,2 \text{ кПа}$ $\varphi_s = 32,4^\circ$		
Суглинок тропосферический непроходный	$\gamma_s = 19,5 \text{ кН/м}^3$ $\gamma_{\text{нп}} = 13,7 \text{ кН/м}^3$ $c_s = 22,5 \text{ кПа}$ $\varphi_s = 20,8^\circ$ $R_s = 286 \text{ кПа}$	водонепр. +133,20	

Рисунок 17 - Схема размещения свай в группе для фундамента Ф1

Для связи СП 70.30.5 (Фундамент Ф1):

$R = 1976 \text{ кПа}$ $\gamma_c = 1$; $\gamma_{cr} = 1$; $\gamma_{cr} = 1$
 $U = 4 \cdot 0,30 \text{ м} = 1,2 \text{ м}$; $A = 0,30 \text{ м} \cdot 0,30 \text{ м} = 0,09 \text{ м}^2$

суглинок	$R_1 = 2,275 \text{ м} \rightarrow R_{r1} = 9,4 \text{ кПа}$	$h_1 = 1,35 \text{ м}$
песок	$R_2 = 3,625 \text{ м} \rightarrow R_{r2} = 12,0 \text{ кПа}$	$h_2 = 1,35 \text{ м}$
песок	$R_3 = 4,975 \text{ м} \rightarrow R_{r3} = 60,8 \text{ кПа}$	$h_3 = 1,25 \text{ м}$
песок	$R_4 = 6,175 \text{ м} \rightarrow R_{r4} = 63,4 \text{ кПа}$	$h_4 = 1,25 \text{ м}$
суглинок	$R_5 = 7,375 \text{ м} \rightarrow R_{r5} = 34,8 \text{ кПа}$	$h_5 = 1,15 \text{ м}$

$\sum \gamma_i h_i R_i = 1 \cdot 1,35 \cdot 9,4 + 1 \cdot 1,35 \cdot 12,0 + 1 \cdot 1,25 \cdot 60,8 + 1 \cdot 1,25 \cdot 63,4 + 1 \cdot 1,15 \cdot 34,8 = 224,2 \text{ кН/м}$
 $F_d = \gamma_c (\gamma_{cr} R A + U \sum \gamma_i h_i R_i) = 1(1 \cdot 1976 \cdot 0,09 + 1,2 \cdot 224,2) = 446,9 \text{ кН}$
 Тогда несущая способность связи на условия сопротивления грунта:

$R = \frac{F_d}{\gamma_c} = \frac{446,9}{1,4} = 319,2 \text{ кН}$

Несущая способность связи на условия сопротивления материала (СП 60.40.5):

$R = \varphi(\sigma_{c,d} A_c + \gamma_{m,d} A_s) = 1(1 \cdot 10,6 \cdot 0,09 + 435 \cdot 6,15 \cdot 10^{-6}) = 1,22 \text{ МН} = 1220 \text{ кН}$

Определяющим при установлении предельной несущей способности связи является меньшее из двух рассчитанных значений, т.е. $R = 319,2 \text{ кН}$ (это значит, что если будет обеспечена несущая способность связи по сопротивлению грунта, то несущая способность связи по материалу очевидно также обеспечится).

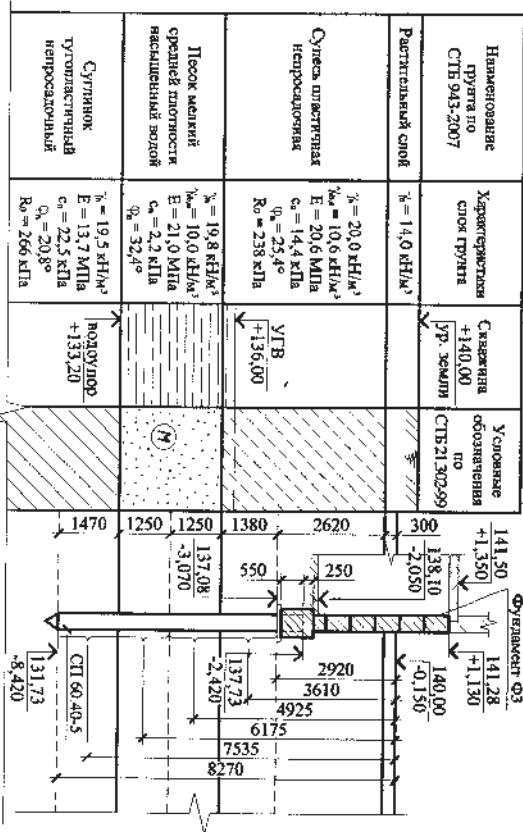


Рисунок 18 - Схема размещения связи в грунте для фундаментов Ф2 и Ф3

Для связи СП 60.40.5 (Фундамент Ф2 в Ф3):

$R = 1993,5 \text{ кПа}$ $\gamma_c = 1$; $\gamma_{cr} = 1$; $\gamma_{cr} = 1$
 $U = 4 \cdot 0,40 \text{ м} = 1,6 \text{ м}$; $A = 0,40 \text{ м} \cdot 0,40 \text{ м} = 0,16 \text{ м}^2$

суглинок	$R_1 = 2,610 \text{ м} \rightarrow R_{r1} = 12,0 \text{ кПа}$	$h_1 = 1,38 \text{ м}$
песок	$R_2 = 4,925 \text{ м} \rightarrow R_{r2} = 60,8 \text{ кПа}$	$h_2 = 1,25 \text{ м}$
песок	$R_3 = 6,175 \text{ м} \rightarrow R_{r3} = 63,4 \text{ кПа}$	$h_3 = 1,25 \text{ м}$
суглинок	$R_4 = 7,535 \text{ м} \rightarrow R_{r4} = 34,9 \text{ кПа}$	$h_4 = 1,47 \text{ м}$

$\sum \gamma_i h_i R_i = 1 \cdot 1,38 \cdot 12,0 + 1 \cdot 1,25 \cdot 60,8 + 1 \cdot 1,25 \cdot 63,4 + 1 \cdot 1,47 \cdot 34,9 = 223,1 \text{ кН/м}$
 $F_d = \gamma_c (\gamma_{cr} R A + U \sum \gamma_i h_i R_i) = 1(1 \cdot 1993,5 \cdot 0,16 + 1,6 \cdot 223,1) = 675,9 \text{ кН}$
 Тогда несущая способность связи на условия сопротивления грунта:

$R = \frac{F_d}{\gamma_c} = \frac{675,9}{1,4} = 482,8 \text{ кН}$

Несущая способность связи на условия сопротивления материала (СП 60.40.5):

$R = \varphi(\sigma_{c,d} A_c + \gamma_{m,d} A_s) = 1(1 \cdot 10,6 \cdot 0,16 + 435 \cdot 6,15 \cdot 10^{-6}) = 1,96 \text{ МН} = 1960 \text{ кН}$

Здесь определяющим является значение $R = 482,8 \text{ кН}$.

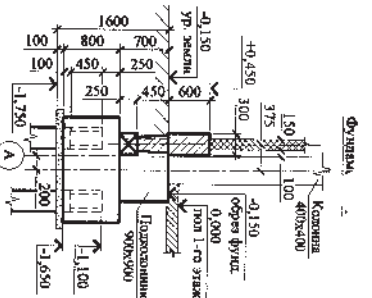


Рисунок 19 - Предварительная конструкция цоколя

Тогда требуемая площадь подошвы ростверка:

$A_p = \frac{N_d}{R_p} = \frac{394,1}{335,3} = 1,17 \text{ м}^2$

Вес данного ростверка с грунтом на участках в этом случае составит (нормативное значение):

$N_d / \gamma + G_{gr} / \gamma + G_{soil} / \gamma = 560 \cdot 1,4 + 76,8 \cdot 1,35 + 34,6 \cdot 1,35 + 10 \cdot 0,5 \cdot 2,4 \cdot 1,5 + 4 \cdot 0,5 \cdot 2,4 \cdot 1,5 = 3,6 \text{ м}^3$

Принимаем 4 связи СП 70.30.5.

Для фундамента Ф2:

Расчет будет вести для 1 м длины фундамента ($N_0 = 260 \text{ кН/м}$; $1 \text{ м} = 260 \text{ кН}$). Фундамент Ф2 ленточный (фундаментной балки нет) и расположен внутри здания.

Среднее давление под подошвой ростверка: $R_p = (3d)^2 = (3 \cdot 0,4)^2 = 3,6 \text{ кПа}$

Тогда требуемая площадь подошвы ростверка:

$A_p = \frac{N_d}{R_p} = \frac{260 \cdot 1,4}{3,6} = 101,1 \text{ м}^2$

Вес данного ростверка с грунтом на участках в этом случае составит (нормативное значение):

$N_d / \gamma + G_{gr} / \gamma + G_{soil} / \gamma = 560 \cdot 1,4 + 76,8 \cdot 1,35 + 34,6 \cdot 1,35 + 10 \cdot 0,5 \cdot 2,4 \cdot 1,5 + 4 \cdot 0,5 \cdot 2,4 \cdot 1,5 = 3,6 \text{ м}^3$

Принимаем для данного фундамента 2 связи СП 60.40.5 на 1 м длины ростверка (так как расчет данного ленточного фундамента ведется на 1 м его длины).

Для фундамента Ф3:

Расчет будет вести для 1 м длины фундамента ($N_0 = 220 \text{ кН/м}$; $1 \text{ м} = 220 \text{ кН}$). Фундамент Ф3 ленточный (фундаментной балки нет) и расположен снаружи здания, соответственно принимаем временную нагрузку на поверхности ливневика 10 кН/м^2 , а на поверхности пола подвала: 4 кН/м^2 .

Среднее давление под подошвой ростверка:

$R_p = (3d)^2 = (3 \cdot 0,4)^2 = 3,6 \text{ кПа}$

Тогда требуемая площадь подошвы ростверка:

$A_p = \frac{N_d}{R_p} = \frac{220 \cdot 1,4}{3,6} = 84,4 \text{ м}^2$

Вес данного ростверка с грунтом на участках в этом случае составит (нормативное значение):

$N_d / \gamma + G_{gr} / \gamma + G_{soil} / \gamma + G_{rain} / \gamma + G_{floor} / \gamma = 560 \cdot 1,4 + 76,8 \cdot 1,35 + 34,6 \cdot 1,35 + 10 \cdot 0,5 \cdot 1,3 \cdot 1,5 + 4 \cdot 0,5 \cdot 1,3 \cdot 1,5 = 1,0 \text{ м}^3$

Принимаем для данного фундамента 1 связь СП 60.40.5 на 1 м длины ростверка (так как расчет данного ленточного фундамента ведется на 1 м его длины).

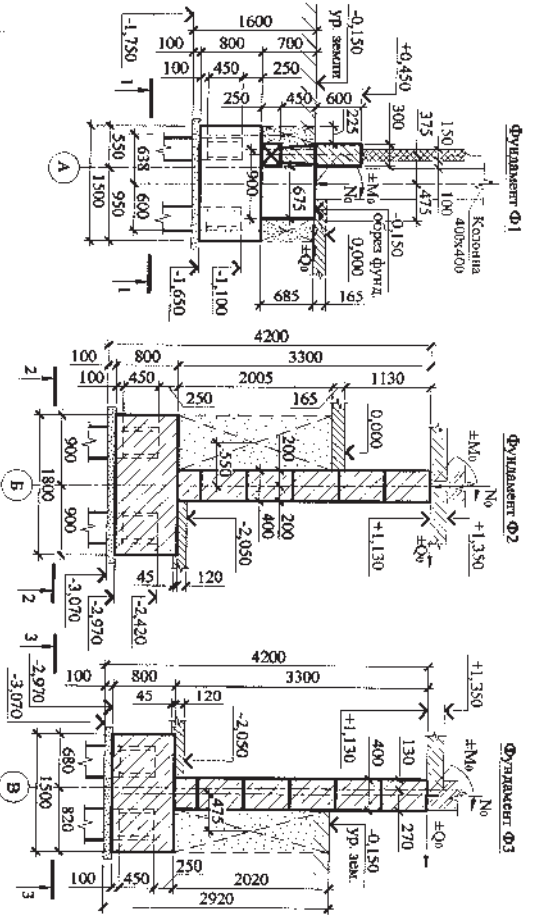


Рисунок 20 – Расчетная схема фундаментов Ф1, Ф2 и Ф3

Определим нагрузку, передаваемую на подошвы фундаментов, для этого предварительно определим:

1. Собственный вес фундаментов ($\gamma_f = 1,35$):
 Ф1: $G_{ф1} = 25 \cdot (1,5 \cdot 1,5 \cdot 0,8 + 0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,7) \cdot 1,35 = 79,9 \text{ кН}$;
 Ф2: $G_{ф2} = (25 \cdot 1,8 \cdot 0,8 + 20 \cdot 0,4 \cdot 3,3) \cdot 1,35 = 84,2 \text{ кН/м}$;
 Ф3: $G_{ф3} = (25 \cdot 1,5 \cdot 0,8 + 20 \cdot 0,4 \cdot 3,3) \cdot 1,35 = 76,1 \text{ кН/м}$.
2. Вес бетонной подготовки ($\gamma_p = 1,35$):
 Ф1: $G_{п1} = 20 \cdot 0,1 \cdot (1,5 + 2 \cdot 0,1) \cdot (1,5 + 2 \cdot 0,1) \cdot 1,35 = 7,8 \text{ кН}$;
 Ф2: $G_{п2} = 20 \cdot 0,1 \cdot (1,8 + 2 \cdot 0,1) \cdot 1,35 = 5,4 \text{ кН/м}$;
 Ф3: $G_{п3} = 20 \cdot 0,1 \cdot (1,5 + 2 \cdot 0,1) \cdot 1,35 = 4,6 \text{ кН/м}$.

3. Нагрузка от собственного веса конструкции пола (принимую конструктивно пола см. в расчетах фундаментов на основании основания) ($\gamma_p = 1,35$):
 Ф1: $G_{п1} = 21,9 \cdot 0,165 \cdot 1,5 \cdot (1,5 - 0,225 - 0,3) \cdot 1,35 = 7,1 \text{ кН}$ (от фундаментного блока локота);
 $G_{п1}^{\text{пол}} = 21,9 \cdot 0,165 \cdot 1,5 \cdot \frac{1,5 - 0,4}{2} \cdot 1,35 = 4,0 \text{ кН}$ (конструкция пола справа от колонны, создающая момент);
 Ф2: $G_{п2} = 21,9 \cdot 0,165 \cdot 1,5 \cdot \frac{1,8 - 0,4}{2} \cdot 1,35 = 3,4 \text{ кН/м}$ (конструкция пола справа от колонны, создающая момент);
 $G_{п2} = 21,9 \cdot 0,165 \cdot 1,5 \cdot \frac{1,5 - 0,4}{2} \cdot 1,35 = 2,5 \text{ кН/м}$ (конструкция пола с стороны подвала);
 Ф3: $G_{п3} = 21,9 \cdot 0,120 \cdot \frac{1,5 - 0,4}{2} \cdot 1,35 = 2,0 \text{ кН/м}$.

4. Вес грунта, лежащий на фундаменте ($\gamma_r = 1,35$):
 Удельный вес грунта засыпки:
 для Ф1: $\gamma_r = 0,95 \cdot \frac{\sum_{i=1}^n (\gamma_{ri} \cdot h_i \cdot E_i)}{\sum_{i=1}^n (h_i \cdot E_i)} = 0,95 \cdot \frac{14 \cdot 0,3 + 20 \cdot 1,3}{0,3 + 1,3} = 17,9 \text{ кН/м}^3$;
 для Ф2 и Ф3: $\gamma_r = 0,95 \cdot \frac{\sum_{i=1}^n (\gamma_{ri} \cdot h_i \cdot E_i)}{\sum_{i=1}^n (h_i \cdot E_i)} = 0,95 \cdot \frac{14 \cdot 0,3 + 20 \cdot 2,62}{0,3 + 2,62} = 18,4 \text{ кН/м}^3$.

- Ф1: $G_{п1}^{\text{пол}} = 17,9 \cdot 1,5 \cdot 0,225 \cdot 0,7 \cdot 1,35 = 5,7 \text{ кН}$ (грунт слева от фундаментной балки);
 $G_{п1}^{\text{пол}} = 17,9 \cdot \frac{1,5 - 0,9}{2} \cdot 1,5 \cdot 0,685 \cdot 1,35 = 7,4 \text{ кН}$ (грунт справа от подколонины);
 $G_{п1}^{\text{пол}} = 17,9 \cdot (1,5 - 0,9) \cdot 0,675 \cdot 0,685 \cdot 1,35 = 6,7 \text{ кН}$ (грунт на участках средней части ростверка, не создающий момент);
 Ф2: $G_{п2}^{\text{пол}} = 18,4 \cdot \frac{1,8 - 0,4}{2} \cdot 2,005 \cdot 1,35 = 34,9 \text{ кН/м}$;
 Ф3: $G_{п3}^{\text{пол}} = 18,4 \cdot \frac{1,5 - 0,4}{2} \cdot 2,02 \cdot 1,35 = 27,6 \text{ кН/м}$.
5. Вес фундаментной балки (принимая конструктивно локота) ($\gamma_f = 1,35$):
 Ф1: $G_{ф1} = (13 + 20 \cdot 0,3 \cdot 0,6 \cdot 6) \cdot 1,35 = 46,7 \text{ кН}$.
6. Вертикальная нагрузка на поверхность подпорок и поверхности пола первого этажа (подвал), расположенная в зоне подошвы фундаментов ($\gamma_r = 1,35$):
 Ф1: $N_{\text{подош}} = 10 \cdot 1,5 \cdot 0,225 \cdot 1,5 = 5,1 \text{ кН}$ (слева от фундаментного блока локота);
 $N_{\text{подош}} = 4 \cdot 1,5 \cdot \frac{1,5 - 0,4}{2} \cdot 1,5 = 5,0 \text{ кН}$ (справа от колонны);
 Ф2: $N_{\text{подош}} = 4 \cdot (1,8 - 0,4) \cdot 1,5 = 8,4 \text{ кН/м}$;
 Ф3: $N_{\text{подош}} = 10 \cdot \frac{1,5 - 0,4}{2} \cdot 1,5 = 8,3 \text{ кН/м}$;
 $N_{\text{подош}} = 4 \cdot \frac{1,5 - 0,4}{2} \cdot 1,5 = 3,3 \text{ кН}$.
7. Моменты, создаваемые боковым давлением грунта на стены подвала:
 Фундамент Ф2
 Фундамент Ф3

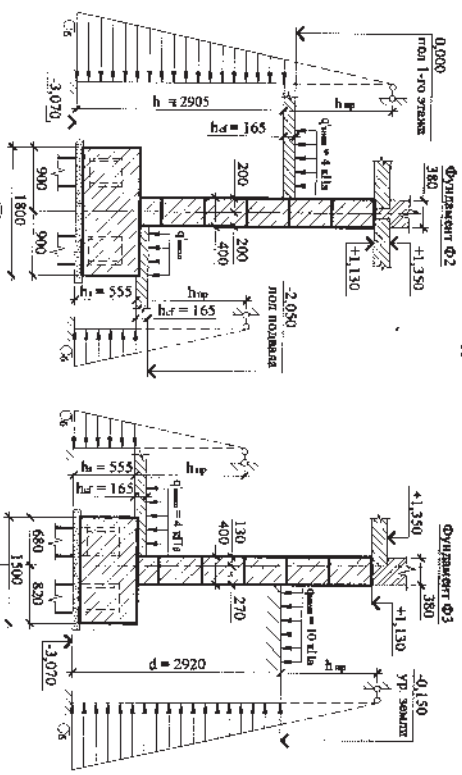


Рисунок 21 – Схема действия бокового давления грунта на стены подвала для фундаментов Ф2 и Ф3

Определим значение угла наклона грунта засыпки:
 $\varphi_n = 0,9 \cdot \frac{\sum_{i=1}^n (\varphi_{ni} \cdot h_i)}{\sum_{i=1}^n h_i} = 0,9 \cdot \frac{25 \cdot 4}{18,4} = 22,9^\circ$

Тогда для фундаментов Ф2:

$$h_{np} = \frac{q_{\text{внеш}} \cdot \gamma + q_{gl} \cdot \gamma_f}{\gamma_n \cdot \gamma_f} = \frac{q_{\text{внеш}} \cdot \gamma + \gamma_f \cdot h_{np}}{\gamma_n \cdot \gamma_f} = 4 \cdot \frac{1,5 + 21,9 \cdot 0,165 \cdot 1,35}{18,4 \cdot 1,35} = 0,438 \text{ м};$$

$$q_n = \gamma_n \cdot \gamma_f \cdot (h_s + h_{np}) \cdot \left(45^\circ - \frac{\varphi_n}{2} \right) = 18,4 \cdot 1,35 \cdot (2,905 + 0,438) \cdot \left(45^\circ - \frac{22,9^\circ}{2} \right) = 36,5 \text{ кПа};$$

$$M_{st} = \frac{q_n \cdot (h_s + h_{np})^2}{15} \cdot B = \frac{36,5 \cdot (2,905 + 0,438)^2}{15} \cdot 1 = 27,2 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$N_{\text{пр}} = \frac{q_{\text{вет}} y^2 + G_1 y}{y_1 y} = \frac{q_{\text{вет}} y^2 + G_1 y}{y_1 y} = \frac{4 \cdot 1,5 + 21,9 \cdot 0,165}{1,84 \cdot 1,35} = 0,438 \text{ м};$$

$$d_0^{\text{отпр}} = y_1 y (a_{\text{отпр}}^2 + k_{\text{пр}}^2) \cdot \lg^2 \left(45^\circ - \frac{\phi_1}{2} \right) = 18,4 \cdot 1,35 \cdot (0,855 + 0,438) \cdot \lg^2 \left(45^\circ - \frac{22,9}{2} \right) = 14,1 \text{ мПа};$$

$$M_{\text{пр}}^{\text{отпр}} = \frac{G_0^{\text{отпр}} (a_{\text{отпр}}^2 + k_{\text{пр}}^2)^2}{15} - B = \frac{14,1 \cdot (0,855 + 0,438)^2}{15} - 1 = 1,6 \frac{\text{кН} \cdot \text{м}}{\text{м}}.$$

Тогда для фундамента Ф3:

$$h_{\text{пр}} = \frac{q_{\text{вет}} y^2}{k_1 y} = \frac{10 \cdot 1,5}{18,4 \cdot 1,35} = 0,604 \text{ м};$$

$$\sigma_0 = y_1 y (d + h_{\text{пр}}) \cdot \lg^2 \left(45^\circ - \frac{\phi_1}{2} \right) = 18,4 \cdot 1,35 \cdot (2,920 + 0,604) \cdot \lg^2 \left(45^\circ - \frac{22,9}{2} \right) = 38,5 \text{ мПа};$$

$$M_{\text{пр}} = \frac{\sigma_0 (d + h_{\text{пр}})^2}{15} - B = \frac{38,5 \cdot (2,920 + 0,604)^2}{15} - 1 = 31,9 \frac{\text{кН} \cdot \text{м}}{\text{м}}.$$

Значение отпора грунта со стороны подвала выключено отпора для фундамента Ф2.

