

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ**

**ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
 «ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**(ДГТУ)**

**ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ**

**Методическое указание к контрольным работам**

**по дисциплине**

**«**Основания и фундаменты высотных зданий»

обучающихся

по направлению 08.04.01 программы

«Промышленное и гражданское строительство»

всех форм обучения

Ростов-на-Дону

2019

**УДК 624.15 (075.8)**

Изложены основные положения по проектированию оснований и фундаментов зданий и сооружений нормального и повышенного уровня ответственности. Значительное внимание обращено определению нагрузок на элементы и части зданий, выбору рациональной конструкции фундаментов, оценке работы оснований и фундаментов в сейсмических районах и другим вопросам.

Предназначено для студентов, обучающихся по дисциплине **«**Основание и фундаменты высотных зданий»направления 08.04.01 программы«Промышленное и гражданское строительство»всех форм обученияи может быть полезно при дипломном проектировании.

Составитель:

Доцент Закиева Н.И.

© Донской государственный технический университет, 2019

# ОГЛАВЛЕНИЕ

[Введение 5](#_TOC_250005)

* + - 1. [Задание и исходные данные… 6](#_TOC_250004)
      2. [Анализ местных условий строительства 11](#_TOC_250003)
      3. [Сбор нагрузок 11](#_TOC_250002)
      4. [Проектирование фундамента… 18](#_TOC_250001)

[Литература… 23](#_TOC_250000)

# ВВЕДЕНИЕ

Как показывает практика, объем строительства высотных зданий постоянно увеличивается. В соответствии с принятой в России классификацией все здания высотой более 75 м считаются высотными, а более 100 м – относятся к уникальным и имеют повышенный уровень ответственности. В настоящее время уже построено несколько сотен зданий высотой более 200 м и общепризнанными лидерами (в последнее время) в строительстве уникальных зданий являются ОАЭ и КНР. К проектированию и строительству подобных сооружений предъявляются более высокие требования безопасности, надежности, долговечности и контролю в процессе строительства и эксплуатации.

Проектирование оснований и фундаментов выполняется согласно действующим нормативным документам с учетом обеспечения прочности и соответствия эксплуатационным требованиям к зданиям и сооружениям, максимального использования прочностных и деформационных свойств грунтов основания, а также прочности материала фундамента. Выбор рационального типа оснований и фундаментов находится в прямой зависимости от инженерно-геологических условий строительной площадки и правильного выбора конструктивной и расчетной схем, которые должны обеспечить учет основных факторов, влияющих на совместную работу в реальных условиях.

В настоящих указаниях на примере показаны основные этапы проектирования фундамента под многоэтажное здание повышенной ответственности, а также варианты рефератов, выполняемых по данному направлению.

# Задание и исходные данные.

# Контрольная работа 1.

Примерные темы рефератов контрольной работы:

"Основания и фундаменты высотных зданий"

1. Влияние ограждающей конструкции котлована на перемещение и деформацию фундаментной плиты.

2. Взаимовлияние между фундаментами при строительстве высотных зданий в составе многофункциональных комплексов.

3. Случайная неоднородность грунта основания.

4. Проектирование фундаментов с основанием из переуплотненных грунтов.

5. Зависимость модуля деформации грунта от напряженного состояния.

6. Методики проведения испытания свай.

7. Изготовление и усиление буронабивных свай.

8. Исследование конструктивных типов фундаментов высотных зданий.

9. Основания и фундаменты при реконструкции высотных зданий.

10. Методика выбора оптимальных фундаментов высотных зданий.

11. Особенности проектирования и расчета оснований и фундаментов высотных зданий.

# 12. Проектирование и устройство подземной части высотных зданий.

# Контрольная работа 2.

Исходные данные для курсового проектирования приведены в задании.

В курсовом проекте требуется запроектировать фундамент под многоэтажный жилой дом повышенного уровня ответственности.

В соответствии с ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» (ФЗ N 384 от 30.12.2009) все здания и сооружения подразделяются на три уровня ответственности: повышенный, нормальный и пониженный.

В Градостроительном кодексе приводится разъяснение, какие объекты относятся к особо опасным, технически сложным и уникальным (ст. 48.1).

В нормативных документах, регламентирующих расчет оснований, фундаментов и конструктивных элементов зданий и сооружений, а именно ГОСТ 27751-2014 «Надежность строительных конструкций и оснований» и СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений», введены такие понятия как геотехническая категория и класс сооружений.

В соответствии с ГОСТ 27751 для каждого сооружения необходимо установить его класс (КС-1, КС-2 или КС-3) в зависимости от его назначения, а также социальных, экологических и экономических последствий их повреждений и разрушений.

Класс сооружений КС-1:

а) теплицы, парники, мобильные здания (сборно-разборные и контейнерного типа), склады временного содержания, в которых не предусматривается постоянного пребывания людей;

б) сооружения с ограниченными сроками службы и пребыванием в них людей.

