



Донской государственный технический университет

Кафедра: «Инженерная геология, основания и фундаменты»
Направление (спец.): 08.04.01 «Строительство»

РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ПОВЫШЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТИ

Указания по выполнению курсового проекта

Составители:	Ткачева К.Э.
	Стельмах С.А.
	Щербань Е.М.

Тема курсового проекта:

«Проектирование оснований и фундаментов многоэтажного здания»

Курсовой проект состоит из расчетно-пояснительной записки объемом около 40 страниц машинописного текста и рабочих чертежей на листах формата А1 (1-2 листа).

Содержание разделов расчетно-пояснительной записки:

1. Анализ местных условий строительства.
2. Сбор нагрузок.
3. Выбор типа и обоснование конструктивных решений фундамента.
4. Разработка расчетной модели здания в ПК «Лира».
5. Расчет основания и фундамента по предельным состояниям.

Перечень графических материалов:

1. Модель здания в ПК «Лира».
2. Схема приложения нагрузок.
3. Схема приложения ветровой нагрузки.
4. План фундаментов.
5. Инженерно-геологические разрезы с размещением фундаментов на них.
6. Разрез к определению несущей способности свай.

Задание и исходные данные к курсовому проекту



КАФЕДРА ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ, ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ

ЗАДАНИЕ

к выполнению курсового проекта по курсу

«РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ПОВЫШЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТИ»

выдано студенту _____

факультет _____ группа _____

Тема: «Проектирование фундамента многоэтажного здания»

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

1. Место строительства _____
2. Характеристика здания:
 - размеры здания в осях _____
 - конструктивная схема здания _____
 - количество этажей _____
 - наружные стены _____ толщиной _____ м;
 - перекрытия _____
 - колонны _____
сечением _____ мм (крайнего ряда)
_____ мм (среднего ряда)
3. Инженерно-геологические условия, профиль № _____
4. Особые данные _____
5. Пользуясь исходными данными, необходимо выполнить:
 - 1) анализ местных условий строительства;
 - 2) сбор нагрузок;
 - 3) разработку конструктивных решений фундамента;
 - 4) расчет основания и фундамента по предельным состояниям.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Учебная:

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. Проектирование фундаментов зданий и сооружений повышенной ответственности: учебное пособие / К.Э. Ткачёва, С.А. Стельмах, Е.М. Щербань ; Донской государственный технический университет. – Ростов-на-Дону : ДГТУ, 2020. – 101 с.

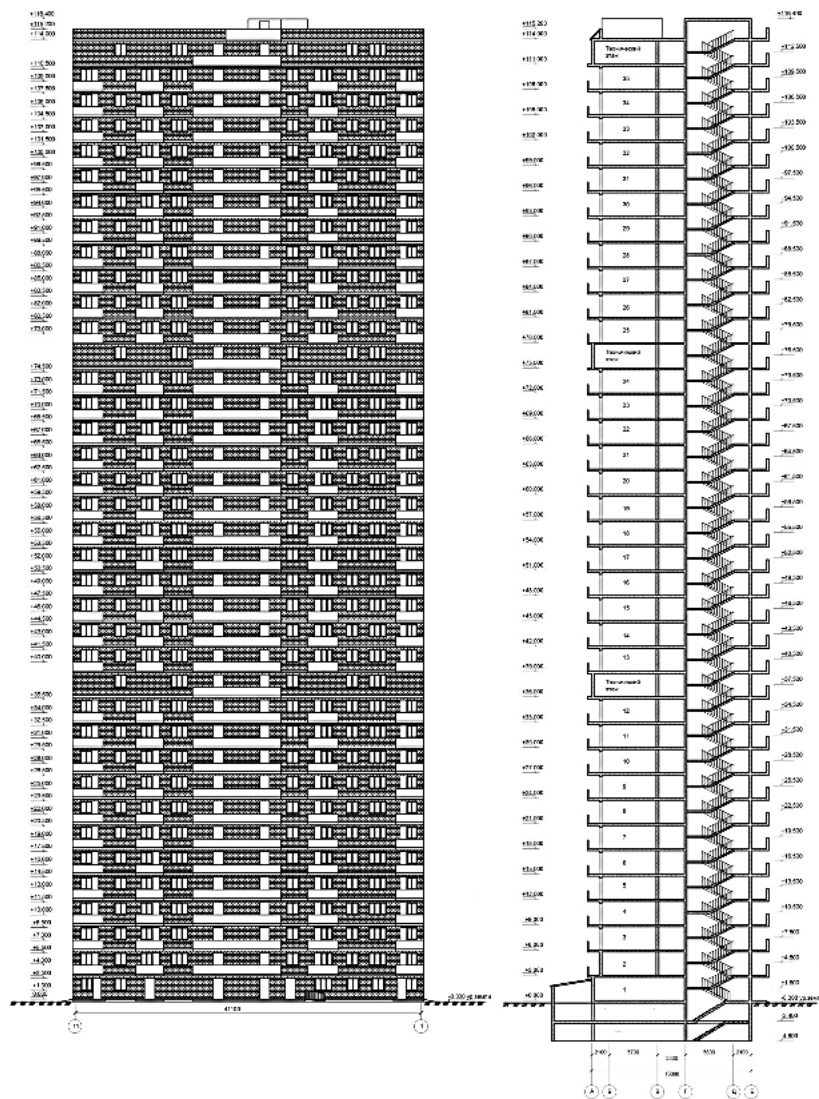
Нормативная:

7. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений. Федеральный закон №384-ФЗ, 30 декабря 2009 г. (с изм.).
8. Градостроительный кодекс Российской Федерации. Федеральный закон №190-ФЗ, 29 декабря 2004, (с изм.).
9. ГОСТ 27751-2014 Надежность строительных конструкций.
10. СП 22.13330.2016 «СНиП 2.02.01-83 Основания зданий и сооружений».
11. СП 20.13303.2016 «СНиП 2.01.07-85 Нагрузки и воздействия».
12. СП 267.1325800.2016 Здания и комплексы высотные.
13. СП 118.3330.2012 «СНиП 31-06-2009 Общие требования к зданиям и сооружениям».
14. СП 24.13330.2011 «СНиП 2.02.03-85 Свайные фундаменты».
15. СП 47.13330.2016 «СНиП 11-02-96 Инженерные изыскания для строительства».
16. СП 131.13330.2016 «СНиП 23-01-99 Строительная климатология».
17. 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».
19. СП 21.13330.2012 «СНиП 2.01.09-91 Здания и сооружения на подрабатываемых территориях и просадочных грунтах».
20. СП 25.13330.2012 «СНиП 2.02.04-88 Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах».
21. СП 63.13330.2018 «СНиП 52-01-2003 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения».
22. СП 14.13330.2018 «СНиП II-7-81 Строительство в сейсмических районах (с изменением № 1)».
23. ГОСТ 5180-2015 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик.
24. ГОСТ 12248-2010 Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости.
25. ГОСТ 19912-2012 Грунты. Методы полевых испытаний статическим и динамическим зондированием.
26. ГОСТ 20267-2012 Грунты. Методы полевого определения характеристик прочности и деформируемости.
27. ГОСТ 23278-2014 Грунты. Методы полевых испытаний проницаемости.
28. ГОСТ 25584-2016 Грунты. Методы лабораторного определения коэффициента фильтрации.
29. ГОСТ 20522-2012 Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний.
30. ГОСТ 30416-2012 Грунты. Лабораторные испытания. Общие положения.
31. ГОСТ 30672-2012 Грунты. Полевые испытания. Общие положения.
32. Пособие по проектированию оснований зданий и сооружений (к СНиП 2.02.01-83). М.: Стройиздат, 1986.

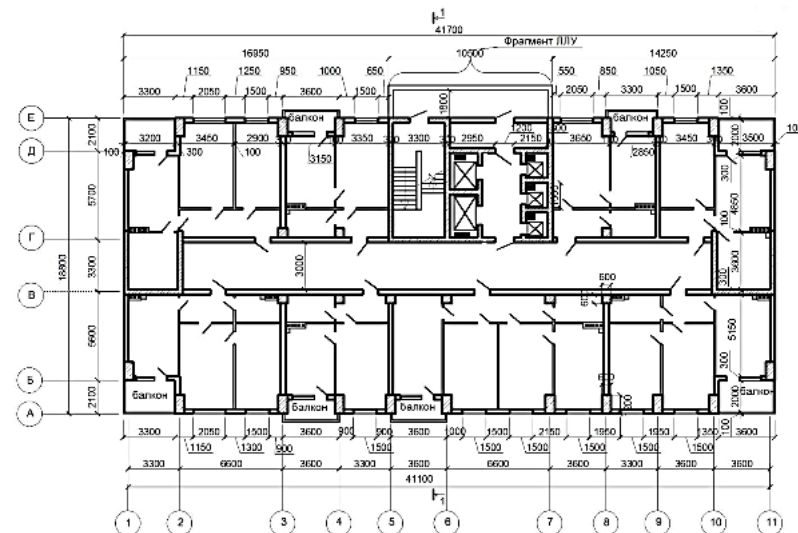
Дата выдачи задания _____

Руководитель проектирования _____

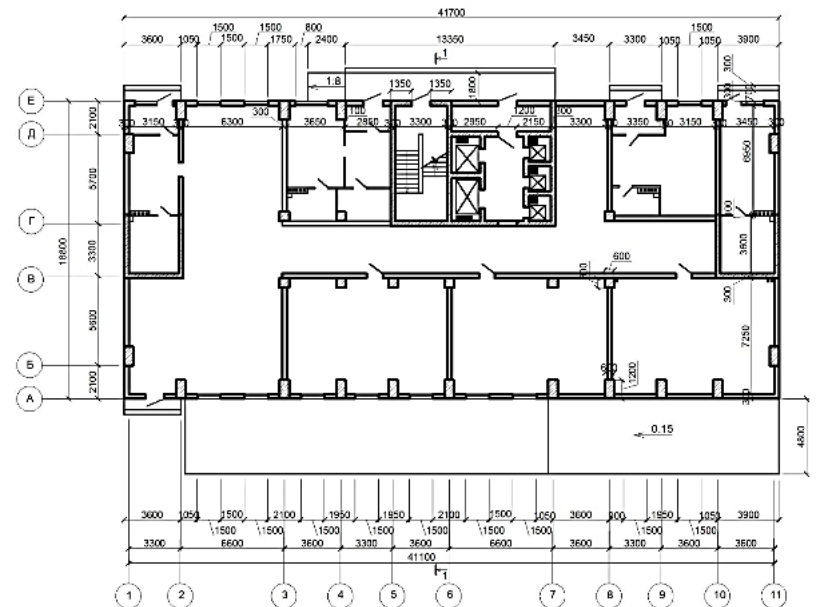
ПРИЛОЖЕНИЕ К ЗАДАНИЮ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ
ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ПОВЫШЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТИ»



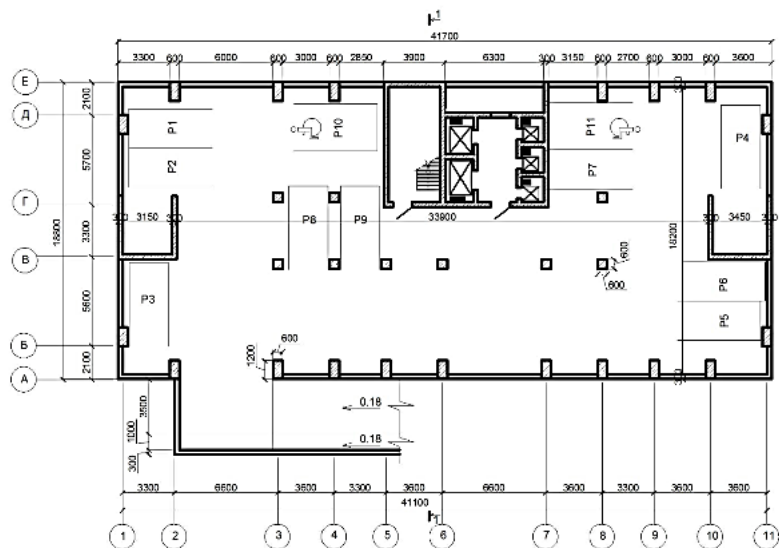
План типового этажа



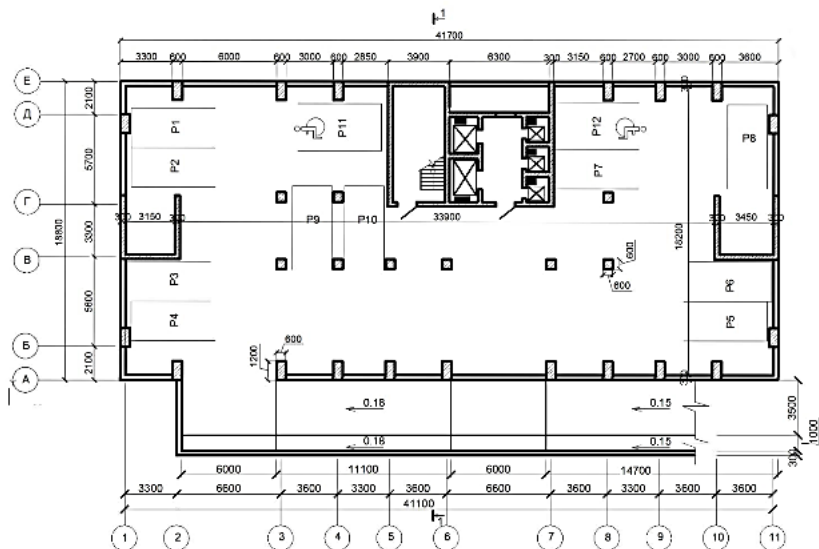
План первого этажа



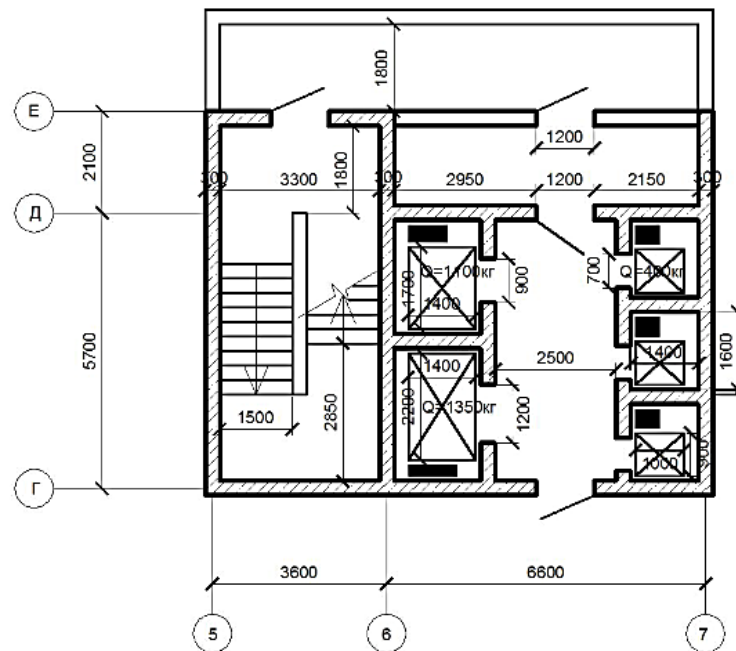
План на отм. -2.400



План на отм. -4.800



Фрагмент плана ЛЛЛУ



Место строительства и основные климатические данные.

Варианты заданий к курсовому проекту, а именно инженерно-геологические условия и место строительства выбираются по порядковому номеру в списке учебной группы.

Сумма абсолютных значений среднемесячных отрицательных температур за зиму M_t , средняя температура января, снеговой и ветровой район

Город	M_t	Температура января, °С	Снеговой район	Ветровой район	Средняя скорость ветра, м/с
Астрахань	11,1	–4,8	I	III	3,3
Белгород	17,6	–6,6	III	II	4,3
Владимир	30,2	–9,7	III	I	3,4
Волгоград	18,1	–6,9	II	III	3,9
Вологда	38,3	–11,7	IV	I	3,6
Воронеж	21,4	–7,5	III	II	3,3
Иваново	33,4	–10,4	IV	I	3,8
Калуга	25,3	–8,4	III	I	3,5
Кострома	33,6	–10,6	IV	I	3,7
Краснодар	0,2	–0,2	II	IV	2,7
Курск	21,3	–7,3	III	II	3,6
Липецк	26,1	–8,5	III	II	4,3
Москва	22,9	–7,8	III	I	2,0
Нижний Новгород	32,2	–10,1	IV	I	2,8
Новгород	22,8	–7,7	III	I	4,2
Орел	23,0	–7,8	III	II	4,0
Пенза	33,0	–9,8	III	II	3,9
Псков	17,9	–6,3	III	I	3,3
Ростов-на-Дону	8,2	–3,8	II	III	4,8
Рязань	27,8	–9,0	III	I	3,2
Самара	35,9	–11,2	IV	III	3,1
Санкт-Петербург	18,3	–6,6	III	II	2,5
Саратов	26,6	–8,7	III	III	3,3
Смоленск	22,2	–7,5	III	I	3,4
Ставрополь	6,0	–2,9	II	IV	4,0
Тамбов	27,1	–8,8	III	II	3,6
Тула	24,7	–8,2	III	I	3,1
Ульяновск	36,8	–10,5	IV	II	4,4
Уфа	46,6	–13,8	V	II	2,9
Чебоксары	45,1	–13,0	IV	I	5,0
Челябинск	51,8	–15,0	IV	II	2,3
Ярославль	33,6	–10,3	IV	I	3,8

Инженерно-геологические условия (пример геологического профиля)

Геолого-литологический разрез по линии I - I

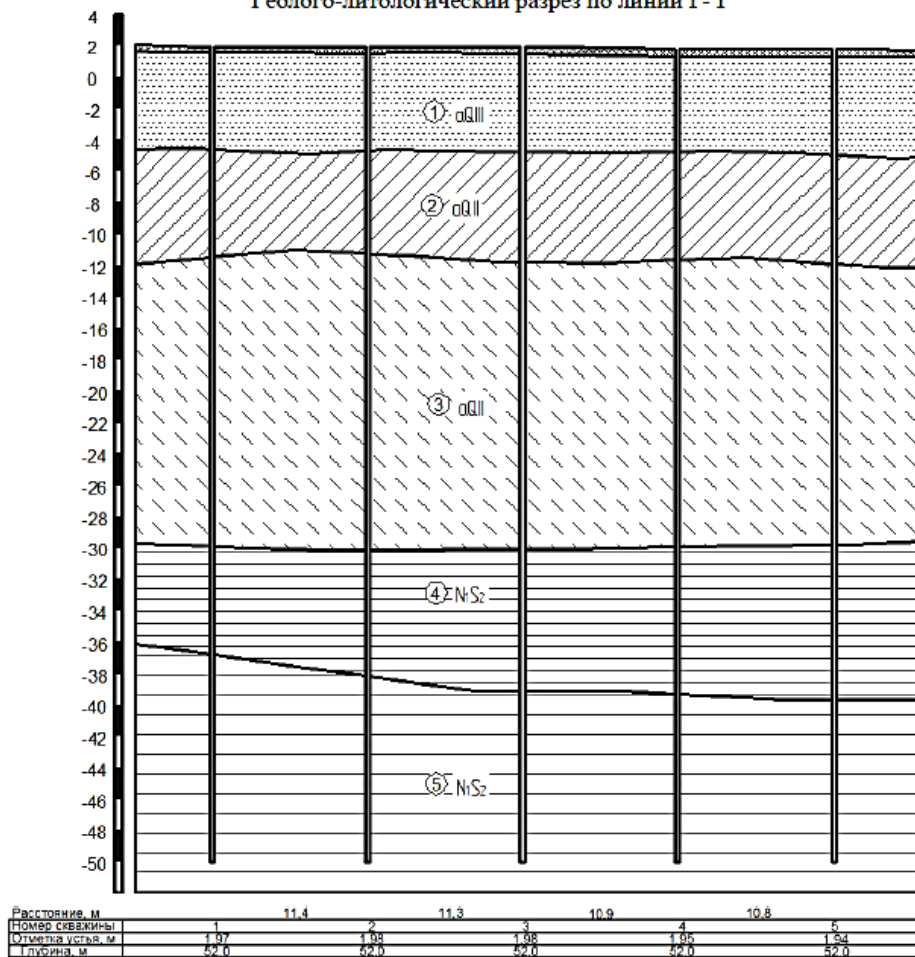
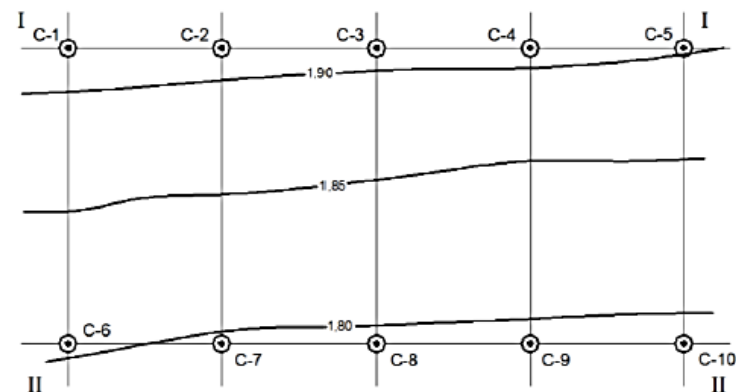


Схема расположения выработок



Условные обозначения



Обобщенные физико-механические и прочностные характеристики грунтов

№ ИГЭ	ρ_p	ρ_s	W	W_p	W_L	e	C_1	C_{II}	ϕ_I	ϕ_{II}	E
	т/м ³	т/м ³	д.е.				кПа	кПа	град	град	МПа
ИГЭ-1	1,73	2,66	0,17	-	-	0,608	3	5	26	30	29
ИГЭ-2	1,71	2,65	0,12	0,15	0,2	0,8	9	15	19	24	15
ИГЭ-3	1,73	2,65	0,09	0,23	0,37	0,762	14	23	20	23	14
ИГЭ-4	1,85	2,67	0,21	0,28	0,53	0,65	35	51	16	17	26
ИГЭ-5	1,85	2,67	0,21	0,28	0,53	0,65	37	55	16	18	29

Сбор нагрузок

Сбор нагрузок должен выполняться в соответствии с требованиями 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.

№ п/п	Наименование и вычис- ление нагрузок	Нормативное значение $N_{п}$, кН или кН/м	Коэффициент надежности по нагрузке γ_f	Расчетное зна- чение $N_{п}$, кН или кН/м
Постоянные нагрузки:				
1				
2				
Временные нагрузки:				

Сбор нагрузок. Ветровая нагрузка

СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия

Нормативное значение основной **ветровой нагрузки** во всех случаях определяется как сумма средней и пульсационной составляющих:

$$W = W_m + W_g$$

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:

$$w_m = w_0 k(z_e) c$$

w_0 – нормативное значение ветрового давления, принимается в зависимости от ветрового района по табл. 11.1 СП 20

$k(z_e)$ – к-т, учитывающий изменение ветрового давления для высоты z_e ;

c – аэродинамический коэффициент.

Таблица 11.1

Ветровые районы (принимаются по карте 2 приложения Е)	Ia	I	II	III	IV	V	VI	VII
w_0 , кПа	0,17	0,23	0,30	0,38	0,48	0,60	0,73	0,85

Для определения изменения ветрового давления по высоте сооружения $k(z_e)$ 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;

Б – 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.

Коэффициент $k(z_e)$ для высот $z_e \leq 300$ м определяется по табл. 11.2 или формуле 11.4 СП 20, в зависимости от типа местности. Для промежуточных высот - интерполяцией.

Таблица 11.2

Высота z_e , м	Коэффициент k для типов местности		
	А	В	С
≤ 5	0,75	0,5	0,4
10	1,0	0,65	0,4
20	1,25	0,85	0,55
40	1,5	1,1	0,8
60	1,7	1,3	1,0
80	1,85	1,45	1,15
100	2,0	1,6	1,25
150	2,25	1,9	1,55
200	2,45	2,1	1,8
250	2,65	2,3	2,0
300	2,75	2,5	2,2

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

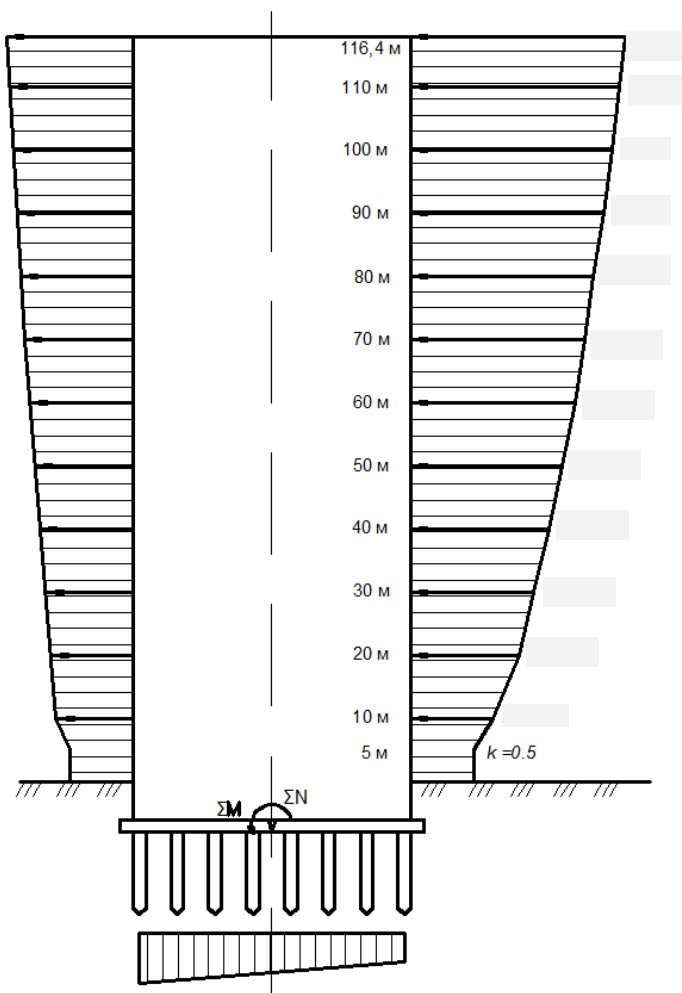


Рис. 1.1 – Схема к определению ветровой нагрузки, нормальной к поверхности здания

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

$$w_{IIi} = \gamma_n \cdot l_0 \cdot w_0 \cdot c \cdot k(z_e)$$

γ_n - к-т надежности по назначению, для ЗИС пов. отв. – 1,1;

c – аэродинамический к-т, зависящий от конфигурации здания.