Фактическая нагрузка, передаваемая на подошву фундаментов:

$$N_1 = 360 \cdot 1,4 + 79,9 + 7,8 + 7,1 + 5,7 + 7,4 + 6,7 + 46,7 + 5,1 + 5,0 = 955,4 \text{ кН};$$

$$M_1 = 20 \cdot 1,4 + 10 \cdot (0,7 + 0,8 + 0,1) \cdot 1,4 + 46,7 \cdot 0,375 + (5,7 + 5,1) \cdot 0,638 - 7,4 \cdot 0,6 - (5,0 + 4,0) \cdot 0,475 = 66,1 \text{ кНм};$$

$$\text{Для Ф2: } N_2 = 260 \cdot 1,4 + 84,2 + 5,4 + 3,4 + 2,5 + 34,9 + 8,4 = 502,8 \text{ кН/м};$$

$$M_2 = 5 \cdot 1,4 + 1 \cdot 4,2 \cdot 1,4 + 36,5 - 1,6 + 2,5 \cdot 0,55 - (3,4 + 34,9) \cdot 0,55 = 28,1 \frac{\text{кН} \cdot \text{м}}{\text{м}};$$

$$\text{Для Ф3: } N_3 = 230 \cdot 1,4 + 76,1 + 4,6 + 2,0 + 27,6 + 8,3 + 3,3 = 429,9 \text{ кН/м};$$

$$M_3 = 9 \cdot 1,4 + 1,5 \cdot 4,2 \cdot 1,4 + 31,9 - 1,6 + (2,0 + 3,3) \cdot 0,475 - (27,6 + 8,3) \cdot 0,75 = 37,2 \frac{\text{кН} \cdot \text{м}}{\text{м}}.$$

Тогда фактически нагрузка, передаваемая на сваю:

$$\text{Для Ф1: } N_{\text{св}} = \frac{N_1}{n} + G_{\text{св}} y = \frac{955,4}{4} + 16 \cdot 1,35 = 260,5 \text{ кН} < (P = 319,2 \text{ кН});$$

$$M_{\text{св}} = \frac{M_1}{n} + G_{\text{св}} y + \frac{M_{\text{св}} y}{z_{\text{св}} y^2} = \frac{66,1 \cdot 0,45}{4} + 16 \cdot 1,35 + \frac{4 \cdot 0,45^2}{4} = 29,72 < (P = 31,92 \text{ кН});$$

$$N_{\text{св}} = \frac{N_2}{n} + G_{\text{св}} y - \frac{M_{\text{св}} y}{z_{\text{св}} y^2} = \frac{955,4}{4} + 16 \cdot 1,35 - \frac{66,1 \cdot 0,45}{4} = 190,1 \text{ кН} > 0.$$

(Если уменьшить число свай в ростверке фундамента Ф1 до 3 шт., при этом размер ростверка в плане не изменятся [по конструктивным требованиям], то есть $N_1 = 955,4 \text{ кН}$, $M_{\text{св}} = 340,1 \text{ кН}$ $> P = 319,2 \text{ кН}$, то есть условие не выполняется)

Для Ф2 (расчет веден на 1 м длины ростверка):

$$N_{\text{св}} = \frac{N_2}{n} + G_{\text{св}} y = \frac{502,8}{2} + 24,5 \cdot 1,35 = 284,5 \text{ кН} < (P = 482,8 \text{ кН});$$

$$M_{\text{св}} = \frac{M_2}{n} + G_{\text{св}} y + \frac{M_{\text{св}} y}{z_{\text{св}} y^2} = \frac{(502,8 \cdot 1)}{2} + 24,5 \cdot 1,35 + \frac{(28,1 \cdot 1) \cdot 0,55}{2 \cdot 0,55^2} = 310,0 \text{ кН} < (P = 482,8 \text{ кН});$$

$$M_{\text{св}} = \frac{N_3}{n} + G_{\text{св}} y + \frac{M_{\text{св}} y}{z_{\text{св}} y^2} = \frac{(502,8 \cdot 1)}{2} + 24,5 \cdot 1,35 - \frac{(28,1 \cdot 1) \cdot 0,55}{2 \cdot 0,55^2} = 258,9 \text{ кН} > 0.$$

(Если уменьшить число свай в ростверке фундамента Ф2 до 1 шт./м, при этом ширина ростверка составит 1,5 м, тогда $N_1 = 483,4 \text{ кН/м}$, $M_{\text{св}} = 516,5 \text{ кН}$ $> P = 482,8 \text{ кН}$, то есть условие не выполняется)

Для Ф3 (расчет веден на 1 м длины ростверка):

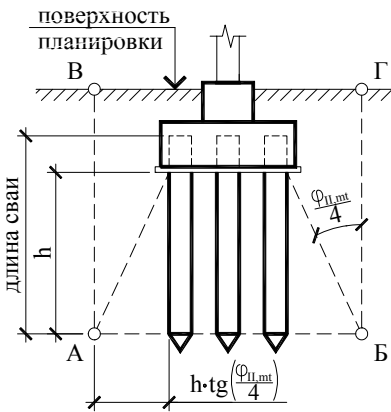
$$N_{\text{св}} = \frac{N_3}{n} + G_{\text{св}} y = \frac{429,9}{1} + 24,5 \cdot 1,35 = 463,0 \text{ кН} < (P = 482,8 \text{ кН});$$

$$M_{\text{св}} = \frac{M_3}{n} + G_{\text{св}} y + \frac{M_{\text{св}} y}{z_{\text{св}} y^2} = \frac{(429,9 \cdot 1)}{1} + 24,5 \cdot 1,35 + \frac{(37,2 \cdot 1) \cdot 0,4}{0,4^2} = 556,0 \text{ кН} < (1,2P = 579,4 \text{ кН});$$

$$M_{\text{св}} = \frac{N_1}{n} + G_{\text{св}} y + \frac{M_{\text{св}} y}{z_{\text{св}} y^2} = \frac{(429,9 \cdot 1)}{1} + 24,5 \cdot 1,35 - \frac{(37,2 \cdot 1) \cdot 0,4}{0,4^2} = 370,0 \text{ кН} > 0.$$

9. Расчёт осадки свайного фундамента.

Расчёт фундамента из защемлённых в грунте свай и его основания по деформациям следует, как правило, производить как для условного фундамента на естественном основании. Границы условного фундамента при этом, в соответствии с рисунком 22, определяются следующим образом:



- снизу – плоскостью АВ, проходящей через нижние концы свай;
- сверху – поверхностью планировки грунта ВГ;
- с боков – вертикальными плоскостями АВ и БГ, отстоящими от наружных граней крайних рядов вертикальных свай на расстоянии $l = h \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\varphi_{II,mt}}{4}\right)$, но не более $2d$ (где d – диаметр круглого, сторона квадратного или меньшая сторона прямоугольного сечения свай) в случаях, когда под нижними концами свай залегают пылевато-глинистые грунты с показателем текучести $I_L > 0,6$.

Здесь $\varphi_{II,mt}$ – осреднённое расчётное значение угла внутреннего трения грунта:

$$\varphi_{II,mt} = \frac{\sum_{i=1}^n \varphi_{II,i} h_i}{h};$$

где $\varphi_{II,i}$ – расчётные значения углов внутреннего трения для отдельных слоёв грунта толщиной h_i , пройденных сваями;

h – глубина погружения свай в грунт.

Рисунок 22 Определение границ условного фундамента

Полученные по расчёту значения деформаций (осадок) свайного фундамента и его основания не должны превышать предельных значений, указанных в таблице 19.

Свайные фундаменты из свай, работающих как сваи-стойки, рассчитывать по деформациям не требуется.

Продолжение примера:

Рассмотрим расчёт осадки свайного фундамента Ф2.

$$\varphi_{II,mt} = \frac{\sum_{i=1}^n \varphi_{II,i} h_i}{h} = \frac{25,4^\circ \cdot 1,38 + 32,4^\circ \cdot 2,5 + 20,8^\circ \cdot 1,47}{5,35} = 27,4^\circ;$$

$$l = h \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\varphi_{II,mt}}{4}\right) = 5,35 \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{27,4^\circ}{4}\right) = 0,64 \text{ м.}$$

Под нижним концом свай фундамента Ф2 залегают суглинок с ($I_L = 0,44$) < 0,6. Таким образом размеры условного фундамента (массива):

$$l_m = 1 \text{ м (рассматриваем 1 м длины ленточного ростверка);}$$

$$b_m = 1,8 - 0,15 \cdot 2 + 0,64 \cdot 2 = 2,78 \text{ м;}$$

$$d_m = 5,35 + 2,92 = 8,27 \text{ м.}$$

Примечание – Для столбчатых ростверков каркасных зданий длина условного массива l_m определяется аналогично ширине условного массива b_m , то есть путём прибавления величины l с двух сторон от наружных граней крайних свай, расположенных вдоль большей стороны ростверка.

Собственный вес условного фундамента (массива):

$$G_m = \underbrace{[0,95 \cdot (14,0 \cdot 0,3 + 20,0 \cdot 2,62)]}_{\text{грунт обратной засыпки}} + \underbrace{20,0 \cdot 1,08 + 10,6 \cdot 0,3 + 10,0 \cdot 2,5 + 10 \cdot 2,8 + 19,5 \cdot 1,47}_{\text{столб воды}} \cdot 1 \cdot 2,78 = 445,4 \text{ кН.}$$

Так как расчёт осадки (расчёт по деформациям) ведётся по II группе предельных состояний, то есть при $\gamma_f = 1$, определим нормативное значение ($N_{II} = N_n \gamma_f = N_n$) фактической вертикальной нагрузки, передаваемой на подошву рассматриваемого ростверка:

$$N_n = 260 + \frac{84,2}{1,35} + \frac{5,4}{1,35} + \frac{3,4}{1,35} + \frac{2,5}{1,35} + \frac{34,9}{1,35} + \frac{8,4}{1,5} = 362,2 \text{ кН/м;}$$

Тогда среднее давление под подошвой массива:

$$p_m = \frac{N_n + G_{cb} \cdot n + G_m}{A_m} = \frac{362,2 \cdot 1 + 24,5 \cdot 2 + 445,4}{1 \cdot 2,78} = 308,1 \text{ кПа}$$

Вертикальное природное давление в уровне подошвы условного фундамента (массива) от веса вышележащих грунтов:

$$p_{zg,0} = \sum (\gamma_{II,i} h_i) = \sum (\gamma_{n,i} h_i) = 14,0 \cdot 0,3 + 20,0 \cdot 3,7 + 10,6 \cdot 0,3 + 10,0 \cdot 2,5 + 10 \cdot 2,8 + 19,5 \cdot 1,47 = 163,0;$$

Тогда дополнительное вертикальное давление на основание в уровне подошвы условного фундамента (массива):

$$p_0 = p_m - p_{zg,0} = 308,1 - 163,0 = 145,1 \text{ кПа;}$$

Расчёт будем выполнять разбивая сжимаемую толщу грунта на слои мощностью $h_i = 0,4b = 0,4 \cdot 2,78 = 1,112$ м и менее. Расчёт осадки фундамента выполним в табличной форме.

Таблица 23 – Расчёт осадки фундамента Ф2

№ слоя	γ_{II} , кН/м ³	h_i , м	$p_{zg,i} =$ $= p_{zg,0} + \gamma_{II,i} h_i$, кПа	$0,2p_{zg,i}$, кПа	z_i , м	$\xi = 2 \cdot z/b$	α	$\sigma_{zp,i} = \alpha p_0$, кПа	$\sigma_{zp,i,ср}$, кПа	E_i , МПа	s_i , см
			163,0	32,6	0	0	1,000	145,1			
1	19,5	1,03	183,1	36,6	1,03	0,74	0,895	129,9	137,5	13,7	0,83
2	19,5	1,00	202,6	40,6	2,03	1,46	0,682	99,0	114,4	13,7	0,67
3	19,3	1,00	221,9	44,4	3,03	2,18	0,517	75,0	87,0	16,8	0,41
4	19,3	1,00	241,2	48,2	4,03	2,90	0,409	59,3	67,2	16,8	0,32
5	19,3	1,00	260,5	52,1	5,03	3,62	0,335	48,6	54,0	16,8	0,26

Расчёт остановлен т.к. ($\sigma_{zp} = 48,6$ кПа) < ($0,2p_{zg} = 52,1$ кПа).

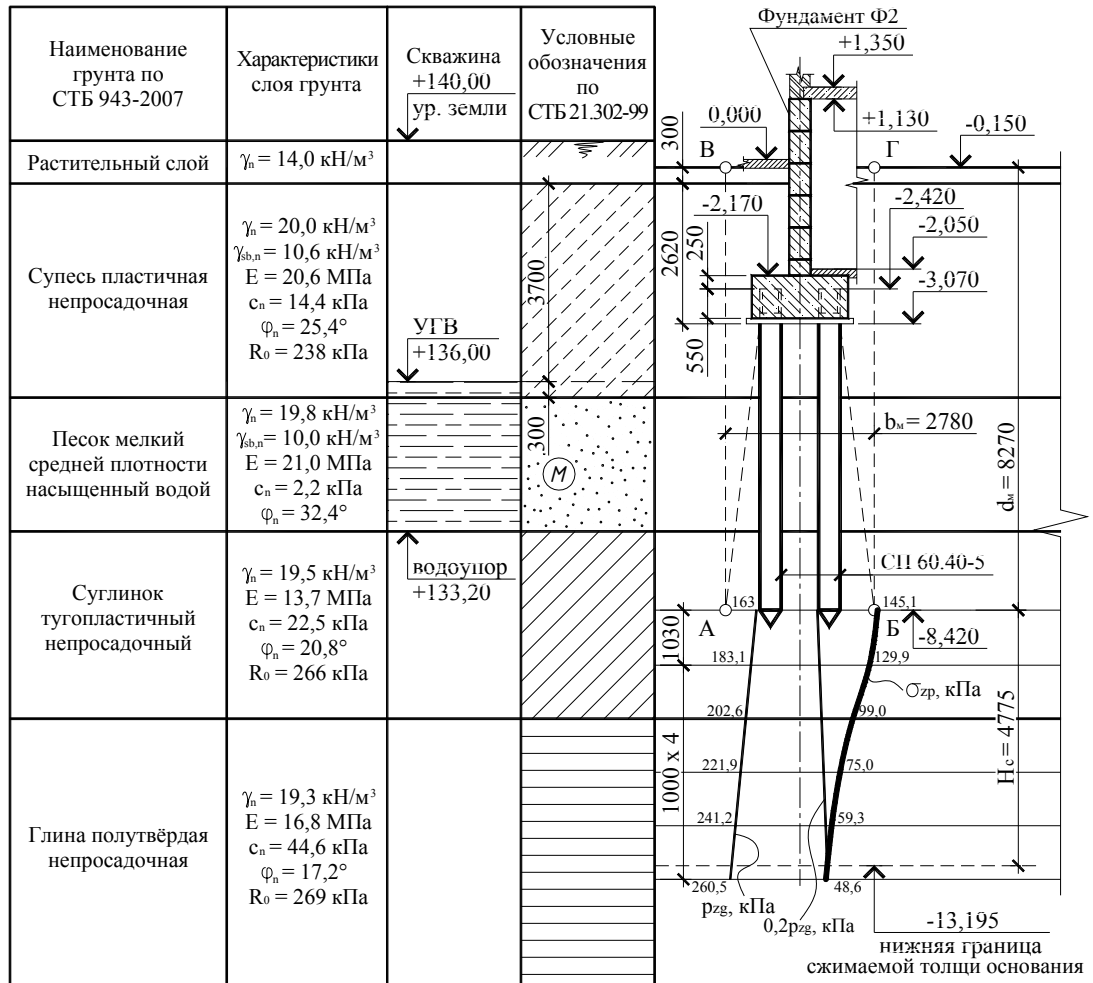


Рисунок 22 – Эпюра напряжений в основании условного фундамента Ф2

$$s = \sum s_i = 2,49 \text{ см.}$$

Согласно данным, приведенным в таблице 22, предельная осадка для рассматриваемого типа сооружения ($s_u = 10$ см) > ($s = 2,49$ см), т. е. надежность основания фундамента по деформациям обеспечена.

Схема расположения фундаментов

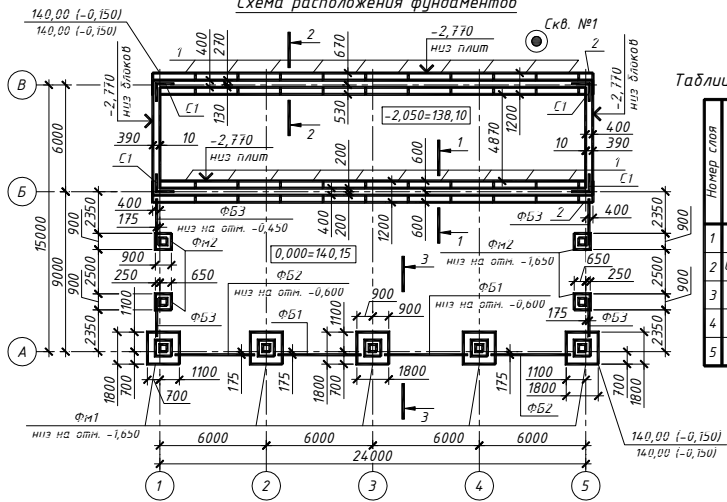
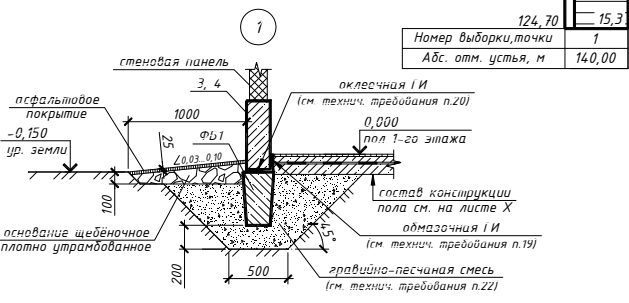
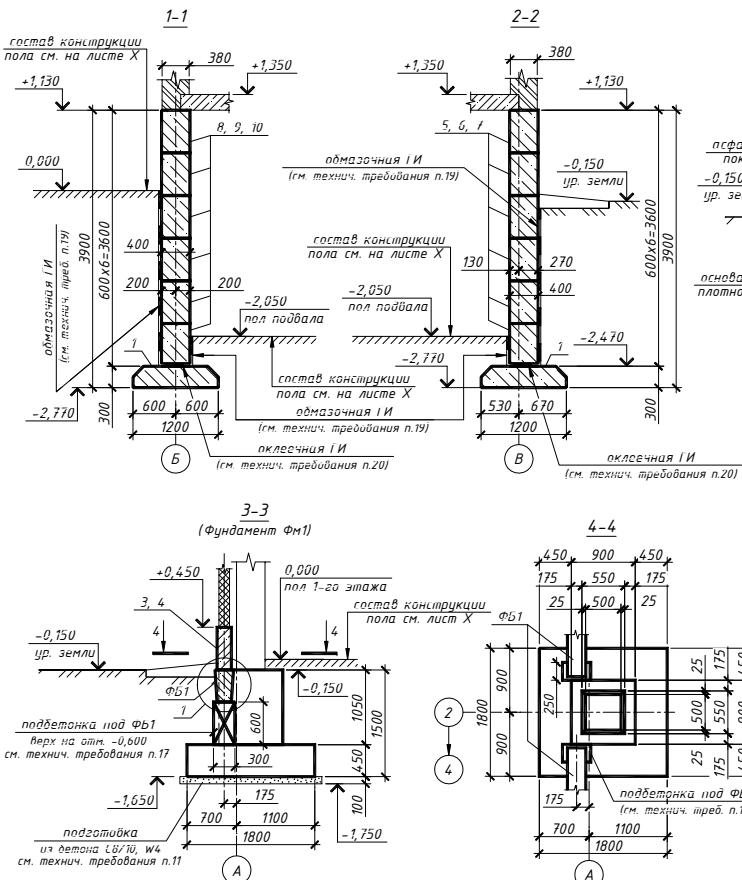


Таблица 1 - Характеристики грунтов строительной площадки

Наименование грунта по СТБ 943-2007	Удельный вес γ, кН/м³	Удельный вес вод. γ _{вод.} , кН/м³	Удельное содержание с _п , кПа	Угол внутреннего трения φ, град	Модуль деформации E, МПа	Коэффициент пористости e, град
1 Растительный слой	14,0	-	-	-	-	-
2 Супесь пластичная неперсадочная	20,0	10,6	14,4	25,4	20,6	0,58
3 Песок мелкий средней плотности насыщенный водой	20,0	10,0	2,2	32,4	21,0	0,64
4 Суглинок тугопластичный неперсадочный	20,0	-	22,5	20,8	13,7	0,76
5 Глина полутвердая неперсадочная	20,0	-	44,6	17,2	16,8	0,89

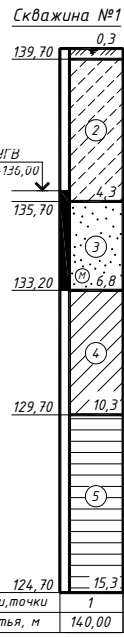
Условные обозначения:

0,000=140,15 - отметка пола помещения



Номер скважины	139,70
УГВ +136,00	
135,70	
133,20	
129,70	
124,70	
15,3	
Номер выборки, точки	1
Абс. отм. устья, м	140,00

- Сборные плиты ленточных фундаментов укладывать на выровненное песчаное основание.
- Под фундаменты ФМ1 и ФМ2 выполнить бетонную подготовку из бетона С8/10, W4 толщиной 100мм. Размеры подготовки в плане должны превышать размеры подошвы фундамента на 100мм в каждую сторону. Расход бетона - 2,5м³.
- Кладку фундаментных блоков вести на цементно-песчаном растворе М100 с тщательным заполнением швов и перевязкой швов не менее 300мм.
- Плиты ленточных фундаментов выполнять из бетона марки по морозостойкости F100.
- Фундаментные блоки под наружные стены выполнять из бетона марки по морозостойкости F100. Бетон фундаментных блоков под внутренние стены по морозостойкости не нормируется.
- Расход бетона класса С16/20, F100, W4 на устройстве монолитных участков между фундаментными блоками наружных стен - 5,5м³. Расход бетона класса С16/20, W4 на устройстве монолитных участков между фундаментными блоками внутренних стен - 3,5м³.
- Сетки С1 заложить в швы между фундаментными блоками.
- Подбетонки под фундаментные балки выполнять одновременно с бетонированием фундаментов. Расход бетона С16/20, F100, W4 на устройство подбетонки - 1,5м³.
- Фундаментные балки выполнять из бетона марки по морозостойкости F100.
- Все стены подвала и цокольной части здания, соприкасающиеся с грунтом, обмазать битумно-полимерной мастикой МПБГ СТБ 1262-2001 за два раза.
- Над плитами ленточных фундаментов (отм. -2,470) и над фундаментной балкой (отм. 0,000) выполнить горизонтальную гидроизоляцию из слоя Г-ПХ-БЗ-ПП/ПП-3,0 СТБ 1107-98, уложенного по цементному раствору, прогрунтованному праймером (аналог "Аутокрил"). Наклейку рулонного материала производить методом подплавления нижнего покрытия слоя. Наклеив в местах стыков - 100мм.
- Обратную засыпку котлованов производить местным грунтом без включения строительного мусора и растительного грунта равномерно со всех сторон фундаментов слоями по 0,2-0,3м с ручным трамбованием до достижения коэффициента уплотнения K_{ср}=0,92 и влажности грунта w=0,145-0,208.
- Обсыпку фундаментных балок выполнять гравийно-песчаной смесью согласно узлу 1.