Класс сооружений КС-2:

здания и сооружения, не вошедшие в классы КС-1 и КС-3. Класс сооружений КС-3:

а) здания и сооружения особо опасных и технически сложных объектов.

б) все сооружения, при проектировании и строительстве которых используются принципиально новые конструктивные решения и технологии, которые не прошли проверку в практике строительства и эксплуатации;

в) объекты жизнеобеспечения городов и населенных пунктов;

е) тоннели, трубопроводы на дорогах высшей категории или имеющие протяженность более 500 м;

ж) строительные объекты высотой более 100 метров;

и) пролетные строения мостов с пролетом более 200 метров;

к) большепролетные покрытия строительных объектов с пролетом более 100 метров;

л) строительные объекты с консольными конструкциями более 20 метров;

м) строительные объекты с заглублением подземной части более чем на 15 метров.

Только четыре пункта соответствуют Градостроительному кодексу.

По мнению некоторых ученых, размеры не полностью отражают смысл понятия «уникальное здание или сооружение». Действительно, уникальным может быть и небольшое по размеру здание, – невысокое, подземное, впервые оснащенное новейшим оборудованием, посаженное на впервые встретившееся сочетание грунтов, приближенное к источникам сильной вибрации и так далее. Объединяющим фактором в данном случае является отсутствие на момент их создания соответствующих нормативов и технических регламентов. Следовательно, когда у проектировщика в том или ином случае нет возможности обратиться к строительным нормам – значит, он имеет дело с уникальным объектом. Общее в уникальных зданиях – только их обособленность от других, неповторимость.

В СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений», в соответствии с которым требования, предъявляемые к инженерным изысканиям, расчетам и проектированию оснований и фундаментов сооружений, зависят от уровня их ответственности и геотехнической категории.

Геотехническая категория объекта строительства представляет собой категорию его сложности с точки зрения геотехнического проектирования, которую определяют в зависимости от уровня ответственности объекта и сложности инженерно-геологических условий площадки строительства.

Категорию сложности инженерно-геологических условий строительства следует определять в соответствии с СП47.13330.2016

«Инженерные изыскания для строительства. Основные положения».

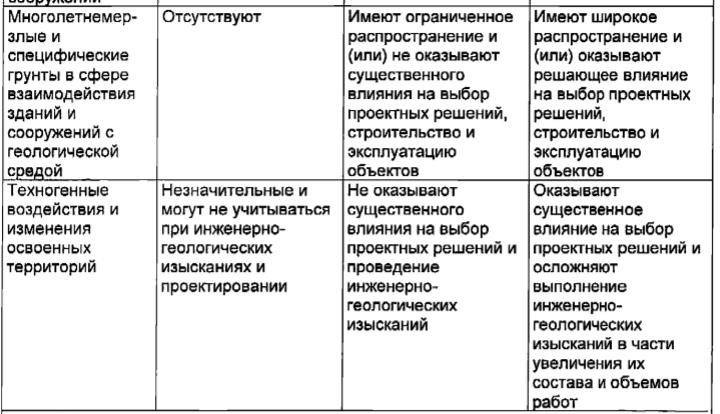
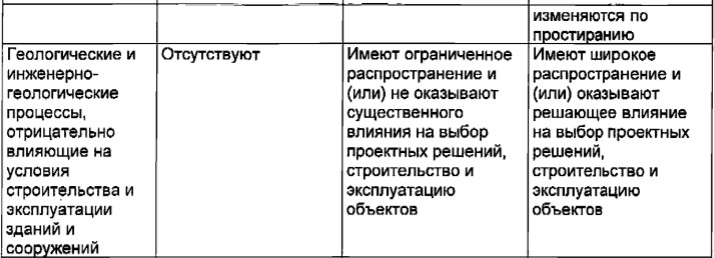
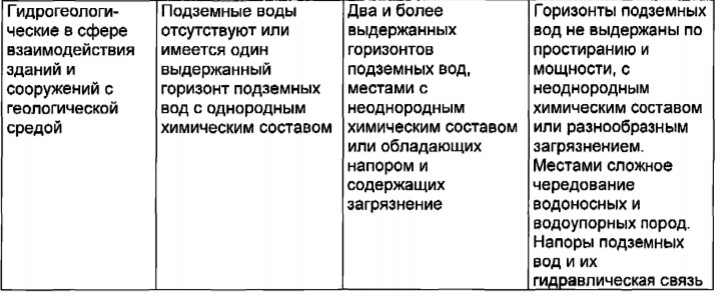
Для назначения требований к инженерным изысканиям и проектированию оснований и фундаментов должна быть установлена геотехническая категория сооружения.