Значения c 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 c -та давления соответствует направление давления к поверхности сооружения, а отрицательным – направление от поверхности. Для наветренных вертикальных поверхностей $c = + 0,8$, для подветренных $c = - 0,6$.

Положительным значениям коэффициента давления соответствует направление активного давления на поверхности, подверженные непосредственному воздействию потока ветра, а отрицательным значениям – направление от поверхности сооружения.

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

Нормативное:

$$w_{IIi} = \gamma_n \cdot l_0 \cdot w_0 \cdot c \cdot k(z_e)$$

$$w_{II}(5) =$$

$$w_{II}(10) =$$

$$w_{II}(20) =$$

...

$$w_{II}(110) =$$

$$w_{II}(120) =$$

$$w_{II}(116,4) =$$

Расчетное:

$$w_{Ii} = \gamma_f \cdot \gamma_n \cdot l_0 \cdot w_0 \cdot c \cdot k(z_e)$$

$$\gamma_f = 1,4$$

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

Нормативное:

$$w_{Hi} = \gamma_n \cdot l_0 \cdot w_0 \cdot c \cdot k(z_e)$$

$$w_{II}(5) =$$

$$w_{II}(10) =$$

$$w_{II}(20) =$$

...

$$w_{II}(110) =$$

$$w_{II}(120) =$$

$$w_{II}(116,4) =$$

Расчетное:

$$w_{Hi} = \gamma_f \cdot \gamma_n \cdot l_0 \cdot w_0 \cdot c \cdot k(z_e)$$

$$\gamma_f = 1,4$$

Расчет пульсационной составляющей ветровой нагрузки

Нормативное значение пульсационной составляющей основной ветровой нагрузки W_g на эквивалентной высоте z_e определяется:

1) для сооружений (и их конструктивных элементов), у которых первая частота собственных колебаний f_1 , Гц, больше предельного значения собственной частоты f_{lim} , по формуле:

$$W_g = W_m \zeta(z_e) \nu$$

где $\zeta(z_e)$ – коэффициент пульсации давления ветра, принимаемый по таблице 11.4 (СП 20) или формуле для эквивалентной высоты:

$$\zeta(z_e) = \zeta_{10} (z_e / 10)^{-\alpha}$$

при $10 \leq z_e \leq 300$ м, значения параметров ζ_{10} и α приведены в таблице 11.3;

ν – коэффициент пространственной корреляции пульсаций давления ветра.

Таблица 11.3 – Значения параметров k_{10} и α

Параметр	Тип местности		
	А	В	С
α	0,15	0,2	0,25
k_{10}	1,0	0,65	0,4
ζ_{10}	0,76	1,06	1,78

Таблица 11.4 – Значения коэффициента пульсации давления ветра

Высота z_e , м	Коэффициент пульсаций давления ветра ζ для типов местности		
	А	В	С
≤ 5	0,85	1,22	1,78
10	0,76	1,06	1,78
20	0,69	0,92	1,50
40	0,62	0,80	1,26
60	0,58	0,74	1,14
80	0,56	0,70	1,06
100	0,54	0,67	1,00
150	0,51	0,62	0,90
200	0,49	0,58	0,84
250	0,47	0,56	0,80
300	0,46	0,54	0,76

Если расчетная поверхность близка к прямоугольнику, ориентированному так, что его стороны параллельны основным осям, то коэффициент V следует определять по таблице 11.6 в зависимости от параметров ρ и χ , принимаемых по таблице 11.7.

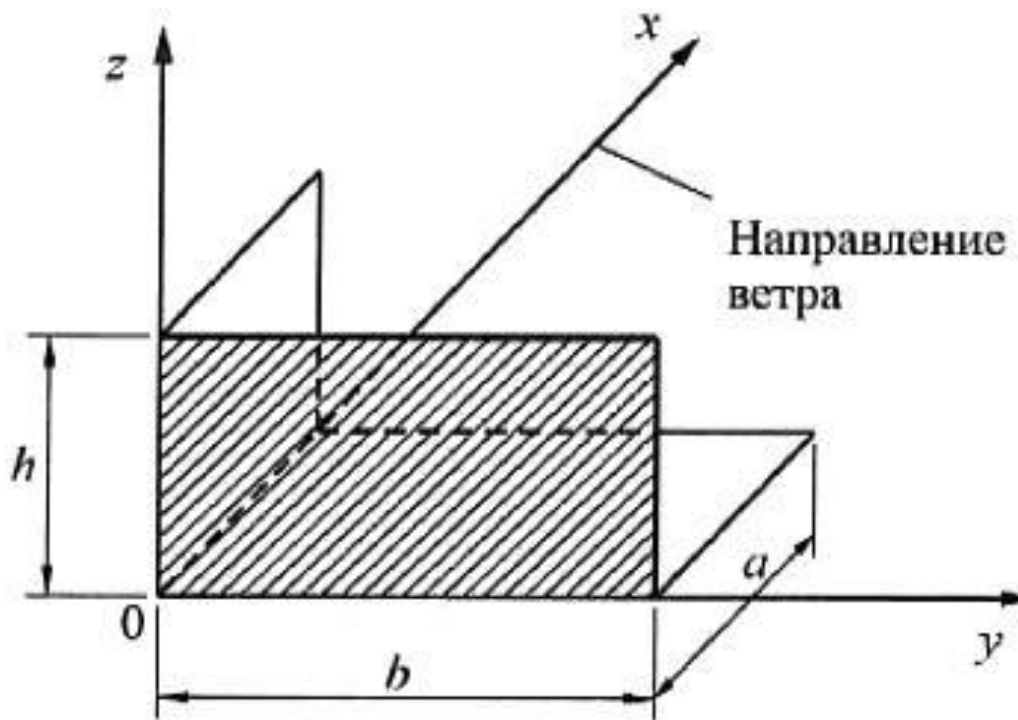


Таблица 11.6 – Значения коэффициента пространственной корреляции ν

ρ , м	Коэффициент ν при χ , м, равном						
	5	10	20	40	80	160	350
0,1	0,95	0,92	0,88	0,83	0,76	0,67	0,56
5	0,89	0,87	0,84	0,80	0,73	0,65	0,54
10	0,85	0,84	0,81	0,77	0,71	0,64	0,53
20	0,80	0,78	0,76	0,73	0,68	0,61	0,51
40	0,72	0,72	0,70	0,67	0,63	0,57	0,48
80	0,63	0,63	0,61	0,59	0,56	0,51	0,44
160	0,53	0,53	0,52	0,50	0,47	0,44	0,38

Таблица 11.7 – Значения параметров ρ и χ

Основная координатная плоскость, параллельно которой расположена расчетная поверхность	ρ	χ
zoy	b	h
zox	$0,4a$	h
xoy	b	a

2) для всех сооружений (и их конструктивных элементов), у которых $f_1 < f_{lim} < f_2$, пульсационная составляющая определяется по формуле:

$$w_g = w_m \xi \zeta(z_e) v$$

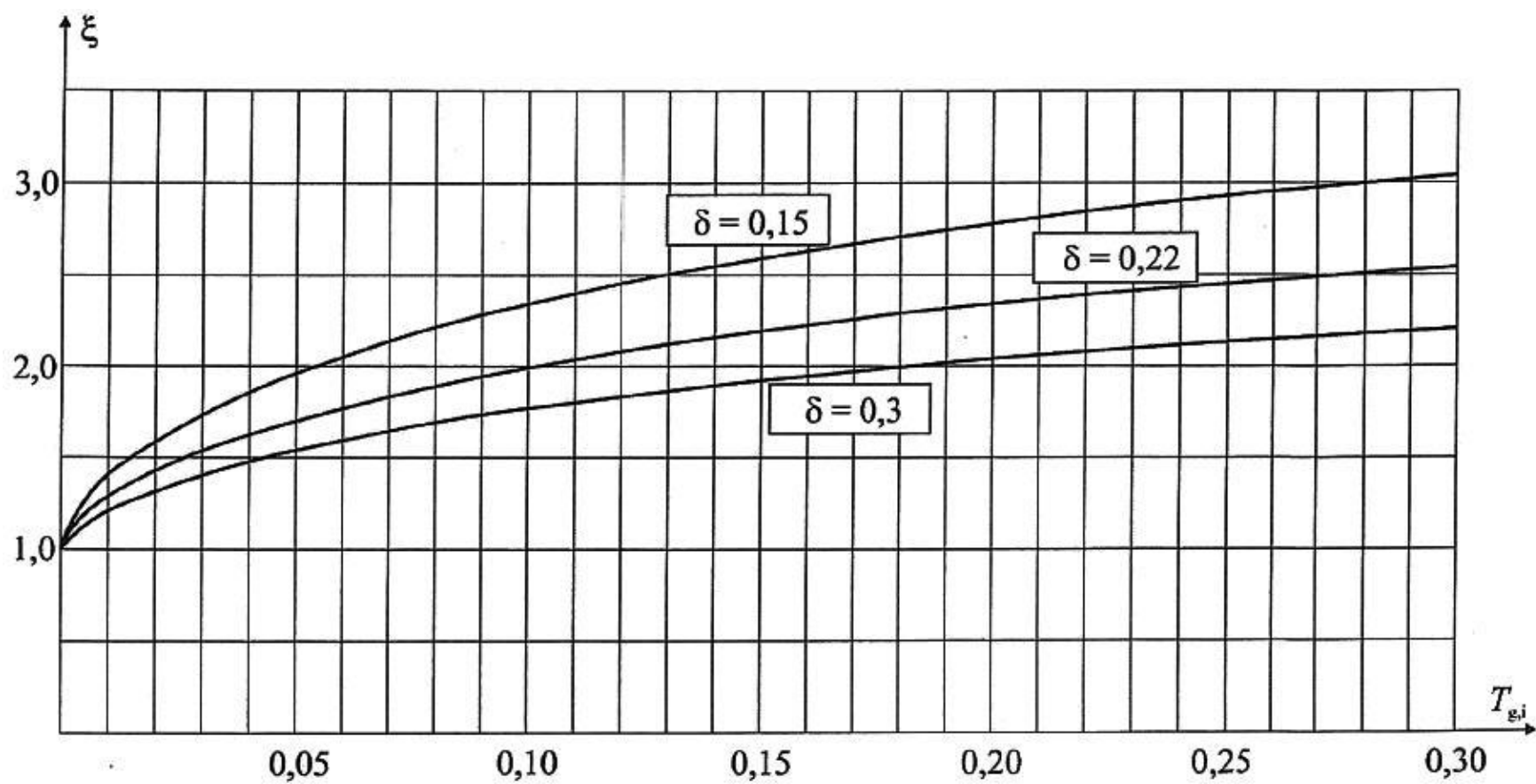
где f_2 – вторая собственная частота;

ξ – коэффициент динамичности, определяемый по рисунку 11.1 в зависимости от суммарного логарифмического декремента колебаний δ (табл. 11.5) и безразмерного периода $T_{g,1}$, который определяется для первой собственной частоты f_1 по формуле:

$$T_{g,1} = \frac{\sqrt{w_0 k(z_{эк}) \gamma_f}}{940 f_1}$$

здесь $k(z_{эк})$ – коэффициент, учитывающий изменение давления ветра для высоты $z_{эк}$;

γ_f – коэффициент надежности по нагрузке.



Предельное значение частоты собственных колебаний f_{lim} , Гц, следует определять в зависимости от предельного безразмерного периода $T_{g,lim}$

$$f_{lim} = \frac{\sqrt{w_0 k(z_{эк}) \gamma_f}}{940 T_{g,lim}}$$

где значение параметра $T_{g,lim}$ приведено в таблице 11.5 для трех значений суммарного логарифмического декремента колебаний δ

Таблица 11.5 – Значения параметра $T_{g,lim}$

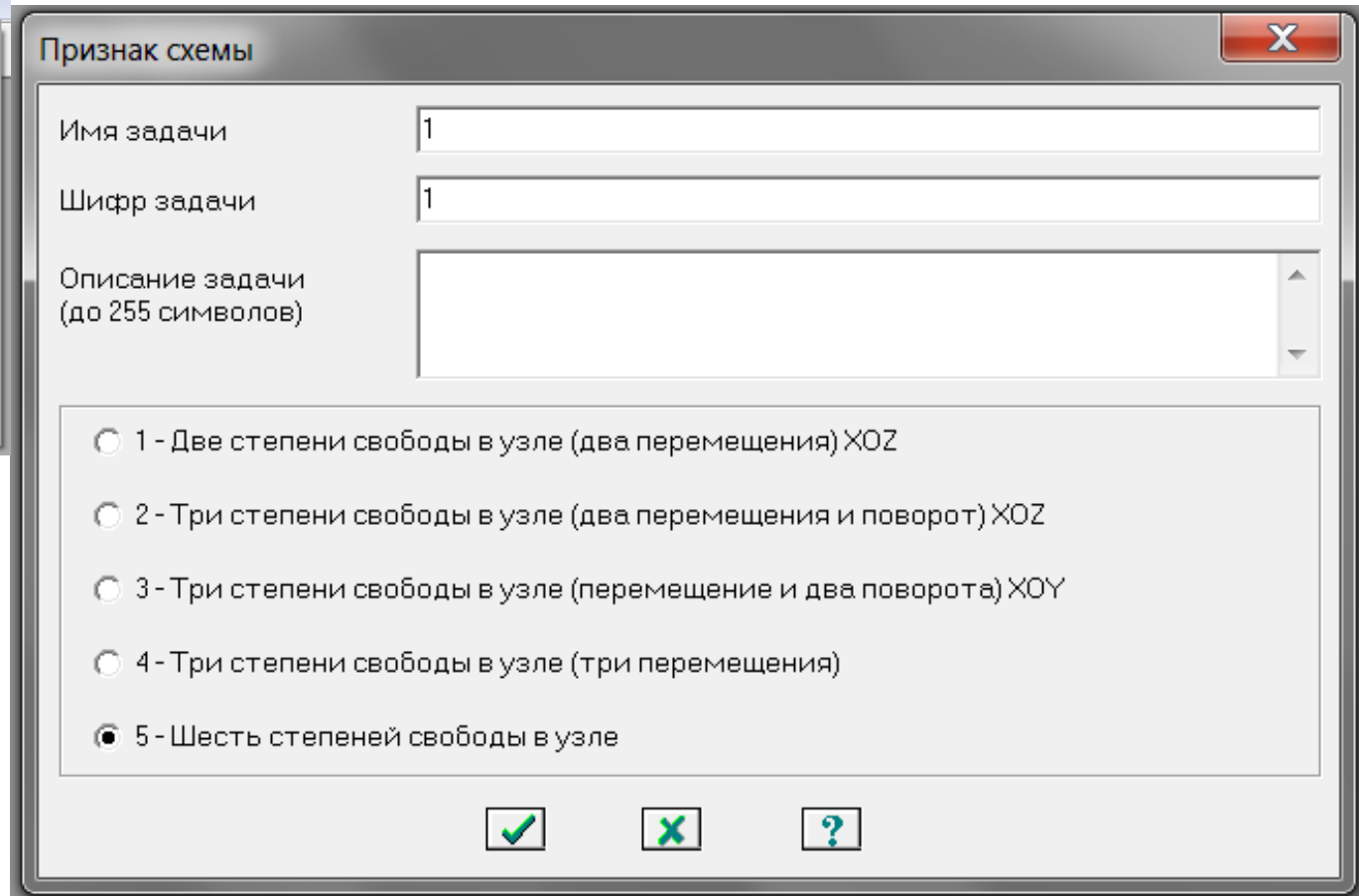
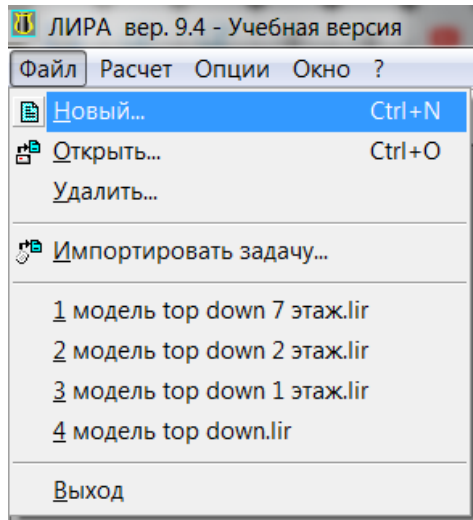
δ	0,15	0,22	0,3
$T_{g,lim}$	0,0077	0,014	0,023

Значение суммарного логарифмического декремента колебаний δ следует принимать для железобетонных и каменных сооружений, а также для зданий со стальным каркасом при наличии ограждающих конструкций $\delta=0,3$

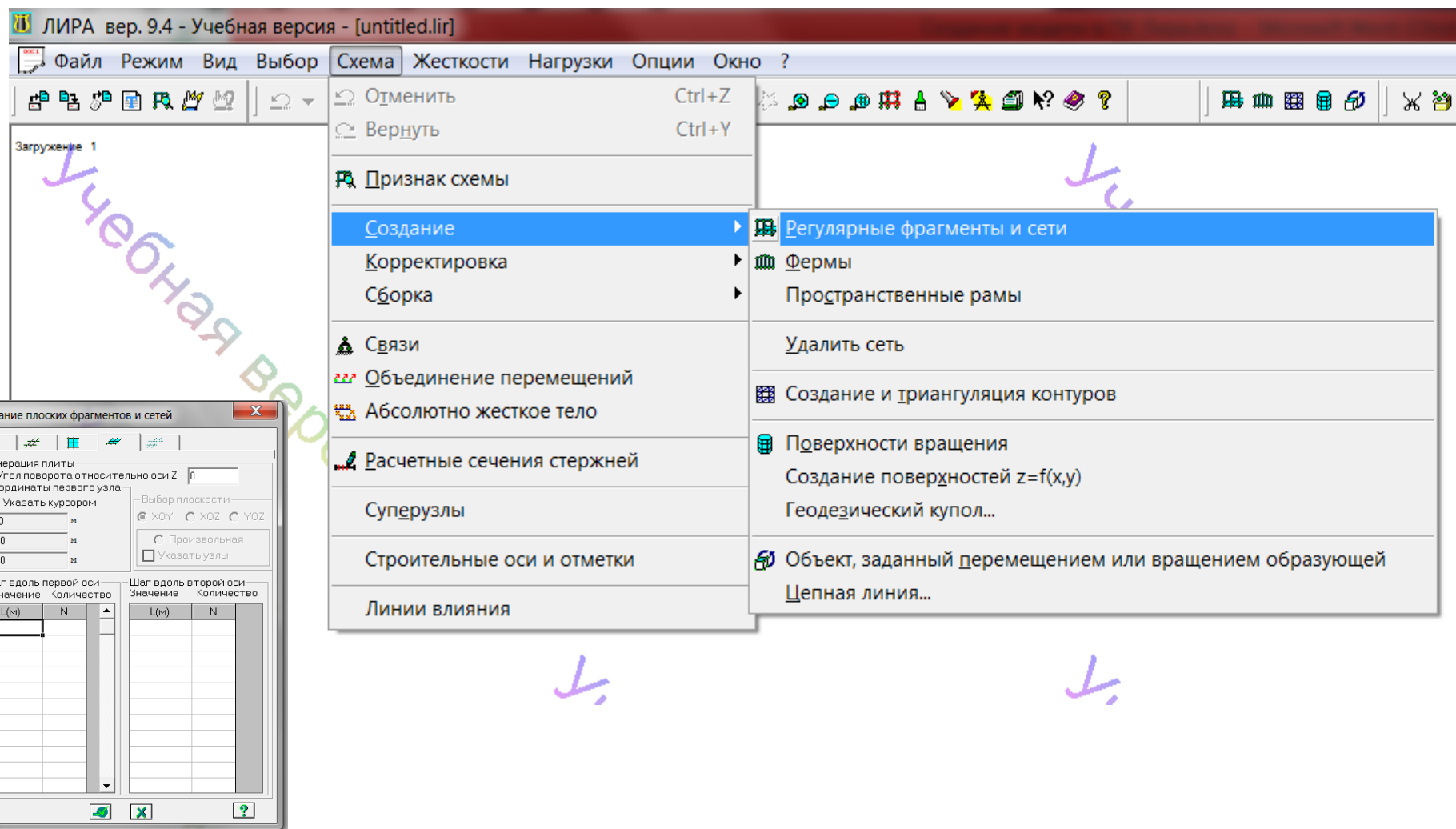
Создание модели здания

(на примере ПК Лира 9.4)

1. Создаем новый файл. Присваиваем ему имя.
Выбираем признак схемы - 6 степеней свободы



2. Создание сетки конечных элементов. Находим «Создание регулярных фрагментов и сетей». Находим иконку «генерация плиты». По заданным размерам здания создаем сетку конечных элементов, моделирующую плиту перекрытия первого этажа.



Находим иконку «генерация плиты». По заданным размерам здания создаем сетку конечных элементов, моделирующую плиту перекрытия первого этажа.

Создание плоских фрагментов и сетей

Генерация плиты

Угол поворота относительно оси Z

Координаты первого узла

☒ Указать курсором

X м

Y м

Z м

Выбор плоскости

☒ XOY ☐ XOZ ☐ YOZ

☐ Произвольная

☐ Указать узлы

Шаг вдоль первой оси

Значение	Количество
L(м)	N
0.60	39
0.30	1
0.60	11
1.10	3
0.60	9
0.30	1
0.60	3

Шаг вдоль второй оси

Значение	Количество
L(м)	N
0.70	3
0.50	10
0.60	1
0.50	6
0.70	1
0.50	5
0.70	3

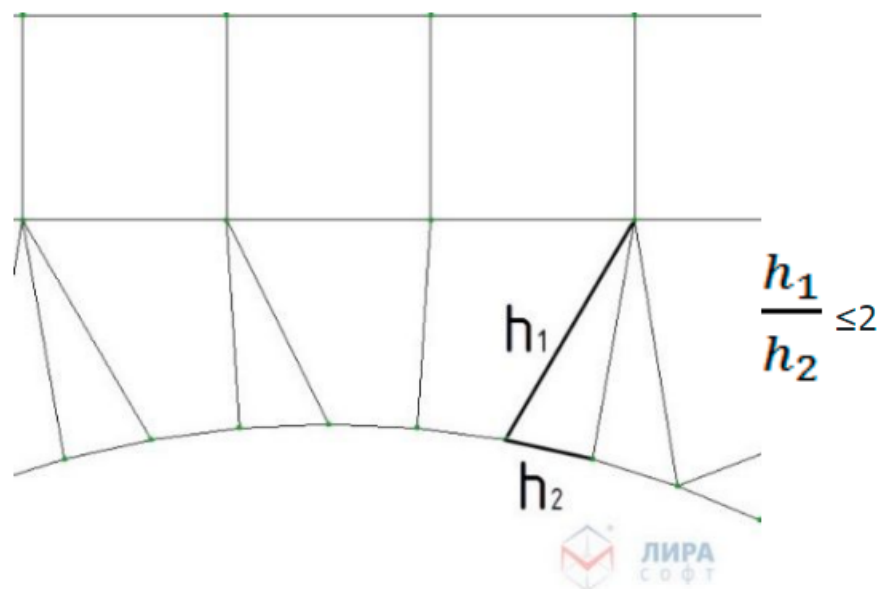
Сетку конечных элементов (КЭ) целесообразнее делать равномерной, т.е. разбивать на КЭ одинаковых размеров, примерно по 0,5 м.

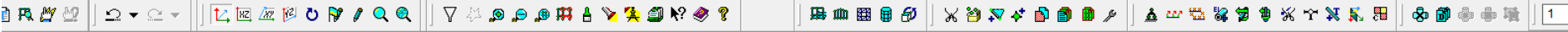
Но, в нашем случае, кое-где пришлось немного укрупнить КЭ, чтобы в нужных узлах вытянуть стержни, моделирующие колонны каркаса.

Обновитесь до новой версии ЛИРА 10.12 за полцены!

[Подробнее](#)*Рис. 6. Область сгущения сетки КЭ*

В то же время, необходимо учитывать тот факт, что точность уменьшается, если размеры соседних элементов около концентраторов напряжений сильно различаются. Это связано с тем, что матрица жесткостей становится плохо обусловленной. Ко всему вышесказанному следует добавить следующее: отношение максимального размера элемента к минимальному не должно превышать 2, или угол не должен быть меньше 30° (рис.7).