Спецификация к схеме расположения фундаментов

Марка, поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Масса ед., кг	Примечание
		Монолитные фундаменты			
ФМ1	лист X	Фундамент монолитный ФМ1	5		
ФМ2	лист X	Фундамент монолитный ФМ2	4		
		Плиты ленточных фундаментов			
1		ФЛ 12.24-3	20	1630	см. тех. пред. п.13
2		ФЛ 12.8-3	2	500	см. тех. пред. п.13
		Блоки стеновые под наруж. стены			
		Б1.012.1-2.08, вып. 2			
3		ФБС 12.2.6-Н СТБ1076-97	20	320	см. тех. пред. п.14
4		ФБС 9.2.6-Н СТБ1076-97	20	235	см. тех. пред. п.14
5		ФБС 24.4.6-Н СТБ1076-97	69	1300	см. тех. пред. п.14
6		ФБС 12.4.6-Н СТБ1076-97	19	640	см. тех. пред. п.14
7		ФБС 9.4.6-Н СТБ1076-97	25	470	см. тех. пред. п.14
		Блоки стеновые под внутр. стены			
		Б1.016.1-1, вып. 1.98			
8		ФБС 24.4.6-Н СТБ1076-97	42	1300	см. тех. пред. п.14
9		ФБС 12.4.6-Н СТБ1076-97	12	640	см. тех. пред. п.14
10		ФБС 9.4.6-Н СТБ1076-97	16	470	см. тех. пред. п.14
		Фундаментные балки			
ФБ1	1.415-1, вып. 1	ФБ6-2	2	1300	см. тех. пред. п.18
ФБ2	1.415-1, вып. 1	ФБ6-3	2	1200	см. тех. пред. п.18
ФБ3	1.815.1-1, вып. 1	1ФБ2.4	4	320	см. тех. пред. п.18
		Сетки			
С1	комплект КЖИ-С1	Сетка С1	20	7,2	см. тех. пред. п.16

- За относительную отметку 0,000 принят уровень чистого пола первого этажа торгового зала магазина, что соответствует абсолютной отметке 140,15м.
- В узлах здания показаны абсолютные и относительные отметки земли: в числителе - проектные (красные), в знаменателе - природные (черные).
- В качестве основания под фундаменты принята супесь пластичная неперсадочная. Геологические характеристики грунтов см. таблицу 1.
- Нормативная глубина сезонной промерзания грунта - 130см.
- Грунтовые воды в пределах участка изысканий открыты на глубине 4,0м, что соответствует абсолютным отметкам 136,00. Источник питания - атмосферные осадки.
- По данным химического анализа подземные воды по отношению к бетону марки W4 - неагрессивны.
- После отрывки котлованы и траншеи должны быть освидетельствованы компетентными специалистами для обеспечения опирания фундаментов на грунты в соответствии с проектом. Результаты освидетельствования должны быть зафиксированы в акте.
- При обнаружении на заданной отметке заложения фундаментов насыпных грунтов или грунтов с меньшей несущей способностью, чем указано в проекте, их необходимо пройти и выполнить подбетонки под фундаментами из бетона С8/10, W4.
- Фундаменты или бетонные подготовки должны быть заглублены в толщу несущего грунта не менее, чем на 100мм.

				???-КЖ		
Здание магазина						
Изм.	Кол.	Лист	Подпись	Дата		
Разраб.	Маркова			04.17		
Проверил	Талецкий			04.17		
Реценз.						
И.контр.	Штерберг					
					Вариант: фундаменты на естественном основании	
					Стадия	Лист
					С	1
					Листов	2
					Схема расположения фундаментов Инженерно-геологический разрез по скважине. Геологические характеристики грунтов. Узел обсыпки фундаментной балки.	
					ЧО "БелГУТ"	

Схема расположения свай

(все незафиксированные сваи - СВ2)

1000x25=25000

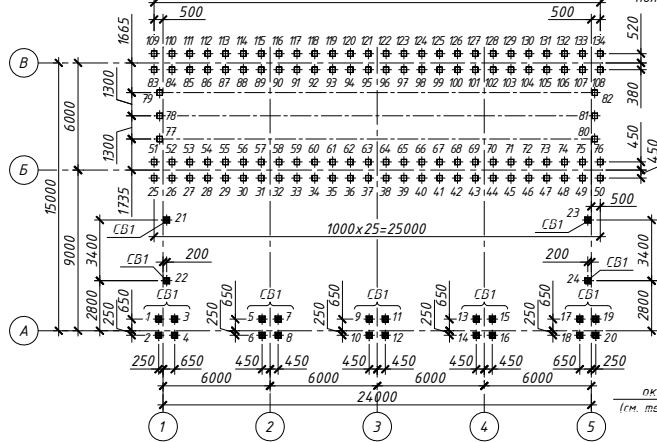
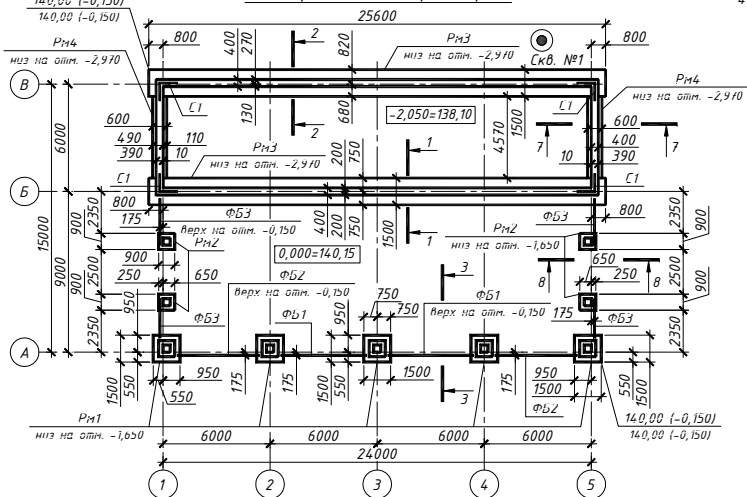
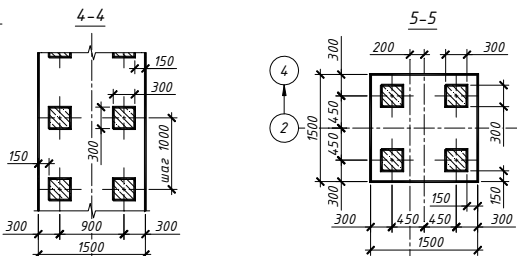
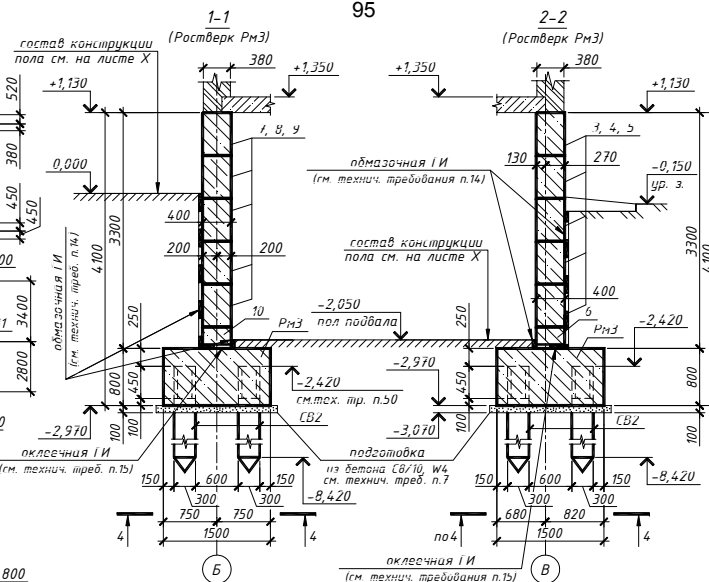


Схема расположения ростверков



95



Условные обозначения:

СВ1	■	СП 70.30-5	верх на отм. -1,100	№1...24
СВ2	□	СП 60.30-5	верх на отм. -2,450	№25...134

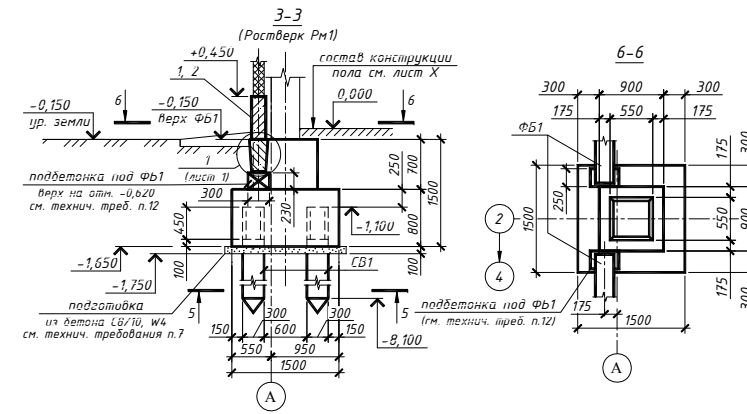
Спецификация к схемам расположения свай и ростверков

Марка, поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Масса ед., кг	Примечание
	Б1.0111-2.08, вып. 2	Сваи			
СВ1		СП 70.30-5	24	1600	
СВ2		СП 60.30-5	110	1400	
		Монолитные ростверки			
РМ1	лист X	Ростверк монолитный РМ1	5		
РМ2	лист X	Ростверк монолитный РМ2	4		
РМ3	лист X	Ростверк монолитный РМ3	2		
РМ4	лист X	Ростверк монолитный РМ4	2		
	Б1.016.1-1, вып. 198	Блоки стеновые под наруж. стены			
1		ФБС 12.2.6-Н СТВ 1076-97	52	320	см. тех. пред. п.9
2		ФБС 9.2.6-Н СТВ 1076-97	8	235	см. тех. пред. п.9
3		ФБС 24.4.6-Н СТВ 1076-97	54	1300	см. тех. пред. п.9
4		ФБС 12.4.6-Н СТВ 1076-97	16	640	см. тех. пред. п.9
5		ФБС 9.4.6-Н СТВ 1076-97	21	470	см. тех. пред. п.9
6		ФБС 12.4.3-Н СТВ 1076-97	30	310	см. тех. пред. п.9
	Б1.016.1-1, вып. 198	Блоки стеновые под внутр. стены			
7		ФБС 24.4.6-Н СТВ 1076-97	35	1300	см. тех. пред. п.2
8		ФБС 12.4.6-Н СТВ 1076-97	10	640	см. тех. пред. п.9
9		ФБС 9.4.6-Н СТВ 1076-97	14	470	см. тех. пред. п.9
10		ФБС 12.4.3-Н СТВ 1076-97	20	310	см. тех. пред. п.9
		Фундаментные балки			
ФБ1	1.415-1, вып. 1	ФБ6-2	2	1300	см. тех. пред. п.13
ФБ2	1.415-1, вып. 1	ФБ6-3	2	1200	см. тех. пред. п.13
ФБ3	1.815-1, вып. 1	1ФБ2.4	4	320	см. тех. пред. п.13
		Сетки			
С1	комплект КЖИ-С1	Сетка С1	20	7,2	см. тех. пред. п.11

- 1 За относительную отметку 0,000 принят уровень чистого пола первого этажа торгового зала магазина, что соответствует абсолютной отметке 140,15м.
- 2 В узлах здания показаны абсолютные и относительные отметки земли: в числителе - проектные (красные), в знаменателе - природные (черные).
- 3 В качестве основания под ростверки принята суспензия суглинка непересадочная. Под нижним концом свай залегает суглинок тугопластичный.
- 4 Инженерно-геологические изыскания см. на листе 1.
- 5 Несущая способность свай на вертикальную сжимающую нагрузку принята равной 319кН на основании расчета.
- 6 После установки свай в проектное положение оголовки свай разбить на 450мм, что соответствует отметке -1,550 для свай СВ1 и отметке -2,870 для свай СВ2. Выпуски арматуры свай в последствии связать с арматурой ростверков.
- 7 Под монолитные ростверки выложить подготовку из бетона С8/10, W4 толщиной 100мм. Размеры подготовки в плане должны превышать размеры подошвы ростверка на 100мм в каждую сторону. Расход бетона - 12,0м³.
- 8 Кладку фундаментных блоков вести на цементно-песчаном растворе М100 с тщательным заполнением швов и перевязкой швов не менее 300мм.
- 9 Фундаментные блоки под наружные стены выложить из бетона марки по морозостойкости F100. Бетон фундаментных блоков под внутренние стены по морозостойкости не нормируется.

??-КЖ				
Здание магазина				
Изм.	Кол.	Лист	№	Дата
Разраб.	Маркова	04.17		
Проверил	Талецкий	04.17		
Реценз.				
Н.контр.				
Утв.пр.				
Схема расположения свай. Схема расположения ростверков.			Страница	Лист
			С	2
40 "БелГУТ"				

Имя, Фамилия, Подпись и дата



- 10 Расход бетона класса С16/20, F100, W4 на устройство монолитных участков между фундаментными блоками наружных стен - 5,5м³. Расход бетона класса С16/20, W4 на устройство монолитных участков между фундаментными блоками внутренних стен - 3,0м³.
- 11 Сетки С1 закладывать в швы между фундаментными блоками.
- 12 Подготовки под фундаментные балки выполнять одновременно с бетонированием ростверков. Расход бетона С16/20, F100, W4 на устройство подготовок - 15м³.
- 13 Фундаментные балки выполнить из бетона марки по морозостойкости F100 и водонепроницаемости W4.
- 14 Все стены подвала и цокольной части здания, соприкасающиеся с грунтом, обмазывать битумно-полимерной мастикой МПБ СТБ 1262-2001 за два раза.
- 15 Под фундаментные блоки ростверков РМ3 и РМ4 на отм. -2,170 и над фундаментными балками (отм. -0,150) выложить горизонтальную гидроизоляцию из слоя Г-ПХ-Б3-ПП/ПП-3,0, СТБ 1107-98, уложенного по цементному раствору, прогрунтованному праймером (аналог "Аутокран"). Наклейку рулонного материала производить методом подплавления нижнего покрытия слоя. Наклеив в местах стыков - 100мм.
- 16 Обратную засыпку котлована производить после монтажа плит перекрытия над подвалом. Засыпку выполнять местным грунтом без включения строительного мусора и растительного грунта равномерно со всех сторон фундаментом слоями по 0,2-0,3м с ручным трамбованием до достижения коэффициента уплотнения $K_{com} = 0,92$ и влажности грунта $w=0,145-0,208$.
- 17 Обсыпку фундаментных балок выполнить гравийно-песчаной смесью согласно узлу 1 на листе 1.
- 18 Сечения 7-7 и 8-8 см. на листе X.

2.5 ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

1. Классификация грунтов.
2. Назначение глубины заложения фундамента на естественном основании.
3. Конструирование фундамента. Приведение нагрузок к уровню подошвы фундамента. Проверка напряжений в уровне подошвы фундамента.
4. Расчет осадки фундамента методом послойного суммирования или эквивалентного слоя.
5. Расчет осадки фундамента во времени.
6. Глубина заложения подошвы ростверка, назначение опорного слоя, определение требуемой длины сваи и ее несущей способности.
7. Расчет количества свай, конструирование ростверка.
8. Расчет осадки свайного фундамента. Сравнение вариантов.

2.6 ХАРАКТЕРИСТИКА КУРСОВОГО ПРОЕКТА

(для заочной формы обучения при сроке обучения 4 года)

Название курсового проекта: «Проектирование оснований и фундаментов промышленных и гражданских зданий».

Курсовой проект состоит из расчетно-пояснительной записки со схемами, графиками и таблицами, объемом около 30 страниц писчей бумаги и рабочих чертежей на двух листах ватмана формата А2.

Записка содержит: анализ инженерно-геологических условий строительной площадки, классификационные показатели грунтов; описание конструктивной схемы и особенностей сооружения; выбор конструкций и установление основных размеров двух типов фундаментов; экономические сравнения вариантов; расчет оснований выбранных типов фундаментов по предельным состояниям; соображения по производству работ нулевого цикла.

Рабочие чертежи содержат:

Лист 1 – план здания, схему расположения фундаментов мелкого заложения с необходимыми сечениями и деталями, спецификации сборных элементов фундаментов, схему производства работ по возведению плитных фундаментов;

Лист 2 – план здания, схемы расположения свай и свайных ростверков; спецификации сборных элементов фундаментов, схему производства работ по забивке свай.

2.7 ХАРАКТЕРИСТИКА КУРСОВОЙ РАБОТЫ

(для дневной формы обучения и для заочной формы обучения при сроке обучения 6 лет)

Название курсовой работы: «Проектирование оснований и фундаментов промышленных и гражданских зданий».

Курсовая проект состоит из расчетно-пояснительной записки со схемами, графиками и таблицами, объемом около 30 страниц писчей бумаги и рабочих чертежей на одном листе ватмана формата А1.

Записка содержит: анализ инженерно-геологических условий строительной площадки, классификационные показатели грунтов; описание конструктивной схемы и особенностей сооружения; выбор конструкций и установление основных размеров двух типов фундаментов (мелкого заложения и свайного); экономические сравнения вариантов; расчет оснований выбранных типов фундаментов по предельным состояниям; соображения по производству работ нулевого цикла.

Рабочие чертежи содержат: план здания; схему расположения фундаментов мелкого заложения с необходимыми сечениями и деталями; схемы расположения свай и свайных ростверков; спецификации сборных конструктивных элементов фундаментов.

3 РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

3.1 ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЗАЧЕТУ

для студентов дневной формы обучения

1. Методы определения гранулометрического состава песчаных грунтов.
2. Методы определения гранулометрического состава связных грунтов.
3. Построение кривой гранулометрического состава.
4. Классификация песчаных грунтов по гранулометрическому составу.
5. Классификация грунтов по показателю максимальной однородности.
6. Физико-механические характеристики грунтов.
7. Основные характеристики грунтов (плотность, влажность, плотность частиц). Методы определения.
8. Расчетные характеристики грунтов (плотность грунтов в сухом состоянии, пористость, коэффициент пористости). Расчетные формулы.
9. Классификация песчаных грунтов по расчетным характеристикам.
10. Характерные влажности связных грунтов. Методы определения.
11. Число пластичности. Показатель текучести (консистенции). Расчетные формулы.
12. Классификация связных грунтов по СТБ 943.
13. Компрессионные испытания грунтов. Построение компрессионной зависимости.
14. Определение коэффициента сжимаемости, коэффициента относительной сжимаемости, модуля деформации грунта по результатам компрессионных испытаний.
15. Испытание связного грунта на консолидацию. Понятие консолидации.
16. Определение начала и конца фильтрационной консолидации по Казагранде и по Тейлору.
17. Определение коэффициента фильтрационной консолидации для односторонней и двухсторонней фильтрации.
18. Определение прочностных характеристик грунтов (сцепление и коэффициент внутреннего трения) испытанием грунта на одноплоскостной срез.
19. Определение нормативных значений прочностных характеристик грунтов статическими методами.
20. Определение расчетных значений прочностных характеристик грунтов по первой и второй группе предельных состояний статистическими методами.

для студентов заочной формы обучения

1. Методы определения гранулометрического состава песчаных грунтов.
2. Методы определения гранулометрического состава связных грунтов.
3. Построение кривой гранулометрического состава.
4. Классификация песчаных грунтов по гранулометрическому составу.
5. Классификация грунтов по показателю максимальной однородности.
6. Физико-механические характеристики грунтов.
7. Основные характеристики грунтов (плотность, влажность, плотность частиц). Методы определения.
8. Расчетные характеристики грунтов (плотность грунтов в сухом состоянии, пористость, коэффициент пористости). Расчетные формулы.
9. Классификация песчаных грунтов по расчетным характеристикам.
10. Характерные влажности связных грунтов. Методы определения.
11. Число пластичности. Показатель текучести (консистенции). Расчетные формулы.
12. Классификация связных грунтов по СТБ 943.
13. Компрессионные испытания грунтов. Построение компрессионной зависимости.
14. Определение коэффициента сжимаемости, коэффициента относительной сжимаемости, модуля деформации грунта по результатам компрессионных испытаний.
15. Испытание связного грунта на консолидацию. Понятие консолидации.
16. Определение начала и конца фильтрационной консолидации по Казагранде и по Тейлору.
17. Определение коэффициента фильтрационной консолидации для односторонней и двухсторонней фильтрации.
18. Определение прочностных характеристик грунтов (сцепление и коэффициент внутреннего трения) испытанием грунта на одноплоскостной срез.
19. Определение нормативных значений прочностных характеристик грунтов статическими методами.
20. Определение расчетных значений прочностных характеристик грунтов по первой и второй группе предельных состояний статистическими методами.

3.2 ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЭКЗАМЕНУ

для студентов дневной формы обучения

для студентов специальности 1-07 02 01

1. Прочность и устойчивость оснований. Фазы напряженно-деформированного состояния грунтов.
2. Типы, виды, разновидности песчаных и пылевато-глинистых грунтов.
3. Определение активного давления грунта на вертикальную гладкую подпорную стенку с горизонтальной поверхностью засыпки по Кулону.
4. Характеристики физических свойств грунтов и методы их определения.
5. Закономерности компрессионного сжатия грунтов; основные зависимости. Закон уплотнения.
6. Критические давления на грунты основания. Определение краевого критического давления.
7. Методика определения давления грунта на стены подвала.
8. Определение напряжений в массиве грунта от действия собственного веса.
9. Сопротивление грунтов сдвигу. Закон Кулона. Характеристики прочности грунтов.
10. Определение напряжений в массиве грунта от действия на его поверхности равномерно распределенной нагрузки (приближенное и строгое решения задачи).
11. Распределение вертикальных напряжений в линейно-деформируемой среде при действии на ее поверхности сосредоточенной силы (задача Буссинеска).
12. Водопроницаемость грунтов. Закон фильтрации. Модель уплотнения во времени водонасыщенного грунта.
13. Методы "угловых точек" определения напряжений в массиве грунта. Использование этого метода в расчетах оснований фундаментов.
14. Методы определения характеристик прочности грунтов. Нормативные и расчетные характеристики прочности.
15. Боковое давление грунта (песчаных и пылевато-глинистых) в предельно напряженном состоянии.
16. Методы определения характеристик прочности грунта. Нормативные и расчетные характеристики прочности.
17. Распределение напряжений в массиве грунта при действии на его поверхности полосовой нагрузки.
18. Модуль деформации грунтов. Методы определения модуля деформации грунтов.
19. Зависимость между деформациями и напряжениями в условиях компрессионного сжатия. Характеристики деформационных свойств грунтов.
20. Расчет осадки фундамента по методу послойного суммирования.