Геотехнические категории подразделяются на: 1 (простая), 2 (средняя), 3 (сложная).



Категории сложности инженерно-геологических условий согласно СП 47.13330.2016 (Приложение Г) подразделяются на:

* I простая
* II средняя
* III сложная



Геотехническую категорию сооружения следует устанавливать до начала изысканий на основе анализа материалов изысканий прошлых лет и уровня ответственности сооружения. Категория может быть уточнена на стадии инженерных изысканий, либо на стадии проектирования.

Фундаменты зданий и сооружений должны проектироваться на основе:

* результатов инженерно-геологических, оценки свойств грунтов и климатических условий площадки строительства;
* данных, характеризующих возводимое здание (сооружение), его конструктивных особенностей, нагрузок, передаваемых на фундаменты;
* опыта работы в местных условиях строительства и эксплуатации зданий (сооружений);
* технико-экономического сравнения различных вариантов для принятия оптимального решения.

В задании на курсовой проект приводятся следующие инженерно- геологические данные:

* план строительной площадки с указанием точек, в которых пробурены разведочные скважины;
* инженерно-геологический разрез, построенный по данным разведочного бурения;
* основные характеристики свойств грунтов каждого разведанного инженерно-геологического элемента (ИГЭ): плотность грунта ρ, плотность частиц грунта ρs, природная влажность W, влажность на границе текучести WL и раскатывания WP, модуль деформации *Е*, угол внутреннего трения φ, удельное сцепление *С*.

Конструктивная схема здания приведена в приложении к заданию. При анализе технологического назначения здания выясняют:

* класс ответственности здания или сооружения;
* технологическое назначение здания;
* температурный режим в здании;
* значения нагрузок от сырья, материалов, изделий и т.д. на полы, примыкающие к проектируемым фундаментам;
* наличие, расположение и размеры технологических заглубленных помещений и фундаментов под технологическое оборудование и т.д.

При анализе конструктивной схемы здания выясняют:

размеры, материалы, планово-высотную привязку конструкций, под которые проектируются фундаменты;

* конструкцию полов;
* гибкая или жесткая конструктивная схема здания;
* чувствительность здания к деформациям основания (задают предельные деформации, обеспечивающие нормальную эксплуатацию здания).

Определяют нагрузки, действующие на фундамент в уровне его обреза или в уровне поверхности планировки.

# Анализ местных условий строительства

В данном разделе курсового преокта необходимо произвести анализ инженерно-геологических, инженерно-гидрометеорологических условий площадки строительства.

Классификация грунтов и определение характеристик грунтов должны соответствовать ГОСТ 25100-2011.

Как праквило, характеристики грунтов основания должны определяться по результатм непосредственных лабораторных или полевых испытаний. В соответствии с СП 22.13330.2016 для геотехнической категории 3 характеристики грунтов (как природного сложения, так и искусственного происхождения) следует устанавливать на основании испытаний как в лабораторных, так и в полевых условиях (с учетом возможного изменения влажности грунтов в процессе строительства и эксплуатации сооружений), должны быть определены состав и свойства специфических грунтов (просадочные, набухающие, вечномерзлые, засоленные и т.д.), проведены все необходимые исследования, связанные с развитием опасных геологических и инженерно-геологических процессов.

При анализе инженерно-гидрометеорологических условий рекомендуется использовать сведения из СП 131.13330.2012 «Строительная климатология».

В результате анализа инженерно-геологических, инженерно- гидрометеорологических условий должны быть определены: номенклатура грунтов, слагающих толщу; их физические и механические свойства; толщина слоев; наличие грунтов со специфическими свойствами; возможность проявления опасных инженерно-геологических проецессов; расположение и состав подземных вод; возможность изменения инженерно- геологических и гидрогеологических условий в процессе эксплуатации проектируемого сооружения; рельеф строительной площадки и т.д.

# Сбор нагрузок

Нагрузки и воздействия на основание, передаваемые фундаментом, следует устанавливать расчетом исходя из рассмотрения совместной работы сооружения и основания, с учетом возможного изменения на различных стадиях возведения и эксплуатации сооружения в соответствии с СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия».

Для расчета принимаются следующие виды нагрузок:

1. Постоянные – нагрузка от собственного веса несущих конструкций и наружных стен.
2. Временные:

* *длительные* – вес от перегородок и внутреннего инженерного оборудования;
* *кратковременные* – нагрузки от людей, автотранспорта, снеговая нагрузка.

Нормативные значения постоянных нагрузок от собственного веса конструкций и грунтов определяют по проектным значениям геометрических и конструктивных параметров и по средним значениям плотности как произведение объема на удельный вес материала. Масса сборных конструкций приводится в ГОСТах или паспортах на изделия.