Создание плоских фрагментов и сетей

Генерация плиты

Угол поворота относительно оси Z

0

Координаты первого узла

☒ Указать курсором

Выбор плоскости

XOY XOZ YOZ

Произвольная

Указать узлы

X 0 м

Y 0 м

Z 0 м

Шаг вдоль первой оси

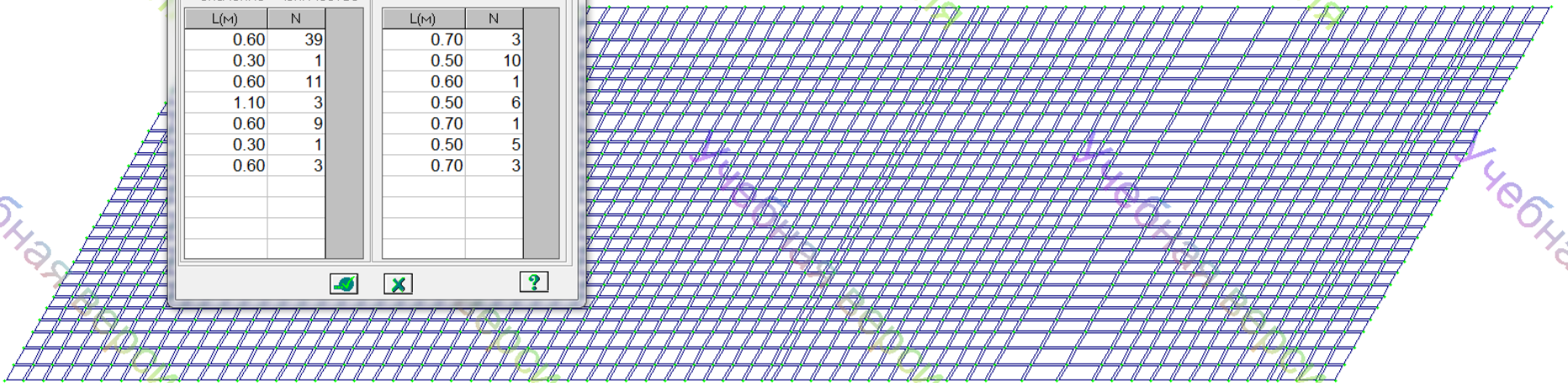
Значение Количество

L(м)	N
0.60	39
0.30	1
0.60	11
1.10	3
0.60	9
0.30	1
0.60	3

Шаг вдоль второй оси

Значение Количество

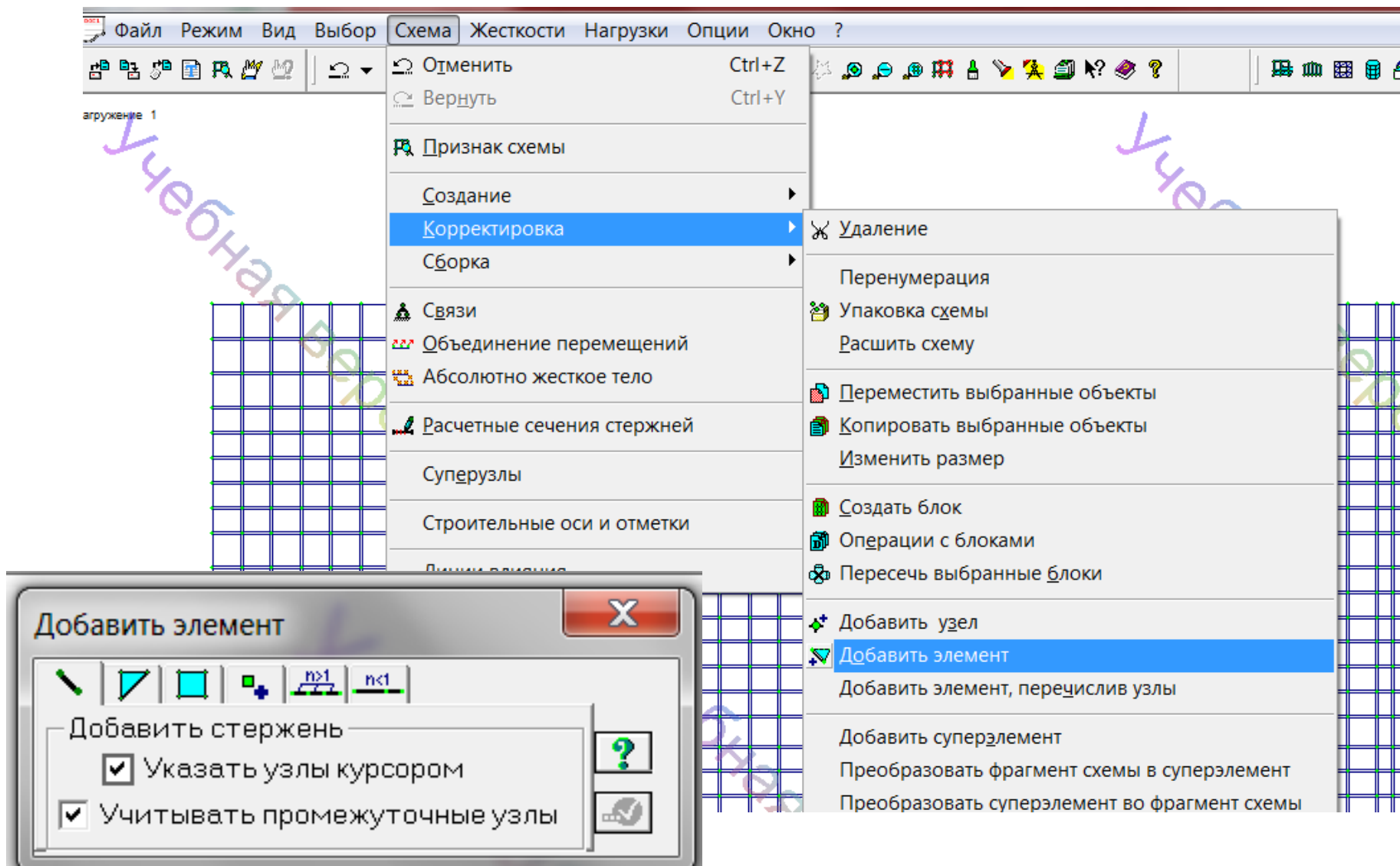
L(м)	N
0.70	3
0.50	10
0.60	1
0.50	6
0.70	1
0.50	5
0.70	3



3. Создание каркаса здания: стены (диафрагмы жесткости) и колонны.

Диафрагмы жесткости (ДЖ)

Сначала создаем стержни (в горизонтальной плоскости) путем соединения двух узлов:

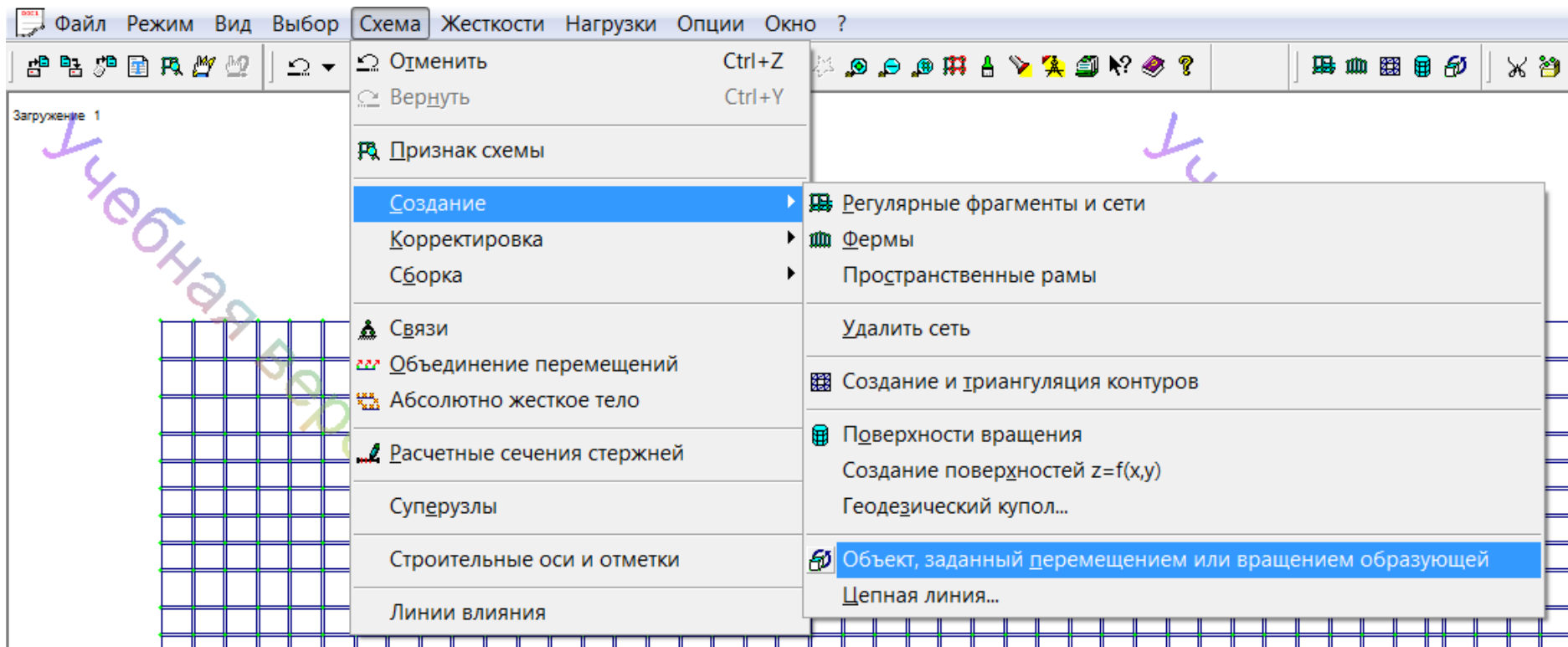
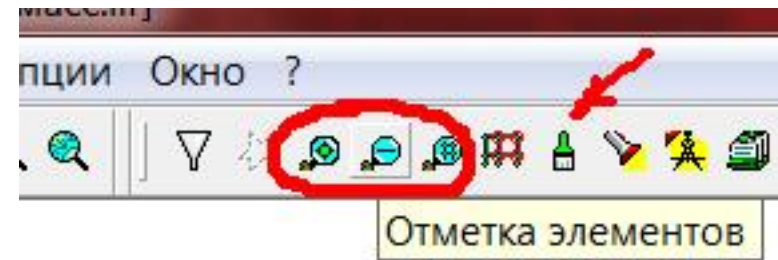
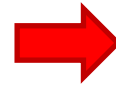


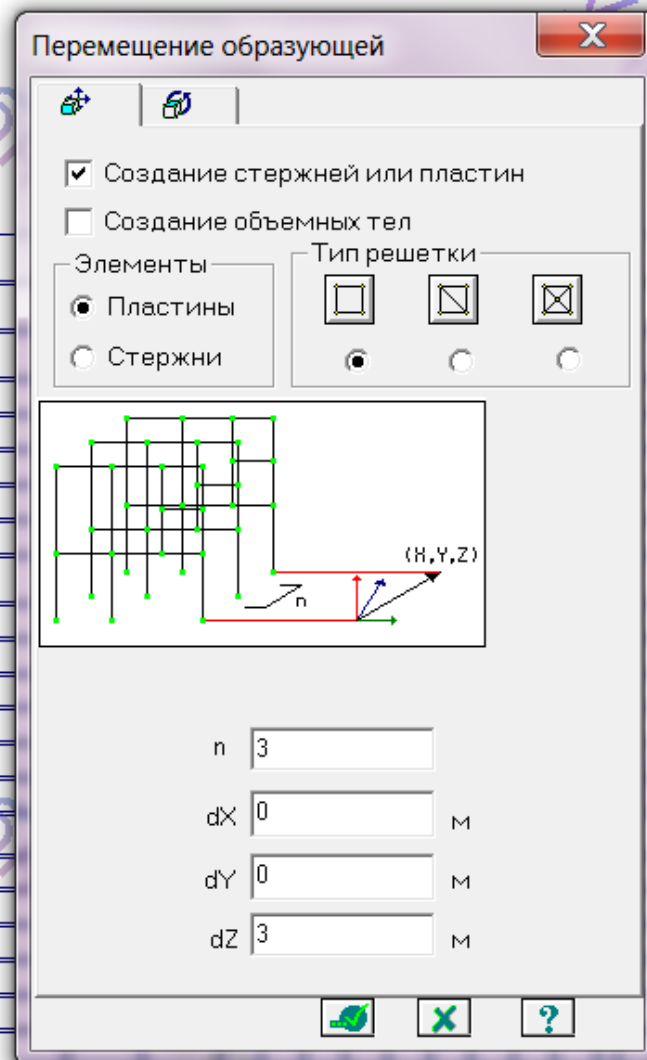
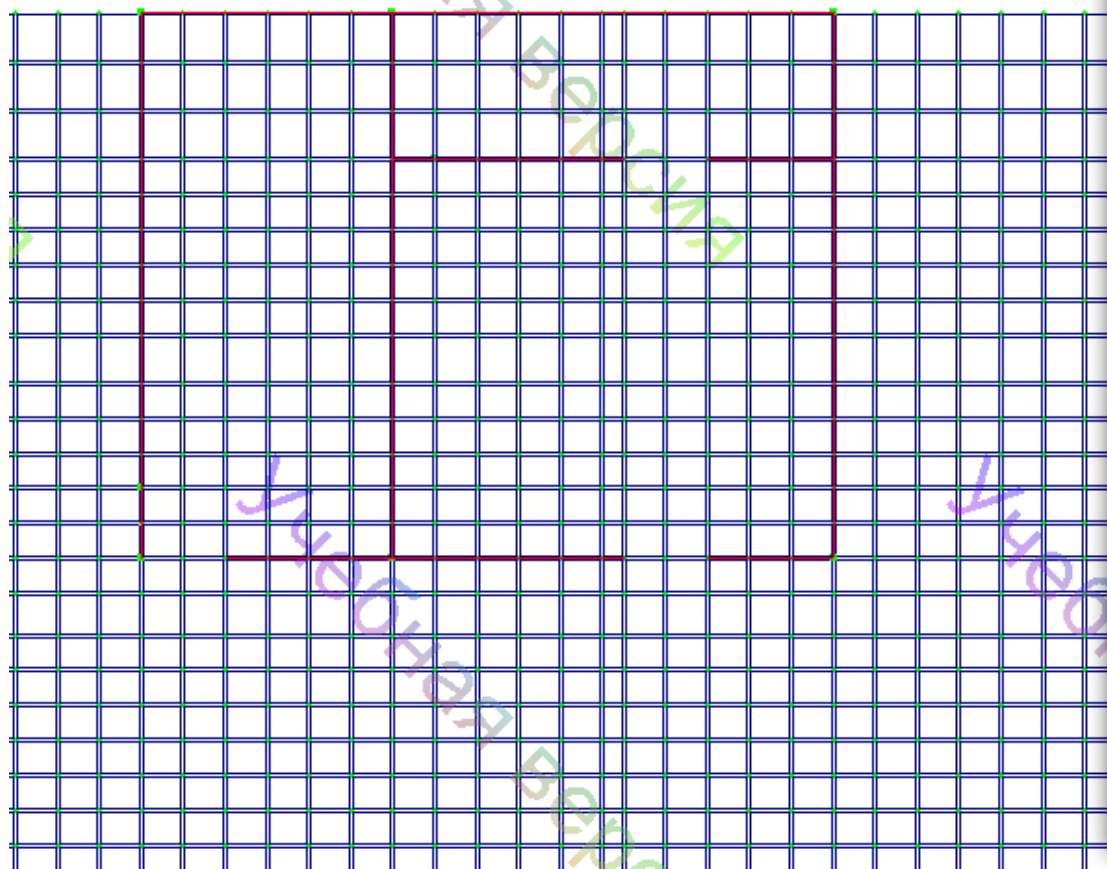
Созданные стержни вытягиваем в пластины (т.о. моделируем стены ЛЛУ). Для того чтобы вытянуть, необходимо стержни выделить, войти в «Перемещение или вращение образующей» на панели задач, отметить «создать пластины», задать высоту стен вдоль оси z - 3 м, шаг - тоже 3 м.

Как выделять. На панели задач есть три кнопки (обведены красным).

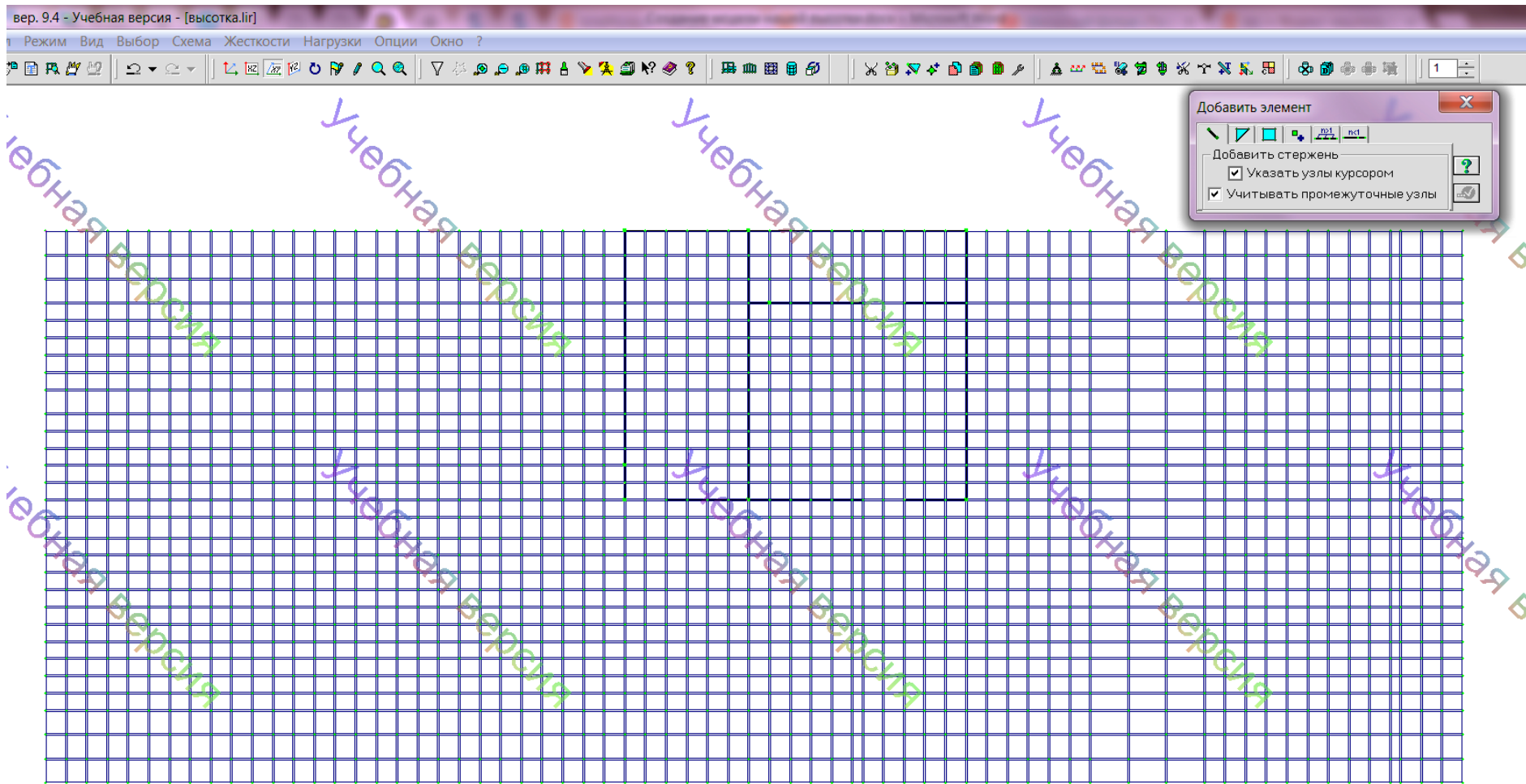
Отдельно можно выделить узлы, отдельно элементы, и отдельно блок.

Снять выделение – **зеленая кисть**.



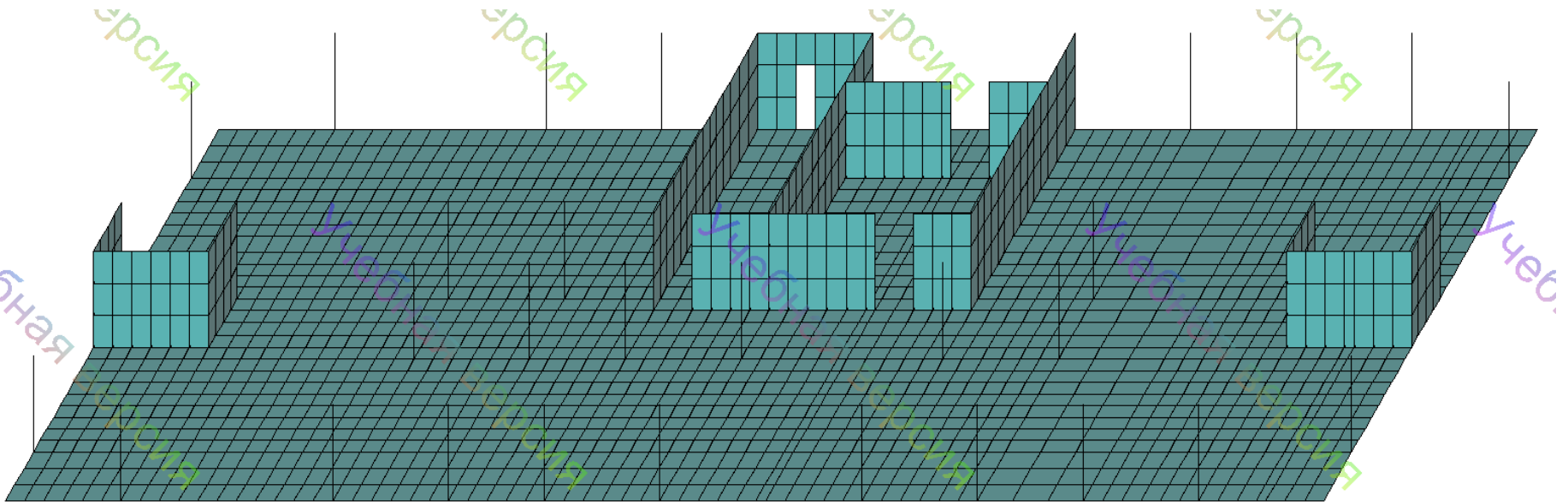


Общий вид плиты и ДЖ



Колонны

Для создания колонн каркаса необходимо вытянуть узлы. Выделяем нужные узлы, заходим в иконку «добавить фрагмент перемещением образующей», высоту задаем 3 м, шаг – 3 м. Каркас первого этажа готов.

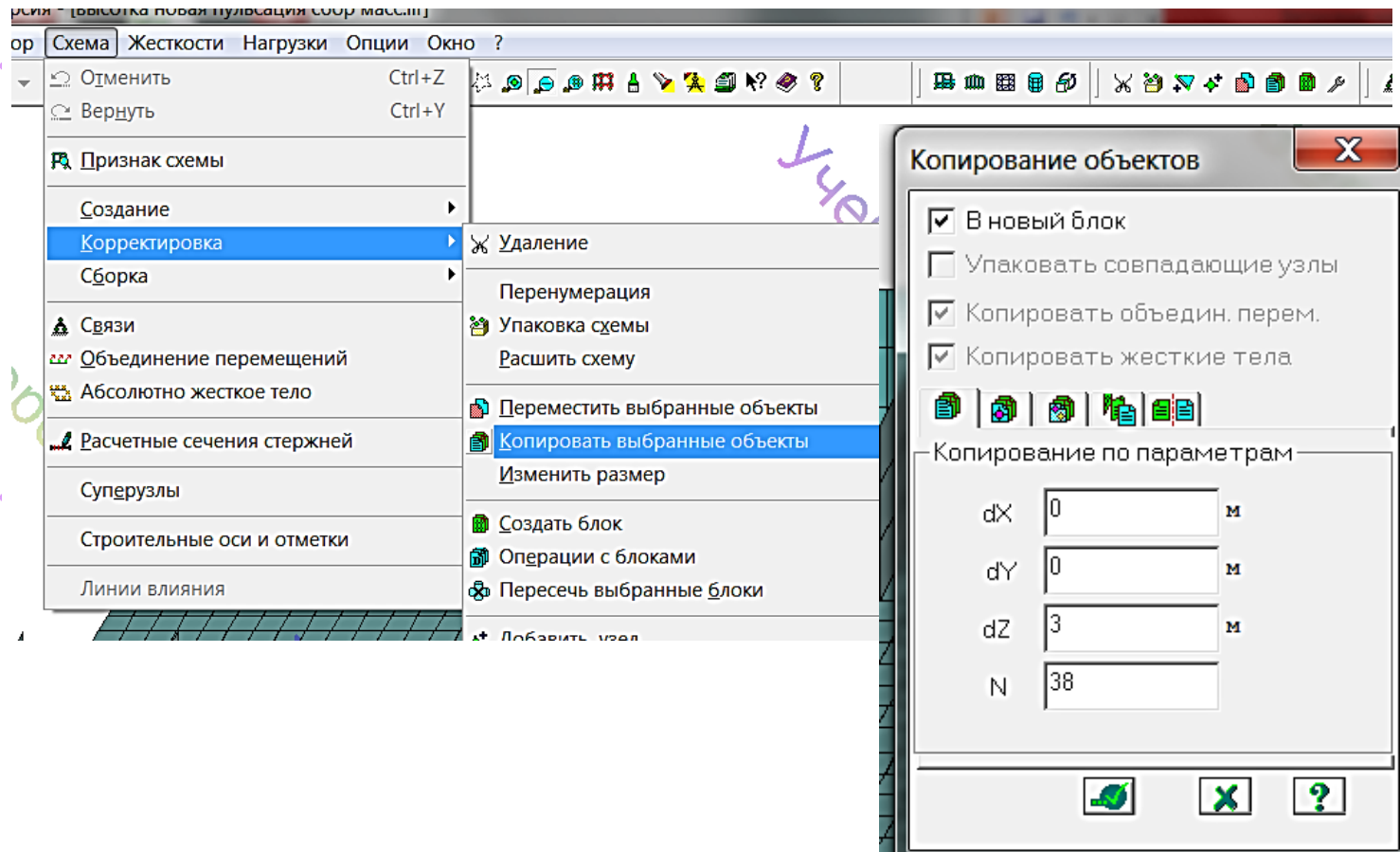
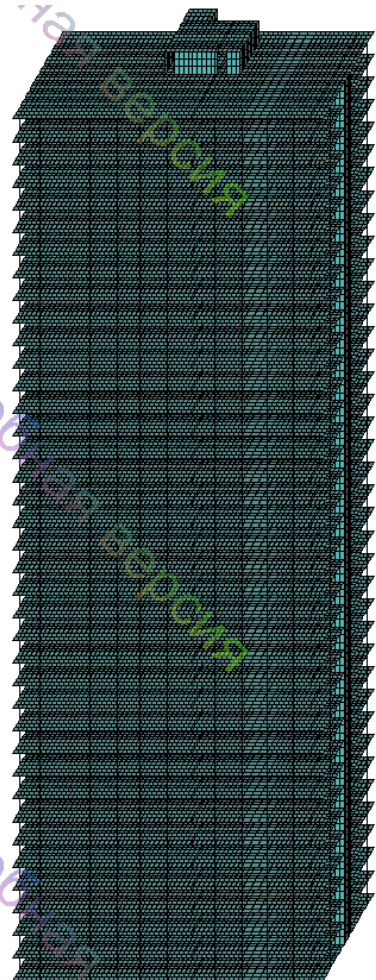


Полученную конструкцию выделяем (все элементы и узлы),
заходим во вкладку «копировать выбранный фрагмент».