21. Сущность теории фильтрационной консолидации. Методика расчета осадки фундамента во времени.
22. Основные положения расчета гибких фундаментных конструкций по теории упругого полупространства (метод Жемочкина).
23. Основные положения расчета гибких фундаментных конструкций по теории местных упругих деформаций. Недостатки метода.
24. Основные положения расчета оснований по предельным состояниям: группы предельных состояний, нагрузки, сочетания нагрузок; нормативные и расчетные характеристики грунтов.
25. Методика учета деформации слабого грунта подстилающего слоя основания фундамента.
26. Что такое расчетное сопротивление грунта основания и как оно определяется.
27. Основные положения расчета фундамента глубокого заложения.
28. Материалы для устройства фундаментов мелкого заложения. Конструктивные формы фундаментов.
29. Расчет основания свайного куста по деформациям.
30. Типы свай, их конструкции и области применения.
31. Расчетный отказ сваи и контроль за погружением сваи по значению расчетного отказа.
32. Характеристики просадочных свойств грунтов. Методика расчета просадки основания. Фундаменты на просадочных грунтах.
33. Устройство фундаментов и ограждающих конструкций подземных сооружений способом "стена в грунте".
34. Определение несущей способности сваи
35. Защита подвалов от подземных вод.
36. Определение несущей способности сваи испытанием динамической нагрузкой.
37. Определение размеров подошвы фундамента мелкого заложения.
38. Устройство фундаментов с применением опускных колодцев.
39. Устройство фундаментов с применением кессонов. Требования по технике безопасности и охране труда на кессонных работах.
40. Определение несущей способности сваи испытанием статической нагрузкой.
41. Расчет свайного фундамента при действии центрально приложенной нагрузки.
42. Расчет свайного фундамента при действии внецентренной нагрузки.
43. Основные положения расчета фундаментов глубокого заложения с учетом заделки в грунт.
44. Способы устройства набивных и буровых свай.
45. Устройство столбчатых фундаментов из сборных железобетонных оболочек.
46. Особенности устройства фундаментов на неравномерно сжимаемых основаниях.

для студентов специальности 1-07 02 02

1. Устойчивость откосов по методу круглоцилиндрической поверхности
2. Виды свайных фундаментов по способу погружения
3. Какие существуют характеристики сжимаемости грунтов и методы их определения. Как изменяются характеристики сжимаемости под влиянием внешних воздействий и изменения физического состояния грунтов
4. Какие фундаменты относят к фундаментам глубокого заложения, и каковы их особенности
5. Скорость фильтрации. Закон Дарси
6. Особенности устройства фундаментов на неравномерно сжимаемых основаниях
7. Механика грунтов: объект изучения, особенности грунтов как дисперсных пород
8. Распределение давлений под подошвой центрально и внецентренно нагруженных фундаментов
9. На какие классы подразделяются грунты. Как определяется зерновой (гранулометрический) состав глинистых грунтов
10. Как рассчитываются фундаменты на мерзлых и вечномерзлых грунтах. Конструкции фундаментов на вечномерзлых грунтах
11. Расчет основания по несущей способности
12. Особенности расчета фундаментов в сейсмических районах. Конструктивные мероприятия при устройстве фундаментов в сейсмических районах
13. Как определяется давление сыпучих грунтов на подпорные стены
14. Расчет осадки свайного фундамента
15. Закон Кулона для песчаных и глинистых грунтов
16. Виды фундаментов на естественном основании. Чем определяется глубина заложения фундаментов
17. Распределение напряжений в случае плоской задачи (распределенная нагрузка)
18. Особенности набухающих грунтов и виды фундаментов на них
19. Метод эквивалентного слоя
20. Особенности проектирования фундаментов на просадочных грунтах. Мероприятия по обеспечению устойчивости зданий на этих грунтах
21. Как определяется давление связных грунтов на подпорные стены
22. Для чего применяются фундаменты из опускных колодцев. Устройство опускных колодцев
23. Виды воды и газообразных включений в грунте
24. Что такое свая. Виды свай. Как подразделяются свайные фундаменты и их ростверки
25. Характер деформирования песчаных и глинистых грунтов. Принцип линейной деформируемости и его использование в механике грунтов
26. Как оценивается природное состояние вечномерзлых грунтов и

- особенности их текстуры. Почему вечномерзлые грунты рассматриваются как структурно неустойчивые
27. Особенности уплотнения песчаных и глинистых грунтов. Компрессионные испытания, обработка результатов
 28. Особенности устройства кессонных фундаментов
 29. Сопротивление сдвигу. Угол внутреннего трения. Обработка результатов испытания грунта на сдвиг
 30. Предварительное определение размеров фундамента. От чего зависит размер подошвы и высота фундамента
 31. Метод послойного суммирования
 32. Определение числа свай в фундаменте. Принципы конструирования ростверка
 33. Как определяется расчетное сопротивление грунта
 34. Что из себя представляют свай-оболочки и их устройство
 35. Коэффициент фильтрации и методы его определения. Чем обусловлена водопроницаемость грунтов
 36. Особенности возведения фундаментов в просадочных грунтах
 37. Как подразделяются основные и расчетные характеристики физических свойств грунтов
 38. Принципы использования вечномерзлых грунтов в качестве оснований фундаментов. Конструкции фундаментов на вечномерзлых грунтах
 39. Определение напряжений от собственного веса грунта. Фазы напряженного состояния при изменении нагрузки
 40. Определение несущей способности свай в грунте. Основные этапы проектирования свайных фундаментов
 41. Давление грунтов на ограждения: общие понятия, активное и пассивное давления
 42. Как определяется отметка подошвы ростверка для разных грунтовых условий
 43. Сущность фильтрационной консолидации и условия ее применения
 44. Устройство фундаментов из опускных колодцев. Конструкция опускных колодцев
 45. Устойчивость откосов для грунтов, обладающих трением и сцеплением
 46. Виды свайных фундаментов по способу погружения
 47. Давление грунтов на подпорные стены с учетом нагрузки на горизонтальной поверхности засыпки
 48. Методы усиления фундаментов
 49. Оценка природного состояния песчаных и глинистых грунтов
 50. Типы свай, используемых при усилении фундаментов

для студентов заочной формы обучения

1. Устойчивость откосов по методу круглоцилиндрической поверхности
2. Как оценивается природное состояние песчаных грунтов
3. Метод послойного суммирования
4. Меры по обеспечению устойчивости откосов грунта
5. Фазы напряженного состояния грунта
6. Как оценивается природное состояние песчаных грунтов
7. Определение напряжений методом угловых точек
8. Виды нарушения устойчивости массивов грунта
9. Как определяется давление сыпучих грунтов на подпорные стены
10. На какие классы подразделяются песчаные и глинистые грунты
11. Закон Кулона для песчаных и глинистых грунтов Как определяется давление связных грунтов на подпорные стены
13. Устойчивость откоса грунта, обладающего только трением
14. Коэффициент фильтрации грунта и методы его определения. Чем обусловлена водопроницаемость грунтов
15. Распределение напряжений для пространственной задачи (сосредоточенная сила)
16. Учет трения при расчете давления грунта на ограждения
17. Какие существуют характеристики сжимаемости грунта и как они определяются в полевых и лабораторных условиях
18. Механика грунтов: объект изучения, особенности грунтов как дисперсных пород
19. Как определяется зерновой состав грунтов
20. Метод эквивалентного слоя
21. Распределение напряжений в случае плоской задачи (распределенная нагрузка)
22. Определение прочностных характеристик лабораторными и полевыми методами
23. Расчетные модели оснований
24. Как подразделяются основные и расчетные характеристики физических свойств грунта
25. Влияние способа нагружения на характер деформаций
26. Виды воды и газообразных включений в грунте
27. Распределение напряжений под фундаментом конечной жесткости. Метод Жемочкина
28. Виды деформаций грунтов
29. Причины деформаций грунтов
30. Скорость фильтрации. Закон Дарси
31. Закон уплотнения
32. Причины нарушения устойчивости массивов грунта
33. Меры по обеспечению устойчивости откосов грунта
34. Особенности уплотнения песчаных и глинистых грунтов
35. Компрессионные испытания, обработка результатов
36. Динамические модули упругости
37. Распределение напряжений под жестким штампом
38. Определение напряжений от собственного веса грунта

39. Принцип линейной деформируемости грунтов и условия его использования в механике грунтов
40. Динамические нагрузки на грунт. Динамический расчет
41. Расчет осадок методом угловых точек
42. Сущность фильтрационной консолидации и условия ее применения
43. Изменение свойств грунтов при вибрации. Динамическая прочность, виброуплотнение
44. Обработка результатов испытания грунта на сдвиг
45. Устойчивость откоса грунта, обладающего только сцеплением
46. Особенности фильтрации в глинистых грунтах. Понятие начального градиента
47. Сопротивление сдвигу. Угол внутреннего трения
48. Как учитывается наличие нагрузки на горизонтальной поверхности засыпки

3.3 КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ ПРИ ТЕКУЩЕМ И ИТОГОВОМ КОНТРОЛЕ

Текущий контроль знаний студентов

В качестве текущего контроля успеваемости студентов применяются индивидуальные собеседования при защите студентами лабораторных работ и тестовые задания по лекционному материалу.

Показателем успеваемости студента является выполнение необходимого минимума всех видов задания на занятиях в течение семестра.

Итоговый контроль знаний студентов

Итоговый контроль знаний студентов проводится на зачете или экзамене.

КРИТЕРИИ ОЦЕНОК

10 баллов – десять:

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем темам учебной программы, а также по основным вопросам, выходящим за ее пределы;
- точное использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы;
- безупречное владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- выраженная способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы в нестандартной ситуации;
- полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку, использовать научные достижения других дисциплин;
- творческая самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, активное участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

9 баллов – девять:

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем темам учебной программы;
- точное использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;

- способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы в нестандартной ситуации в рамках учебной программы;
- полное усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку;
- самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, творческое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

8 баллов – восемь:

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем поставленным вопросам в объеме учебной программы;
- использование научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- владение инструментарием учебной дисциплины (методами комплексного анализа, техникой информационных технологий), умение его эффективно использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно решать сложные проблемы в рамках учебной программы;
- усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку;
- активная самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, систематическое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

7 баллов – семь:

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем темам учебной программы;
- использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), лингвистически и логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку;
- самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

6 баллов – шесть:

- достаточно полные и систематизированные знания в объеме учебной программы;
- использование необходимой научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении учебных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно применять типовые решения в рамках учебной программы;
- усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в базовых теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им сравнительную оценку;
- активная самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, периодическое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

5 баллов – пять:

- достаточные знания в объеме учебной программы;
- использование научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать выводы;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении учебных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно применять типовые решения в рамках учебной программы;
- усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в базовых теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им сравнительную оценку;
- самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

4 балла – четыре, ЗАЧТЕНО:

- достаточный объем знаний в рамках образовательного стандарта;
- усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении стандартных (типовых) задач;
- умение под руководством преподавателя решать стандартные (типовые) задачи;

- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им оценку;
- работа под руководством преподавателя на практических, лабораторных занятиях, допустимый уровень культуры исполнения заданий.

3 балла – три, НЕЗАЧТЕНО:

- недостаточно полный объем знаний в рамках образовательного стандарта;
- знание части основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- использование научной терминологии, изложение ответа на вопросы с существенными лингвистическими и логическими ошибками;
- слабое владение инструментарием учебной дисциплины, некомпетентность в решении стандартных (типовых) задач;
- неумение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях изучаемой дисциплины;
- пассивность на практических и лабораторных занятиях, низкий уровень культуры исполнения заданий.

2 балла – два, НЕЗАЧТЕНО:

- фрагментарные знания в рамках образовательного стандарта;
- знание отдельных литературных источников, рекомендованных учебной программой дисциплины;
- неумение использовать научную терминологию дисциплины, наличие в ответах грубых стилистических и логических ошибок;
- пассивность на практических и лабораторных занятиях, низкий уровень культуры исполнения заданий.

1 балл – один, НЕЗАЧТЕНО:

- отсутствие знаний и компетенций в рамках образовательного стандарта или отказ от ответа.

КРИТЕРИИ ОЦЕНОК КОНТРОЛЬНЫХ СРОКОВ (КС)

10 баллов (А) заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного программного материала, самостоятельно выполнивший все предусмотренные программой задания, глубоко усвоивший основную и дополнительную литературу, рекомендованную программой, активно работавший на практических, семинарских, лабораторных занятиях, разбирающийся в основных научных концепциях по изучаемой дисциплине, проявивший творческие способности и научный подход в понимании и изложении учебного программного материала, ответ отличается богатством и точностью использованных терминов, материал излагается последовательно и логично.

9 баллов заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое знание учебного программного материала, самостоятельно выполнивший все предусмотренные программой задания, глубоко усвоивший основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой, активно работавший на практических, семинарских, лабораторных занятиях, показавший систематический характер знаний по дисциплине, достаточный для дальнейшей учебы, а также способность к их самостоятельному пополнению, ответ отличается точностью использованных терминов, материал излагается последовательно и логично.

8 баллов заслуживает студент, обнаруживший полное знание учебно-программного материала, не допускающий в ответе существенных неточностей, самостоятельно выполнивший все предусмотренные программой задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную программой, активно работавший на практических, семинарских, лабораторных занятиях, показавший систематический характер знаний по дисциплине, достаточный для дальнейшей учебы, а также способность к их самостоятельному пополнению.

7 баллов заслуживает студент, обнаруживший достаточно полное знание учебно-программного материала, не допускающий в ответе существенных неточностей, самостоятельно выполнивший все предусмотренные программой задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную программой, активно работавший на практических, семинарских, лабораторных занятиях, показавший систематический характер знаний по дисциплине, достаточный для дальнейшей учебы, а также способность к их самостоятельному пополнению.

6 баллов заслуживает студент, обнаруживший достаточно полное знание учебно-программного материала, не допускающий в ответе существенных неточностей, самостоятельно выполнивший основные предусмотренные программой задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную программой, отличавшийся достаточной активностью на практических (семинарских) и лабораторных занятиях, показавший

систематический характер знаний по дисциплине, достаточный для дальнейшей учебы.

5 баллов заслуживает студент, обнаруживший знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, не отличавшийся активностью на практических (семинарских) и лабораторных занятиях, самостоятельно выполнивший основные предусмотренные программой задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную программой, однако допустивший некоторые погрешности при их выполнении и в ответе, но обладающий необходимыми знаниями для их самостоятельного устранения.

4 балла заслуживает студент, обнаруживший знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, не отличавшийся активностью на практических (семинарских) и лабораторных занятиях, самостоятельно выполнивший основные предусмотренные программой задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную программой, однако допустивший некоторые погрешности при их выполнении и в ответе, но обладающий необходимыми знаниями для устранения под руководством преподавателя допущенных погрешностей.

3 балла заслуживает студент, обнаруживший знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, не отличавшийся активностью на практических (семинарских) и лабораторных занятиях, самостоятельно выполнивший основные предусмотренные программой задания, однако допустивший погрешности при их выполнении и в ответе, но обладающий необходимыми знаниями для устранения под руководством преподавателя наиболее существенных погрешностей.

2 балла выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях или отсутствие знаний по значительной части основного учебно-программного материала, не выполнившего самостоятельно предусмотренные программой основные задания, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий, не отработавшему основные практические, семинарские, лабораторные занятия, допускающему существенные ошибки при ответе, и который не может продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

1 балл — отсутствие знаний и компетенций в рамках образовательного стандарта или отказ от ответа (отказ от ответа, представленный ответ полностью не по существу содержащихся в задании вопросов).

0 баллов (не аттестован) – получает студент, систематически пропускавший занятия без уважительной причины.

+ получает студент, не изучающий дисциплину.

у – получает студент, пропускавший занятия по уважительной причине.

КРИТЕРИИ ОЦЕНОК ПО КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ (РАБОТЕ)

10 баллов: выставляется за курсовой проект (работу), который носит исследовательский характер, содержит грамотно изложенный материал с проработкой основной и дополнительной литературы, рекомендованной программой, с соответствующими выводами и обоснованными предложениями. При его защите студент показывает глубокие знания темы, свободно оперирует данными исследований, легко отвечает на поставленные вопросы.

9 баллов: выставляется за курсовой проект (работу), который содержит грамотно изложенный материал с проработкой основной и дополнительной литературы, рекомендованной программой, с соответствующими выводами и обоснованными предложениями. При его защите студент показывает глубокие знания темы, легко отвечает на поставленные вопросы.

8 баллов – 7 баллов: выставляется за курсовой проект (работу), который содержит грамотно изложенный материал при наличии небольших недочетов в его содержании, оформлении или защите с проработкой основной литературы, рекомендованной программой. При его защите студент показывает систематический характер знаний темы, не очень уверенно (хотя и верно) отвечает на поставленные вопросы.

6 баллов – 5 баллов: выставляется за курсовой проект (работу), который удовлетворяет предъявляемым требованиям. В курсовом проекте (работе) сделаны все задания с проработкой основной литературы, однако допущены некоторые погрешности при их выполнении и защите. При его защите студент показывает знания, необходимые для самостоятельного исправления сделанных ошибок.

4 балла (ЗАЧТЕНО): выставляется за курсовой проект (работу), который удовлетворяет предъявляемым требованиям, но является поверхностным, в нем просматриваются непоследовательность изложения материала, представлены необоснованные выводы и предложения. При его защите студент проявляет неуверенность, показывает слабое знание вопросов темы, не дает полного аргументированного ответа на заданные вопросы.

3 балла – 1 балл (НЕЗАЧТЕНО): выставляется за курсовой проект (работу), который не удовлетворяет предъявляемым требованиям, не содержит анализа и практического исследования, выводы и предложения которого носят декларативный характер. При защите проекта (работы) студент затрудняется отвечать на поставленные вопросы по его теме, не знает теории вопроса, при ответе допускает существенные ошибки.

Студент, не представивший в установленный срок готовый курсовой проект (работу) по дисциплине учебного плана или не защитивший его, считается имеющим академическую задолженность и не допускается к сдаче зачета или экзамена по данной дисциплине.

4 ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

Учреждение образования
«Белорусский государственный университет транспорта»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
учреждения образования «Белорусский
государственный университет
транспорта»

 Ю.И. Самодум

« 07 » 07 2016

Регистрационный № УД-24.66 /уч.

МЕХАНИКА ГРУНТОВ, ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ

Учебная программа учреждения высшего образования

по учебной дисциплине для специальности:

1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство»

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта ОСВО 1-70 02 01-2013 по специальности «Промышленное и гражданское строительство», утвержденного и введенного в действие постановлением Министерства образования Республики Беларусь от 30.08.2013 г., № 88 и типовой учебной программы «Механика грунтов, основания и фундаменты» от «03» февраля 2012, регистрационный № ТД-Ј.099/тип.

СОСТАВИТЕЛЬ:

В.В. Галецкий, заведующий кафедрой «Строительные конструкции, основания и фундаменты» учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта», кандидат технических наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

кафедрой «Строительные конструкции, основания и фундаменты» учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта» (протокол № 5 от 12.05.2016 г.);

научно-методической комиссией факультета «Промышленное и гражданское строительство» учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта» (протокол № 5 от 01.06.2016 г.);

методической комиссией заочного факультета учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта» (протокол № 3 от 20.05.2016 г.);

научно-методическим советом учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта» (протокол № 5 от 30.06.2016 г.);

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Актуальность изучения учебной дисциплины

Дисциплина «Механика грунтов, основания и фундаменты» предназначена для изучения свойств грунтов, методов их определения, основ расчета и проектирования фундаментов различных конструкций в зависимости от грунтовых условий.

Любое здание или сооружение строится на грунтовом основании, возводится из грунта как строительного материала или располагается в толще грунта. Если конструкционные материалы в конце процесса их создания обладают заданными прочностными и деформационными свойствами, то грунты основания на каждой строительной площадке состоят из разных сочетаний слоев со своими отличными характеристиками и историей формирования. Поэтому инженеру строителю необходимо уметь правильно оценить инженерно-геологические условия пятна застройки и запроектировать надежные и экономичные фундаменты.

Программа разработана на основе компетентностного подхода, требований к формированию компетенций, сформулированных в образовательном стандарте ОСВО 1-70 02 01-2013 «Промышленное и гражданское строительство».

Дисциплина относится к циклу общепрофессиональных и специальных дисциплин, осваиваемых студентами специальности 1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство».

Цели и задачи учебной дисциплины

Целью изучения дисциплины является формирование знаний о законах механики грунтов; о свойствах грунтов, обусловленных историей их формирования, структурой, температурно-влажностными факторами, динамикой и кинематикой нагружения; о распределении напряжений в массиве грунтов при воздействии собственного веса и нагрузок от возводимых строительных конструкций; о применении наиболее рациональных типов фундаментов и технологий их возведения в различных геологических и гидрогеологических условиях для обеспечения надежной, экономичной и долговременной эксплуатации оснований и фундаментов промышленных и гражданских зданий и сооружений.

Задачи дисциплины:

1. Научить студентов на основе результатов инженерно-геологических изысканий проектировать и возводить технически и экономически обоснованные конструкции нулевого цикла сооружений различного назначения, отвечающие требованиям надежности, прочности, долговечности и экологической безопасности;
2. Дать студентам практические навыки по расчету оснований и фундаментов зданий и сооружений в соответствии с нормативной и научно-технической литературой;
3. Ознакомить студентов с методами и оборудованием для производства работ нулевого цикла, современными автоматизированными программными комплексами, применяемыми при проектировании и строительстве;
4. Научить применять полученные знания по инженерной геологии, гидрогеологии, механике грунтов, основаниям и фундаментам в народном хозяйстве в целях обеспечения устойчивого и инновационного развития экономики Республики Беларусь.

Требования к уровню освоения содержания учебной дисциплины

В результате изучения дисциплины студент должен закрепить и развить следующие академические (АК) и социально-личностные (СЛК) компетенции, предусмотренные в образовательном стандарте ОСВО 1-70 02 01-2013:

АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач;

АК-4. Уметь работать самостоятельно;

АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем;

АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером;

АК-9. Уметь учиться, повышать свою квалификацию;

СЛК-1. Обладать качествами гражданственности;

СЛК-2. Быть способным к социальному взаимодействию;

СЛК-4. Владеть навыками здоровьесбережения;

СЛК-5. Быть способным к критике и самокритике;

СЛК-6. Уметь работать в коллективе.

В результате изучения дисциплины студент должен обладать следующими профессиональными компетенциями (ПК), предусмотренными образовательным стандартом ОСВО 1-70 02 01-2013:

ПК-6. Определять объемы строительно-монтажных работ и потребность в материалах и оборудовании для решения производственных задач на основе правил, норм и технической документации;

ПК-7. Обеспечивать резерв материалов и конструкций, необходимых для выполнения плановых заданий строительного производства;

ПК-10. Проектировать конструктивные схемы зданий и сооружений различного функционального назначения в составе группы специалистов или самостоятельно;

ПК-11. Разрабатывать проекты организации строительства, проекты производства работ и технологические карты на отдельные виды работ;

ПК-12. Выполнять расчеты и конструирование строительных конструкций с использованием методов автоматизированного проектирования;

ПК-15. Организовать работу по подготовке рефератов, научных статей и заявок на изобретения в области промышленного и гражданского строительства.

Для приобретения профессиональных компетенций в результате изучения дисциплины студент должен

знать:

- табулированные и схематизированные способы определения напряжений в грунтах;
- понятия о фазах напряженного состояния в грунтах, а также методику расчетной и предельной нагрузки на грунт;
- методику оценки устойчивости откосов и естественных склонов, а также горизонтального давления грунтов на ограждения;

уметь:

- рассчитывать значения и строить эпюры напряжений в грунтовых толщах;
- производить расчеты вероятных осадок фундаментов и кренов сооружений;
- определять размеры подошвы фундамента в плане;

владеть:

- выполнением оценки устойчивости оснований и фундаментов аналитическими расчетами:
- разработкой проекта производства работ по возведению фундаментов;
- методикой определения физических, деформационных, фильтрационных и прочностных характеристик грунтов и области их применения.