Возможное отклонение нагрузок в неблагоприятную (большую или меньшую) сторону от их нормативных значений вследствие изменчивости нагрузок или отступлений от условий нормальной эксплуатации учитывается умножением нормативных нагрузок на коэффициенты надежности по нагрузке *γf*. Для расчетов оснований и фундаментов по деформациям *γf* =1. Для расчетов по первой группе значения *γf* принимаются по СП 20

«Нагрузки и воздействия».

Ветровое давление является существенной динамической нагрузкой, т.к. при ее действии, в общем случае, может меняться величина нагрузки, место ее приложения и направление. При колебаниях в элементах сооружения возникают значительные силы инерции, которые влияют на НДС сооружения.

Согласно СП 20 «Нагрузки и воздействия» нормативное значение основной ветровой нагрузки во всех случаях определяется как сумма средней и пульсационной составляющих:

*w*=*wm*+*wp*

Для определения средней составляющей нагрузки в какой-либо точке достаточно знать форму сооружения, тип местности, в которой оно расположено и высоту точки над поверхностью планировки:

*wm*=*w*0*k(ze)c*

*w*0 – нормативное значение ветрового давления, принимается в зависимости от ветрового района по табл. 11.1 [2].

*k(ze)* – к-т, учитывающий изменение ветрового давления для высоты *ze*; *с* – аэродинамический коэффициент.

Для определения изменения ветрового давления по высоте сооружения *k(ze)* используется степенной закон изменения нормативной скорости ветра с изменением высоты в нижнем слое атмосферы. Показатель степени в этом

законе зависит от шероховатости подстилающей поверхности и от самой скорости ветра.

В зависимости от шероховатости подстилающей поверхности земли различают местности типа А, Б и С.

А – открытые побережья морей, озер, водохранилищ, сельские местности, в том числе с постройками высотой менее 10 м, пустыни, степи, лесостепи, тундра;

В – городские территории, лесные массивы и другие местности, равномерно покрытые препятствиями высотой более 10 м;

С – городские районы с плотной застройкой зданиями высотой более

25 м.

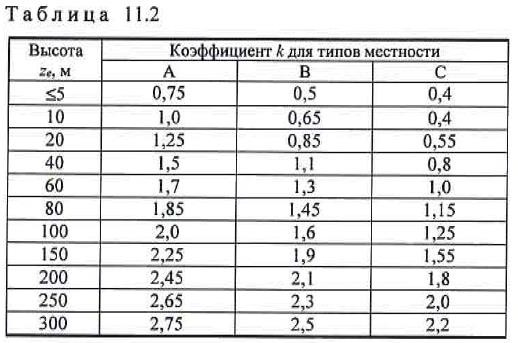
Сооружение считается расположенным в местности данного типа, если

эта местность сохраняется с наветренной стороны сооружения на расстоянии 30h – при высоте сооружения < 60 м и на расстоянии 2 км – при h > 60 м.

(Типы местности могут быть различными для разных расчетных направлений ветра).

К-т *k(ze)* для высот *ze* ≤ 300 м определяется по табл. 11.2 или формуле

* 1. СП 20, в зависимости от типа местности.

Для промежуточных высот - интерполяцией.

Значения коэффициентов *k(ze)* определяют с наветренной и подветренной сторон, разбивая здание по высоте на отдельные зоны высотой не более 10 м.

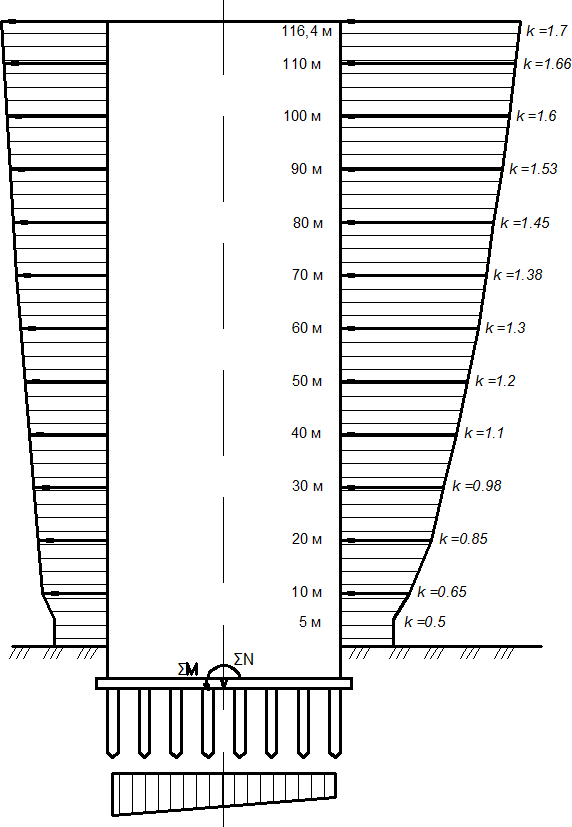


Рис. 1.1 – Схема к определению ветровой нагрузки, нормальной к поверхности здания