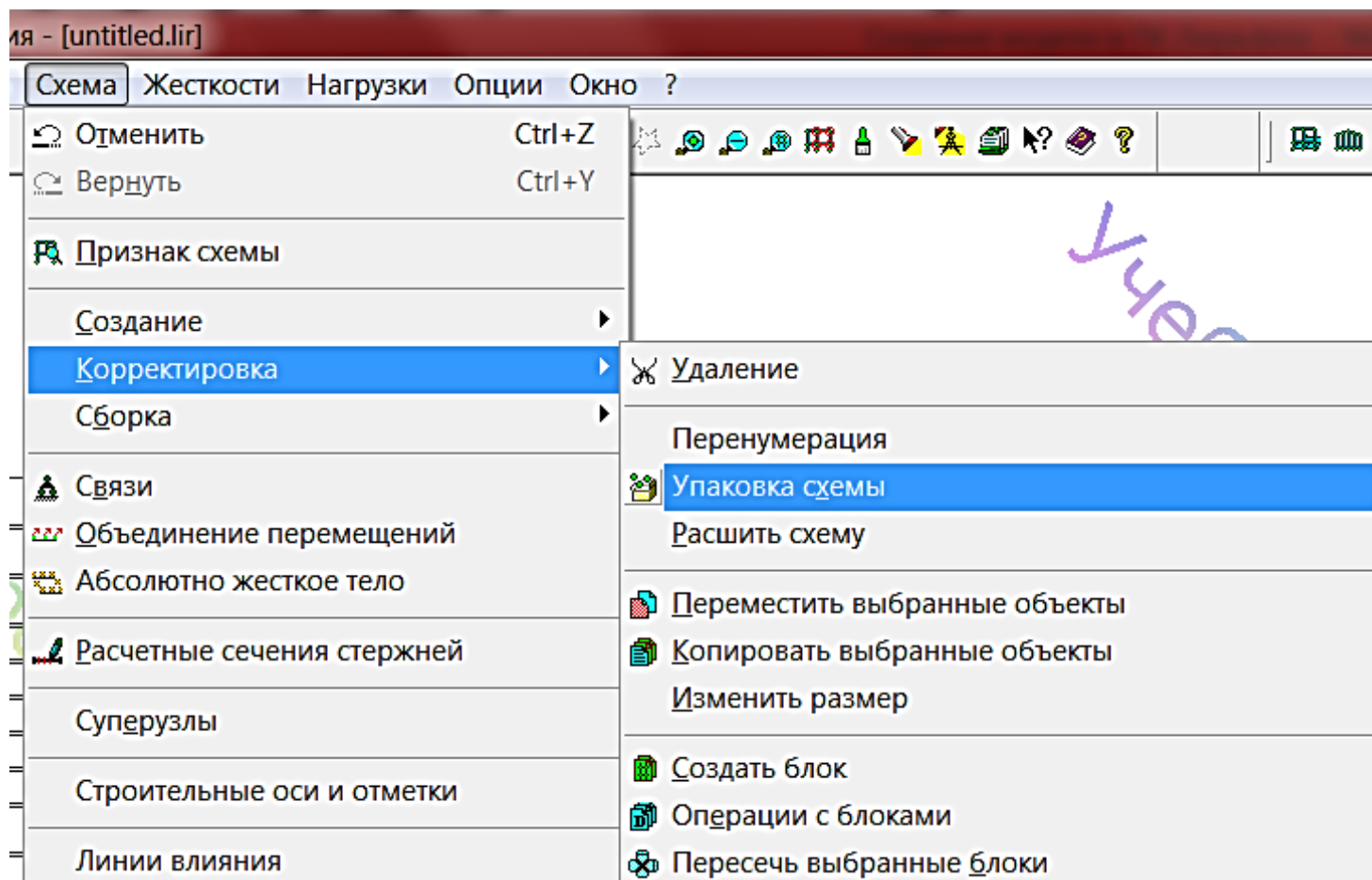
По оси z, высота – 3 м.

N – количество этажей, задаем 38 (без подземных).

После копирования с верхней плиты удаляем лишние
элементы



4. Упаковка схемы. Поскольку в местах стыковки этажей образовалось много лишних узлов. Висячие узлы тоже удаляем, отмечая галочкой этот пункт в окне меню «упаковка схемы». Для этого нужно выделить все элементы модели, найти на панели задач упаковку схемы:



Упаковка

Сшивка

☒ Выполнить сшивку

м Точность сшивки

☐ Не сшивать элементы с разными типами жесткости

☐ Не сшивать узлы с объединением перемещений

☐ Не сшивать узлы жестких тел

☐ Только для фрагмента

☐ Кроме выделенных узлов и элементов

Исключить из расчетной схемы

☒ 'Висячие' узлы

☒ Удаленные узлы и элементы

☐ Неиспользуемые жесткости




☐ Неиспользуемые группы объединения

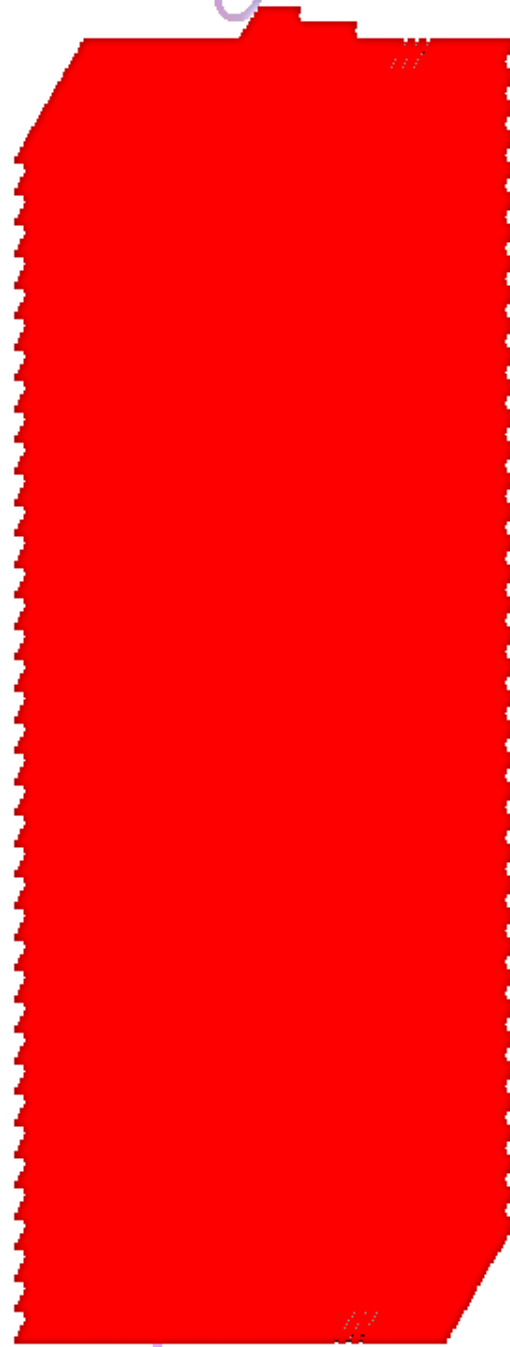
Модульность координат узлов

☐ Привести координаты узлов к модулю

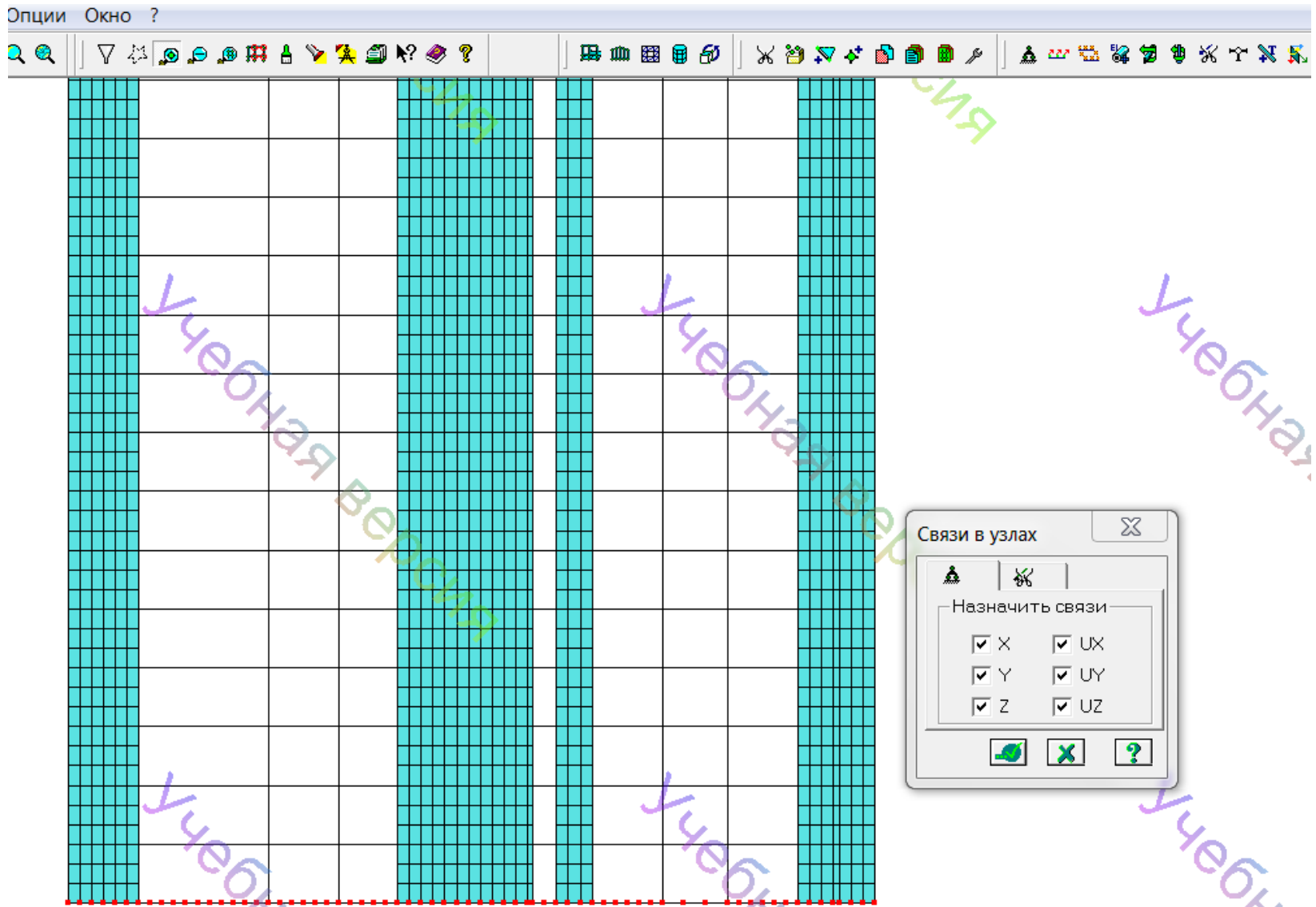
м Величина модуля

☐ Выполнять автосохранение перед началом упаковки

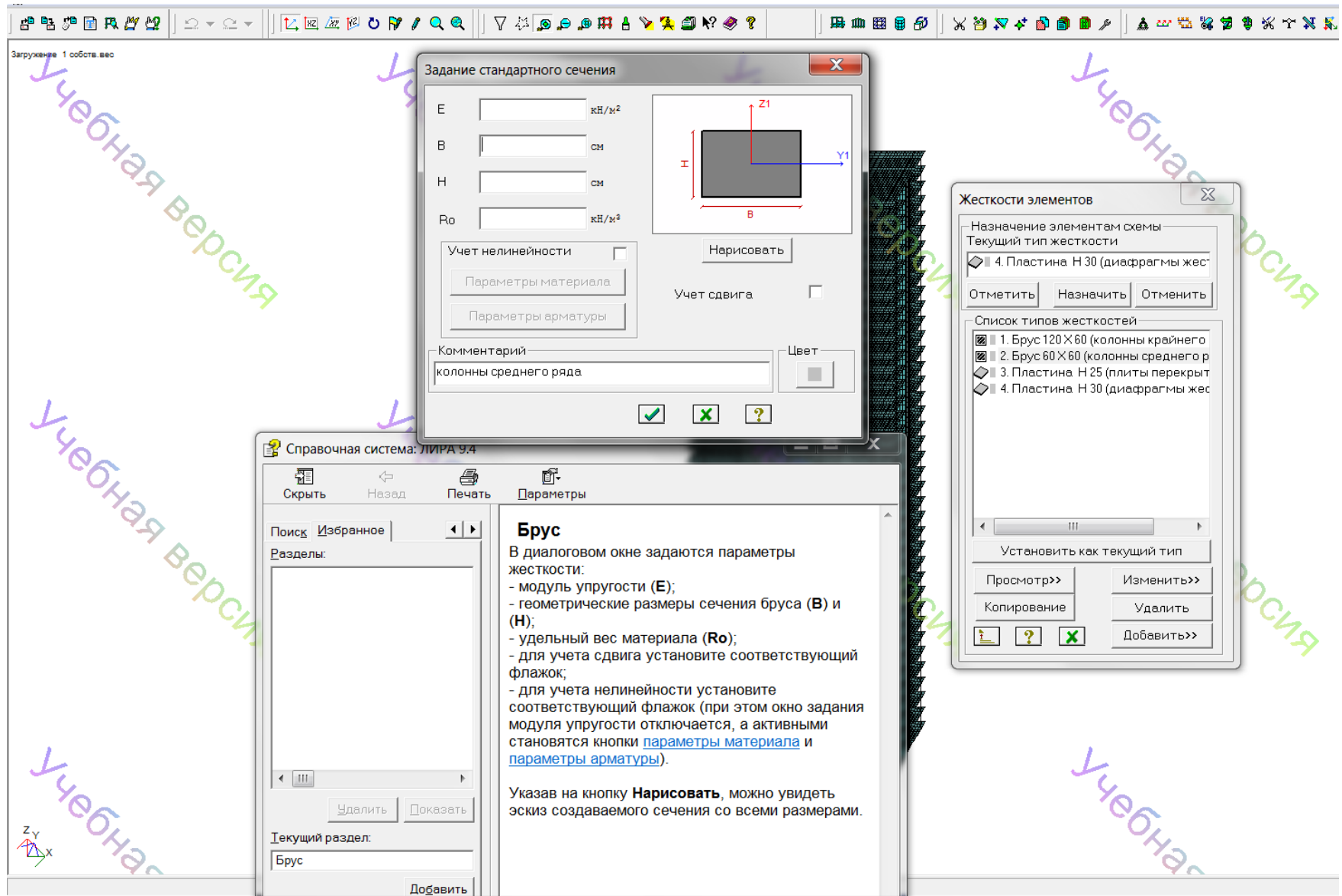


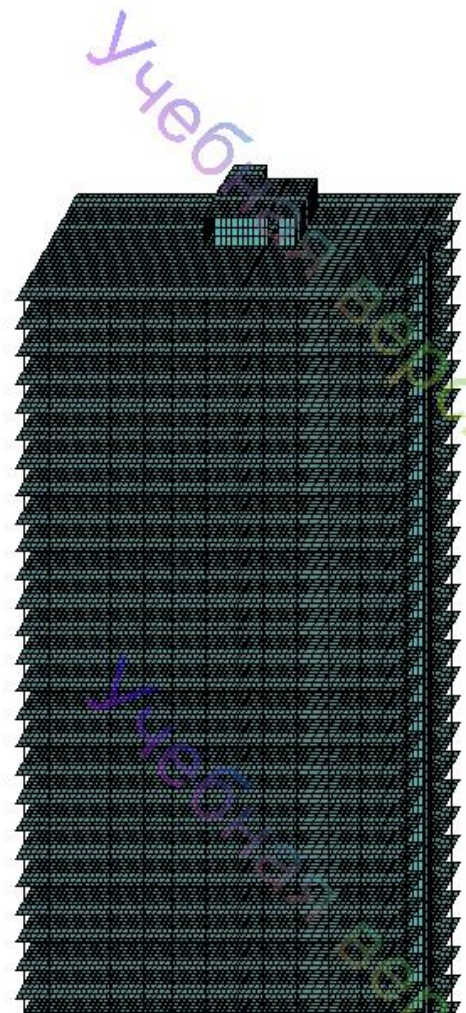
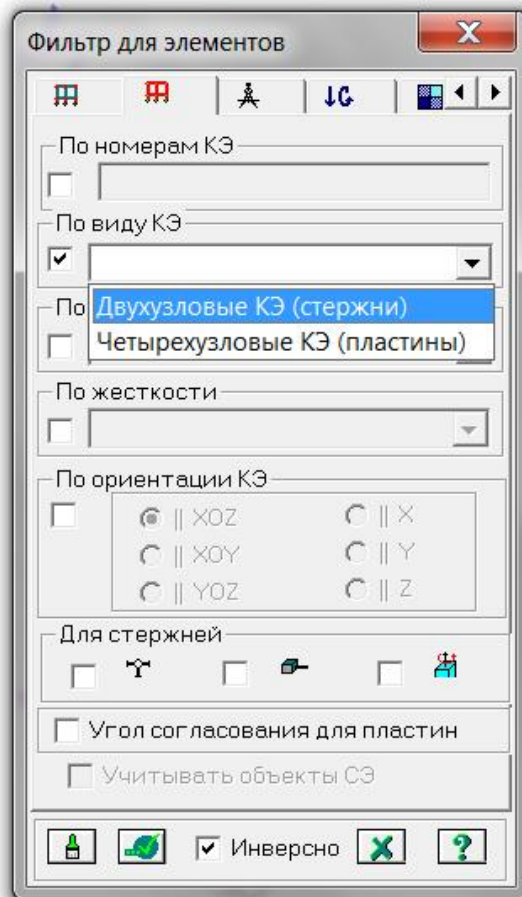
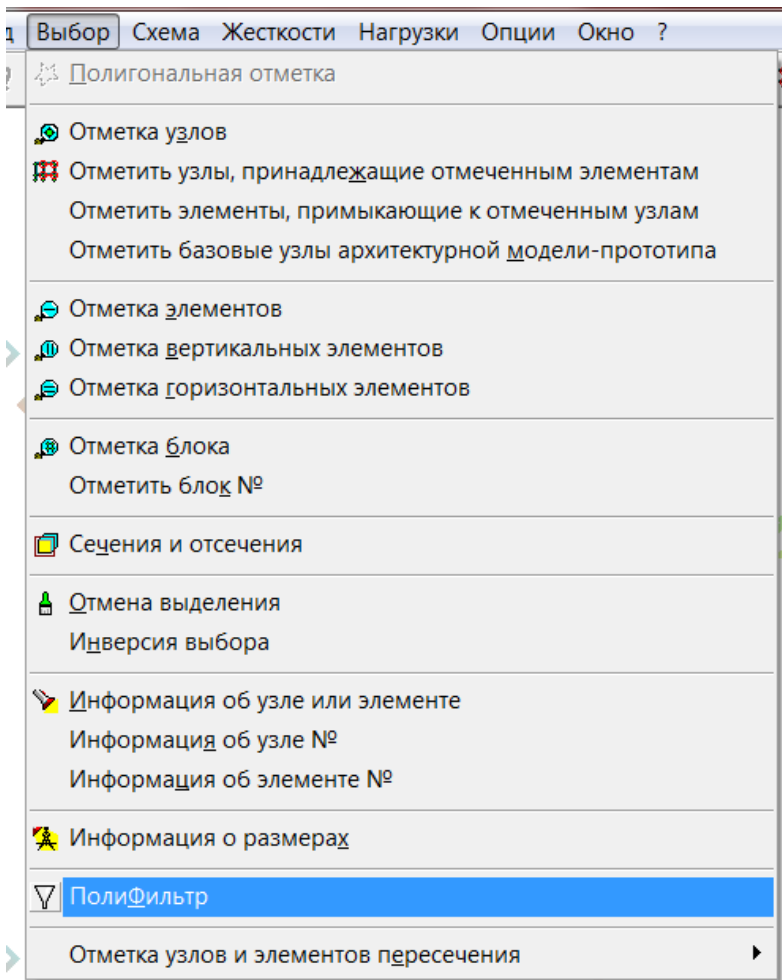
5. Назначаем граничные условия. Выделяем узлы нижней плиты, ограничиваем перемещения по всем осям.



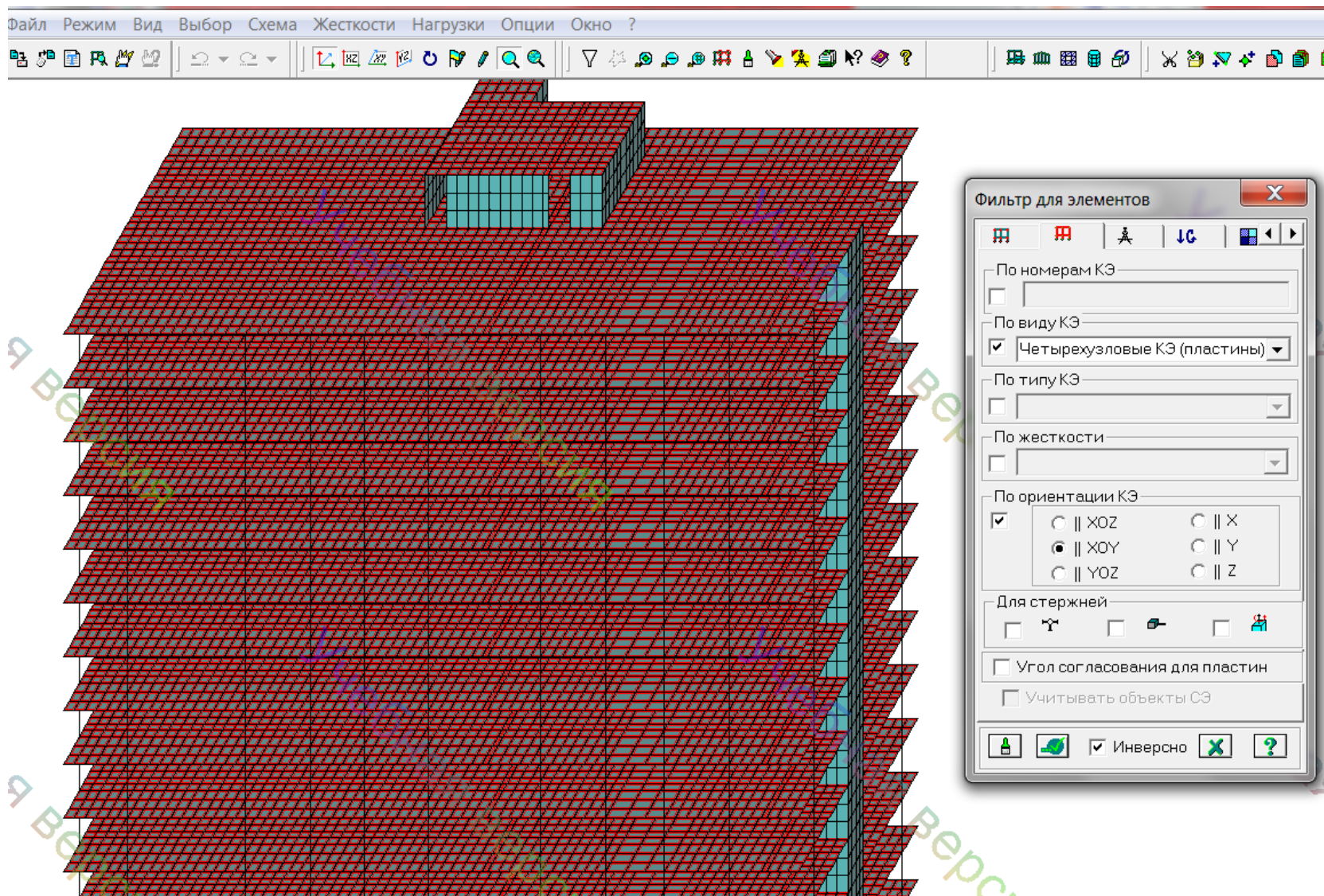
6. Назначаем типы жесткости.