Структура содержания учебной дисциплины

Содержание дисциплины представлено в виде разделов и тем, которые характеризуются относительно самостоятельными укрупненными дидактическими единицами содержания обучения. Содержание тем опирается на приобретенные ранее студентами компетенции при изучении естественнонаучных дисциплин "Физика", "Математика", "Химия", общепрофессиональных дисциплин "Сопrotивление материалов", "Строительная механика" и специальных дисциплин «Строительные материалы и изделия».

Дисциплина изучается в 7 и 8 семестрах для дневной формы обучения (распределение аудиторных часов по семестрам и видам занятий приведено в таблице 1).

Дисциплина изучается в 8, 9 и 10 семестрах для заочной формы обучения при сроке обучения 6 лет (распределение аудиторных часов по семестрам и видам занятий приведено в таблице 2).

Дисциплина изучается в 8 и 9 семестрах для заочной формы обучения при сроке обучения 4 года (распределение аудиторных часов по семестрам и видам занятий приведено в таблице 3).

Форма получения высшего образования – дневная и заочная.

Таблица 1 – Распределение аудиторных часов по семестрам и видам занятий для дневной формы обучения

Семестр	Всего часов	Зачетных единиц	Аудиторных часов	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Практические занятия на КП	Форма текущей аттестации
7	116	3	68	52		16		Зач.
8	236	6	94	48	14	16	16	Экз., КР
	352	9	162	100	14	32	16	

Таблица 2 – Распределение аудиторных часов по семестрам и видам занятий для заочной формы обучения при сроке обучения 6 лет

Семестр	Всего часов	Зачетных единиц	Аудиторных часов	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Форма текущей аттестации
8	10	0	10	6		4	
9	106	3	8	2	6		Зач.
10	236	6	6	2		4	Экз., КР
	352	9	24	10	6	16	

Таблица 3 – Распределение аудиторных часов по семестрам и видам занятий для заочной формы обучения при сроке обучения 4 года

Семестр	Всего часов	Зачетных единиц	Аудиторных часов	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Форма Текущей аттестации
8	10	0	10	6		4	
9	198	9	8	2	6		Экз., КП
	352	9	18	8	6	4	

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. Механика грунтов.

Введение. Основные задачи курса. Значение науки механики грунтов и фундаментостроения в современном строительстве. Исторический обзор становления и развития дисциплины. Основные задачи в области дальнейшего развития фундаментостроения.

Тема 1. Основные виды, состав и состояние грунтов. Строительная классификация грунтов. Состав грунтов. Вода в грунтах, её виды и свойства. Газообразная составляющая грунта. Влияние состава грунта на физико-механические свойства. Структурные связи и строение грунтов. Структура и текстура грунтов.

Тема 2. Физические свойства и классификационные показатели грунтов. Основные физические характеристики грунтов. Производные характеристики грунтов. Гранулометрический состав. Пластичность глинистых грунтов. Понятие об оптимальной плотности скелета грунта и оптимальной влажности грунта.

Тема 3. Основные закономерности механики грунтов.

Механические свойства грунтов.

Сжимаемость грунтов. Физические представления. Компрессионная зависимость. Коэффициент сжимаемости и коэффициент относительной сжимаемости. Структурная прочность грунта. Закон уплотнения и линейная деформируемость грунта. Компрессионная зависимость при объемном сжатии. Определение модуля деформации грунта с помощью компрессионной кривой. Модуль объемной деформации и модуль сдвига.

Водопроницаемость грунтов. Закон ламинарной фильтрации (Дарси). Понятие о начальном градиенте. Определение коэффициента фильтрации. Модель водонасыщенного грунта. Понятие об эффективном и нейтральном давлении.

Сопrotивление грунтов сдвигу. Закон Кулона. Сопrotивление сдвигу сыпучих грунтов. Сопrotивление сдвигу связных консолидированных грунтов. Сопrotивление сдвигу неконсолидированных грунтов. Условия предельного равновесия сыпучих и связных грунтов. Испытание грунтов на сдвиг при простом и трехосном сжатии.

Структурно-фазовая деформируемость грунтов. Общая зависимость между деформациями и напряжениями. Принцип линейной деформируемости.

Полевые методы определения характеристик деформируемости и прочности.

Особенности свойств структурно-неустойчивых грунтов. Мерзлые и вечномерзлые грунты. Лёссовые грунты (лёссы). Просадочные грунты. Набухающие грунты. Слабые водонасыщенные глинистые грунты (илы, ленточные глины, водонасыщенные лессовые грунты). Торф и заторфованные грунты. Засоленные грунты. Насыпные грунты.

Тема 4. Определение напряжений в грунтовой толще.

Напряжения от действия сосредоточенной силы (основная задача). Напряжения от нескольких сосредоточенных сил. Определение сжимающих напряжений способом элементарного суммирования. Определение сжимающих напряжений по методу угловых точек. Распределение напряжений в случае плоской задачи. Распределение давлений по подошве фундаментов (контактная задача). Определение напряжений от собственного веса грунта.

Тема 5. Теория предельного напряженного состояния грунтов.

Понятие о предельном напряженном состоянии (равновесии) грунта. Уравнения предельного равновесия. Фазы напряженного состояния грунтов при возрастании нагрузки. Начальная критическая нагрузка на грунт. Предельная нагрузка на грунт.

Устойчивость грунтов в откосах, склонах. Основные понятия и причины нарушения устойчивости откосов. Устойчивость откоса предельно сыпучего грунта. Устойчивость вертикального откоса в предельно связных грунтах. Устойчивость откосов по теории предельного равновесия. Графоаналитические методы расчета устойчивости откосов (метод круглоцилиндрических поверхностей скольжения). Устойчивость прислоненных откосов. Меры борьбы с оползнями.

Определение давления грунта на подпорные стенки. Понятие об активном давлении и пассивном отпоре грунта. Аналитический метод определения давления грунта на подпорную стенку. Определение давления грунта на подпорные стенки методом теории предельного равновесия. Графоаналитический метод определения давления грунта на подпорную стенку.

Тема 6. Деформации грунтов и прогноз осадки фундаментов.

Виды деформаций и причины их обуславливающие. Упругие деформации грунтов и методы их определения. Условия возникновения упругих деформаций. Метод общих упругих деформаций. Метод местных упругих деформаций. Обобщенные методы определения деформаций.

Прогноз осадок фундаментов. Общие положения. Осадка слоя грунта при сплошной нагрузке (основная задача). Метод послойного суммирования. Метод линейно-деформируемого слоя. Метод эквивалентного слоя грунта. Метод ограниченной сжимаемой толщи. Метод общих деформаций. Учет влияния загрузки соседних площадей фундаментов. Особенности практического использования методов расчета осадок фундаментов.

Прогноз изменения осадок во времени. Общие положения. Одномерная задача консолидации грунтов (основной случай). Другие случаи одномерной задачи консолидации. Учет структурности грунтов (структурной прочности скелета грунта) и сжимаемости газосодержащей поровой воды. Вторичная консолидация. Учет начального гидравлического градиента напора. Учет слоистости залегания грунтов и изменения сжимаемости и водопроницаемости грунта при его уплотнении. Плоская и пространственная задачи теории фильтрационной консолидации грунтов.

Тема 7. Реологические процессы в грунтах и их значение.

Реологические явления в грунтах. Физические причины протекания реологических процессов в грунтах. Длительная прочность грунта и релаксация напряжений. Деформации ползучести грунта при уплотнении. Вопросы нелинейной механики грунтов.

Тема 8. Динамика дисперсных грунтов.

Общие сведения о динамических воздействиях на грунт. Особенности развития объёмных деформаций при динамических воздействиях. Модели основания при динамических воздействиях. Изменение свойств грунтов при динамических воздействиях. Учет динамических воздействий при расчёте оснований.

Раздел II. Основания и фундаменты

Тема 9. Виды фундаментов и области их применения

Типы фундаментов. Фундаменты мелкого и глубокого заложения. Жесткие и гибкие фундаменты. Массивные фундаменты. Свайные фундаменты. Индустриальные конструкции фундаментов.

Тема 10. Основные положения проектирования оснований и фундаментов

Действующие строительные нормы и правила проектирования оснований и фундаментов. Вопросы экономики при проектировании оснований и фундаментов. Исходные данные для проектирования: материалы инженерно-геологических и гидрогеологических изысканий, результаты лабораторных исследований и полевых испытаний, оценка строительных свойств грунтов площадки. Вариантность решений в выборе типа оснований и фундаментов.

Предельные состояния оснований. Группы предельных состояний. Требования, предъявляемые к расчету оснований по несущей способности и по деформациям. Нагрузки нормативные и расчетные. Сочетание нагрузок. Учет перераспределения нагрузок надфундаментной конструкцией. Принципы совместной работы основания и надфундаментной конструкции.

Нормативные и расчетные характеристики грунтов для расчета оснований по первой и второй группам предельных состояний.

Тема 11. Фундаменты мелкого заложения, возводимые в открытых котлованах

Плитные фундаменты мелкого заложения на естественном основании. Определение глубины заложения фундаментов в зависимости от геологических, гидрогеологических условий, сезонного промерзания грунтов, конструктивных и эксплуатационных особенностей зданий и сооружений. Выбор типа и материала фундаментов. Определение размеров фундаментов. Основные принципы конструирования различных типов фундаментов.

Защита подвалов и подземных сооружений от подтопления подземными водами. Защита подвалов и стен от агрессивного действия подземных вод.

Тема 12. Свайные фундаменты и фундаменты глубокого заложения

Условия применения и классификация фундаментов глубокого заложения: свай, свай-оболочек, тонкостенных оболочек, буровых опор, опускных колодцев, кессонов. Их отличие от фундаментов мелкого заложения. Фундаменты, сооружаемые методом "стена в грунте".

Сваи и свайные фундаменты. Виды конструкций и классификация свай, свайных ростверков и свайных фундаментов. Условия применения различных видов свай и свайных фундаментов. Условия работы свай-стоек и свай защемленных в грунте. Определение их несущей способности по прочности материала и прочности грунта. Способы определения несущей способности свай по условиям прочности грунта: по теоретическим формулам; по результатам испытаний статической нагрузкой; по данным пробной забивки (динамический способ); по результатам зондирования в полевых условиях; по эмпирической формуле (сопротивлению грунтов трению по боковой поверхности и среднему сопротивлению сжатия под острием свай). Определение несущей способности свай, работающей на выдергивание.

Условия работы свай в высоком и низком свайных ростверках. Основные принципы расчета свайных фундаментов с высоким ростверком. Расчет свайных фундаментов с низким ростверком. Определение нагрузок на сваи в фундаменте при центральном и внецентренном действии сил.

Тема 13. Методы искусственного улучшения грунтов оснований

Замена слабых грунтов. Устройство песчаных подушек. Механические методы улучшения грунтов оснований. Уплотнение грунтов поверхностным трамбованием, глубинным вибрированием и песчаными сваями, предварительными пригрузками и понижением уровня подземных вод (действие гидродинамического давления). Уплотнение слабых глинистых грунтов вертикальным дренированием.

Методы закрепления структурно-неустойчивых грунтов: химический, электрохимический и термический.

Тема 14. Фундаменты в особых условиях

Фундаменты на структурно-неустойчивых грунтах, илистых, заторфованных, набухающих, ленточных глинах, неравномерно сжимаемых грунтах. Особенности проектирования фундаментов на этих грунтах.

Фундаменты на просадочных грунтах. Лессовые грунты, их свойства, использование их в качестве оснований сооружений. Оценка просадочной толщи лессовых грунтов. Особенности возведения и конструирования фундаментов на этих грунтах.

Фундаменты в условиях вечной мерзлоты. Общие сведения о мерзлых и вечномерзлых грунтах. Свойства мерзлых грунтов при отрицательной температуре и при оттаивании. Принципы использования вечномерзлых грунтов в качестве оснований. Фундаменты на вечномерзлых грунтах. Морозное пучение грунтов и меры борьбы с выпучиванием фундаментов. Вопросы охраны окружающей среды.

Фундаменты в сейсмических районах. Сейсмические воздействия на сооружения. Определение сейсмических нагрузок и динамических коэффициентов. Основные положения проектирования и особенности выбора оснований и конструирования фундаментов в сейсмических районах.

Тема 15. Фундаменты под машины с динамическими нагрузками

Общие сведения о влиянии динамических воздействий на грунт. Классификация машин с динамическими нагрузками; машины периодического и непериодического действия.

Основные принципы расчета и конструирования массивных фундаментов под машины периодического и непериодического (ударного) действия. Понятие о рамных фундаментах. Мероприятия, позволяющие уменьшить амплитуды колебаний.

Тема 16. Усиление и переустройство фундаментов

Причины, вызывающие необходимость усиления оснований и фундаментов. Обследование фундаментов. Оценка напряженного состояния грунтов основания до и после реконструкции зданий и сооружений. Способы усиления оснований и конструкций фундаментов. Различные методы улучшения грунтов оснований. Подведение фундаментов. Пересадка фундамента на сваи.

Тема 17. Фундаменты зданий, примыкающих к существующим

Причины развития дополнительных осадок зданий, при возведении примыкающих к ним сооружений. Особенности проектирования фундаментов вблизи существующих зданий. Мероприятия по уменьшению влияния нового здания на соседние. Новое здание на фундаментах мелкого заложения. Свайные фундаменты для новых зданий.

ХАРАКТЕРИСТИКА КУРСОВОЙ РАБОТЫ

(для дневной формы обучения и для заочной формы обучения при сроке обучения 6 лет)

Название курсовой работы: «Проектирование оснований и фундаментов промышленных и гражданских зданий».

Курсовая проект состоит из расчетно-пояснительной записки со схемами, графиками и таблицами, объемом около 30 страниц писчей бумаги и рабочих чертежей на одном листе ватмана формата А1.

Записка содержит: анализ инженерно-геологических условий строительной площадки, классификационные показатели грунтов; описание конструктивной схемы и особенностей сооружения; выбор конструкций и установление основных размеров двух типов фундаментов (мелкого заложения и свайного); экономические сравнения вариантов; расчет оснований выбранных типов фундаментов по предельным состояниям; соображения по производству работ нулевого цикла.

Рабочие чертежи содержат: план здания; схему расположения фундаментов мелко-го заложения с необходимыми сечениями и деталями; схемы расположения свай и свайных ростверков; спецификации сборных конструктивных элементов фундаментов.

ХАРАКТЕРИСТИКА КУРСОВОГО ПРОЕКТА

(для заочной формы обучения при сроке обучения 4 года)

Название курсового проекта: «Проектирование оснований и фундаментов промышленных и гражданских зданий».

Курсовой проект состоит из расчетно-пояснительной записки со схемами, графиками и таблицами, объемом около 30 страниц писчей бумаги и рабочих чертежей на двух листах ватмана формата А2.

Записка содержит: анализ инженерно-геологических условий строительной площадки, классификационные показатели грунтов; описание конструктивной схемы и особенностей сооружения; выбор конструкций и установление основных размеров двух типов фундаментов; экономические сравнения вариантов; расчет оснований выбранных типов фундаментов по предельным состояниям; соображения по производству работ нулевого цикла.

Рабочие чертежи содержат:

Лист 1 – план здания, схему расположения фундаментов мелко-го заложения с необходимыми сечениями и деталями, спецификации сборных элементов фундаментов, схему производства работ по возведению плитных фундаментов;

Лист 2 – план здания, схемы расположения свай и свайных ростверков; спецификации сборных элементов фундаментов, схему производства работ по забивке свай.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА (дневная форма обучения)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы, занятия; перечень изучаемых вопросов	Количество аудиторных часов				Материальное обеспечение занятия (наглядные, методические пособия и др.)	Литература	Форма контроля знаний
		лекции	лабораторные занятия	практические занятия	Практические занятия на курсовую работу			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
I	Механика грунтов (94 ч.)	52	14	20	8			
	Введение (2 ч.) Основные задачи курса. Значение науки механики грунтов и фундаментостроения в современном строительстве. Исторический обзор становления и развития дисциплины. Основные задачи в области дальнейшего развития фундаментостроения.	2				ММП, У, УП, КЛ	1-8	
1	Основные виды, состав и состояние грунтов (4 ч.)	4						
1.1	Строительная классификация грунтов. Состав грунтов. Вода в грунтах, её виды и свойства. Газообразная составляющая грунта.	2				ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	
1.2	Влияние состава грунта на физико-механические свойства. Структурные связи и строение грунтов. Структура и текстура грунтов.	2				ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	
2	Физические свойства и классификационные показатели грунтов (14 ч.)	4	4	4	2			
2.1	Основные физические характеристики грунтов. Производные характеристики грунтов.	2	2	2	2	ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	
2.2	Гранулометрический состав. Пластичность глинистых грунтов. Понятие об оптимальной плотности скелета грунта и оптимальной влажности грунта.	2	2	2		ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	тест
3	Основные закономерности механики грунтов (28 ч.)	14	10	4				
3.1	Механические свойства грунтов. Сжимаемость грунтов. Физические представления. Компрессионная зависимость. Коэффициент сжимаемости и коэффициент относительной сжимаемости. Структурная прочность грунта. Закон уплотнения и линейная деформируемость грунта. Компрессионная зависимость при объемном сжатии. Определение модуля деформации грунта с помощью компрессионной кривой. Модуль объемной деформации и модуль сдвига.	2	4	2		ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	
3.2	Водопроницаемость грунтов. Закон ламинарной фильтрации (Дарси). Понятие о начальном градиенте. Определение коэффициента фильтрации. Модель водонасыщенного грунта. Понятие об эффективном и нейтральном давлении	2	2			ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	
3.3	Сопrotивление грунтов сдвигу. Закон Кулона. Сопrotивление сдвигу сыпучих грунтов. Сопrotивление сдвигу связных консолидированных грунтов.	2	2	2		ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
3.4	Сопротивление сдвигу неконсолидированных грунтов. Условия предельного равновесия сыпучих и связных грунтов. Испытание грунтов на сдвиг при простом и трехосном сжатии.	2	2			ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	
3.5	Структурно-фазовая деформируемость грунтов. Общая зависимость между деформациями и напряжениями. Принцип линейной деформируемости	2				ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	
3.6	Полевые методы определения характеристик деформируемости и прочности	2				ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	
3.7	Особенности свойств структурно-неустойчивых грунтов. Мерзлые и вечно-мерзлые грунты. Лёссовые грунты (лёссы). Просадочные грунты. Набухающие грунты. Слабые водонасыщенные глинистые грунты (илы, ленточные глины, водонасыщенные лёссовые грунты). Торф и заторфованные грунты. Засоленные грунты. Насыпные грунты	2				ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	тест
4	Определение напряжений в грунтовой толще (8 ч.)	4		4				
4.1	Напряжения от действия сосредоточенной силы (основная задача). Напряжения от нескольких сосредоточенных сил. Определение сжимающих напряжений способом элементарного суммирования. Определение сжимающих напряжений по методу угловых точек.	2		2		ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	
4.2	Распределение напряжений в случае плоской задачи. Распределение давлений по подошве фундаментов (контактная задача). Определение напряжений от собственного веса грунта	2		2		ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	тест
5	Теория предельного напряженного состояния грунтов (16 ч.)	10		4	2			
5.1	Понятие о предельном напряженном состоянии (равновесии) грунта. Уравнения предельного равновесия. Фазы напряженного состояния грунтов при возрастании нагрузки. Начальная критическая нагрузка на грунт. Предельная нагрузка на грунт	2				ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	
5.2	Устойчивость грунтов в откосах, склонах. Основные понятия и причины нарушения устойчивости откосов. Устойчивость откоса предельно сыпучего грунта. Устойчивость вертикального откоса в предельно связных грунтах. Устойчивость откосов по теории предельного равновесия.	2		2		ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	
5.3	Графоаналитические методы расчета устойчивости откосов (метод круглоцилиндрических поверхностей скольжения). Устойчивость прислоненных откосов. Меры борьбы с оползнями.	2				ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	
5.4	Определение давления грунта на подпорные стенки. Понятие об активном давлении и пассивном отпоре грунта. Аналитический метод определения давления грунта на подпорную стенку.	2		2	2	ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	
5.5	Определение давления грунта на подпорные стенки методом теории предельного равновесия. Графоаналитический метод определения давления грунта на подпорную стенку	2				ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	тест

1	2	3	4	5	6	7	8	9
6	Деформации грунтов и прогноз осадки фундаментов (18 ч.)	10		4	4			
6.1	Виды деформаций и причины их обуславливающие. Упругие деформации грунтов и методы их определения. Условия возникновения упругих деформаций. Метод общих упругих деформаций. Метод местных упругих деформаций. Обобщенные методы определения деформаций	2				ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	
6.2	Прогноз осадок фундаментов. Общие положения. Осадка слоя грунта при сплошной нагрузке (основная задача). Метод послойного суммирования. Метод линейно-деформируемого слоя. Метод эквивалентного слоя грунта.	2		2	2	ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	
6.3	Метод ограниченной сжимаемой толщи. Метод общих деформаций. Учет влияния загрузки соседних площадей фундаментов. Особенности практического использования методов расчета осадок фундаментов.	2				ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	
6.4	Прогноз изменения осадок во времени. Общие положения. Одномерная задача консолидации грунтов (основной случай). Другие случаи одномерной задачи консолидации. Учет структурности грунтов (структурной прочности скелета грунта) и сжимаемости газосодержащей поровой воды.	2		2	2	ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	
6.5	Вторичная консолидация. Учет начального гидравлического градиента напора. Учет слоистости залегания грунтов и изменения сжимаемости и водопроницаемости грунта при его уплотнении. Плоская и пространственная задачи теории фильтрационной консолидации грунтов.	2				ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	тест
7	Реологические процессы в грунтах и их значение (2 ч.) Реологические явления в грунтах. Физические причины протекания реологических процессов в грунтах. Длительная прочность грунта и релаксация напряжений. Деформации ползучести грунта при уплотнении. Вопросы нелинейной механики грунтов.	2				ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	
8	Динамика дисперсных грунтов (2 ч.) Общие сведения о динамических воздействиях на грунт. Особенности развития объёмных деформаций при динамических воздействиях. Модели основания при динамических воздействиях. Изменение свойств грунтов при динамических воздействиях. Учет динамических воздействий при расчёте оснований.	2				ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	зачет
II	Основания и фундаменты (68 ч.)	48		12	8			
9	Виды фундаментов и области их применения (2 ч.) Типы фундаментов. Фундаменты мелкого и глубокого заложения. Жесткие и гибкие фундаменты. Массивные фундаменты. Свайные фундаменты. Индустриальные конструкции фундаментов	2				ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	
10	Основные положения проектирования оснований и фундаментов (11 ч.)	5		4	2			
10.1	Действующие строительные нормы и правила проектирования оснований и фундаментов. Вопросы экономики при проектировании оснований и фундаментов. Исходные данные для проектирования: материалы инженерно-геологических и гидрогеологических изысканий, результаты лабораторных исследований и полевых испытаний, оценка строительных свойств грунтов площадки. Вариантность решений в выборе типа оснований и фундаментов	2		2	2	ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
10.2	Предельные состояния оснований. Группы предельных состояний. Требования, предъявляемые к расчету оснований по несущей способности и по деформациям. Нагрузки нормативные и расчетные. Сочетание нагрузок. Учет перераспределения нагрузок надфундаментной конструкцией. Принципы совместной работы основания и надфундаментной конструкции	2		2		ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	
10.3	Нормативные и расчетные характеристики грунтов для расчета оснований по первой и второй группам предельных состояний	1				ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	
11	Фундаменты мелкого заложения, возводимые в открытых котлованах (15 ч.)	7		4	4			
11.1	Плитные фундаменты мелкого заложения на естественном основании. Определение глубины заложения фундаментов в зависимости от геологических, гидрогеологических условий, сезонного промерзания грунтов, конструктивных и эксплуатационных особенностей зданий и сооружений.	2		2	2	ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	
11.2	Выбор типа и материала фундаментов. Определение размеров фундаментов. Основные принципы конструирования различных типов фундаментов	3			2	ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	
11.3	Защита подвалов и подземных сооружений от подтопления подземными водами. Защита подвалов и стен от агрессивного действия подземных вод	2		2		ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	тест
12	Свайные фундаменты и фундаменты глубокого заложения (14 ч.)	8		4	2			
12.1	Условия применения и классификация фундаментов глубокого заложения: свай, свай-оболочек, тонкостенных оболочек, буровых опор, опускных колодцев, кессонов. Их отличие от фундаментов мелкого заложения. Фундаменты, сооружаемые методом "стена в грунте"	2				ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	
12.2	Сваи и свайные фундаменты. Виды конструкций и классификация свай, свайных ростверков и свайных фундаментов. Условия применения различных видов свай и свайных фундаментов. Условия работы свай-стоек и свай заземленных в грунте. Определение их несущей способности по прочности материала и прочности грунта.	2		2		ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	
12.3	Способы определения несущей способности свай по условиям прочности грунта: по теоретическим формулам; по результатам испытаний статической нагрузкой; по данным пробной забивки (динамический способ); по результатам зондирования в полевых условиях; по эмпирической формуле (сопротивлению грунтов трению по боковой поверхности и среднему сопротивлению сжатия под острием свай). Определение несущей способности свай, работающей на выдергивание.	2			2	ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	
12.4	Условия работы свай в высоком и низком свайных ростверках. Основные принципы расчета свайных фундаментов с высоким ростверком. Расчет свайных фундаментов с низким ростверком. Определение нагрузок на сваи в фундаменте при центральном и внецентренном действии сил	2		2		ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	тест