Нормативное и расчетное значение ветровой нагрузки, нормальной по высоте здания, с наветренной стороны:

*wIIi*

 * n*  *l*0  *w*0  *c*  *k*(*ze* )

* n* - к-т надежности по назначению, для ЗиС пов. отв. – 1,1;

*с* – аэродинамический к-т, зависящий от конфигурации здания. Значения к-в принимаются для отдельных поверхностей или точек здания как к-ты давления, которые следует учитывать при определении ветровой нагрузки, нормальной к рассматриваемой поверхности и относящейся к единице площади этой поверхности. Положительным значениям к-та давления соответствует направление давления к поверхности сооружения, а отрицательным – направление от поверхности. Для наветренных вертикальных поверхностей *с* = + 0,8, для подветренных *с* = - 0,6.

Расчет пульсационной составляющей ветровой нагрузки состоит из двух этапов:

* определение частот собственных колебаний сооружения;
* расчет пульсационной составляющей в зависимости от положения частот собственных форм колебаний здания в полученном спектре.

# Реализация расчета нагрузок в ПК

Для расчета частоты собственных колебаний и пульсации ветра воспользуемся программными комплексами SCAD Office, STARK ES, Лира или ANSYS.

В ПК необходимо создать расчетную пространственную плитно- стержневую модель здания. Перекрытия моделируем пластинчатыми, колонны – стержневыми конечными элементами (КЭ). Задаем жесткостные характеристики. Назначаем граничные условия.

Далее задаем нагрузки в виде загружений (на примере ПК Лира):

* + 1. загружение – собственный вес всех элементов конструкции (в лире задаем собственный вес и равномерно распределенную нагрузку от цем. стяжки и керамогранитной плитки);
    2. загружение – временные длительные (перегородки и инженерное оборудование). Вес от перегородок

Если в процессе эксплуатации здания возможно изменение положения перегородок, то нагрузку от веса рекомендуется задавать в виде распределенной нагрузки, эквивалентной наиболее неблагоприятной схеме расположения перегородок в конструктивной ячейке, но не менее 0,5 кН/м2. Если перегородки расположены очень неравномерно - вес квадрата перегородок делим на площадь квадрата.

* + 1. загружение – временные кратковременные нагрузки (полезная нагрузка, снеговая).
    2. загружение – ветровая нагрузка (статическая, по оси X с наветренной и подветренной сторон, трапециевидная), со знаком «+», т.к. направление ветра совпадает с осью.
    3. загружение – ветровая нагрузка (статическая, по оси Y с наветренной и подветренной сторон, трапециевидная), со знаком «+», т.к. направление ветра совпадает с осью.
    4. загружение – ветровая нагрузка (статическая, по оси X с наветренной и подветренной сторон, трапециевидная), со знаком «-», т.к. направление ветра не совпадает с осью.
    5. загружение – ветровая нагрузка (статическая, по оси Y с наветренной и подветренной сторон, трапециевидная), со знаком «-», т.к. направление ветра не совпадает с осью.
    6. загружение – динамическое ветровое загружение по оси Х (рис. 1,2).

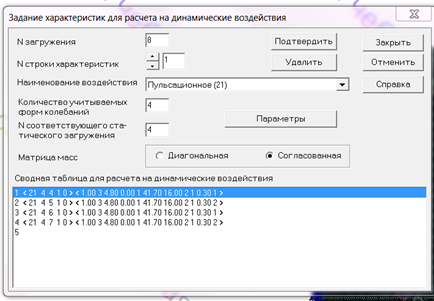
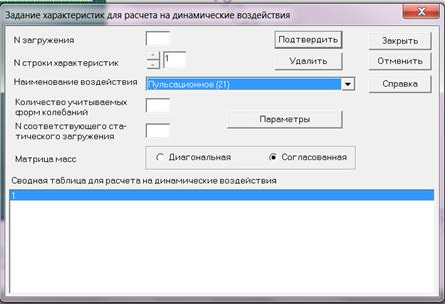


Рис. 1 – Формирование динамических загружений в ПК «Лира»

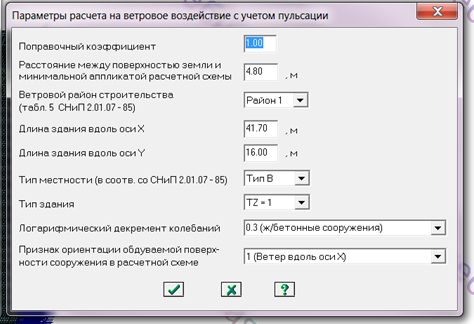


Рис. 2 – Параметры расчетного модуля пульсационной составляющей ветровой нагрузки

Формирование динамических загружений из статических. Ниже приводятся номера соответствующих статических и динамических загружений:

- номер динамического загружения – 8, соответствующее статическое

– 4;

* номер динамического загружения – 9, статическое – 5;
* номер динамического загружения – 10, статическое – 6;
* номер динамического загружения – 11, статическое – 7.