Колонны. Выделяем стержни, в меню «жесткости элементов» - «добавить» - брус, и задаем размеры сечения колонн и характеристики бетона

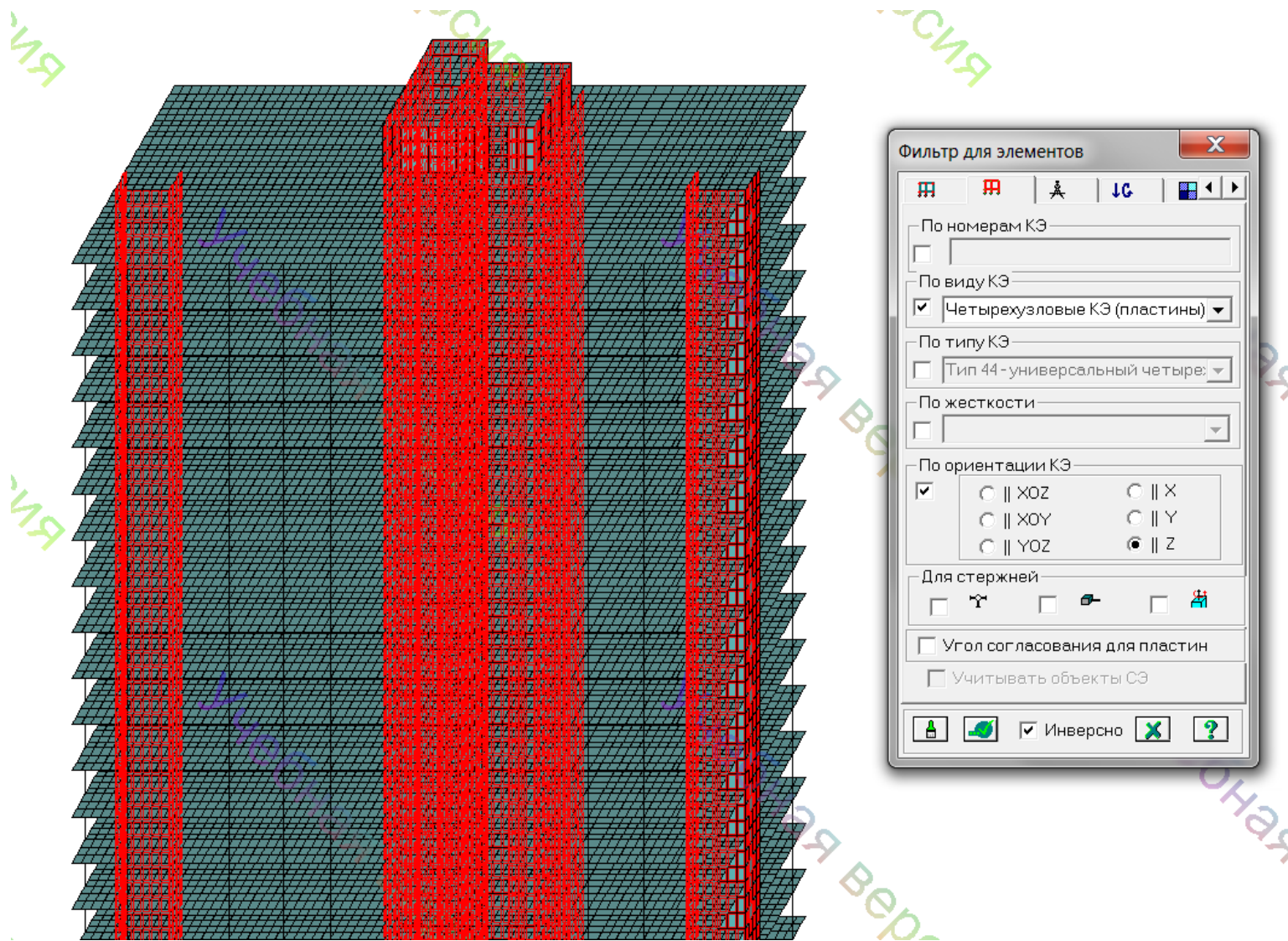




Плиты перекрытия. Выбираем горизонтальные «пластины» и задаем характеристики.

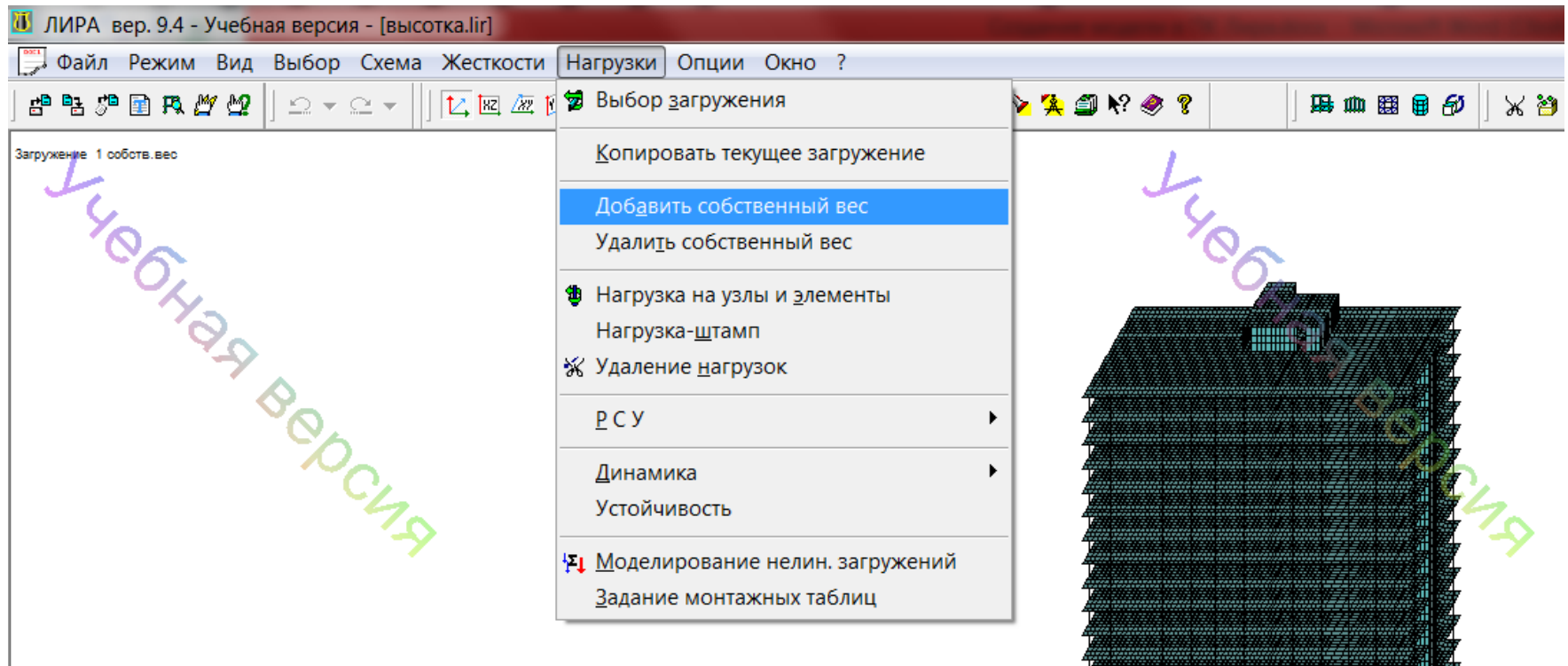


Диафрагмы жесткости. Выбираем вертикальные «пластины» и задаем характеристики.

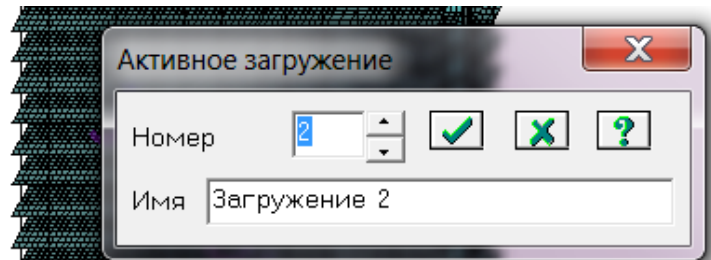


7. Нагрузки.

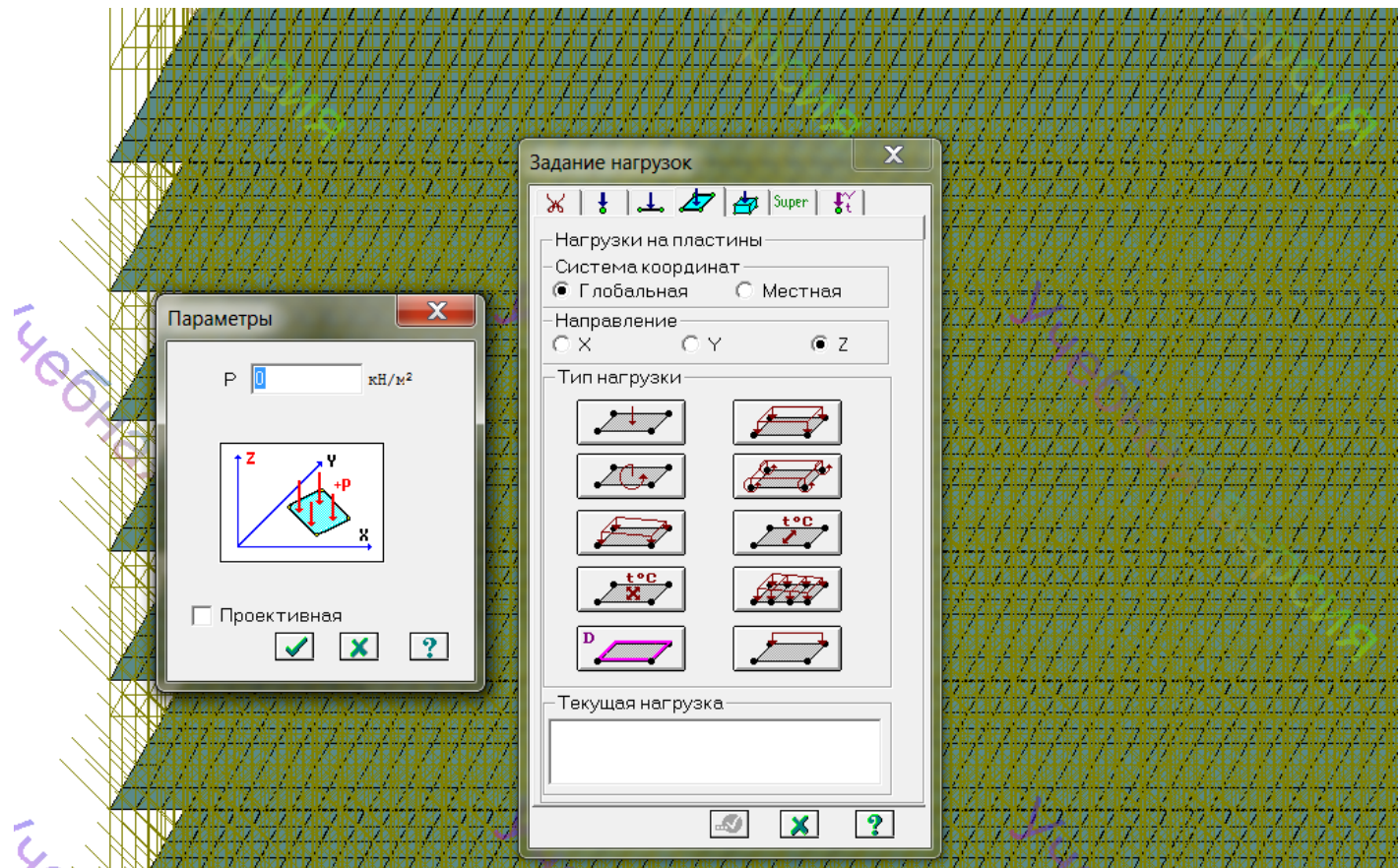
Загружение 1 – собственный вес (для всех элементов).



Загрузка 2 – временные длительные (перегородки и инженерное оборудование). Меняем номер текущего загрузки в меню «Нагрузки», выбор загрузки - №2.



Выделяем КЭ перекрытий и задаем равномерно распределенную нагрузку на КЭ.



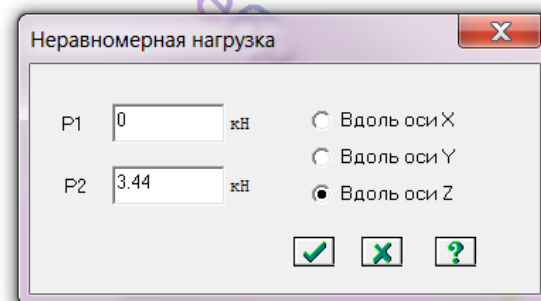
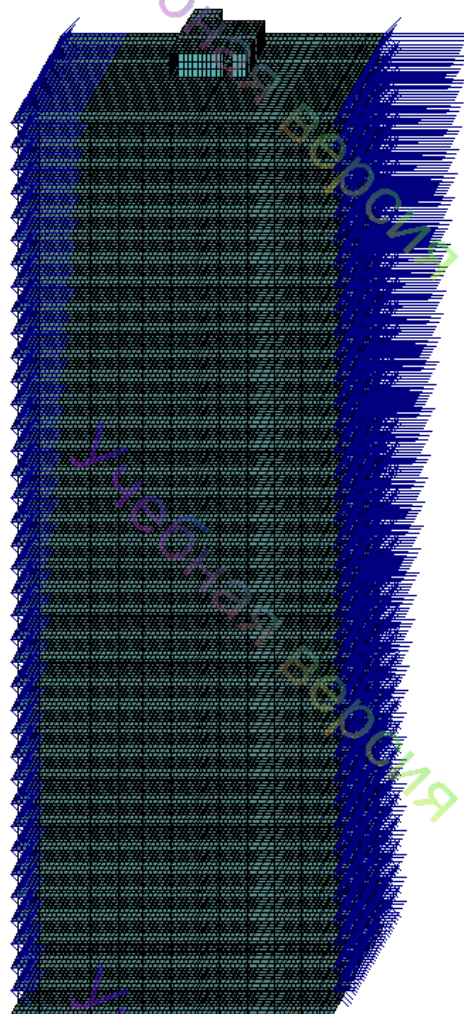
Если в процессе эксплуатации здания возможно изменение положения перегородок, то нагрузку от веса рекомендуется задавать в виде распределенной нагрузки, эквивалентной наиболее неблагоприятной схеме расположения перегородок в конструктивной ячейке, но не менее $0,5 \text{ кН/м}^2$ ». Если перегородки расположены очень неравномерно - вес квадрата перегородок делим на площадь квадрата.

Загружение 3 – временные кратковременные нагрузки (полезная нагрузка, снеговая). Меняем номер загрузки на №3.

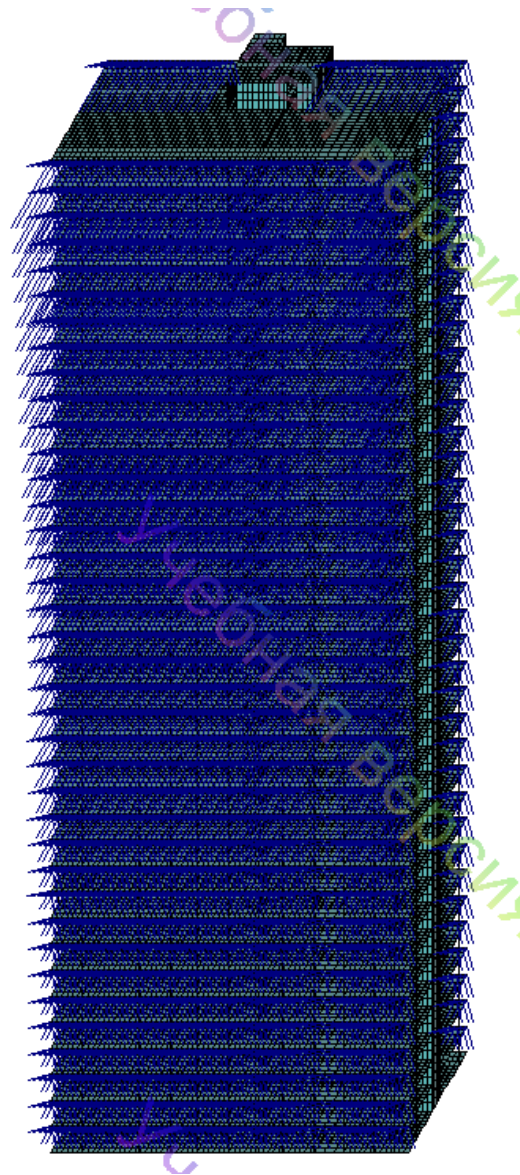
Значения нагрузок берем из таблицы с нагрузками и в виде равномерно распределенной прикладываем к КЭ.

4 загрузка – **ВЕТРОВАЯ НАГРУЗКА** (статическая, по оси X с наветренной и подветренной сторон, трапецевидная), со знаком «+», т.к. направление ветра совпадает с осью. ($P_1=0$, $P_2=...$ с наветренной, и $P_1=0$, $P_2=....$ с подветренной стороны).

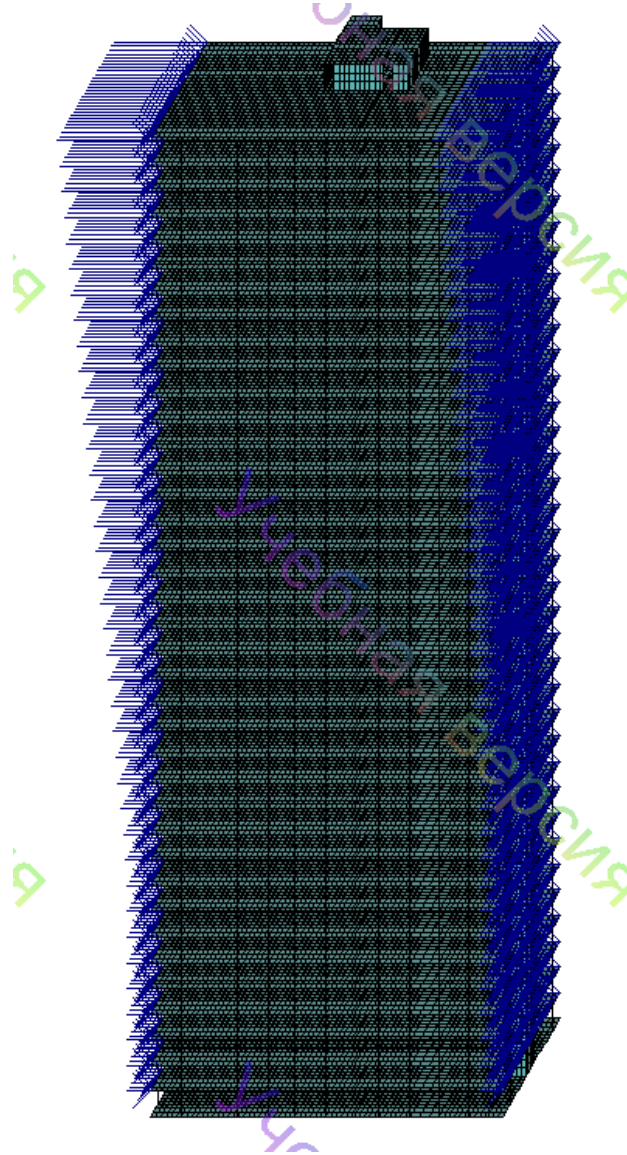
Система координат – по оси x, а направление изменения нагрузки – по z.



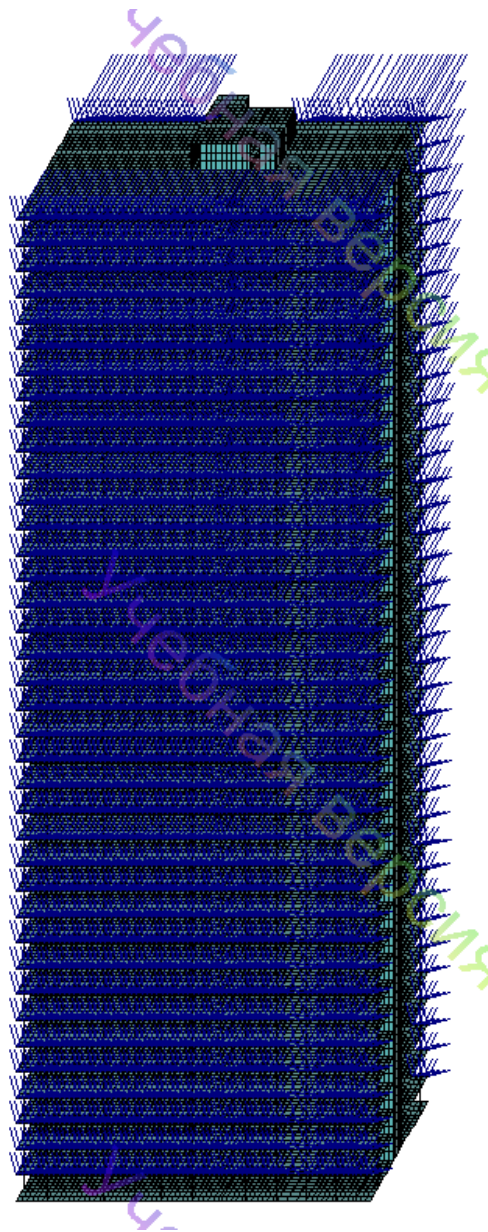
5 загрузка – ветровая нагрузка (статическая, по оси Y с наветренной и подветренной сторон, трапецевидная), со знаком «+», т.к. направление ветра совпадает с осью.



6 загрузка – ветровая нагрузка (статическая, по оси X с наветренной и подветренной сторон, трапецевидная), со знаком «-», т.к. направление ветра не совпадает с осью.



7 загрузка – ветровая нагрузка (статическая, по оси Y с наветренной и подветренной сторон, трапецевидная), со знаком «-», т.к. направление ветра не совпадает с осью.



8 загрузка – ветровая пульсационная. В ПК Ли́ра формируем динамические загрузки.

8 загрузка – динамическое ветровое нагружение по оси X.
В ПК Ли́ра входим в нагрузки – динамика – таблица динамических нагружений.

Задание характеристик для расчета на динамические воздействия

N загрузки

N строки характеристик

Наименование воздействия Пульсационное (21)

Количество учитываемых форм колебаний

N соответствующего статического нагружения

Матрица масс ☐ Диагональная ☒ Согласованная

Подтвердить Заккрыть

Удалить Отменить

Справка

Параметры

Сводная таблица для расчета на динамические воздействия

1

Задание характеристик для расчета на динамические воздействия

N загрузки: 8

N строки характеристик: 1

Наименование воздействия: Пульсационное (21)

Количество учитываемых форм колебаний: 10

N соответствующего статического нагружения: 4

Матрица масс: ☐ Диагональная ☒ Согласованная

Подтвердить

Удалить

Заккрыть

Отменить

Справка

Параметры

Сводная таблица для расчета на динамические воздействия

1	< 21 10 4 1 0 >	< 1.00 3 4.80 0.00 0 41.70 16.00 2 1 0.30 1 >
2	< 21 10 5 1 0 >	< 1.00 3 4.80 0.00 0 41.70 16.00 2 1 0.30 2 >
3	< 21 10 6 1 0 >	< 1.00 3 4.80 0.00 0 41.70 16.00 2 1 0.30 1 >
4	< 21 10 7 1 0 >	< 1.00 3 4.80 0.00 0 41.70 16.00 2 1 0.30 2 >
5		

9 загрузка – динамическое ветровое нагружение по оси Y.

10 загрузка – динамическое ветровое нагружение по оси X.

11 загрузка – динамическое ветровое нагружение по оси Y.

В каждом динамическом загрузении входим в параметры и меняем признак ориентации обдуваемой поверхности

Параметры расчета на ветровое воздействие с учетом пульсации

Поправочный коэффициент	<input type="text" value="1.00"/>
Расстояние между поверхностью земли и минимальной аппликацией расчетной схемы	<input type="text" value="4.80"/> м
Ветровой район строительства (табл. 5 СНиП 2.01.07 - 85)	<input type="text" value="Район 1"/>
Длина здания вдоль оси X	<input type="text" value="41.70"/> м
Длина здания вдоль оси Y	<input type="text" value="16.00"/> м
Тип местности (в соотв. со СНиП 2.01.07 - 85)	<input type="text" value="Тип В"/>
Тип здания	<input type="text" value="TZ = 1"/>
Логарифмический декремент колебаний	<input type="text" value="0.3 (ж/бетонные сооружения)"/>
Признак ориентации обдуваемой поверхности сооружения в расчетной схеме	<input type="text" value="1 (Ветер вдоль оси X)"/>

☒ ☐ ☐

Формирование динамических
загружений из статических (Диалоговое
окно называется "формирование
динамический загружений из
статических"

Оно предназначено для формирования
матрицы масс для динамических
загружений). Нагрузки – динамика –
учет статических загружений.

Формирование динамических загружений из статичес...

Сформировать матрицу масс на основании:

☒ - загрузки (код 1)

☐ - плотности элементов (код 2)

№ динамического загружения

№ соответствующего статического загружения

Козэф. преобразования

Сводная таблица:

№ дин...	№ ста...	Козэф.	Код
8	1	1	1
8	2	1	1
8	3	1	1
9	1	1	1
9	2	1	1
9	3	1	1
10	1	1	1
10	2	1	1
10	3	1	1

Добавить Удалить Изменить

✓ ✗ ?