1	2	3	4	5	6	7	8	9
13	Методы искусственного улучшения грунтов оснований (4 ч.)	4						
13.1	Замена слабых грунтов. Устройство песчаных подушек. Механические методы улучшения грунтов оснований. Уплотнение грунтов поверхностным трамбованием, глубинным вибрированием и песчаными сваями, предварительными пригрузками и понижением уровня подземных вод (действие гидродинамического давления). Уплотнение слабых глинистых грунтов вертикальным дренированием	2				ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	
13.2	Методы закрепления структурно-неустойчивых грунтов: химический, электрохимический и термический	2				ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	
14	Фундаменты в особых условиях (8 ч.)	8						
14.1	Фундаменты на структурно-неустойчивых грунтах, илистых, заторфованных, набухающих, ленточных глинах, неравномерно сжимаемых грунтах. Особенности проектирования фундаментов на этих грунтах	2				ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	
14.2	Фундаменты на просадочных грунтах. Лессовые грунты, их свойства, использование их в качестве оснований сооружений. Оценка просадочной толщи лессовых грунтов. Особенности возведения и конструирования фундаментов на этих грунтах	2				ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	
14.3	Фундаменты в условиях вечной мерзлоты. Общие сведения о мерзлых и вечномерзлых грунтах. Свойства мерзлых грунтов при отрицательной температуре и при оттаивании. Принципы использования вечномерзлых грунтов в качестве оснований. Фундаменты на вечномерзлых грунтах. Морозное пучение грунтов и меры борьбы с выпучиванием фундаментов. Вопросы охраны окружающей среды	2				ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	
14.4	Фундаменты в сейсмических районах. Сейсмические воздействия на сооружения. Определение сейсмических нагрузок и динамических коэффициентов. Основные положения проектирования и особенности выбора оснований и конструирования фундаментов в сейсмических районах	2				ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	тест
15	Фундаменты под машины с динамическими нагрузками (4 ч.)	4						
15.1	Общие сведения о влиянии динамических воздействий на грунт. Классификация машин с динамическими нагрузками; машины периодического и непериодического действия	2				ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	
15.2	Основные принципы расчета и конструирования массивных фундаментов под машины периодического и непериодического (ударного) действия. Понятие о рамных фундаментах. Мероприятия, позволяющие уменьшить амплитуды колебаний	2				ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	
16	Усиление и переустройство фундаментов (6 ч.)	6						
16.1	Причины, вызывающие необходимость усиления оснований и фундаментов. Обследование фундаментов.	2				ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
16.2	Оценка напряженного состояния грунтов основания до и после реконструкции зданий и сооружений. Способы усиления оснований и конструкций фундаментов.	2				ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	
16.3	Различные методы улучшения грунтов оснований. Подведение фундаментов. Пересадка фундамента на сваи	2				ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	
17	Фундаменты зданий, примыкающих к существующим (4 ч.)	4						
17.1	Причины развития дополнительных осадок зданий, при возведении примыкающих к ним сооружений. Особенности проектирования фундаментов вблизи существующих зданий.	2				ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	КР
17.2	Мероприятия по уменьшению влияния нового здания на соседние. Новое здание на фундаментах мелкого заложения. Свайные фундаменты для новых зданий.	2				ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	экз.

Условные обозначения: ММП – мультимедийный проектор, У – учебник, КЛ – конспект лекций, НЛ – нормативная литература, УП – учебное пособие

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА
для заочной формы обучения при сроке обучения 6 лет и сроке обучения 4 года*

Номер раздела, темы	Название раздела, темы, занятия; перечень изучаемых вопросов	Количество аудиторных часов			Самостоятельное изучение тем курса, час.	Материальное обеспечение занятия (наглядные, методические пособия и др.)	Литература	Форма контроля знаний
		лекции	лабораторные занятия	практические занятия				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
I	Механика грунтов (94 ч.)	8/6	6/6		80/82			
	Введение (2 ч.) Основные задачи курса. Значение науки механики грунтов и фундаментостроения в современном строительстве. Исторический обзор становления и развития дисциплины. Основные задачи в области дальнейшего развития фундаментостроения.				2/2	ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	
1	Основные виды, состав и состояние грунтов (4 ч.) Строительная классификация грунтов. Состав грунтов. Вода в грунтах, её виды и свойства. Газообразная составляющая грунта. Влияние состава грунта на физико-механические свойства. Структурные связи и строение грунтов. Структура и текстура грунтов.				4/4	ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	
2	Физические свойства и классификационные показатели грунтов (14 ч.) Основные физические характеристики грунтов. Производные характеристики грунтов. Гранулометрический состав. Пластичность глинистых грунтов. Понятие об оптимальной плотности скелета грунта и оптимальной влажности грунта.	2/2	2/2		10/10	ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	
3	Основные закономерности механики грунтов (28 ч.) Механические свойства грунтов. Сжимаемость грунтов. Физические представления. Компрессионная зависимость. Коэффициент сжимаемости и коэффициент относительной сжимаемости. Структурная прочность грунта. Закон уплотнения и линейная деформируемость грунта. Компрессионная зависимость при объемном сжатии. Определение модуля деформации грунта с помощью компрессионной кривой. Модуль объемной деформации и модуль сдвига. Водопроницаемость грунтов. Закон ламинарной фильтрации (Дарси). Понятие о начальном градиенте. Определение коэффициента фильтрации. Модель водонасыщенного грунта. Понятие об эффективном и нейтральном давлении. Сопротивление грунтов сдвигу. Закон Кулона. Сопротивление сдвигу сыпучих грунтов. Сопротивление сдвигу связанных консолидированных грунтов. Сопротивление сдвигу неконсолидированных грунтов. Условия предельного равновесия сыпучих и связанных грунтов. Испытание грунтов на сдвиг при простом и трехосном сжатии. Структурно-фазовая деформируемость грунтов. Общая зависимость между деформациями и напряжениями. Принцип линейной деформируемости. Полевые методы определения характеристик деформируемости и прочности. Особенности свойств структурно-неустойчивых грунтов. Мерзлые и вечномерзлые грунты. Лёссовые грунты (лёссы). Просадочные грунты. Набухающие грунты. Слабые водонасыщенные гли-	4/2	4/4		20/22	ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	

	нистые грунты (илы, ленточные глины, водонасыщенные лессовые грунты). Торф и заторфованные грунты. Засоленные грунты. Насыпные грунты.							
1	2	3	4	5	6	7	8	9
4	<p>Определение напряжений в грунтовой толще (8 ч.) Напряжения от действия сосредоточенной силы (основная задача). Напряжения от нескольких сосредоточенных сил. Определение сжимающих напряжений способом элементарного суммирования. Определение сжимающих напряжений по методу угловых точек. Распределение напряжений в случае плоской задачи. Распределение давлений по подошве фундаментов (контактная задача). Определение напряжений от собственного веса грунта</p>				8/8	ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	
5	<p>Теория предельного напряженного состояния грунтов (16 ч.) Понятие о предельном напряженном состоянии (равновесии) грунта. Уравнения предельного равновесия. Фазы напряженного состояния грунтов при возрастании нагрузки. Начальная критическая нагрузка на грунт. Предельная нагрузка на грунт. Устойчивость грунтов в откосах, склонах. Основные понятия и причины нарушения устойчивости откосов. Устойчивость откоса предельно сыпучего грунта. Устойчивость вертикального откоса в предельно связных грунтах. Устойчивость откосов по теории предельного равновесия. Графоаналитические методы расчета устойчивости откосов (метод круглоцилиндрических поверхностей скольжения). Устойчивость прислоненных откосов. Меры борьбы с оползнями. Определение давления грунта на подпорные стенки. Понятие об активном давлении и пассивном отпоре грунта. Аналитический метод определения давления грунта на подпорную стенку. Определение давления грунта на подпорные стенки методом теории предельного равновесия. Графоаналитический метод определения давления грунта на подпорную стенку</p>				16/16	ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	

6	Деформации грунтов и прогноз осадки фундаментов (18 ч.) Виды деформаций и причины их обуславливающие. Упругие деформации грунтов и методы их определения. Условия возникновения упругих деформаций. Метод общих упругих деформаций. Метод местных упругих деформаций. Обобщенные методы определения деформаций. Прогноз осадок фундаментов. Общие положения. Осадка слоя грунта при сплошной нагрузке (основная задача). Метод послойного суммирования. Метод линейно-деформируемого слоя. Метод эквивалентного слоя грунта. Метод ограниченной сжимаемой толщи. Метод общих деформаций. Учет влияния загрузки соседних площадей фундаментов. Особенности практического использования методов расчета осадок фундаментов. Прогноз изменения осадок во времени. Общие положения. Одномерная задача консолидации грунтов (основной случай). Другие случаи одномерной задачи консолидации. Учет структурности грунтов (структурной прочности скелета грунта) и сжимаемости газосодержащей поровой воды. Вторичная консолидация. Учет начального гидравлического градиента напора. Учет слоистости залегания грунтов и изменения сжимаемости и водопроницаемости грунта при его уплотнении. Плоская и пространственная задачи теории фильтрационной консолидации грунтов.	2/2			16/16	ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
7	Реологические процессы в грунтах и их значение (2 ч.) Реологические явления в грунтах. Физические причины протекания реологических процессов в грунтах. Длительная прочность грунта и релаксация напряжений. Деформации ползучести грунта при уплотнении. Вопросы нелинейной механики грунтов.				2/2	ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	
8	Динамика дисперсных грунтов (2 ч.) Общие сведения о динамических воздействиях на грунт. Особенности развития объемных деформаций при динамических воздействиях. Модели основания при динамических воздействиях. Изменение свойств грунтов при динамических воздействиях. Учет динамических воздействий при расчёте оснований.				2/2	ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	зач./-
II	Основания и фундаменты (68 ч.)	2/2		8/4	58/62			
9	Виды фундаментов и области их применения (2 ч.) Типы фундаментов. Фундаменты мелкого и глубокого заложения. Жесткие и гибкие фундаменты. Массивные фундаменты. Свайные фундаменты. Индустриальные конструкции фундаментов					ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	
10	Основные положения проектирования оснований и фундаментов (11 ч.) Действующие строительные нормы и правила проектирования оснований и фундаментов. Вопросы экономики при проектировании оснований и фундаментов. Исходные данные для проектирования: материалы инженерно-геологических и гидро-геологических изысканий, результаты лабораторных исследований и полевых испытаний, оценка строительных свойств грунтов площадки. Вариантность решений в выборе типа оснований и фундаментов	2/2		4/2		ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	

	Пределные состояния оснований. Группы предельных состояний. Требования, предъявляемые к расчету оснований по несущей способности и по деформациям. Нагрузки нормативные и расчетные. Сочетание нагрузок. Учет перераспределения нагрузок надфундаментной конструкцией. Принципы совместной работы основания и надфундаментной конструкции Нормативные и расчетные характеристики грунтов для расчета оснований по первой и второй группам предельных состояний							
11	Фундаменты мелко заложения, возводимые в открытых котлованах (15 ч.) Плитные фундаменты мелко заложения на естественном основании. Определение глубины заложения фундаментов в зависимости от геологических, гидрогеологических условий, сезонного промерзания грунтов, конструктивных и эксплуатационных особенностей зданий и сооружений. Выбор типа и материала фундаментов. Определение размеров фундаментов. Основные принципы конструирования различных типов фундаментов Защита подвалов и подземных сооружений от подтопления подземными водами. Защита подвалов и стен от агрессивного действия подземных вод			2/1	13/14	ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
12	Свайные фундаменты и фундаменты глубокого заложения (14 ч.) Условия применения и классификация фундаментов глубокого заложения: свай, свай-оболочек, тонкостенных оболочек, буровых опор, опускных колодцев, кессонов. Их отличие от фундаментов мелко заложения. Фундаменты, сооружаемые методом "стена в грунте" Сваи и свайные фундаменты. Виды конструкций и классификация свай, свайных ростверков и свайных фундаментов. Условия применения различных видов свай и свайных фундаментов. Условия работы свай-стоек и свай защемленных в грунте. Определение их несущей способности по прочности материала и прочности грунта. Способы определения несущей способности сваи по условиям прочности грунта: по теоретическим формулам; по результатам испытаний статической нагрузкой; по данным пробной забивки (динамический способ); по результатам зондирования в полевых условиях; по эмпирической формуле (сопротивлению грунтов трению по боковой поверхности и среднему сопротивлению сжатия под острием свай). Определение несущей способности сваи, работающей на выдергивание. Условия работы свай в высоком и низком свайных ростверках. Основные принципы расчета свайных фундаментов с высоким ростверком. Расчет свайных фундаментов с низким ростверком. Определение нагрузок на сваи в фундаменте при центральном и внецентренном действии сил			2/1	12/13	ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	
13	Методы искусственного улучшения грунтов оснований (4 ч.) Замена слабых грунтов. Устройство песчаных подушек. Механические методы улучшения грунтов оснований. Уплотнение грунтов поверхностным трамбованием, глубинным вибрированием и песчаными сваями, предварительными пригрузками и				4/4	ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	

	понижением уровня подземных вод (действие гидродинамического давления). Уплотнение слабых глинистых грунтов вертикальным дренированием Методы закрепления структурно-неустойчивых грунтов: химический, электрохимический и термический							
14	Фундаменты в особых условиях (8 ч.) Фундаменты на структурно-неустойчивых грунтах, илистых, заторфованных, набухающих, ленточных глинах, неравномерно сжимаемых грунтах. Особенности проектирования фундаментов на этих грунтах Фундаменты на просадочных грунтах. Лессовые грунты, их свойства, использование их в качестве оснований сооружений. Оценка просадочной толщи лессовых грунтов. Особенности возведения и конструирования фундаментов на этих грунтах Фундаменты в условиях вечной мерзлоты. Общие сведения о мерзлых и вечномёрзлых грунтах. Свойства мерзлых грунтов при отрицательной температуре и при оттаивании. Принципы использования вечномёрзлых грунтов в качестве оснований. Фундаменты на вечномёрзлых грунтах. Морозное пучение грунтов и меры борьбы с выпучиванием фундаментов. Вопросы охраны окружающей среды Фундаменты в сейсмических районах. Сейсмические воздействия на сооружения. Определение сейсмических нагрузок и динамических коэффициентов. Основные положения проектирования и особенности выбора оснований и конструирования фундаментов в сейсмических районах				8/8	ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
15	Фундаменты под машины с динамическими нагрузками (4 ч.) Общие сведения о влиянии динамических воздействий на грунт. Классификация машин с динамическими нагрузками; машины периодического и непериодического действия Основные принципы расчета и конструирования массивных фундаментов под машины периодического и непериодического (ударного) действия. Понятие о рамных фундаментах. Мероприятия, позволяющие уменьшить амплитуды колебаний				4/4	ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	
16	Усиление и переустройство фундаментов (6 ч.) Причины, вызывающие необходимость усиления оснований и фундаментов. Обследование фундаментов. Оценка напряженного состояния грунтов основания до и после реконструкции зданий и сооружений. Способы усиления оснований и конструкций фундаментов. Различные методы улучшения грунтов оснований. Подведение фундаментов. Пересадка фундамента на сваи				6/6	ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	КР/КП
17	Фундаменты зданий, примыкающих к существующим (4 ч.) Причины развития дополнительных осадок зданий, при возведении примыкающих к ним сооружений. Особенности проектирования фундаментов вблизи существующих зданий. Мероприятия по уменьшению влияния нового здания на соседние. Новое здание на фундаментах мелкого заложения. Свайные фундаменты для новых зданий.				4/4	ММП, У, УП, КЛ, НЛ	1-8	ЭКЗ.

**В числителе указаны часы для заочной формы получения высшего образования со сроком обучения 6 лет, в знаменателе указаны часы*

для заочной формы получения высшего образования со сроком обучения 4 года

Условные обозначения: ММП – мультимедийный проектор, У – учебник, КЛ – конспект лекций, НЛ – нормативная литература, УП – учебное пособие

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

КРИТЕРИИ ОЦЕНОК РЕЗУЛЬТАТОВ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ

10 баллов – десять:

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем темам учебной программы, а также по основным вопросам, выходящим за ее пределы;
- точное использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы;
- безупречное владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- выраженная способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы в нестандартной ситуации;
- полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку, использовать научные достижения других дисциплин;
- творческая самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, активное участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

9 баллов – девять:

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем темам учебной программы;
- точное использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы в нестандартной ситуации в рамках учебной программы;
- полное усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку;
- самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, творческое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

8 баллов – восемь:

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем поставленным вопросам в объеме учебной программы;
- использование научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- владение инструментарием учебной дисциплины (методами комплексного анализа, техникой информационных технологий), умение его эффективно использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно решать сложные проблемы в рамках учебной программы;
- усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;

- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку;
- активная самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, систематическое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

7 баллов – семь:

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем темам учебной программы;
- использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), лингвистически и логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку;
- самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

6 баллов – шесть:

- достаточно полные и систематизированные знания в объеме учебной программы;
- использование необходимой научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении учебных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно применять типовые решения в рамках учебной программы;
- усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в базовых теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им сравнительную оценку;
- активная самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, периодическое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

5 баллов – пять:

- достаточные знания в объеме учебной программы;
- использование научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать выводы;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении учебных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно применять типовые решения в рамках учебной программы;
- усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в базовых теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им сравнительную оценку;
- самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

4 балла – четыре, ЗАЧТЕНО:

- достаточный объем знаний в рамках образовательного стандарта;
- усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении стандартных (типовых) задач;
- умение под руководством преподавателя решать стандартные (типовые) задачи;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им оценку;
- работа под руководством преподавателя на практических, лабораторных занятиях, допустимый уровень культуры исполнения заданий.

3 балла – три, НЕЗАЧТЕНО:

- недостаточно полный объем знаний в рамках образовательного стандарта;
- знание части основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- использование научной терминологии, изложение ответа на вопросы с существенными лингвистическими и логическими ошибками;
- слабое владение инструментарием учебной дисциплины, некомпетентность в решении стандартных (типовых) задач;
- неумение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях изучаемой дисциплины;
- пассивность на практических и лабораторных занятиях, низкий уровень культуры исполнения заданий.

2 балла – два, НЕЗАЧТЕНО:

- фрагментарные знания в рамках образовательного стандарта;
- знание отдельных литературных источников, рекомендованных учебной программой дисциплины;
- неумение использовать научную терминологию дисциплины, наличие в ответах грубых стилистических и логических ошибок;
- пассивность на практических и лабораторных занятиях, низкий уровень культуры исполнения заданий.

1 балл – один, НЕЗАЧТЕНО:

- отсутствие знаний и компетенций в рамках образовательного стандарта или отказ от ответа.

Методы (технологии) обучения

Основными методами (технологиями) обучения, отвечающими целям изучения дисциплины, являются:

- элементы проблемного обучения (проблемное изложение, вариантное изложение, частично-поисковый метод), реализуемые на лекционных занятиях;
- элементы учебно-исследовательской деятельности, реализация творческого подхода, реализуемые на практических занятиях и при самостоятельной работе;
- проектные технологии, используемые при проектировании конкретного объекта, реализуемые при выполнении курсовых проектов.

Организация самостоятельной работы студентов

При изучении дисциплины используется следующая форма самостоятельной работы:

- контролируемая самостоятельная работа в виде решения индивидуальных задач в аудитории во время проведения практических и лабораторных занятий под контролем преподавателя в соответствии с расписанием;
- подготовка рефератов по индивидуальным темам, в том числе с использованием патентных материалов;
- подготовка курсовой работы (курсового проекта) по индивидуальным заданиям, в том числе разноуровневым заданиям.

Диагностика компетенций студента

Оценка учебных достижений студента на зачете и при защите лабораторных работ проводится по системе зачет (незачет).

Оценка учебных достижений студента на экзамене и при защите курсовой работы (курсового проекта) производится по десятибалльной шкале.

Оценка промежуточных учебных достижений студентов осуществляется в соответствии с избранной кафедрой шкалой оценок (десятибалльной).

Для оценки достижений студентов используется следующий диагностический инструментарий (в скобках – какие компетенции проверяются):

- выступление студента на конференции по подготовленному реферату (АК-1, АК-4, АК-7, АК-9, СЛК-2, СЛК-5, СЛК-6, ПК-15);
- проведение текущих контрольных опросов по отдельным темам (АК-1, АК-4, СЛК-2);
- защита курсовой работы (курсового проекта) (АК-1, АК-4, АК-6, АК-7, СЛК-2, ПК-6, ПК-10–ПК-12);
- сдача зачета по дисциплине (АК-1, АК-4, АК-6, АК-7, СЛК-2, ПК-6, ПК-10–ПК-12);
- защита выполненных лабораторных работ и индивидуальных заданий, выполненных на практических занятиях (АК-1, АК-4, СЛК-2, ПК-10);
- сдача экзамена по дисциплине (АК-1, АК-4, АК-6, АК-7, СЛК-2, ПК-6, ПК-10–ПК-12).

Форма проведения зачета – письменно.

Форма проведения экзамена – письменно устно.