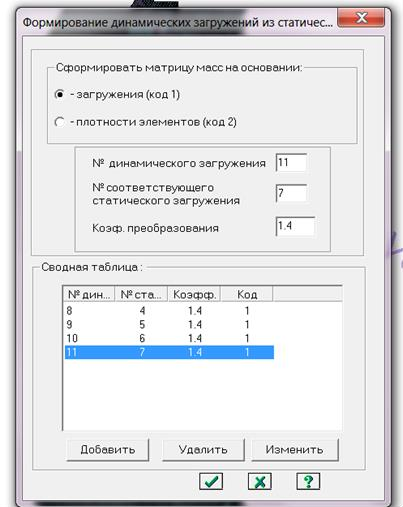


Рис. 3 – Диалоговое окно в ПК «Лира» для формирования динамических загружений и матриц масс

# 4. Проектирование фундамента

При строительстве фундаментов высотных зданий возникает ряд особенностей, которые необходимо учитывать при проектировании:

* 1. Давление по подошве фундамента высотных зданий может быть на порядок выше, чем для зданий высотой до 75 м, что требует проведения специальных лабораторных и полевых изысканий.
  2. Особенности инженерно-геологических изысканий.
  3. Действующие нормы распространяются на расчёт несущей способности сваи длиной 35 м (сопротивление по нижнему концу сваи) и 40 м (сопротивление по боковой поверхности), что может быть недостаточно для проектирования фундаментов высотных зданий.

1. Большие нагрузки (1–2 МПа), передаваемые на грунт основания, требуют учитывать в расчете прочностные и деформационные характеристики скальных и нескальных грунтов с Е > 100 МПа, считающихся в соответствии с действующими нормами несжимаемыми, а также увеличенную зону распределения напряжений в грунте в плане и по глубине, что может привести к увеличению слоев грунта, воспринимающих нагрузку от фундамента. Особенно сильно это может сказаться при неравномерном залегании слоев.

1. Увеличение размеров (глубины и ширины) сжимаемой толщи в массиве грунта приводит к увеличению сроков завершения консолидации грунта и растягиванию процесса осадки во времени.
2. В случае если основание сложено грунтами с разными коэффициентами консолидации (как первичной, так и вторичной), необходимо учитывать возможность возникновения в результате такого неравномерного напряженно-деформированного состояния грунта (на промежуточной стадии консолидации) неодновременного окончания процессов консолидации различных видов грунтов и, как следствие этого, возникновения крена здания, превышающего предельные значе-ния.
3. Высокая чувствительность к крену.
4. Увеличение размеров деформируемой области грунта основания приводит к оказанию большего влияния на окружающие здания и сооружения, в том числе водонесущие коммуникации, что необходимо учитывать в расчете.

При проектировании высотных зданий и зданий повышенного уровня ответственности в качестве фундаментов рекомендуются плитные, в том числе повышенной жест-кости (коробчатые), комбинированные плитно-свайные и свайные. Расчет оснований, фундаментов и подземных частей высотного здания необходимо выполнять по двум предельным состояниям: по несущей способности и по деформациям.

Несущая способность сваи-стойки обусловлена только сопротивлением грунта под ее нижним концом

*Fd*  * c RA*

а для висячей сваи является суммой сил расчетных сопротивлений грунтов основания под нижним концом сваи и на ее боковой поверхности

*Fd*  * c* (* сR RA*  *u** cf*

В эти формулах:

*fihi* )

* c* - коэффициент условий работы сваи в грунте, принимаемый для забивных свай равным 1

R - расчетное сопротивление грунта под нижним концом сваи, кПа; для забивных свай-стоек R = 20000 кПа, для забивных висячих свай ;

А - площадь -опирания сваи на грунт, м2;

u - наружный периметр поперечного сечения сваи, м;

*fi* -расчетное сопротивление i-го слоя грунта основания по боковой поверхности сваи, кПа, принимаемое для забивных свай;

hi,- толщина i -го слоя грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью сваи, м;

* cR* ,* cf* коэффициенты условий работы грунта соответственно под нижним концом и на боковой поверхности сваи, учитывающие влияние спо- соба погружения сваи на расчетное сопротивление грунта; для некоторых способов погружения забивных свай, значения * cR* ,* cf* .