Из справки Лир

Коэффициент преобразования – коэффициент соответствующего сочетания нагрузок. Для большинства норм по расчету на сейсмические воздействия (особое сочетание нагрузок) коэффициенты для сбора масс принимаются равными: постоянные 0.9, временные длительные 0.8 и кратковременные (на перекрытия и покрытия) 0.5.

Для ветровой пульсации коэффициенты преобразования должны соответствовать коэффициентам основного сочетания согласно норм, по которым идет расчет. В частности, основное сочетание п.6.1 СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия» принимается с коэффициентами согласно п.6.3 и п.6.4. То есть **постоянные с коэффициентом 1, длительные по степени влияния 1; 0.95 и кратковременные по степени влияния 1; 0.9; 0.7.** Собирать массы из загрузки, где находится статическая составляющая ветра не надо.

Формирование динамических нагрузок из ст...

Сформировать матрицу масс на основании:

☒ - загрузки (код 1)
☐ - плотности элементов (код 2)

№ динамического нагружения

№ соответствующего статического нагружения

Козф. преобразования

Сводная таблица :

№ дин. з...	№ стат. загр.	Козф.	Код
5	1	0.9	1
5	2	0.8	1
5	3	0.5	1
6	1	1	1
6	2	1	1
6	3	1	1

✓ ✗ ?

8. Генерация таблицы РСУ.

С помощью пункта меню «Нагрузки» - РСУ – Генерация таблицы РСУ.

Расчетные сочетания усилий

Строительные нормы: СНиП 2.01.07-85

Номер загрузки: 1 По умолчанию

Название загрузки: Загрузка 1 собств.вес

Вид загрузки: Постоянное (0)

N группы объединяемых временных нагрузений: 0

Учитывать знакопеременность: ☐

N группы взаимоисключающих нагрузений: 0

NN сопутствующих нагрузений: 0 0

Коэффициент надежности: 1.10

Доля длительности: 1.00

Ограничения для кранов и тормозов: Кран ☐ Тормоз ☐

Коэффициенты для РСУ

	1	2	3	NN столбцов коэфф. РСУ
	N загрузки	1-е основное сочетание	2-е основное сочетание	Особое сочетание
1 ->	1.00	1.00	0.90	
2	1.00	0.95	0.80	
3	1.00	0.90	0.50	
4	1.00	0.90	0.50	
5	1.00	0.90	0.50	

Сводная таблица для вычисления РСУ:

N назв.	Параметры РСУ	Коэффициенты РСУ
1	< 0 0 0 0 0 0 1.10 1.00 >	< 1.00 > < 1.00 > < 0.90 >
2	< 1 0 0 0 0 0 1.20 1.00 >	< 1.00 > < 0.95 > < 0.80 >
3	< 2 0 0 0 0 0 1.20 0.35 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >
4	< 2 0 0 1 0 0 1.40 0.35 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >
5	< 2 0 0 2 0 0 1.40 0.35 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >
6	< 2 0 0 1 0 0 1.40 0.35 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >
7	< 2 0 0 2 0 0 1.40 0.35 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >
8	< 7 0 0 0 0 0 1.40 0.00 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >
9	< 7 0 0 0 0 0 1.40 0.00 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >
10	< 7 0 0 0 0 0 1.40 0.00 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >
11	< 7 0 0 0 0 0 1.40 0.00 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >

Расчетные сочетания усилий

Строительные нормы: СНиП 2.01.07-85

Номер загрузки: 2 По умолчанию

Название загрузки: Загрузка 2 врем. длит. - перегородки

Вид загрузки: Временное длит. (1)

N группы объединяемых временных нагрузений: 0

Учитывать знакопеременность: ☐

N группы взаимоисключающих нагрузений: 0

NN сопутствующих нагрузений: 0 0

Коэффициент надежности: 1.20

Доля длительности: 1.00

Ограничения для кранов и тормозов: Кран ☐ Тормоз ☐

Коэффициенты для РСУ

	1	2	3	NN столбцов коэфф. РСУ
	N загрузки	1-е основное сочетание	2-е основное сочетание	Особое сочетание
1	1.00	1.00	0.90	
2 ->	1.00	0.95	0.80	
3	1.00	0.90	0.50	
4	1.00	0.90	0.50	
5	1.00	0.90	0.50	

Сводная таблица для вычисления РСУ:

N назв.	Параметры РСУ	Коэффициенты РСУ
1	< 0 0 0 0 0 0 1.10 1.00 >	< 1.00 > < 1.00 > < 0.90 >
2	< 1 0 0 0 0 0 1.20 1.00 >	< 1.00 > < 0.95 > < 0.80 >
3	< 2 0 0 0 0 0 1.20 0.35 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >
4	< 2 0 0 1 0 0 1.40 0.35 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >
5	< 2 0 0 2 0 0 1.40 0.35 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >
6	< 2 0 0 1 0 0 1.40 0.35 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >
7	< 2 0 0 2 0 0 1.40 0.35 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >
8	< 7 0 0 0 0 0 1.40 0.00 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >
9	< 7 0 0 0 0 0 1.40 0.00 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >
10	< 7 0 0 0 0 0 1.40 0.00 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >
11	< 7 0 0 0 0 0 1.40 0.00 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >

Расчетные сочетания усилий

Строительные нормы: СНиП 2.01.07-85

Номер загрузки: 3 По умолчанию

Название загрузки: Загружение 3 кратковр. полезная нагрузка

Вид загрузки: Кратковременное (2)

N группы объединяемых временных загрузений: 0

Учитывать знакопеременность: ☐

N группы взаимоисключающих загрузений: 0

NN сопутствующих загрузений: 0 0

Коэффициент надежности: 1.20

Доля длительности: 0.35

Ограничения для кранов и тормозов: Кран ☐ Тормоз ☐

Коэффициенты для РСУ

1	2	3	NN столбцов коэфф. РСУ
N загрузки	1-е основное сочетание	2-е основное сочетание	Особое сочетание
1	1.00	1.00	0.90
2	1.00	0.95	0.80
3 ->	1.00	0.90	0.50
4	1.00	0.90	0.50
5	1.00	0.90	0.50

Сводная таблица для вычисления РСУ:

N назв.	Параметры РСУ	Коэффициенты РСУ
1	< 0 0 0 0 0 0 1.10 1.00 >	< 1.00 > < 1.00 > < 0.90 >
2	< 1 0 0 0 0 0 1.20 1.00 >	< 1.00 > < 0.95 > < 0.80 >
3	< 2 0 0 0 0 0 1.20 0.35 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >
4	< 2 0 0 1 0 0 0 1.40 0.35 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >
5	< 2 0 0 2 0 0 0 1.40 0.35 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >
6	< 2 0 0 1 0 0 0 1.40 0.35 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >
7	< 2 0 0 2 0 0 0 1.40 0.35 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >
8	< 7 0 0 0 0 0 0 1.40 0.00 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >
9	< 7 0 0 0 0 0 0 1.40 0.00 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >
10	< 7 0 0 0 0 0 0 1.40 0.00 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >
11	< 7 0 0 0 0 0 0 1.40 0.00 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >

Расчетные сочетания усилий

Строительные нормы: СНиП 2.01.07-85

Номер загрузки: 4 По умолчанию

Название загрузки: Загружение 4 ветер по X +

Вид загрузки: Кратковременное (2)

N группы объединяемых временных загрузений: 0

Учитывать знакопеременность: ☐

N группы взаимоисключающих загрузений: 1

NN сопутствующих загрузений: 0 0

Коэффициент надежности: 1.40

Доля длительности: 0.35

Ограничения для кранов и тормозов: Кран ☐ Тормоз ☐

Коэффициенты для РСУ

1	2	3	NN столбцов коэфф. РСУ
N загрузки	1-е основное сочетание	2-е основное сочетание	Особое сочетание
1	1.00	1.00	0.90
2	1.00	0.95	0.80
3	1.00	0.90	0.50
4 ->	1.00	0.90	0.50
5	1.00	0.90	0.50

Сводная таблица для вычисления РСУ:

N назв.	Параметры РСУ	Коэффициенты РСУ
1	< 0 0 0 0 0 0 1.10 1.00 >	< 1.00 > < 1.00 > < 0.90 >
2	< 1 0 0 0 0 0 1.20 1.00 >	< 1.00 > < 0.95 > < 0.80 >
3	< 2 0 0 0 0 0 1.20 0.35 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >
4	< 2 0 0 1 0 0 0 1.40 0.35 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >
5	< 2 0 0 2 0 0 0 1.40 0.35 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >
6	< 2 0 0 1 0 0 0 1.40 0.35 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >
7	< 2 0 0 2 0 0 0 1.40 0.35 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >
8	< 7 0 0 0 0 0 0 1.40 0.00 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >
9	< 7 0 0 0 0 0 0 1.40 0.00 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >
10	< 7 0 0 0 0 0 0 1.40 0.00 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >
11	< 7 0 0 0 0 0 0 1.40 0.00 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >

Расчетные сочетания усилий

Строительные нормы СНиП 2.01.07-85

Номер загрузки 5 По умолчанию

Название загрузки Загрузка 5 ветер по Y +

Вид загрузки Кратковременное (2)

N группы объединяемых временных нагрузений 0

Учитывать знакопеременность ☐

N группы взаимоисключающих нагрузений 2

NN сопутствующих нагрузений 0 0

Коэффициент надежности 1.40

Доля длительности 0.35

Ограничения для кранов и тормозов

Кран ☐ Тормоз ☐

Коэффициенты для РСУ

1 2 3 NN столбцов коэфф. РСУ

N загрузки	1-е основное сочетание	2-е основное сочетание	Особое сочетание
1	1.00	1.00	0.90
2	1.00	0.95	0.80
3	1.00	0.90	0.50
4	1.00	0.90	0.50
5 ->	1.00	0.90	0.50

Сводная таблица для вычисления РСУ:

N назв. Параметры РСУ Коэффициенты РСУ

1	< 0 0 0 0 0 0 1.10 1.00 >	< 1.00 >	< 1.00 >	< 0.90 >
2	< 1 0 0 0 0 0 1.20 1.00 >	< 1.00 >	< 0.95 >	< 0.80 >
3	< 2 0 0 0 0 0 1.20 0.35 >	< 1.00 >	< 0.90 >	< 0.50 >
4	< 2 0 0 1 0 0 0 1.40 0.35 >	< 1.00 >	< 0.90 >	< 0.50 >
5	< 2 0 0 2 0 0 0 1.40 0.35 >	< 1.00 >	< 0.90 >	< 0.50 >
6	< 2 0 0 1 0 0 0 1.40 0.35 >	< 1.00 >	< 0.90 >	< 0.50 >
7	< 2 0 0 2 0 0 0 1.40 0.35 >	< 1.00 >	< 0.90 >	< 0.50 >
8	< 7 0 0 0 0 0 0 1.40 0.00 >	< 1.00 >	< 0.90 >	< 0.50 >
9	< 7 0 0 0 0 0 0 1.40 0.00 >	< 1.00 >	< 0.90 >	< 0.50 >
10	< 7 0 0 0 0 0 0 1.40 0.00 >	< 1.00 >	< 0.90 >	< 0.50 >
11	< 7 0 0 0 0 0 0 1.40 0.00 >	< 1.00 >	< 0.90 >	< 0.50 >

Расчетные сочетания усилий

Строительные нормы СНиП 2.01.07-85

Номер загрузки 6 По умолчанию

Название загрузки Загрузка 6 ветер по X -

Вид загрузки Кратковременное (2)

N группы объединяемых временных нагрузений 0

Учитывать знакопеременность ☐

N группы взаимоисключающих нагрузений 1

NN сопутствующих нагрузений 0 0

Коэффициент надежности 1.40

Доля длительности 0.35

Ограничения для кранов и тормозов

Кран ☐ Тормоз ☐

Коэффициенты для РСУ

1 2 3 NN столбцов коэфф. РСУ

N загрузки	1-е основное сочетание	2-е основное сочетание	Особое сочетание
5	1.00	0.90	0.50
6 ->	1.00	0.90	0.50
7	1.00	0.90	0.50
8	1.00	0.90	0.50
9	1.00	0.90	0.50

Сводная таблица для вычисления РСУ:

N назв. Параметры РСУ Коэффициенты РСУ

1	< 0 0 0 0 0 0 1.10 1.00 >	< 1.00 >	< 1.00 >	< 0.90 >
2	< 1 0 0 0 0 0 1.20 1.00 >	< 1.00 >	< 0.95 >	< 0.80 >
3	< 2 0 0 0 0 0 1.20 0.35 >	< 1.00 >	< 0.90 >	< 0.50 >
4	< 2 0 0 1 0 0 0 1.40 0.35 >	< 1.00 >	< 0.90 >	< 0.50 >
5	< 2 0 0 2 0 0 0 1.40 0.35 >	< 1.00 >	< 0.90 >	< 0.50 >
6	< 2 0 0 1 0 0 0 1.40 0.35 >	< 1.00 >	< 0.90 >	< 0.50 >
7	< 2 0 0 2 0 0 0 1.40 0.35 >	< 1.00 >	< 0.90 >	< 0.50 >
8	< 7 0 0 0 0 0 0 1.40 0.00 >	< 1.00 >	< 0.90 >	< 0.50 >
9	< 7 0 0 0 0 0 0 1.40 0.00 >	< 1.00 >	< 0.90 >	< 0.50 >
10	< 7 0 0 0 0 0 0 1.40 0.00 >	< 1.00 >	< 0.90 >	< 0.50 >
11	< 7 0 0 0 0 0 0 1.40 0.00 >	< 1.00 >	< 0.90 >	< 0.50 >

Расчетные сочетания усилий

Строительные нормы: СНиП 2.01.07-85

Номер загрузки: 7 По умолчанию

Название загрузки: Загрузка 7 ветер по Y-

Вид загрузки: Кратковременное (2)

N группы объединяемых временных нагрузений: 0

Учитывать знакопеременность: ☐

N группы взаимоисключающих нагрузений: 2

NN сопутствующих нагрузений: 0 0

Коэффициент надежности: 1.40

Доля длительности: 0.35

Ограничения для кранов и тормозов:

Кран ☐ Тормоз ☐

Коэффициенты для PCV:

1	2	3	NN столбцов коэфф. PCV
N загрузки	1-е основное сочетание	2-е основное сочетание	Особое сочетание
5	1.00	0.90	0.50
6	1.00	0.90	0.50
7 ->	1.00	0.90	0.50
8	1.00	0.90	0.50
9	1.00	0.90	0.50

Сводная таблица для вычисления PCV:

N назв.	Параметры PCV	Коэффициенты PCV
1	<0 0 0 0 0 0 1.10 1.00>	<1.00> <1.00> <0.90>
2	<1 0 0 0 0 0 1.20 1.00>	<1.00> <0.95> <0.80>
3	<2 0 0 0 0 0 1.20 0.35>	<1.00> <0.90> <0.50>
4	<2 0 0 1 0 0 1.40 0.35>	<1.00> <0.90> <0.50>
5	<2 0 0 2 0 0 1.40 0.35>	<1.00> <0.90> <0.50>
6	<2 0 0 1 0 0 1.40 0.35>	<1.00> <0.90> <0.50>
7	<2 0 0 2 0 0 1.40 0.35>	<1.00> <0.90> <0.50>
8	<7 0 0 0 0 0 1.40 0.00>	<1.00> <0.90> <0.50>
9	<7 0 0 0 0 0 1.40 0.00>	<1.00> <0.90> <0.50>
10	<7 0 0 0 0 0 1.40 0.00>	<1.00> <0.90> <0.50>
11	<7 0 0 0 0 0 1.40 0.00>	<1.00> <0.90> <0.50>

Расчетные сочетания усилий

Строительные нормы: СНиП 2.01.07-85

Номер загрузки: 8 По умолчанию

Название загрузки: Загрузка 8 дин по X+

Вид загрузки: Мгновенное (7)

N группы объединяемых временных нагрузений: 0

Учитывать знакопеременность: ☐

N группы взаимоисключающих нагрузений: 0

NN сопутствующих нагрузений: 0 0

Коэффициент надежности: 1.40

Доля длительности: 0.00

Ограничения для кранов и тормозов:

Кран ☐ Тормоз ☐

Коэффициенты для PCV:

1	2	3	NN столбцов коэфф. PCV
N загрузки	1-е основное сочетание	2-е основное сочетание	Особое сочетание
5	1.00	0.90	0.50
6	1.00	0.90	0.50
7	1.00	0.90	0.50
8 ->	1.00	0.90	0.50
9	1.00	0.90	0.50

Сводная таблица для вычисления PCV:

N назв.	Параметры PCV	Коэффициенты PCV
1	<0 0 0 0 0 0 1.10 1.00>	<1.00> <1.00> <0.90>
2	<1 0 0 0 0 0 1.20 1.00>	<1.00> <0.95> <0.80>
3	<2 0 0 0 0 0 1.20 0.35>	<1.00> <0.90> <0.50>
4	<2 0 0 1 0 0 1.40 0.35>	<1.00> <0.90> <0.50>
5	<2 0 0 2 0 0 1.40 0.35>	<1.00> <0.90> <0.50>
6	<2 0 0 1 0 0 1.40 0.35>	<1.00> <0.90> <0.50>
7	<2 0 0 2 0 0 1.40 0.35>	<1.00> <0.90> <0.50>
8	<7 0 0 0 0 0 1.40 0.00>	<1.00> <0.90> <0.50>
9	<7 0 0 0 0 0 1.40 0.00>	<1.00> <0.90> <0.50>
10	<7 0 0 0 0 0 1.40 0.00>	<1.00> <0.90> <0.50>
11	<7 0 0 0 0 0 1.40 0.00>	<1.00> <0.90> <0.50>

Расчетные сочетания усилий

Строительные нормы: СНиП 2.01.07-85

Номер загрузки: 9 По умолчанию

Название загрузки: Загрузка 9 дин. по Y +

Вид загрузки: Мгновенное (7)

N группы объединяемых временных загрузений: 0

Учитывать знакопеременность: ☐

N группы взаимоисключающих загрузений: 0

NN сопутствующих загрузений: 0

Коэффициент надежности: 1.40

Доля длительности: 0.00

Ограничения для кранов и тормозов:

Кран ☐ Тормоз ☐

Коэффициенты для РСУ

1	2	3	NN столбцов коэфф. РСУ
N загрузки	1-е основное сочетание	2-е основное сочетание	Особое сочетание
5	1.00	0.90	0.50
6	1.00	0.90	0.50
7	1.00	0.90	0.50
8	1.00	0.90	0.50
9 ->	1.00	0.90	0.50

Сводная таблица для вычисления РСУ:

N назв.	Параметры РСУ	Коэффициенты РСУ
1	< 0 0 0 0 0 0 1.10 1.00 >	< 1.00 > < 1.00 > < 0.90 >
2	< 1 0 0 0 0 0 1.20 1.00 >	< 1.00 > < 0.95 > < 0.80 >
3	< 2 0 0 0 0 0 1.20 0.35 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >
4	< 2 0 0 1 0 0 1.40 0.35 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >
5	< 2 0 0 2 0 0 1.40 0.35 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >
6	< 2 0 0 1 0 0 1.40 0.35 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >
7	< 2 0 0 2 0 0 1.40 0.35 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >
8	< 7 0 0 0 0 0 1.40 0.00 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >
9	< 7 0 0 0 0 0 1.40 0.00 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >
10	< 7 0 0 0 0 0 1.40 0.00 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >
11	< 7 0 0 0 0 0 1.40 0.00 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >

Расчетные сочетания усилий

Строительные нормы: СНиП 2.01.07-85

Номер загрузки: 10 По умолчанию

Название загрузки: Загрузка 10 дин по X -

Вид загрузки: Мгновенное (7)

N группы объединяемых временных загрузений: 0

Учитывать знакопеременность: ☐

N группы взаимоисключающих загрузений: 0

NN сопутствующих загрузений: 0

Коэффициент надежности: 1.40

Доля длительности: 0.00

Ограничения для кранов и тормозов:

Кран ☐ Тормоз ☐

Коэффициенты для РСУ

1	2	3	NN столбцов коэфф. РСУ
N загрузки	1-е основное сочетание	2-е основное сочетание	Особое сочетание
7	1.00	0.90	0.50
8	1.00	0.90	0.50
9	1.00	0.90	0.50
10 ->	1.00	0.90	0.50
11	1.00	0.90	0.50

Сводная таблица для вычисления РСУ:

N назв.	Параметры РСУ	Коэффициенты РСУ
1	< 0 0 0 0 0 0 1.10 1.00 >	< 1.00 > < 1.00 > < 0.90 >
2	< 1 0 0 0 0 0 1.20 1.00 >	< 1.00 > < 0.95 > < 0.80 >
3	< 2 0 0 0 0 0 1.20 0.35 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >
4	< 2 0 0 1 0 0 1.40 0.35 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >
5	< 2 0 0 2 0 0 1.40 0.35 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >
6	< 2 0 0 1 0 0 1.40 0.35 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >
7	< 2 0 0 2 0 0 1.40 0.35 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >
8	< 7 0 0 0 0 0 1.40 0.00 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >
9	< 7 0 0 0 0 0 1.40 0.00 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >
10	< 7 0 0 0 0 0 1.40 0.00 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >
11	< 7 0 0 0 0 0 1.40 0.00 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >

Расчетные сочетания усилий

Строительные нормы: СНиП 2.01.07-85

Номер загрузки: 11 По умолчанию

Название загрузки: Загружение 11 дин. по Y-

Вид загрузки: Мгновенное (7)

N группы объединяемых временных нагрузений: 0

Учитывать знакопеременность: ☐

N группы взаимоисключающих нагрузений: 0

NN сопутствующих нагрузений: 0 0

Коэффициент надежности: 1.40

Доля длительности: 0.00

Ограничения для кранов и тормозов:

Кран ☐ Тормоз ☐

Коэффициенты для PCV:

1	2	3	NN столбцов коэфф.PCV
N загрузки	1-е основное сочетание	2-е основное сочетание	Особое сочетание
7	1.00	0.90	0.50
8	1.00	0.90	0.50
9	1.00	0.90	0.50
10	1.00	0.90	0.50
11 ->	1.00	0.90	0.50

Сводная таблица для вычисления PCV:

N назв.	Параметры PCV	Коэффициенты PCV
1	< 0 0 0 0 0 0 1.10 1.00 >	< 1.00 > < 1.00 > < 0.90 >
2	< 1 0 0 0 0 0 1.20 1.00 >	< 1.00 > < 0.95 > < 0.80 >
3	< 2 0 0 0 0 0 1.20 0.35 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >
4	< 2 0 0 1 0 0 1.40 0.35 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >
5	< 2 0 0 2 0 0 1.40 0.35 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >
6	< 2 0 0 1 0 0 1.40 0.35 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >
7	< 2 0 0 2 0 0 1.40 0.35 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >
8	< 7 0 0 0 0 0 1.40 0.00 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >
9	< 7 0 0 0 0 0 1.40 0.00 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >
10	< 7 0 0 0 0 0 1.40 0.00 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >
11	< 7 0 0 0 0 0 1.40 0.00 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >

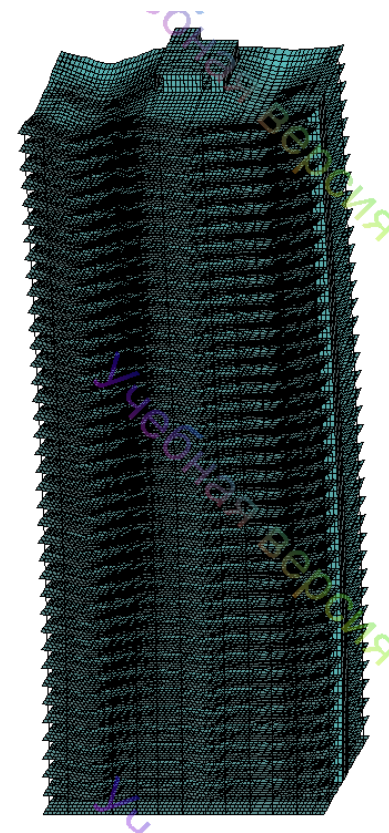
9. Расчет.

Запустить задачу на расчет. В режиме просмотра результатов – выполнить расчет по РСУ.

10. Просмотр и анализ результатов.

Входим в меню «Окно» - стандартные таблицы – периоды колебаний.

Смотрим частоты, и считаем пульсационную составляющую ветровой нагрузки по СП 20.13330.2016, пункт 11.1.8.



:N	: СОВСТВ.	: Ч А С Т О Т Ы	: П Е Р И О Д Ы	: К О Э Ф Ф И Ц И Е Н Т	: М О Д А Л Ь Н А Я
: П / П :	З Н А Ч Е Н И Я	: Р А Д / С	: Г Ц	: Р А С П Р Е Д Е Л Е Н И Я	: М А С С А
:	:	:	:	:	: В %
1	0.754289	1.33	0.21	4.7369	
2	0.734393	1.36	0.22	4.6120	
3	0.570901	1.75	0.28	3.5853	
4	0.219614	4.55	0.73	1.3792	
5	0.178316	5.61	0.89	1.1198	
6	0.161513	6.19	0.99	1.0143	
7	0.115842	8.63	1.37	0.7275	

Нормативные и расчетные значения основной ветровой нагрузки
с наветренной стороны.