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Далматов Б.И. Механика грунтов, основания и фундаменты. М.: Стройиздат, 1988.
2. Далматов Б.И., Морарескул Н.Н., Науменко В.Г. Проектирование фундаментов зданий и промышленных сооружений. М.: Высшая школа, 1986.
3. Вотяков И.Ф. Механика грунтов, основания сооружений. Ч. 1–3. Гомель: БелИИЖТ, 1990, 1993, 1994.
4. Седенко М.В. Геология, гидрогеология и инженерная геология. Изд. 2-е, Минск: Вышш. шк., 1975, 384 с.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

5. Кудрявцев И.А., Пироговский К.Н. Основания и фундаменты. Гомель, 2003.
6. Пироговский К.Н. Механика грунтов: лабораторный практикум. – Гомель: БелГУТ, 2007.
7. Веселов В.А. Проектирование оснований и фундаментов. – М.: Стройиздат, 1978.
8. Вотяков И.Ф. Механика грунтов, основания и фундаменты. Методические указания. Гомель, 1996.

НОРМАТИВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

9. ТКП 45-5.01-254-2012. Основания и фундаменты зданий и сооружений. Основные положения. Строительные нормы.
10. ТКП 45-5.01-67-2007. Фундаменты плитные. Правила проектирования.
11. ТКП 45-5.01-256-2012. Основания и фундаменты зданий и сооружений. Сваи забивные. Правила проектирования и устройства.
12. ТКП 45-5.01-237-2011. Основания и фундаменты зданий и сооружений. Подпорные стены и крепления котлованов. Правила проектирования и устройства.
13. ТКП EN 1998-5-2009 (02250). Еврокод 8. Проектирование сейсмостойких конструкций. Часть 5. Фундаменты, подпорные конструкции и геотехнические аспекты.
14. ТКП EN 1997-1-2009 (02250). Еврокод 7. Геотехническое проектирование. Часть 1. Общие правила.
15. ТКП EN 1997-2-2009 (02250). Еврокод 7. Геотехническое проектирование. Часть 2. Исследования и испытания грунта.
16. СТБ 943–2007. Грунты. Классификация.

ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

1. Определение гранулометрического состава песчаных и глинистых грунтов.
2. Определение физических свойств песчаного грунта.
3. Определение физических свойств глинистого грунта.
4. Исследование деформационных свойств глинистого грунта в условиях компрессионного сжатия.
5. Определение коэффициента фильтрации глинистого грунта в приборе ПФ-1.
6. Испытание глинистого грунта на консолидацию.
7. Определение сопротивления грунта сдвигу.

ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ

1. Классификация грунтов.
2. Назначение глубины заложения фундамента на естественном основании.
3. Конструирование фундамента. Приведение нагрузок к уровню подошвы фундамента. Проверка напряжений в уровне подошвы фундамента.
4. Расчет осадки фундамента методом послойного суммирования или эквивалентного слоя.
5. Расчет осадки фундамента во времени.
6. Глубина заложения подошвы ростверка, назначение опорного слоя, определение требуемой длины свай и ее несущей способности.
7. Расчет количества свай, конструирование ростверка.
8. Расчет осадки свайного фундамента. Сравнение вариантов.

ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

1. Грансостав песчаных грунтов.
2. Определение характеристик физических свойств грунтов.
3. Определение характеристик компрессионных свойств грунтов.
4. Определение характеристик прочностных свойств грунта.

5. Нормативные и расчетные значения характеристик грунта.
6. Определение напряжений от собственного веса грунта.
7. Расчет дополнительных напряжений от действия одной и нескольких сосредоточенных сил.
8. Напряжения в грунтах от равномерно распределенной нагрузки (метод угловых точек, метод послойного элементарного суммирования).
9. Напряжения в грунтах в случае плоской задачи.
10. Устойчивость откосов склонов и выемок.
11. Давление грунтов на подпорную стенку.
12. Выбор глубины заложения фундамента.
13. Определение размеров подошвы фундамента.
14. Определение напряжений под подошвой фундамента.
15. Определение расчетного сопротивления грунта под подошвой фундамента.
16. Расчет осадки фундаментов по методу послойного элементарного суммирования.
17. Расчет осадки фундаментов по методу эквивалентного слоя (Цытовича).
18. Затухание осадок во времени.
19. Конструкции фундаментов под стены и под колонны.
20. Проектирование гидроизоляции фундаментов и подземных частей здания.
21. Выбор типа и длины свай. Назначение глубины заложения ростверка.
22. Определение несущей способности сваи по материалу и по грунту.
23. Определение количества свай. Назначение размеров ростверка.
24. Расчет свайных фундаментов по деформациям.
25. Подбор сваебойного оборудования. Проектный отказ сваи.
26. Фундаменты из буронабивных свай.

**ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «МЕХАНИКА ГРУНТОВ, ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ»
С ДРУГИМИ ДИСЦИПЛИНАМИ СПЕЦИАЛЬНОСТИ**

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Железобетонные и каменные конструкции	Строительные конструкции, основания и фундаменты		
Металлические конструкции	Строительные конструкции, основания и фундаменты		

Учреждение образования
«Белорусский государственный университет транспорта»

УТВЕРЖДАЮ
Первый проректор учреждения
образования «Белорусский
государственный университет
транспорта»



В.Я. Негрей

2015

Регистрационный № УД- 24.51 / уч.

МЕХАНИКА ГРУНТОВ, ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:
1-70 02 02 «Экспертиза и управление недвижимостью»

2015

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта ОСВО 1-70 02 02-2013 по специальности «Экспертиза и управление недвижимостью», утвержденного и введенного в действие постановлением Министерства образования Республики Беларусь от 30.08.2013 г., № 88 и типовой учебной программы «Механика грунтов, основания и фундаменты» от «3» февраля 2012, регистрационный № ТД-Ј.099/тип.

СОСТАВИТЕЛЬ:

Ю.М. Шаповалов, ассистент кафедры «Строительные конструкции, основания и фундаменты» учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта»

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

кафедрой «Строительные конструкции, основания и фундаменты» учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта» (протокол № 8 от 08 июня 2015 г.);

научно-методической комиссией факультета «Промышленное и гражданское строительство» учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта» (протокол № 6 от 10 июня 2015 г.);

научно-методическим советом учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта» (протокол № 5 от 30 июня 2015 г.);

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Актуальность изучения учебной дисциплины

Дисциплина «Механика грунтов, основания и фундаменты» предназначена для изучения свойств грунтов, методов их определения, основ расчета и проектирования фундаментов различных конструкций в зависимости от грунтовых условий.

Любое здание или сооружение строится на грунтовом основании, возводится из грунта как строительного материала или располагается в толще грунта. Если конструкционные материалы в конце процесса их создания обладают заданными прочностными и деформационными свойствами, то грунты основания на каждой строительной площадке состоят из разных сочетаний слоев со своими отличными характеристиками и историей формирования. Поэтому инженеру строителю необходимо уметь правильно оценить инженерно-геологические условия пятна застройки и запроектировать надежные и экономичные фундаменты.

Программа разработана на основе компетентного подхода, требований к формированию компетенций, сформулированных в образовательном стандарте ОСВО 1-70 02 02-2013 «Экспертиза и управление недвижимостью».

Дисциплина относится к циклу общеобразовательных и специальных дисциплин, осваиваемых студентами специальности 1-70 02 02 «Экспертиза и управление недвижимостью».

Цели и задачи учебной дисциплины

Целью изучения дисциплины является формирование знаний о законах механики грунтов; о свойствах грунтов, обусловленных историей их формирования, структурой, температурно-влажностными факторами, динамикой и кинематикой нагружения; о распределении напряжений в массиве грунтов при воздействии собственного веса и нагрузок от возводимых строительных конструкций; о применении наиболее рациональных типов фундаментов и технологий их возведения в различных геологических и гидрогеологических условиях для обеспечения надежной, экономичной и долговременной эксплуатации оснований и фундаментов промышленных и гражданских зданий и сооружений.

Задачи дисциплины:

1. Научить студентов на основе результатов инженерно-геологических изысканий проектировать и возводить технически и экономически обоснованные конструкции нулевого цикла сооружений различного назначения, отвечающие требованиям надежности, прочности, долговечности и экологической безопасности;

2. Дать студентам практические навыки по расчету оснований и фундаментов зданий и сооружений в соответствии с нормативной и научно-технической литературой;

3. Ознакомить студентов с методами и оборудованием для производства работ нулевого цикла, современными автоматизированными программными комплексами, применяемыми при проектировании и строительстве;

4. Научить применять полученные знания по инженерной геологии, гидрогеологии, механике грунтов, основаниям и фундаментам в народном хозяйстве в целях обеспечения устойчивого и инновационного развития экономики Республики Беларусь.

Требования к уровню освоения содержания учебной дисциплины

В результате изучения дисциплины студент должен закрепить и развить следующие академические (АК) и социально-личностные (СЛК) компетенции, предусмотренные в образовательном стандарте ОСВО 1-70 02 02-2013:

АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.

АК-4. Уметь работать самостоятельно.

АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.

АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.

АК-9. Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.

СЛК-1. Обладать качествами гражданственности.

СЛК-2. Быть способным к социальному взаимодействию.

СЛК-3. Обладать способностью к межличностным коммуникациям.

СЛК-4. Обладать навыками здоровьесбережения.

СЛК-5. Быть способным к критике и самокритике.

СЛК-6. Уметь работать в коллективе.

В результате изучения дисциплины студент должен обладать следующими профессиональными компетенциями (ПК), предусмотренными образовательным стандартом ОСВО 1-70 02 02-2013:

ПК-26. Выполнять экономическую оценку земельной собственности, объектов недвижимости, инженерных конструкций и сооружений, оборудования и бизнеса предприятий;

ПК-27. Проводить технико-экономический и финансовый анализ хода реализации инвестиционных программ, экспертизу инвестиционных решений и их использования, оценку различных материальных и нематериальных активов.

Для приобретения профессиональных компетенций в результате изучения дисциплины студент должен

знать:

- табулированные и схематизированные способы определения напряжений в грунтах;
- понятия о фазах напряженного состояния в грунтах, а также методику расчетной и предельной нагрузки на грунт;
- методику оценки устойчивости откосов и естественных склонов, а также горизонтального давления грунтов на ограждения;

уметь:

- рассчитывать значения и строить эпюры напряжений в грунтовых толщах;
- производить расчеты вероятных осадок фундаментов и кренов сооружений;
- определять размеры подошвы фундамента в плане;

владеть:

- выполнением оценки устойчивости оснований и фундаментов аналитическими расчетами:
- разработкой проекта производства работ по возведению фундаментов;
- методикой определения физических, деформационных, фильтрационных и прочностных характеристик грунтов и области их применения.

Структура содержания учебной дисциплины

Содержание дисциплины представлено в виде разделов и тем, которые характеризуются относительно самостоятельными укрупненными дидактическими единицами содержания обучения. Содержание тем опирается на приобретенные ранее студентами компетенции при изучении общепрофессиональных дисциплин «Инженерная геодезия», «Сопротивление материалов», «Строительная механика» и специальной дисциплины «Строительное материаловедение».

Дисциплина изучается в 6 семестре. Форма получения высшего образования – дневная.

В соответствии с учебным планом на изучение дисциплины отведено всего 196 часов, в том числе 80 аудиторных часов, из них лекции – 50 часов, лабораторные занятия – 14 часов, практические занятия – 16 часов. Форма текущей аттестации – курсовая работа, экзамен. Трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Введение

Общие сведения о курсе "Механика грунтов основания и фундаменты", включая спецкурс "Инженерная геология". Задачи каждой дисциплины и связь между ними. Основные понятия. Терминология. Значение инженерной геологии и механики грунтов для проектирования оснований и фундаментов. Исторический обзор становления и развития инженерной геологии и механики грунтов, фундаментостроения. Роль и вклад в науку и практику отечественных и зарубежных учёных. Инновационные технологии в геотехнике, удешевление и улучшение качества нулевого цикла в строительстве.

Раздел 1. Инженерная геология

Тема 1.1. Инженерно-геологические изыскания. Природные геологические процессы

Задание на инженерно-геологические изыскания, их программа, стадии выполнения, организация, состав и объём. Отчёт об инженерно-геологических изысканиях. Глубина разведки. Особенности изыскания для проектов реконструкции и реставрации зданий и сооружений.

Природные геологические процессы и явления: осыпи, обвалы, оползни, сели, суффозия, карст, абразия на берегах морей, озёр и водохранилищ, заиливание и заболачивание территорий. Их учет при строительстве. Разновидности строений грунтовой толщи в основании сооружений. Условия образования и распространения подземных вод. Элювиальные, эоловые, делювиальные, аллювиальные, озёрные, болотные, морские, ледниковые и водно-ледниковые отложения. Их состав и строительные свойства. Просадочные лёссовые и лессовидные грунты. Методы борьбы с просадочностью. Сезонное промерзание грунтов и его влияние на строительство.

Тема 1.2. Процессы в грунте при антропогенном воздействии

Процессы в грунтах при вскрытии котлованов: выветривание, упругое разуплотнение, морозное пучение, оползни, суффозия, пльвуны. Меры борьбы с ними. Деформации при эксплуатации зданий и сооружений: от подтопления и понижения уровня подземных вод, провалы суффозионно-карстовые и от подработки территории, за счет динамических воздействий и увеличения агрессивности подземных вод. Меры по охране подземного пространства от вредных техногенных факторов. Мониторинг при строительстве и эксплуатации сооружений.

Раздел 2. Механика грунтов

Тема 2.1. Природа грунтов и их физические свойства

Генезис грунтов, их основные компоненты, минеральный скелет, вода, газы и биота.

Структура и текстура, зерновой состав грунтов. Показатели их физических свойств: удельный вес (плотность), степень плотности, влажность, степень влажности, пористость, коэффициент пористости, число пластичности, консистенция. Набухание и пучение грунтов, просадка макропористых лессовых грунтов. Капиллярное поднятие воды в порах сыпучих грунтов, размокание связных грунтов.

Тема 2.2. Закономерности механики грунтов, обусловленные пористостью

Сжимаемость грунтов. Физические представления. Закон уплотнения, компрессионная зависимость. Особенности сжимаемости различных грунтов. Определение деформативных характеристик грунтов по результатам пробных нагрузок в полевых условиях.

Водопроницаемость грунтов и закон ламинарной фильтрации. Эффективные и нейтральные давления в полностью водонасыщенных грунтах, консолидация. Фильтрационное давление в грунтах.

Трение в грунтах. Предельное сопротивление срезу при прямом сдвиге. Закон Кулона. Неконсолидированный, консолидированный и частично консолидированный сдвиг. Дилатанция, контракция.

Тема 2.3. Распределение напряжений в грунтах

Принцип линейной деформируемости грунтов. Три фазы напряженного состояния грунтов при непрерывном возрастании нагрузки. Основные положения теории распределения напряжений в грунтах. Распределение напряжений и деформаций в грунтах от действия внешних сил: сосредоточенной силы, равномерно распределённой нагрузки. Метод угловых точек. Распределение напряжений в случае плоской задачи. Главные напряжения в грунте при полосовой нагрузке. Влияние собственного веса грунта. Экспериментальные данные о распределении давлений в грунтах и контактных напряжений по подошве фундаментов.

Тема 2.4. Теория предельного напряженного состояния грунтов и ее приложения

Теория предельного напряжённого состояния грунтов и её приложения. Понятие о предельном равновесии грунтов в данной точке и в грунтовом массиве. Уравнения предельного равновесия сыпучих и связных грунтов. Критическая нагрузка на грунт. Расчётное давление на фундамент. Активное и пассивное предельные состояния грунтов. Давления грунтов на ограждения: активное, пассивное и состояния покоя.

Метод круглоцилиндрических поверхностей скольжения. Меры повышения устойчивости откосов и подпорных стен.

Тема 2.5. Деформации грунтов

Деформации грунтов и расчёт осадок фундаментов. Виды деформаций грунтов и физические причины, их обуславливающие. Деформации уплотнения и набухания грунтов. Методы определения осадок фундаментов. Расчёт осадок фундаментов по методу элементарного суммирования. Сравнение расчётных осадок фундаментов с действительными по данным непосредственных наблюдений. Протекание осадок во времени.

Раздел 3. Основания и фундаменты

Тема 3.1. Проектирование плитных фундаментов

Терминология. Вопросы стандартизации. Естественное и искусственное основания.

Основные положения по проектированию фундаментов. Данные, необходимые для проектирования фундаментов. Виды деформаций сооружений (осадка, просадка, крен,

выгиб, перегиб). Значение инженерно-геологических условий, предельных давлений и деформаций оснований. Выбор глубины заложения фундаментов.

Фундаменты мелкого заложения (плитные) на естественном основании. Классификация фундаментов мелкого заложения по материалу, по способу передачи нагрузки, по методу устройства и по характеру работы кладки. Виды и конструкции фундаментов (сборные бетонные и железобетонные фундаменты, фундаменты стен, колонн, распорных конструкций, подвальных помещений, монолитные отдельные и ленточные фундаменты, перекрестные балочные и сплошные плиты), принципы их конструирования.

Определение размеров подошвы фундаментов при действии центральной, внецентренной, горизонтальной нагрузок и их сочетании с учетом свойств грунтов и характера их напластований, а также уровня подземных вод. Роль формы и размеров фундаментов на особенности их взаимодействия с грунтами основания. Особенности расчёта фундаментов для стен подвальных этажей. Армирование железобетонных фундаментов. Защита фундаментов и подвалов от подземных вод и их агрессивных воздействий.

Фундаменты сельскохозяйственных зданий и построек. Фундаменты резервуаров больших объемов.

Тема 3.2. Сваи и свайные фундаменты

Сваи и свайные фундаменты. Основные определения. Классификация свай и ростверков.

Способы погружения готовых свай при вдавливании, забивке, вибрации и завинчивании, а также устройства на месте без и с вытеснением грунта (буронабивные, буровые, буруинъекционные, винтонабивные, буроопускные и другие разновидности). Явления в грунте при погружении свай и скважинообразователей. Способы проходки скважин и крепления их стенок от обрушения и оплывания грунтов. Приемы бетонирования (формирования) стволов свай в скважинах. Способы опрессовки грунтов вокруг стволов свай и под их нижними концами. Создание уширений вдоль стволов свай.

Конструкции, условия и область применения различных видов свай. Теория работы свай-стоек и защемленных в грунте свай при воздействии вертикальных вдавливающих и выдергивающих усилий, моментных, горизонтальных нагрузок и их сочетаний.

Методы определения несущей способности свай с оценкой степени их достоверности: динамический, по результатам пробной статической нагрузки, практический (по боковому трению и среднему сопротивлению под нижним концом), по результатам пенетрации в полевых условиях.

Работа группы свай. Учет взаимодействия с грунтами низких несущих ростверков. Определение нагрузки на сваи при центральном и внецентренном загрузении.

Расчёт свайных фундаментов по предельным состояниям: проверка прочности оснований и определение осадки свайных фундаментов. Конструирование свайных фундаментов с низким и высоким ростверками.

Тема 3.3. Методы искусственного улучшения грунтов оснований

Механические методы: устройство песчаных подушек, шпунтовые ограждения, пригрузки, замена, армирование и перемешивание грунта. Поверхностное и глубинное уплотнение грунта. Уплотнение слабых глинистых оснований с помощью трамбования и вертикального дренирования. Методы закрепления слабых грунтов: цементация, силикатизация, электро- и газосиликатизация, смолизация, битумизация, глинизация, термические (обжиг, замораживание) и другие.

Тема 3.4. Устройство фундаментов на покрытой водой территории и в обводненных грунтах

Поверхностный водоотлив. Глубинное водопонижение с помощью легких игло-фильтровых установок ЛИУ, эжекторов, погружных насосов. Электроосмос в слабо фильтрующих грунтах. Перемычки: грунтовые, из стального и деревянного шпунтов, козловые, из льда и замороженного или закрепленного фунта. Противофильтрационные диафрагмы и ванны.

Тема 3.5. Фундаменты глубокого заложения

Фундаменты глубокого заложения (ФГЗ), условия их применения, классификация. Опускные колодцы, кессоны, глубокие опоры и сборные железобетонные оболочки, их конструкции, области применения и производство работ по возведению. Профилактика кессонной болезни. Погружение колодцев в тиксотропных рубашках. Принципы расчёта опускных колодцев и оболочек.

Буровые опоры большой грузоподъёмности, сооружаемые под глинистым раствором, колонковым бурением системы Беното и др. Методы определения несущей способности оснований ФГЗ.

Тема 3.6. Траншейные и свайные стены, анкерные крепления

Траншейные и свайные стены, возводимые методом "стена в грунте". Методы производства работ. Определение устойчивости и несущей способности ограждений глубоких котлованов.

Анкерные фундаменты, их классификация и методы устройства. Способы крепления ограждающих конструкций глубоких котлованов: анкерные, нагельные, распорные и подкосные. Их расчет. Принципы расчёта анкерных фундаментов мелких и глубоких по предельным состояниям.

Буроинъекционная, струйная («jet-grouting»), разрядно-импульсная технологии, армированный грунт.

Тема 3.7. Фундаменты в особых инженерно-геологических условиях

Фундаменты на илах, ленточных глинах, набухающих, заторфованных грунтах и торфах, лёссах, лессовидных и вечномёрзлых грунтах. Особенности их конструирования и устройства. Оценка просадочности толщи лёссовых грунтов.

Общие сведения о мёрзлых и вечномёрзлых грунтах. Свойства мёрзлых грунтов при отрицательных температурах и оттаивании. Явления при оттаивании грунтов и замерзании деятельного слоя. Мерзлотное пучение грунтов и меры борьбы с выпучиванием фундаментов. Проектирование фундаментов при возведении сооружения по методу сохранения мерзлого состояния грунтов основании, по конструктивному методу с учётом оттаивания и по методу предварительного оттаивания и подготовки оснований.

Принципы устройства фундаментов в стесненных условиях существующей застройки, а также при возведении зданий вблизи существующих строений, подземных сооружений и коммуникаций. Отсечные конструкции. Метод «вверх-вниз» («top-down») при возведении многоэтажных зданий с многоярусными подземными объемами. Свайно-плитные фундаменты высотных зданий.

Тема 3.8. Фундаменты при динамических нагрузках

Фундаменты при динамических нагрузках (сейсмические, ударные, вибрационные и пульсирующие ветровые воздействия). Основы расчёта и конструирования массивных фундаментов под машины периодического и ударного действия. Понятие о рамных фундаментах под машины.

Тема 3.9. Техническая эксплуатация, реконструкция и усиление оснований и фундаментов

Причины геотехнических реконструкций. Методы реконструкции и усиления фундаментов. Используемые геотехнические технологии и оборудование. Подводка новых фундаментов и возведение новых подземных объемов под существующими зданиями и сооружениями. Способы повышения жесткости и снижения чувствительности зданий к неравномерным осадкам фундаментов. Передвижка и выравнивание кренов зданий.

Тема 3.10. Техника безопасности и охрана окружающей среды при выполнении работ нулевого цикла

Техника безопасности при выполнении работ нулевого цикла. Охрана окружающей среды с использованием геотехнических методов.

Тема 3.11. Основы проектирования оснований и фундаментов, испытаний грунтов в соответствии с евро нормами.

Исходные данные, необходимые для проектирования фундаментов зданий и сооружений. Нагрузки и воздействия на фундаменты. Нормативные и расчетные характеристики грунтов. Основные положения по проектированию фундаментов.

Особенности исследования свойств грунтов в соответствии с евро нормами.

Основные предпосылки по расчету плитных фундаментов и фундаментов глубокого заложения.