Количество свай по несущей способности грунта считается подобранным удачно, если выполняется условие

15%    20%

  *N If* max  *P*

*N If* max

Несущая способность сваи на выдергивающую нагрузку Fdu:

*Fdu*  ** *cu*** *cf hr fr*

где все обозначения, кроме способности сваи на сжатие;

* c* те же, что и при определении несущей

* c* - коэффициент условий работы; для свай, погружаемых в фунт на глубину менее 4 м, * c* =0.6; при погружении на глубину 4 м и более * c* = 0,8.

Проверяют условие

*N f* min

 *Fdu*

**

*k*

Осадка большеразмерного свайного фундамента (свайного поля) определяется по формуле:

s=s*ef* + Δsp + Δsc

где s*ef* - осадка условного фундамента;

Δsp - дополнительная осадка за счет продавливания свай на уровне подошвы условного фундамента;

Δsc - дополнительная осадка за счет сжатия ствола свай.

Границы условного фундамента (рис. 4) определяют следующим образом: снизу **-** плоскостью АБ, проходящей через нижние концы свай; с боков **-** вертикальными плоскостями АВ и БГ, отстоящими от осей крайних рядов вертикальных свай на расстоянии 0,5 шага свай (рисунок 1, а), но не более 2*d* (*d* - диаметр или сторона поперечного сечения сваи), а при наличии наклонных свай **—** проходящими через нижние концы этих свай сверху **-** поверхностью планировки грунта ВГ.

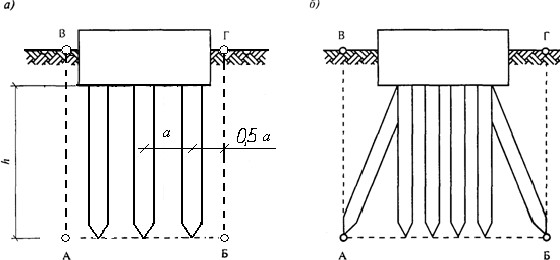


Рис. 4 – Определение границ условного фундамента при расчете осадки свайных

фундаментов

Расчет осадки условного фундамента производят методом послойного суммирования деформаций линейно-деформируемого основания с условным ограничением сжимаемой толщи (СП 22.13330). Вертикальное нормальное напряжение ζ*zp*, определяющее деформации и глубину сжимаемой толщи, подсчитывается только от действия нагрузки, приложенной к свайному фундаменту, т.е. вес грунта в пределах условного фундамента не учитывается. Начальные напряжения *σzu* определяются с учетом отрывки котлована. Возможен также трехмерный численный расчет осадки условного

фундамента как анизотропного массива с учетом его конечной жесткости на сдвиг по вертикальным плоскостям.

Величина осадки продавливания *sp* зависит от шага свай в свайном поле, причем шаг может быть переменным. Расчет следует выполнять применительно к цилиндрическому объему (ячейке), в пределах которого все точки находятся ближе к оси данной сваи, чем к осям остальных свай (это не относится к крайним сваям).

Площадь горизонтального поперечного сечения ячейки равна *a*2, где *a*

**-** шаг свайного поля в окрестности данной сваи. Грунт в объеме ячейки делится на две однородные части: в пределах длины сваи *l* с модулем общей деформации *E*1 и коэффициентом поперечной деформации *ν*1, а ниже - с аналогичными параметрами *E*2 и *ν*2. (В общем случае неоднородного по глубине основания эти параметры получаются осреднением (рис. 5).

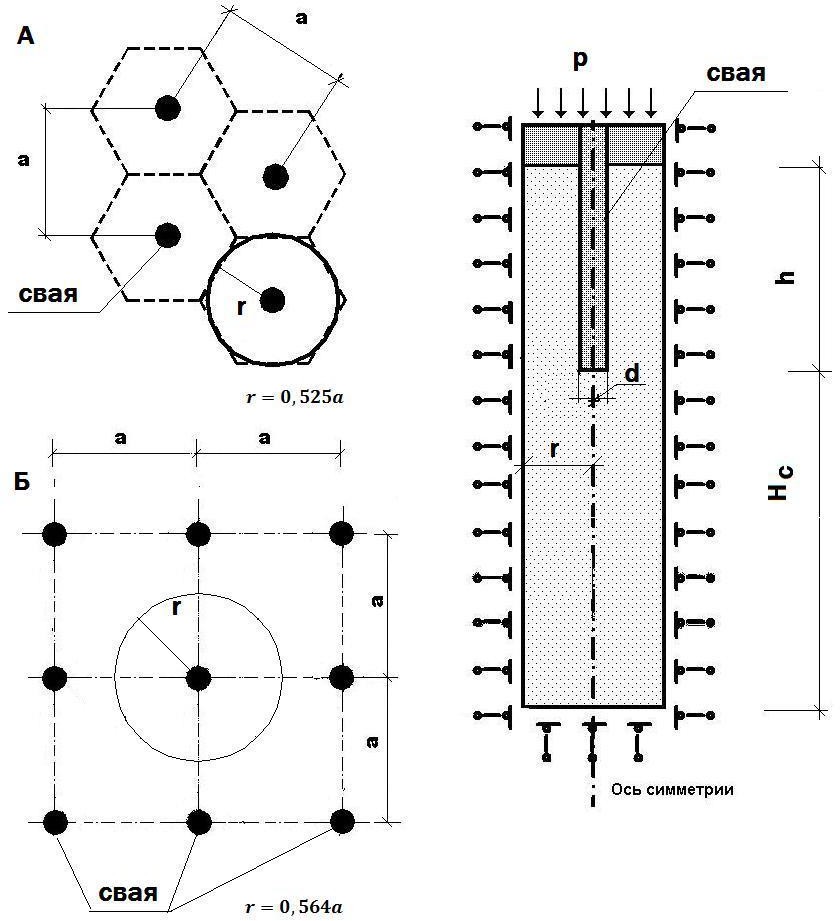
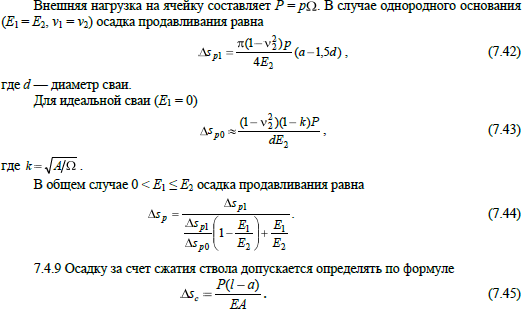