Высота, м	Нормативная нагрузка (W_{mII}), кН/м ²	Нормативная нагрузка (W_{pII}), кН/м ²	Расчетная нагрузка (W_{mI}), кН/м ²	Расчетная нагрузка (W_{pI}), кН/м ²	Нормативная нагрузка (W), кН/м ²	Расчетная нагрузка (W), кН/м ²
5						
10						
20						
30						
40						
50						
60						
70						
80						
90						
100						
110						
116,4						

Нормативные и расчетные значения основной ветровой нагрузки
с подветренной стороны.

Высота, м	Нормативная нагрузка (W_{mII}), кН/м ²	Нормативная нагрузка (W_{pII}), кН/м ²	Расчетная нагрузка (W_{mI}), кН/м ²	Расчетная нагрузка (W_{pI}), кН/м ²	Нормативная нагрузка (W), кН/м ²	Расчетная нагрузка (W), кН/м ²
5						
10						
20						
30						
40						
50						
60						
70						
80						
90						
100						
110						
116,4						

Момент в уровне подошвы фундаментной плиты от ветровой нагрузки с наветренной и подветренной сторон:

$$M_{II} = \sum w_{II} \cdot z \cdot l \cdot \frac{H}{2}$$

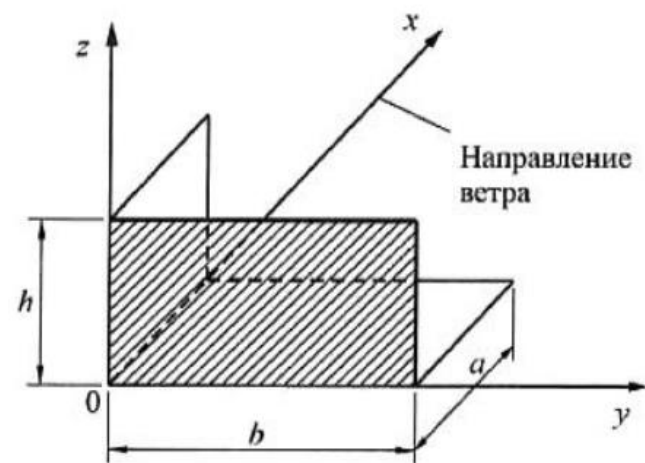
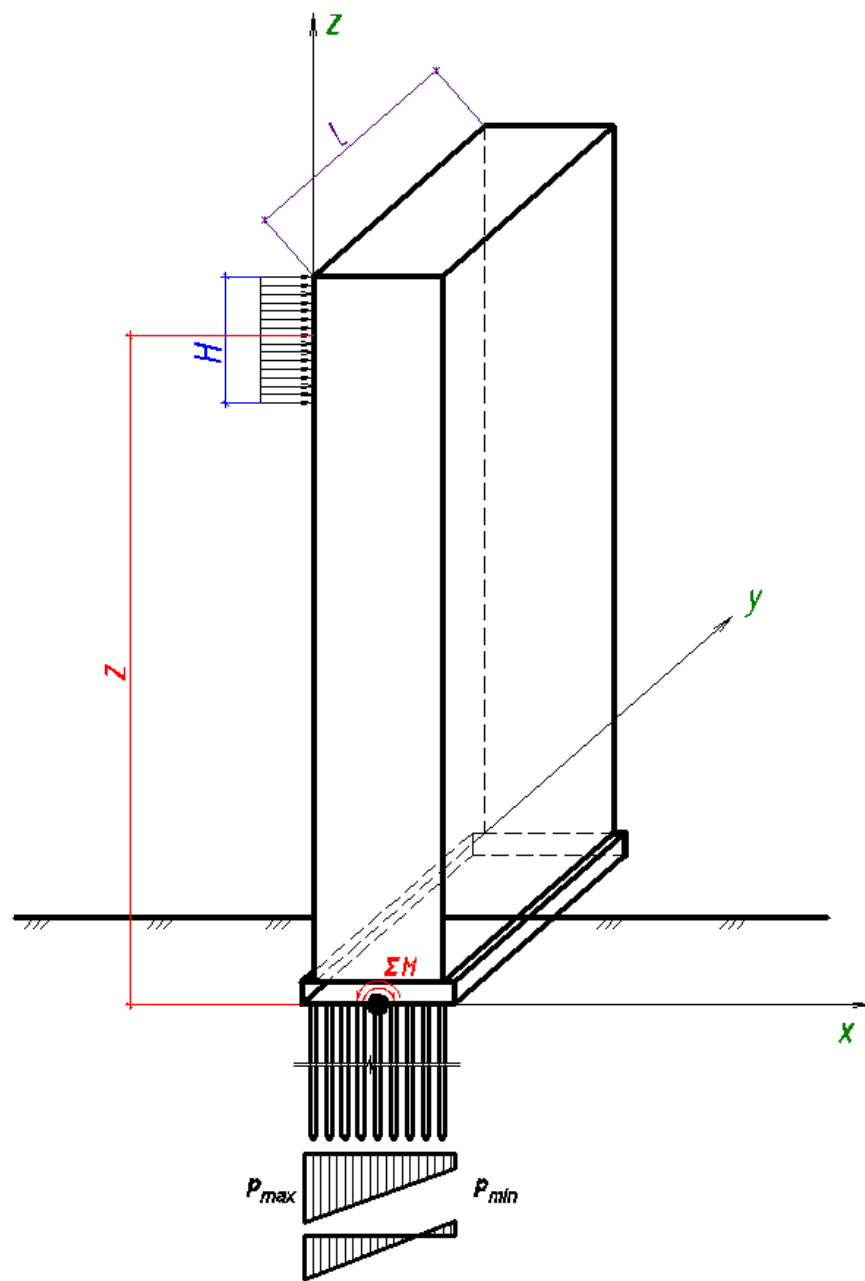
$\sum w_{II}$ – сумма нормативных значений средней и пульсационной составляющих с наветренной и подветренной сторон;

z – расстояние от подошвы фундаментной плиты до равнодействующей приложенной нагрузки на участке, м;

l – длина здания, м;

H – высота участка, на который прикладывается нагрузка, м.

$$M_I = M_{II} \cdot \gamma_f$$



4. Проектирование свайного фундамента

Проектирование свайных фундаментов производится в соответствии с требованиями СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений», СП 24.13330.2011 «Свайные фундаменты» и п.8 СП 267. 1325800.2016 «Здания и комплексы высотные».

Тип сваи выбирается в зависимости от метода производства работ, формы поперечного сечения, вида армирования и т.д.

Размеры свай и глубина их забивки назначаются проектировщиком и зависят от ряда факторов: геологических условий, действующих нагрузок, типа ростверка, имеющегося оборудования для изготовления свай.

Длина свай предварительно принимается по условию $(0.25...0.3)H$, где H – высота здания. При этом необходимо учитывать, что нижний конец сваи следует располагать в более прочных малосжимаемых грунтах.

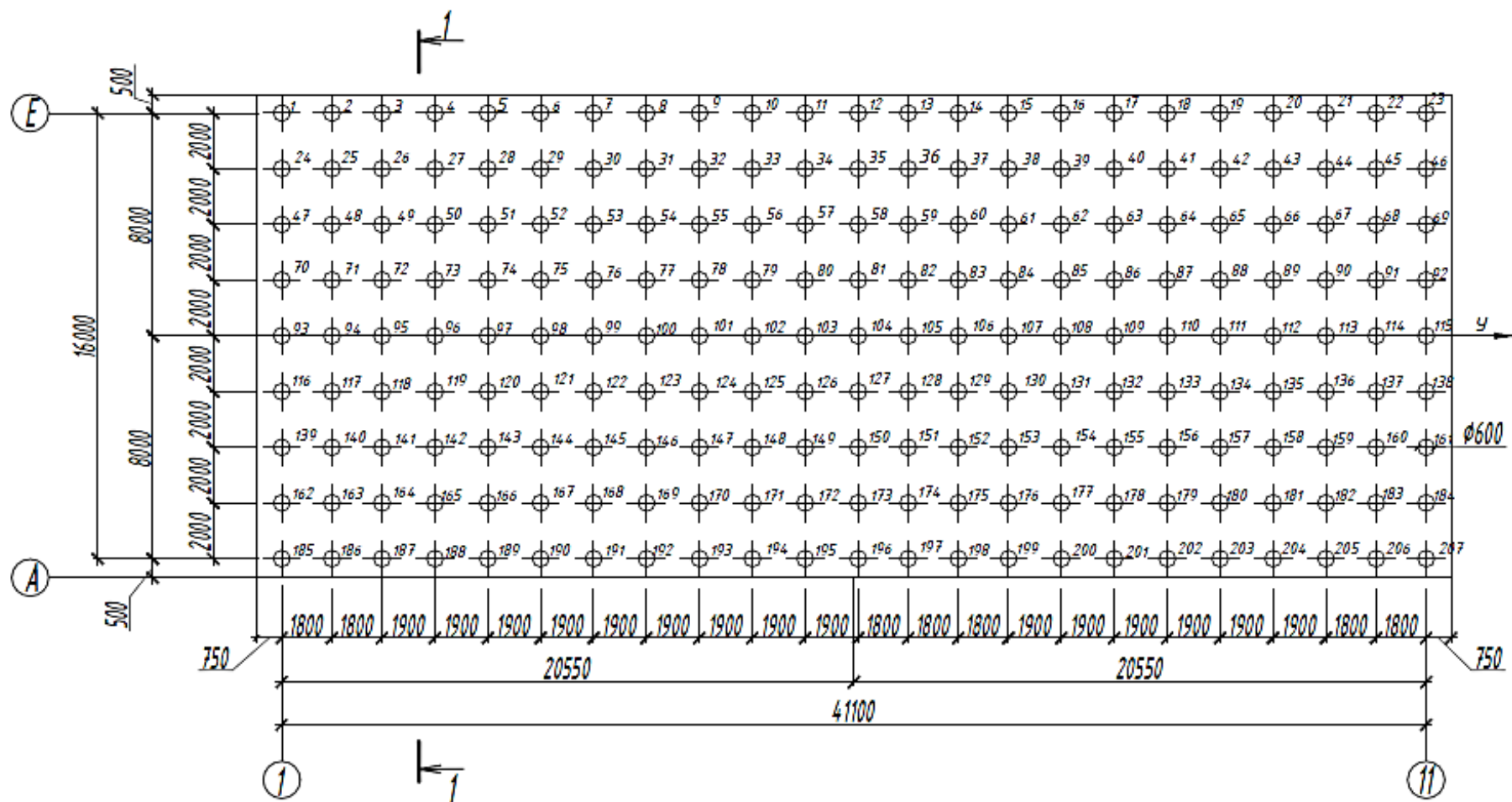
При этом заглубление нижних концов свай в грунты, принятые за основание должно быть не менее:

- в крупнообломочные грунты, гравелистые, крупные и средней крупности песчаные грунты, а также глинистые грунты с показателем текучести $I_L \leq 0,1$ не менее 0,5 м;
- в прочие виды нескальных грунтов – 1 м.

Сваи размещаются под ростверком в рядовом или шахматном порядке. Минимальное расстояние между сваями в осях $3d$, максимальное – $6d$, где d – диаметр (или сторона сечения сваи).

Расстояние от края ростверка до внешней стороны вертикально нагруженной сваи (до края сваи) при свободной заделке ее в ростверк принимается $0,4d+5$ см. Размеры ростверка должны быть кратными 300 мм.

(На плане расположения свай под ростверком необходимо указать размеры ростверка, вынести так же расстояния между осями свай).



4.1. Определение несущей способности свай, работающих на сжимающую нагрузку

Несущую способность F_d , кН, набивной и буровой свай с уширением и без уширения, а также свай-оболочки, погружаемой с выемкой грунта и заполняемой бетоном, работающих на сжимающую нагрузку, следует определять по формуле (СП 24, п 7.2.6):

$$F_d = \gamma_c (\gamma_{cR} RA + \gamma_{cf} u \sum f_i h_i),$$

где γ_c - коэффициент условий работы свай; в случае опирания ее на глинистые грунты со степенью влажности $S_r < 0,85$ и на лессовые грунты - $\gamma_c = 0,8$, в остальных случаях - $\gamma_c = 1$;

γ_{cR} - коэффициент надежности по сопротивлению грунта под нижним концом свай; $\gamma_{cR} = 1$ во всех случаях, за исключением свай с камуфлетными уширениями и буроинъекционных свай, для которых этот коэффициент следует принимать равным 1,3, и свай с уширением, устраиваемых путем механического разбуривания грунта, бетонируемых насухо $\gamma_{cR} = 0,5$ и бетонируемых подводным способом, для которых $\gamma_{cR} = 0,3$;

R - расчетное сопротивление грунта под нижним концом свай, кПа (по приложению 9);

A - площадь опирания на грунт свай, м^2 принимаемая равной:

- для набивных и буровых свай без уширения - площади поперечного сечения свай;

- для набивных и буровых свай с уширением - площади поперечного сечения уширения в месте наибольшего его диаметра;

- для свай-оболочек, заполняемых бетоном, - площади поперечного сечения оболочки брутто;

u - наружный периметр поперечного сечения ствола свай, м;

γ_{cf} - коэффициент условий работы грунта на боковой поверхности свай, зависящий от способа образования скважины и условий бетонирования и принимаемый по приложению 12;

f_i - расчетное сопротивление i -го слоя грунта на боковой поверхности ствола свай, кПа, принимаемое по приложению 10;

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

Приложение 9

Расчетные сопротивления грунта под нижним концом забивных свай

Глубина погружения нижнего конца сваи, м	Расчетные сопротивления под нижним концом забивных и вдавливаемых свай и свай-оболочек, погружаемых без выемки грунта, R , кПа						
	песков средней плотности						
	гравелистых	крупных	-	средней крупности	мелких	пылеватых	-
	глинистых грунтов при показателе текучести I_L , равном						
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
3	7500	$\frac{6600}{4000}$	3000	$\frac{3100}{2000}$	$\frac{2000}{1200}$	1100	600
4	8300	$\frac{6800}{5100}$	3800	$\frac{3200}{2500}$	$\frac{2100}{1600}$	1250	700
5	8800	$\frac{7000}{6200}$	4000	$\frac{3400}{2800}$	$\frac{2200}{2000}$	1300	800
7	9700	$\frac{7300}{6900}$	4300	$\frac{3700}{3300}$	$\frac{2400}{2200}$	1400	850
10	10500	$\frac{7700}{7300}$	5000	$\frac{4000}{3500}$	$\frac{2600}{2400}$	1500	900
15	11700	$\frac{8200}{7500}$	5600	$\frac{4400}{4000}$	2900	1650	1000
20	12600	8500	6200	$\frac{4800}{4500}$	3200	1800	1100
25	13400	9000	6800	5200	3500	1950	1200
30	14200	9500	7400	5600	3800	2100	1300
35	15000	10000	8000	6000	4100	2250	1400
40	15800	10500	8600	6400	4400	2400	1500

Примечания

1. Над чертой даны значения R для песков, под чертой - для глинистых грунтов.
2. В приложениях 9 и 10 глубину погружения нижнего конца сваи и среднюю глубину расположения слоя грунта при планировке территории срезкой, подсыпкой, намывом до 3 м следует принимать от уровня природного рельефа, а при срезке, подсыпке, намыве от 3 м - от условной отметки, расположенной соответственно на 3 м выше уровня срезки или на 3 м ниже уровня подсыпки.

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

При проектировании путепроводов через выемки глубиной до 6 м для свай, забиваемых молотами без подмыва или устройства лидерных скважин, глубину погружения в грунт нижнего конца сваи в приложении 9 следует принимать от уровня природного рельефа в месте сооружения фундамента. Для выемок глубиной более 6 м глубину погружения свай

следует принимать как для выемок глубиной 6 м.

3. Для промежуточных глубин погружения свай и промежуточных значений показателя текучести I_L глинистых грунтов значения R и f_i в приложениях 9 и 10 определяют интерполяцией.

4. Для плотных песков, плотность которых определена по данным статического зондирования, значения R по приложению 9 для свай, погруженных без использования подмыва или лидерных скважин, следует увеличить на 100% - для песков крупных и средней крупности и на 130% - для песков мелких и пылеватых. При определении плотности грунта по данным других видов инженерных изысканий и отсутствии данных статического зондирования для плотных песков значения R по приложению 9 следует увеличить на 60% - для песков крупных и средней крупности и на 75% - для песков мелких и пылеватых, но не более чем до 20000 кПа.

5. Значения расчетных сопротивлений R по приложению 9 допускается использовать при условии, если заглубление свай в неразмываемый и несрезаемый грунт составляет не менее, м:

4,0 - для мостов и гидротехнических сооружений;

3,0 - для зданий и прочих сооружений.

6. Значения расчетного сопротивления R под нижним концом забивных свай сечением 0,15х0,15 м и менее, используемых в качестве фундаментов под внутренние перегородки одноэтажных производственных зданий, допускается увеличивать на 20%.

7. Для супесей при числе пластичности $I_p \leq 4$ и коэффициенте пористости $e < 0.8$ расчетные сопротивления R и f_i следует определять как для пылеватых песков средней плотности.

8. При расчетах показатель текучести грунтов следует принимать применительно к прогнозируемому их состоянию в период эксплуатации проектируемых зданий и сооружений.

Расчетные сопротивления на боковой поверхности забивных свай

Средняя глубина расположения слоя грунта, м	Расчетные сопротивления на боковой поверхности забивных и вдавливаемых свай и свай-оболочек f_i , кПа								
	песков средней плотности								
	крупных и средней крупности	мелких	пылеватых	-	-	-	-	-	-
	глинистых грунтов при показателе текучести I_L , равном								
	$\leq 0,2$	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
1	35	23	15	12	8	4	4	3	2
2	42	30	21	17	12	7	5	4	4
3	48	35	25	20	14	8	7	6	5
4	53	38	27	22	16	9	8	7	5
5	56	40	29	24	17	10	8	7	6
6	58	42	31	25	18	10	8	7	6
8	62	44	33	26	19	10	8	7	6
10	65	46	34	27	19	10	8	7	6
15	72	51	38	28	20	11	8	7	6
20	79	56	41	30	20	12	8	7	6
25	86	61	44	32	20	12	8	7	6
30	93	66	47	34	21	12	9	8	7
35	100	70	50	36	22	13	9	8	7
40	107	74	53	38	23	14	9	8	7

Примечания

1. При определении расчетного сопротивления грунта на боковой поверхности свай f_i следует учитывать требования, изложенные в примечаниях 2, 3 и 8 приложения 9.
2. При определении расчетных сопротивлений грунтов на боковой поверхности свай f_i пласты грунтов следует расчленять на однородные слои толщиной не более 2 м.
3. Значения расчетного сопротивления плотных песков на боковой поверхности свай f_i следует увеличивать на 30% по сравнению со значениями, приведенными в таблице.
4. Расчетные сопротивления супесей и суглинков с коэффициентом пористости $e < 0,5$ и глин с коэффициентом пористости $e < 0,6$ следует увеличивать на 15% по сравнению со значениями, приведенными в приложении 10, при любых значениях показателя текучести.

Коэффициенты условий работы грунта на боковой поверхности свай, погружаемых с выемкой грунта

Свай и способы их устройства	Коэффициент условий работы свай $\gamma_{R,f}$			
	в песках	в супесях	в суглинках	в глинах
1. Набивные, а также свай, устраиваемые с вытеснением грунта, а при погружении инвентарной трубы с терьямым наконечником или бетонной пробкой	1	1	1	0,9
2. Набивные виброштампованные	0,9	0,9	0,9	0,9
3. Буровые, в том числе с уширением, бетонируемые:	0,7	0,7	0,7	0,6
а) при отсутствии воды в скважине (сухим способом) и при использовании обсадных инвентарных труб, а также при выполнении их методом непрерывно перемещающегося шнека (НПШ)				
б) под водой или под глинистым раствором				
в) жесткими бетонными смесями, укладываемыми с помощью глубинной вибрации (сухим способом)	0,6	0,6	0,6	0,6
	0,8	0,8	0,8	0,7
4. Баретты	0,6	0,6	0,6	0,6
5. Свай-оболочки, погружаемые вибрированием с выемкой грунта	1,0	0,9	0,7	0,6
6 Свай-столбы	0,7	0,7	0,7	0,6
7 Буринъекционные, изготавливаемые под защитой обсадных труб или бентонитового раствора с опрессовкой давлением 200-400 кПа (2-4 атм), а также при выполнении их с инъекцией бетонной смеси через колонну проходных полых шнеков	0,9	0,8	0,8	0,8
8 Буринъекционные свай, устраиваемые с использованием разрядно-импульсной технологии (РИТ)	1,3	1,3	1,1	1,1

Для определения расчетного сопротивления i -го слоя грунта на боковой поверхности сваи f_i необходимо на схеме грунтовую толщу в пределах сваи разбить на элементарные однородные слои толщиной не более 2 м (рис. 4.1). Суммировать сопротивления грунта необходимо по всем слоям грунта, пройденным сваей.

Следует учитывать, что длина сваи — это расстояние от подошвы ростверка до пяты (нижнего конца) сваи. Свая на 0,5 м заделывается в ростверк.

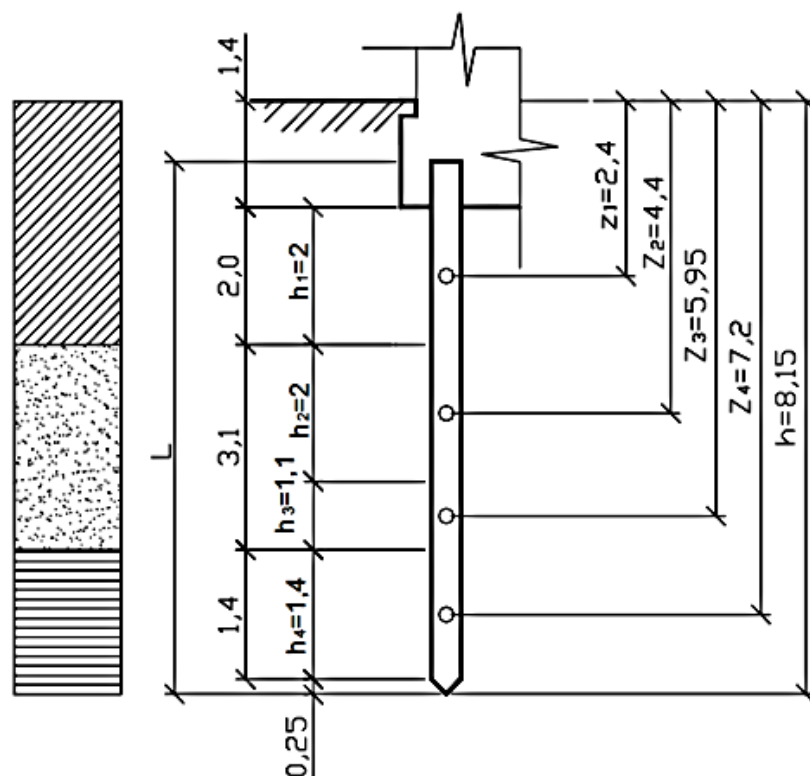
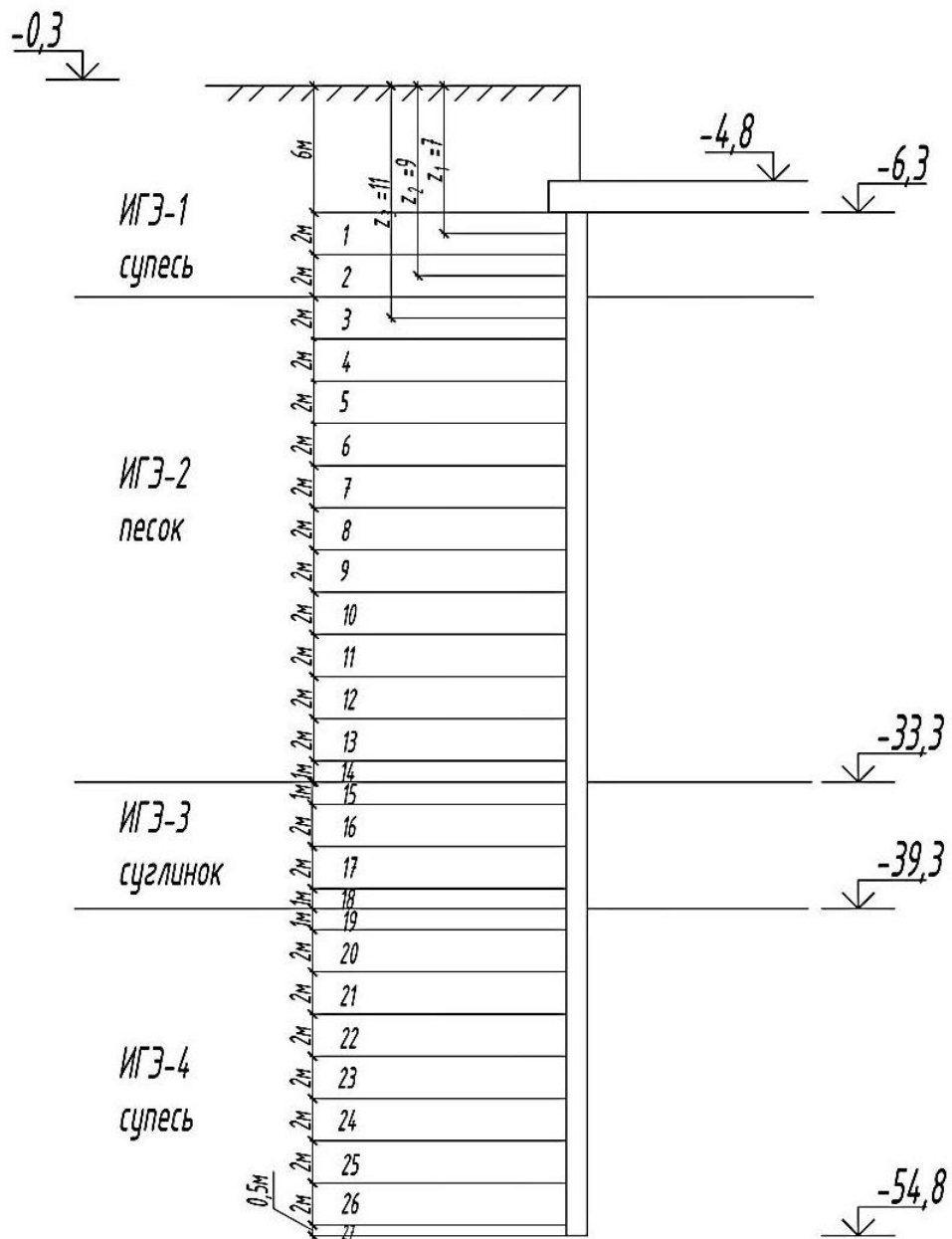


Рисунок 4.1 – Схема к определению несущей способности одиночной сваи

z_i - глубина до середины слоя грунта, для которого определяется сопротивление на боковой поверхности; h_i - толщина i -го слоя грунта; h - полная глубина погружения сваи



В приложении 10, по которому находим f_i первый столбик – «средняя глубина расположения слоя грунта» - это расстояние от середины каждого слоя до поверхности планировки, т.е. расстояние z .

i	h , м	z , м	Слой	f , кПа	γ_d
1	2	7	супесь, $I_L < 0$	60	0.7
2	2	9	супесь, $I_L < 0$	63.5	0.7
3	2	11	<u>пес. ср</u>	66.4	0.7
4	2	13	<u>пес. ср</u>	69.2	0.7
5	2	15	<u>пес. ср</u>	72	0.7
6	2	17	<u>пес. ср</u>	74.8	0.7
7	2	19	<u>пес. ср</u>	77.6	0.7
8	2	21	<u>пес. ср</u>	80.4	0.7
9	2	23	<u>пес. ср</u>	83.2	0.7
10	2	25	<u>пес. ср</u>	86	0.7
11	2	27	<u>пес. ср</u>	88.8	0.7
12	2	29	<u>пес. ср</u>	91.6	0.7
13	2	31	<u>пес. ср</u>	94.4	0.7
14	1	32.5	<u>пес. ср</u>	96.5	0.7
15	1	33.5	<u>сугл. $I_L < 0$</u>	97.9	0.7
16	2	35	<u>сугл. $I_L < 0$</u>	100	0.7
17	2	37	<u>сугл. $I_L < 0$</u>	102.8	0.7
18	1	38.5	<u>сугл. $I_L < 0$</u>	104.9	0.7
19	1	39.5	супесь, $I_L < 0$	106.3	0.7
20	2	41	супесь, $I_L < 0$	108.4	0.7
21	2	43	супесь, $I_L < 0$	111.2	0.7
22	1	45	супесь, $I_L < 0$	114	0.7
23	1	47	супесь, $I_L < 0$	116.8	0.7
24	2	49	супесь, $I_L < 0$	119.6	0.7
25	2	51	супесь, $I_L < 0$	122.4	0.7
26	2	53	супесь, $I_L < 0$	125.2	0.7
27	0.5	54.25	супесь, $I_L < 0$	127	0.7

Далее вы подставляете все полученные значения в формулу расчета несущей способности F_d , кН.