ХАРАКТЕРИСТИКА КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Название курсовой работы: «Проектирование оснований и фундаментов промышленных и гражданских зданий».

Курсовая работа состоит из расчетно-пояснительной записки со схемами, графиками и таблицами, объемом около 25 страниц писчей бумаги и рабочих чертежей на одном листе ватмана формата А1.

Записка содержит: анализ инженерно-геологических условий строительной площадки, классификационные показатели грунтов; описание конструктивной схемы и особенностей сооружения; выбор конструкций и установление основных размеров двух типов фундаментов; экономические сравнения вариантов; расчет оснований выбранных типов фундаментов по предельным состояниям; соображения по производству работ нулевого цикла.

Рабочие чертежи содержат: схему сооружения; планы фундаментов с необходимыми сечениями и деталями; спецификации сборных конструктивных элементов фундаментов.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА

Номер раздела, темы	Название раздела, темы, занятия; перечень изучаемых вопросов	Количество аудиторных часов			Материальное обеспечение занятия (наглядные, методические пособия и др.)	Литература	Форма контроля знаний
		лекции	лабораторные занятия	Практические занятия на курсовую работу			
1	2	3	4	5	6	7	8
	Введение (1 ч.) Общие сведения о курсе "Механика грунтов основания и фундаменты", включая спецкурс "Инженерная геология". Задачи каждой дисциплины и связь между ними. Основные понятия. Терминология. Значение инженерной геологии и механики грунтов для проектирования оснований и фундаментов. Исторический обзор становления и развития инженерной геологии и механики грунтов, фундаментостроения. Роль и вклад в науку и практику отечественных и зарубежных учёных. Инновационные технологии в геотехнике, удешевление и улучшение качества нулевого цикла в строительстве.	1			У, ММП	1-4	
1	Инженерная геология (7 ч.)	5		2			
1.1	Инженерно-геологические изыскания. Природные геологические процессы (5 ч.)	3		2			
1.1.1	Задание на инженерно-геологические изыскания, их программа, стадии выполнения, организация, состав и объём. Отчёт об инженерно-геологических изысканиях. Глубина разведки. Особенности изыскания для проектов реконструкции и реставрации зданий и сооружений.	1			У, КЛ	4,16	
1.1.2	Природные геологические процессы и явления: осыпи, обвалы, оползни, сели, суффозия, карст, абразия на берегах морей, озёр и водохранилищ, заиливание и заболачивание территорий. Их учет при строительстве. Разновидности строений грунтовой толщи в основании сооружений. Условия образования и распространения подземных вод. Элювиальные, эоловые, делювиальные, аллювиальные, озёрные, болотные, морские, ледниковые и водноледниковые отложения. Их состав и строительные свойства. Просадочные лёссовые и лёссовидные грунты. Методы борьбы с просадочностью. Сезонное промерзание грунтов и его влияние на строительство.	2		2	У, КЛ	4,16	
1.2	Процессы в грунте при антропогенном воздействии (2 ч.) Процессы в грунтах при вскрытии котлованов: выветривание, упругое разуплотнение, морозное пучение, оползни, суффозия, пльвуны. Меры борьбы с ними. Деформации при эксплуатации зданий и сооружений. Меры по охране подземного пространства от вредных техногенных факторов. Мониторинг при строительстве и эксплуатации сооружений.	2			У, КЛ	4,16	

1	2	3	4	5	6	7	8
2	Механика грунтов (38 ч.)	16	14	8			
2.1	Природа грунтов и их физические свойства (8 ч.) Генезис грунтов, их основные компоненты, минеральный скелет, вода, газы и биота. Структура и текстура, зерновой состав грунтов. Показатели их физических свойств: удельный вес (плотность), степень плотности, влажность, степень влажности, пористость, коэффициент пористости, число пластичности, консистенция. Набухание и пучение грунтов, просадка макропористых лессовых грунтов. Капиллярное поднятие воды в порах сыпучих грунтов, размокание связных грунтов.	2	4	2	У, УП, КЛ	1-3,5-8	
2.2	Закономерности механики грунтов, обусловленные пористостью (10 ч.)	4	4	2			
2.2.1	Сжимаемость грунтов. Физические представления. Закон уплотнения, компрессионная зависимость. Особенности сжимаемости различных грунтов. Определение деформативных характеристик грунтов по результатам пробных нагрузок в полевых условиях.	2	2		У, УП, КЛ	1-3,5-8	
2.2.2	Водопроницаемость грунтов и закон ламинарной фильтрации. Эффективные и нейтральные давления в полностью водонасыщенных грунтах, консолидация. Фильтрационное давление в грунтах. Трение в грунтах. Предельное сопротивление срезу при прямом сдвиге. Закон Кулона. Неконсолидированный, консолидированный и частично консолидированный сдвиг. Дилатанция, контракция.	2	2	2	У, УП, КЛ	1-3,5-8	
2.3	Распределение напряжений в грунтах (8 ч.)	4	2	2			
2.3.1	Принцип линейной деформируемости грунтов. Три фазы напряженного состояния грунтов при непрерывном возрастании нагрузки. Основные положения теории распределения напряжений в грунтах. Распределение напряжений и деформаций в грунтах от действия внешних сил.	2		2	У, УП, КЛ	1-3,5-8	
2.3.2	Метод угловых точек. Распределение напряжений в случае плоской задачи. Главные напряжения в грунте при полосовой нагрузке. Влияние собственного веса грунта. Экспериментальные данные о распределении давлений в грунтах и контактных напряжений по подошве фундаментов.	2	2		У, УП, КЛ	1-3,5-8	
2.4	Теория предельного напряженного состояния грунтов и ее приложения (4 ч.) Теория предельного напряжённого состояния грунтов и её приложения. Понятие о предельном равновесии грунтов в данной точке и в грунтовом массиве. Уравнения предельного равновесия сыпучих и связных грунтов. Критическая нагрузка на грунт. Расчётное давление на фунт. Активное и пассивное предельные состояния грунтов. Давления грунтов на ограждения. Метод круглоцилиндрических поверхностей скольжения. Меры повышения устойчивости откосов и подпорных стен.	2	2		У, УП, КЛ	1-3,5-8	Контр. раб.
2.5	Деформации грунтов (8 ч.)	4	2	2			
2.5.1	Деформации грунтов и расчёт осадок фундаментов. Виды деформаций грунтов и физические причины, их обуславливающие. Деформации уплотнения и набухания грунтов. Методы определения осадок фундаментов.	2	2		У, УП, КЛ	1-3,5-8	

1	2	3	4	5	6	7	8
2.5.2	Расчёт осадок фундаментов по методу элементарного суммирования. Сравнение расчётных осадок фундаментов с действительными по данным непосредственных наблюдений. Протекание осадок во времени.	2		2	У, УП, КЛ	1-3,5-8	Контр. раб.
3	Основания и фундаменты (34 ч.)	28		6			
3.1	Проектирование плитных фундаментов (8 ч.)	6		2			
3.1.1	Терминология. Вопросы стандартизации. Естественное и искусственное основания. Основные положения по проектированию фундаментов. Данные, необходимые для проектирования фундаментов. Виды деформаций сооружений. Значение инженерно-геологических условий, предельных давлений и деформаций оснований. Выбор глубины заложения фундаментов.	2			У, УП, КЛ, ММП	1-3,5-10	
3.1.2	Фундаменты мелкого заложения на естественном основании. Классификация фундаментов мелкого заложения по материалу, по способу передачи нагрузки, по методу устройства и по характеру работы кладки. Виды и конструкции фундаментов, принципы их конструирования.	2			У, УП, КЛ, ММП	1-3,5-10	
3.1.3	Определение размеров подошвы фундаментов при действии центральной, внецентренной, горизонтальной нагрузок и их сочетании с учетом свойств грунтов и характера их напластований, а также уровня подземных вод. Роль формы и размеров фундаментов на особенности их взаимодействия с грунтами основания. Особенности расчёта фундаментов для стен подвальных этажей. Армирование железобетонных фундаментов. Защита фундаментов и подвалов от подземных вод и их агрессивных воздействий. Фундаменты сельскохозяйственных зданий и построек. Фундаменты резервуаров больших объемов.	2		2	У, УП, КЛ, ММП	1-3,5-10	Контр. раб.
3.2	Сваи и свайные фундаменты (8 ч.)	6		2			
3.2.1	Сваи и свайные фундаменты. Основные определения. Классификация свай и ростверков. Способы погружения готовых свай при вдавливании, забивке, вибрации и завинчивании, а также устройства на месте без и с вытеснением грунта. Явления в грунте при погружении свай и скважинообразователей. Способы проходки скважин и крепления их стенок от обрушения и оплывания грунтов. Приемы бетонирования стволов свай в скважинах. Способы опрессовки грунтов вокруг стволов свай и под их нижними концами. Создание уширений вдоль стволов свай.	2			У, УП, КЛ, ММП	1-3,5-12	
3.2.2	Конструкции, условия и область применения различных видов свай. Теория работы свай-стоек и защемленных в грунте свай при воздействии вертикальных вдавливающих и выдергивающих усилий, моментных, горизонтальных нагрузок и их сочетаний. Методы определения несущей способности свай с оценкой степени их достоверности: динамический, практический.	2		2	У, УП, КЛ, ММП	1-3,5-12	
3.2.3	Работа группы свай. Учет взаимодействия с грунтами низких несущих ростверков. Определение нагрузки на сваи при центральном и внецентренном нагружении. Расчёт свайных фундаментов по предельным состояниям: проверка прочности оснований и определение осадки свайных фундаментов. Конструирование свайных фундаментов с низким и высоким ростверками.	2			У, УП, КЛ, ММП	1-3,5-12	

1	2	3	4	5	6	7	8
3.3	Методы искусственного улучшения грунтов оснований (3 ч.) Механические методы: устройство песчаных подушек, шпунтовые ограждения, пригрузки, замена, армирование и перемешивание грунта. Поверхностное и глубинное уплотнение грунта. Уплотнение слабых глинистых оснований с помощью трамбования и вертикального дренирования. Методы закрепления слабых грунтов: цементация, силикатизация, электро- и газосиликатизация, смолизация, битумизация, глинизация, термические и другие.	2		1	У, УП, КЛ, ММП	1-3,9	
3.4	Устройство фундаментов на покрытой водой территории и в обводненных грунтах (2 ч.) Поверхностный водоотлив. Глубинное водопонижение с помощью легких иглофильтровых установок ЛИУ, эжекторов, погружных насосов. Электроосмос в слабо фильтрующих грунтах. Перемычки: грунтовые, из стального и деревянного шпунтов, козловые, из льда и замороженного или закрепленного фунта. Противофильтрационные диафрагмы и ванны.	2			У, УП, КЛ, ММП	1-3,9,12	
3.5	Фундаменты глубокого заложения (2 ч.) Фундаменты глубокого заложения (ФГЗ), условия их применения, классификация. Опускные колодцы, кессоны, глубокие опоры и сборные железобетонные оболочки, их конструкции, области применения и производство работ по возведению. Профилактика кессонной болезни. Погружение колодцев в тиксотропных рубашках. Принципы расчёта опускных колодцев и оболочек. Буровые опоры большой грузоподъёмности, сооружаемые под глинистым раствором, колонковым бурением системы Беното и др. Методы определения несущей способности оснований ФГЗ.	2			У, УП, КЛ, ММП	1-3,9,12, 14,15	
3.6	Траншейные и свайные стены, анкерные крепления (2 ч.) Траншейные и свайные стены, возводимые методом "стена в грунте". Методы производства работ. Определение устойчивости и несущей способности ограждений глубоких котлованов. Анкерные фундаменты, их классификация и методы устройства. Способы крепления ограждающих конструкций глубоких котлованов. Их расчет. Принципы расчёта анкерных фундаментов мелких и глубоких по предельным состояниям. Буриинъекционная, струйная, разрядно-импульсная технологии, армированный грунт.	2			У, УП, КЛ, ММП	1-3,9,12, 14,15	
3.7	Фундаменты в особых инженерно-геологических условиях (3 ч.)	3					
3.7.1	Фундаменты на илах, ленточных глинах, набухающих, заторфованных грунтах и торфах, лёссах, лессовидных и вечномёрзлых грунтах. Особенности их конструирования и устройства. Оценка просадочности толщи лёссовых грунтов. Общие сведения о мёрзлых и вечномёрзлых грунтах. Свойства мёрзлых грунтов при отрицательных температурах и оттаивании. Явления при оттаивании грунтов и замерзании деятельного слоя. Мерзлотное пучение грунтов и меры борьбы с выпучиванием фундаментов. Проектирование фундаментов при возведении сооружений по методу сохранения мерзлого состояния грунтов оснований, по конструктивному методу с учётом оттаивания и по методу предварительного оттаивания и подготовки оснований.	2			У, УП, КЛ, ММП	1-3,9, 13-15	

1	2	3	4	5	6	7	8
3.7.2	Принципы устройства фундаментов в стесненных условиях существующей застройки, а также при возведении зданий вблизи существующих строений, подземных сооружений и коммуникаций. Отсечные конструкции. Метод «вверх-вниз» при возведении многоэтажных зданий с многоярусными подземными объемами. Свайно-плитные фундаменты высотных зданий.	1			У, УП, КЛ, ММП	1-3,9, 13-15	
3.8	Фундаменты при динамических нагрузках (1 ч.) Фундаменты при динамических нагрузках (сейсмические, ударные, вибрационные и пульсирующие ветровые воздействия). Основы расчёта и конструирования массивных фундаментов под машины периодического и ударного действия. Понятие о рамных фундаментах под машины.	1			У, УП, КЛ, ММП	1-3,9	
3.9	Техническая эксплуатация, реконструкция и усиление оснований и фундаментов (3 ч.) Причины геотехнических реконструкций. Методы реконструкции и усиления фундаментов. Используемые геотехнические технологии и оборудование. Подводка новых фундаментов и возведение новых подземных объемов под существующими зданиями и сооружениями. Способы повышения жесткости и снижения чувствительности зданий к неравномерным осадкам фундаментов. Передвижка и выравнивание кренов зданий.	2		1	У, УП, КЛ, ММП	1-3,9, 14,15	
3.10	Техника безопасности и охрана окружающей среды при выполнении работ нулевого цикла (1 ч.) Техника безопасности при выполнении работ нулевого цикла. Охрана окружающей среды с использованием геотехнических методов.	1			У, УП, КЛ, ММП	1-3	КП
3.11	Основы проектирования оснований и фундаментов, испытаний грунтов в соответствии с евронормами (1 ч.) Исходные данные, необходимые для проектирования фундаментов зданий и сооружений. Нагрузки и воздействия на фундаменты. Нормативные и расчетные характеристики грунтов. Основные положения по проектированию фундаментов. Особенности исследования свойств грунтов в соответствии с евронормами. Основные предпосылки по расчету плитных фундаментов и фундаментов глубокого заложения.	1			У, УП, КЛ	13-15	ЭКЗ.

Условные обозначения: ММП – мультимедийный проектор, У – учебник, КЛ – конспект лекций

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

КРИТЕРИИ ОЦЕНОК РЕЗУЛЬТАТОВ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ

10 баллов – десять:

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы, а также по основным вопросам, выходящим за ее пределы;
- точное использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы;
- безупречное владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- выраженная способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы в нестандартной ситуации;
- полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку, использовать научные достижения других дисциплин;
- творческая самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, активное участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

9 баллов – девять:

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы;
- точное использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы в нестандартной ситуации в рамках учебной программы;
- полное усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку;
- самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, творческое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

8 баллов – восемь:

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем поставленным вопросам в объеме учебной программы;
- использование научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- владение инструментарием учебной дисциплины (методами комплексного анализа, техникой информационных технологий), умение его эффективно использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно решать сложные проблемы в рамках учебной программы;
- усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;

- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку;

- активная самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, систематическое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

7 баллов – семь:

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы;

- использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), лингвистически и логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;

- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;

- усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;

- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку;

- самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

6 баллов – шесть:

- достаточно полные и систематизированные знания в объеме учебной программы;

- использование необходимой научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;

- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении учебных и профессиональных задач;

- способность самостоятельно применять типовые решения в рамках учебной программы;

- усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;

- умение ориентироваться в базовых теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им сравнительную оценку;

- активная самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, периодическое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

5 баллов – пять:

- достаточные знания в объеме учебной программы;

- использование научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать выводы;

- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении учебных и профессиональных задач;

- способность самостоятельно применять типовые решения в рамках учебной программы;

- усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;

- умение ориентироваться в базовых теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им сравнительную оценку;

- самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

4 балла – четыре, ЗАЧТЕНО:

- достаточный объем знаний в рамках образовательного стандарта;
- усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении стандартных (типовых) задач;
- умение под руководством преподавателя решать стандартные (типовые) задачи;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им оценку;
- работа под руководством преподавателя на практических, лабораторных занятиях, допустимый уровень культуры исполнения заданий.

3 балла – три, НЕЗАЧТЕНО:

- недостаточно полный объем знаний в рамках образовательного стандарта;
- знание части основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- использование научной терминологии, изложение ответа на вопросы с существенными лингвистическими и логическими ошибками;
- слабое владение инструментарием учебной дисциплины, некомпетентность в решении стандартных (типовых) задач;
- неумение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях изучаемой дисциплины;
- пассивность на практических и лабораторных занятиях, низкий уровень культуры исполнения заданий.

2 балла – два, НЕЗАЧТЕНО:

- фрагментарные знания в рамках образовательного стандарта;
- знание отдельных литературных источников, рекомендованных учебной программой дисциплины;
- неумение использовать научную терминологию дисциплины, наличие в ответах грубых стилистических и логических ошибок;
- пассивность на практических и лабораторных занятиях, низкий уровень культуры исполнения заданий.

1 балл – один, НЕЗАЧТЕНО:

- отсутствие знаний и компетенций в рамках образовательного стандарта или отказ от ответа.

Методы (технологии) обучения

Основными методами (технологиями) обучения, отвечающими целям изучения дисциплины, являются:

- элементы проблемного обучения (проблемное изложение, вариантное изложение, частично-поисковый метод), реализуемые на лекционных занятиях;
- элементы учебно-исследовательской деятельности, реализация творческого подхода, реализуемые на практических и лабораторных занятиях и при самостоятельной работе;
- проектные технологии, используемые при проектировании конкретного объекта, реализуемые при выполнении курсовой работы.

Организация самостоятельной работы студентов

При изучении дисциплины используется следующая форма самостоятельной работы:

- контролируемая самостоятельная работа в виде решения индивидуальных задач в аудитории во время проведения практических и лабораторных занятий под контролем преподавателя в соответствии с расписанием;
- подготовка рефератов по индивидуальным темам, в том числе с использованием патентных материалов;
- подготовка курсовой работы по индивидуальным заданиям, в том числе разноуровневым заданиям.

Диагностика компетенций студента

Оценка учебных достижений студента при защите лабораторных работ проводится по системе зачет (незачет).

Оценка учебных достижений студента на экзамене и при защите курсовой работы производится по десятибалльной шкале.

Оценка промежуточных учебных достижений студентов осуществляется в соответствии с десятибалльной шкалой оценок.

Для оценки достижений студентов используется следующий диагностический инструментарий (в скобках – какие компетенции проверяются):

- выступление студента на конференции по подготовленному реферату (АК-1, АК-7, АК-9, СЛК-2, СЛК-3, СЛК-5);
- проведение текущих контрольных опросов по отдельным темам (АК-1, АК-4, АК-6);
- защита курсовой работы (АК-1, АК-6, АК-7, СЛК-2, СЛК-3, СЛК-5, ПК-26);
- сдача зачета по дисциплине (АК-1, АК-6, АК-7, СЛК-2, СЛК-3, СЛК-5, ПК-27);
- защита выполненных лабораторных работ и индивидуальных заданий, выполненных на практических занятиях (АК-1, АК-4, АК-6);
- сдача экзамена по дисциплине (АК-1, АК-6, АК-7, СЛК-2, СЛК-3, СЛК-5, ПК-26, ПК-27).

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Далматов Б.И. Механика грунтов, основания и фундаменты. М.: Стройиздат, 1988.
2. Далматов Б.И., Морарескул Н.Н., Науменко В.Г. Проектирование фундаментов зданий и промышленных сооружений. М.: Высшая школа, 1986.
3. Вотяков И.Ф. Механика грунтов, основания сооружений. Ч. 1–3. Гомель: БелИИЖТ, 1990, 1993, 1994.
4. Седенко М.В. Геология, гидрогеология и инженерная геология. Изд. 2-е, Минск: Высш. шк., 1975, 384 с.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

5. Кудрявцев И.А., Пироговский К.Н. Основания и фундаменты. Гомель, 2003.
6. Пироговский К.Н. Механика грунтов: лабораторный практикум. – Гомель: БелГУТ, 2007.
7. Веселов В.А. Проектирование оснований и фундаментов. – М.: Стройиздат, 1978.
8. Вотяков И.Ф. Механика грунтов, основания и фундаменты. Методические указания. Гомель, 1996.

НОРМАТИВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

9. ТКП 45-5.01-254-2012. Основания и фундаменты зданий и сооружений. Основные положения. Строительные нормы.
10. ТКП 45-5.01-67-2007. Фундаменты плитные. Правила проектирования.
11. ТКП 45-5.01-256-2012. Основания и фундаменты зданий и сооружений. Сваи забивные. Правила проектирования и устройства.
12. ТКП 45-5.01-237-2011. Основания и фундаменты зданий и сооружений. Подпорные стены и крепления котлованов. Правила проектирования и устройства.
13. ТКП EN 1998-5-2009 (02250). Еврокод 8. Проектирование сейсмостойких конструкций. Часть 5. Фундаменты, подпорные конструкции и геотехнические аспекты.
14. ТКП EN 1997-1-2009 (02250). Еврокод 7. Геотехническое проектирование. Часть 1. Общие правила.
15. ТКП EN 1997-2-2009 (02250). Еврокод 7. Геотехническое проектирование. Часть 2. Исследования и испытания грунта.
16. СТБ 943–2007. Грунты. Классификация.

ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

1. Определение гранспостава грунта.
2. Определение физико-механических свойств песчаного грунта.
3. Определение физико-механических свойств глинистого грунта.
4. Исследование деформационных свойств грунта в условиях компрессионного сжатия.
5. Определение коэффициента фильтрации глинистого грунта в приборе ПФ-1.
6. Испытание глинистого грунта на консолидацию.
7. Определение сопротивления грунта сдвигу.

ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ

1. Классификация грунтов.
2. Назначение глубины заложения фундамента на естественном основании.
3. Конструирование фундамента. Приведение нагрузок к уровню подошвы фундамента. Проверка напряжений в уровне подошвы фундамента.
4. Расчет осадки фундамента.
5. Глубина заложения подошвы ростверка, назначение опорного слоя, определение требуемой длины свай и ее несущей способности.
6. Расчет количества свай, конструирование ростверка.
7. Проверки свайного фундамента как условного массива.
8. Расчет осадки свайного фундамента. Сравнение вариантов.

**ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «МЕХАНИКА ГРУНТОВ, ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ»
С ДРУГИМИ ДИСЦИПЛИНАМИ СПЕЦИАЛЬНОСТИ**

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Железобетонные и каменные конструкции	Строительные конструкции, основания и фундаменты		
Металлические конструкции	Строительные конструкции, основания и фундаменты		
Эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт зданий и сооружений	Промышленные и гражданские сооружения		