Рис. 5 – Расчетная схема метода ячейки



# Литература

1. Справочник геотехника. Основания, фундаменты и подземные сооружения / Под общей ред. В.А. Ильичева и Р.А. Мангушева. М.: Изд-во АСВ, 2014, 728 с.
2. Справочник проектировщика. Основания, фундаменты и подземные сооружения под общ. ред. Е.А. Сорочана, 1985 г.
3. Справочник «Основания и фундаменты» под общ. ред. Г.И. Швецова, 1991 г.
4. Веселов В.А. Проектирование оснований и фундаментов. Учеб. пособие, 2-е изд., 1978 г.
5. Основания и фундаменты. Ч.2 Основы геотехники: Под ред. Б.И. Далматова.
6. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений. Федеральный Закон №384-Ф3, 30 декабря 2009 г. (с изм.).
7. Градостроительный кодекс Российской Федерации. Федеральный закон

№190-ФЗ, 29 декабря 2004, (с изм.).

1. ГОСТ 27751-2014 Надежность строительных конструкций.

9. СП 22.13330.2016 «СНиП 2.02.01-83 Основания зданий и сооружений».

1. СП 20.13303.2016 «СНиП 2.01.07-85 Нагрузки и воздействия».
2. СП 267.1325800.2016 Здания и комплексы высотные.
3. СП 118.3330.2012 «СНиП 31-06-2009 Общественные здания и сооружения».

13. СП 24.13330.2011 «СНиП 2.02.03-85 Свайные фундаменты».

1. СП 20.13330.2016 «СНиП 2.01.07-85 Нагрузки и воздействия».
2. СП 47.13330.2016 «СНиП 11-02-96 Инженерные изыскания для строительства».
3. СП 131. 13330.2016 «СНиП 23-01-99 Строительная климатология».
4. СП 70.13330.2012 «СНиП 3.03.01-87 Несущие и ограждающие конструкции».

18. СП 116.13330.2012 «СНиП 22-02-2003 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения».

1. СП 21.13330.2012 «СНиП 2.01.09-91 Здания и сооружения на подрабатываемых территориях и просадочных грунтах».
2. СП 25.13330.2012 «СНиП 2.02.04-88 Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах».
3. СП 63.13330.2012 «СНиП 52-01-2003 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения».
4. СП 14.13330.2014 «СНиП II-7-81 Строительство в сейсмических районах (с изменением № 1)».
5. ГОСТ 5180-2015 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик.
6. ГОСТ 12248-2010 Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости.
7. ГОСТ 19912-2012 Грунты. Методы полевых испытаний статическим и динамическим зондированием.
8. ГОСТ 20267-2012 Грунты. Методы полевого определения характеристик прочности и деформируемости.
9. ГОСТ 23278-2014 Грунты. Методы полевых испытаний проницаемости.
10. ГОСТ 25584-90 Грунты. Методы лабораторного определения коэффициента фильтрации.
11. ГОСТ 20522-2012 Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний.
12. ГОСТ 30416-2012 Грунты. Лабораторные испытания. Общие положения.
13. ГОСТ 30672-2012 Грунты. Полевые испытания. Общие положения.
14. Пособие по проектированию оснований зданий и сооружений (к СНиП 2.02.01-83). М.: Стройиздат, 1986.