4.2. Определение несущей способности висячих буронабивных свай, работающих на выдергивающую нагрузку

Несущую способность F_{du} , кН, набивной и буровой свай и свай-оболочки, работающих на выдергивающие нагрузки, следует определять по формуле:

$$F_{du} = \gamma_c u \sum \gamma_{cf} f_i h_i,$$

где γ_c , u , γ_{cf} , f_i , h_i - те же. Принцип расчета тот же, что и на сжатие!

4.3. Проверка условий

Количество свай считается достоверно определенным, если фактическая вертикальная нагрузка на крайние сваи N_{If} близка к расчетной нагрузке N (допускаемой на сваю). Для фундаментов с вертикальными сваями фактическую нагрузку на сваю при действии момента в одном направлении допускается определять:

$$N_{If} = \frac{N_{dl}}{n} \pm \frac{|M_{II}|x}{\sum x_i^2},$$

где N_{dl} , $|M_{II}|$ – соответственно расчетная сжимающая сила, кН, и расчетный изгибающий момент, кНм, относительно оси ОУ плана свай в плоскости подошвы ростверка. (Т.е. N_{dl} – это нагрузка под подошвой плитного ростверка из 3 таблицы сбора нагрузок расчетная; $|M_{II}|$ – опрокидывающий момент от ветровой нагрузки);

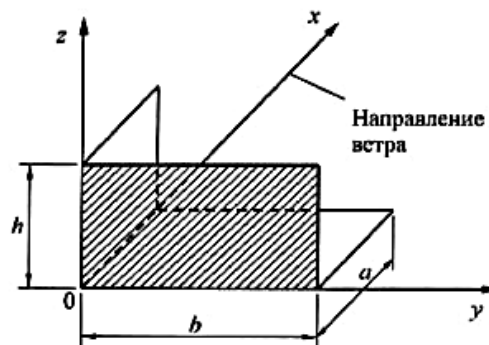
x – расстояние от оси OY до оси сваи (крайнего ряда), для которой вычисляется фактическая нагрузка, м;

x_i – расстояние от оси OY до оси каждой сваи, м (рис. 4.2);

n – количество свай в ростверке;

$\sum x^2$ – сумма квадратов расстояний от оси симметрии Oy до осей всех свай.

Длинная сторона здания располагается вдоль оси Oy .



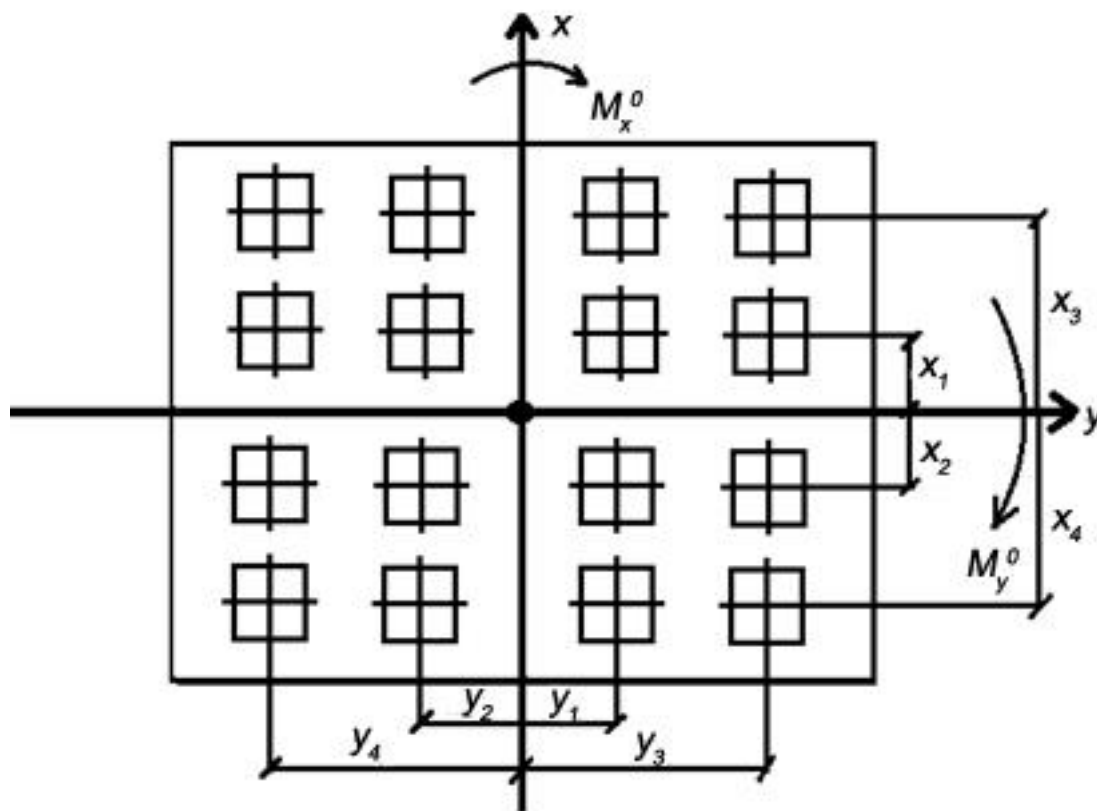


Рисунок 4.2 – Расстояния от главных осей до каждой оси всех свай

При подстановке знака «плюс» получим максимальную нагрузку $N_{If \max}$ на крайние сваи в направлении действия момента M_{II} , знака «минус» - минимальную нагрузку $N_{If \min}$ на крайние сваи в направлении, противоположном действию момента M_{II} .

Для полученных значений фактической нагрузки выполняют проверку условий:

$$N_{If \max} \leq \frac{F_d}{\gamma_n \gamma_k};$$

$$N_{If \min} \leq \frac{F_{du}}{\gamma_k},$$

где F_d – несущая способность свай, работающих на сжимающую нагрузку, кН;

F_{du} – несущая способность свай, работающих на выдергивающие нагрузки, кН.

где γ_n – коэффициент надежности по назначению сооружения, принимаемый равным 1,2 для I уровня ответственности;

γ_k – коэффициент надежности, учитывающий точность метода определения несущей способности одиночной сваи, при определении F_d расчетом значение γ_k принимается равным 1,4 [16].

5. Расчет свайного фундамента по деформациям

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

$$s = s_{ef} + \Delta s_p + \Delta s_c$$

где s_{ef} – осадка условного фундамента;

Δs_p – дополнительная осадка за счет продавливания свай на уровне подошвы условного фундамента,

Δs_c – дополнительная осадка за счет сжатия ствола свай.

Границы условного фундамента (рисунок 4.3) 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 4.3, а), но не более $2d$ (d - диаметр или сторона поперечного сечения свай), а при наличии наклонных свай - проходящими через нижние концы этих свай (рисунок 4.3, б);

сверху - поверхностью планировки грунта ВГ.

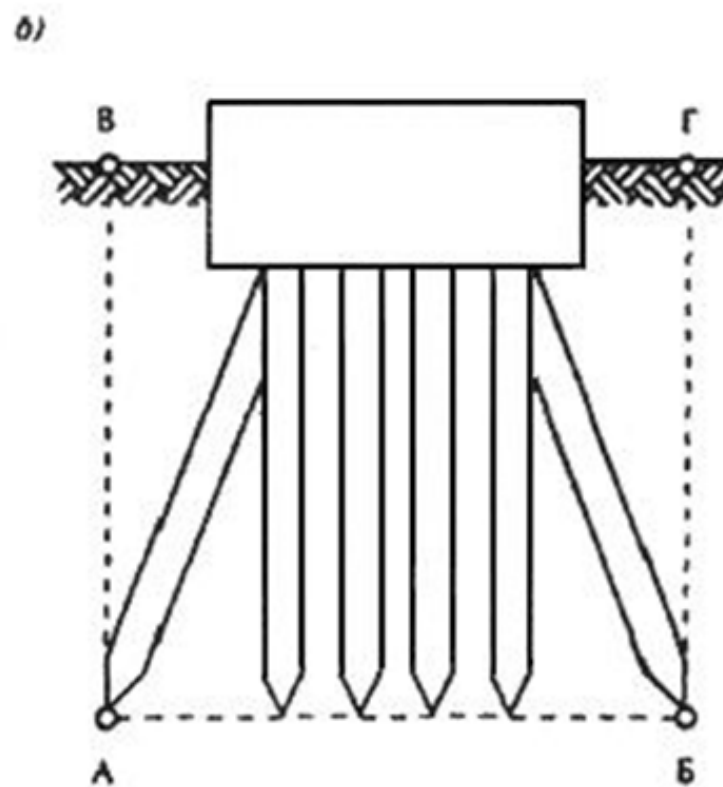
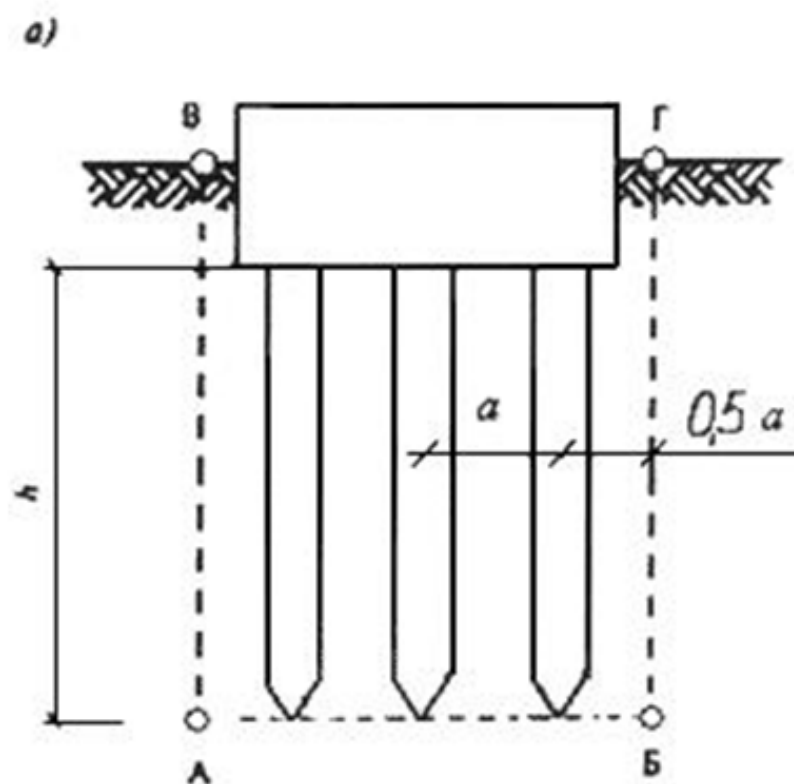


Рисунок 4.3 - Определение границ условного фундамента при расчете осадки свайных фундаментов

Первоначально определяют среднее давление, передаваемое на грунт в плоскости нижних концов свай по площади, через которую это давление передается на основание. Эта площадь называется площадью условного фундамента. Тогда среднее давление по подошве условного фундамента можно определить по формуле:

$$p_{II} = \frac{N_{II}}{b_y l_y},$$

где N_{II} - суммарная вертикальная нагрузка в подошве ростверка (из таблицы сбора нагрузок);

b_y, l_y - ширина и длина подошвы условного фундамента.

Значение p_{II} не должно превышать расчетного сопротивления грунта основания R для условного фундамента, т.е. должно выполняться условие

$$p_{II} \leq R.$$

Расчетное сопротивление грунта в подошве условного фундамента:

$$R = \frac{\gamma_{c1}\gamma_{c2}}{k} (M_{\gamma}k_z b_y \gamma_{II} + M_q d_1 \gamma_{II} + M_c c_{II}),$$

где γ_{c1}, γ_{c2} - коэффициенты условий работы, принимаемые по приложению 18;

k - коэффициент, принимаемый равным единице;

M_{γ}, M_q, M_c - коэффициенты, принимаемые по приложению 19;

k_z - коэффициент, принимаемый при $b \geq 10$ м $k_z = z_0 / (b + 0,2)$ ($z_0 = 8$ м);

$$d_1 = h_y.$$

Расчет осадки условного фундамента s_{ef} производят методом послойного суммирования деформаций линейно-деформируемого основания с условным ограничением сжимаемой толщи в соответствии с [4].

Осадка условного фундамента вычисляется по формуле:

$$s_{ef} = \beta \sum_{i=1}^n \frac{(\sigma_{zp,i} - \sigma_{z\gamma,i})h_i}{E_i} + \beta \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{z\gamma,i}h_i}{E_{e,i}},$$

где β - безразмерный коэффициент, равный 0,8;

$\sigma_{zp,i}$ - среднее значение вертикального нормального напряжения от внешней нагрузки в i -м слое грунта по вертикали, проходящей через центр подошвы фундамента, кПа;

h_i - толщина i -го слоя грунта, см;

E_i - модуль деформации i -го слоя грунта по ветви первичного нагружения, кПа;

$\sigma_{z\gamma,i}$ - среднее значение вертикального напряжения в i -м слое грунта по вертикали, проходящей через центр подошвы фундамента, от собственного веса грунта, выбранного при отрывке котлована, кПа;

$E_{e,i}$ - модуль деформации i -го слоя грунта по ветви вторичного нагружения, кПа (для сооружений 3 геотехнической категории модуль деформации $E_{e,i}$ необходимо принимать на основании лабораторных испытаний с учетом разгрузки и повторного нагружения, для сооружений геотехнических категорий 1 и 2 при отсутствии опытных определений допускается принимать $E_{e,i} = 5E_i$);

n - число слоев, на которые разбита сжимаемая толща основания.

Схема к определению осадки условного фундамента представлена на рисунке 4.4.

Вертикальное напряжение от собственного веса грунта σ_{zg} кПа, в точке основания на глубине z , определяется по формуле:

$$\sigma_{zg} = \gamma h_i$$

$$\sigma_{zg0} = \gamma h_k$$

где γ_i - удельный вес грунта, кН/м³,

h_k - глубина котлована, м.

Далее находим σ_{zg} на различных глубинах:

$$\sigma_{zg_1} = \sigma_{zg,0} + \gamma h_i$$

$$\sigma_{zg_2} = \sigma_{zg,1} + \gamma h_i$$

$$\sigma_{zg_i} = \sigma_{zg(i-1)} + \gamma h_i$$

Значение σ_{zp} на глубине z от подошвы фундамента по вертикали, проходящей через центр подошвы, вычисляют по формуле:

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

где α - коэффициент, принимаемый по приложению 20 в зависимости от относительной глубины ξ , равной $2z/b$, где z – расстояние от подошвы условного фундамента до границы слоя, $b=b_y$.

p – среднее давление под подошвой условного фундамента, кПа.

Вертикальное напряжение от собственного веса грунта σ_{zy} на глубине z определяют по формуле:

$$\sigma_{zy} = \alpha \sigma_{zg,0},$$

где $\sigma_{zg,0}$ - вертикальное напряжение от собственного веса грунта на отметке дна котлована, кПа.

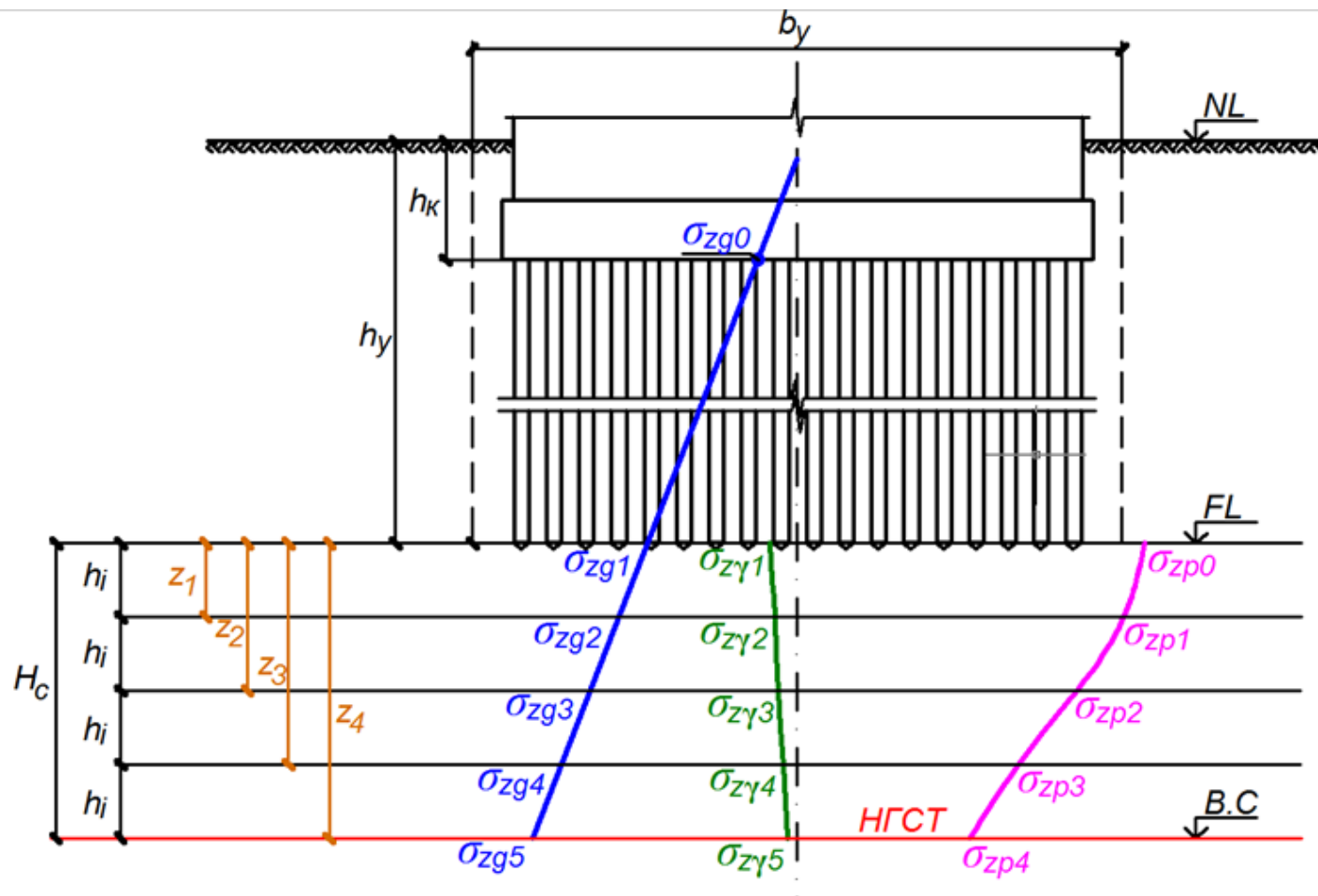


Рисунок 4.4 – Схема к расчету осадки

NL – отметка поверхности природного рельефа; FL – отметка подошвы условного фундамента; $B.C.$ – нижняя граница сжимаемой толщи;

d_y – глубина заложения условного фундамента; b_y – ширина условного фундамента;

H_c – глубина сжимаемой толщи

Если среднее давление под подошвой условного фундамента $p \leq \sigma_{zg,1}$, осадку вычисляю по формуле:

$$s_{ef} = \beta \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{zp} h_i}{E_{e,i}}$$

Нижнюю границу сжимаемой толщи основания принимают на глубине $z = H_c$, где выполняется условие $\sigma_{zp} = 0.5 \sigma_{zg}$. При этом глубина сжимаемой толщи не должна быть меньше H_{min} , равной:

$b/2$ при $b \leq 10$ м;

$(4+0,1b)$ при $10 < b \leq 60$ м;

10 м при $b > 60$ м.

Здесь $b = \underline{b}_y$, b_y – ширина условного фундамента.

Величина осадки продавливания Δs_p 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) (рис. 4.5).

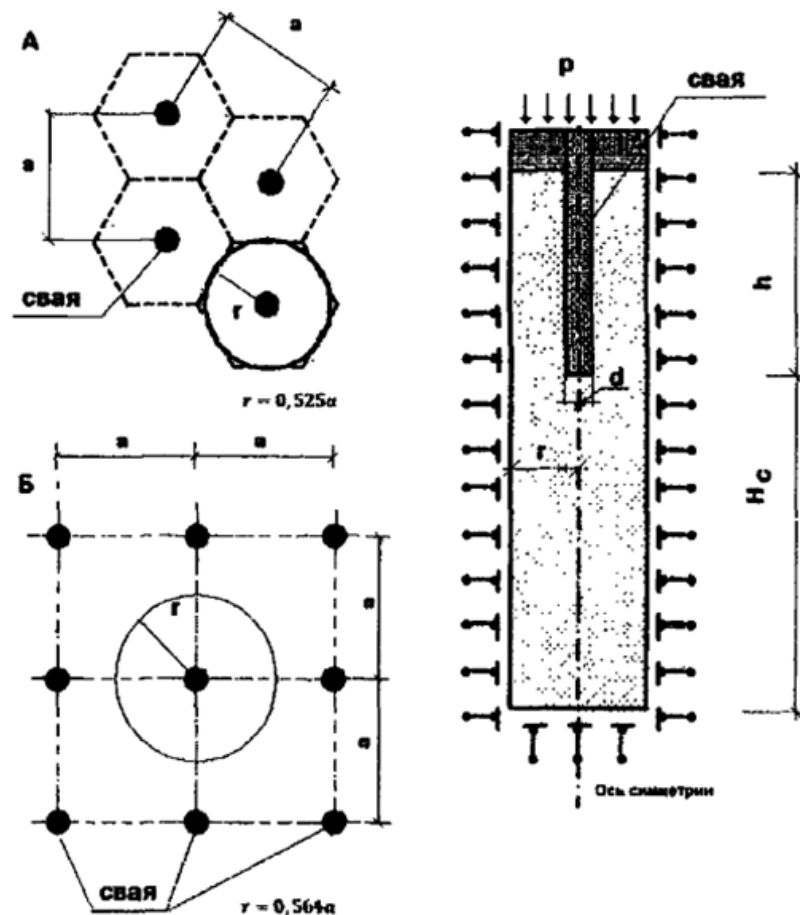


Рисунок 4.5 – Расчетная схема метода ячейки

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 .

Дополнительная осадка за счет продавливания свай на уровне подошвы условного фундамента:

$$\Delta s_p = \frac{\Delta s_{p1}}{\frac{\Delta s_{p1}}{\Delta s_{p0}} \left(1 - \frac{E_1}{E_2} \right) + \frac{E_1}{E_2}};$$

$$\Delta s_{p0} = \frac{(1 - \nu_2^2)(1 - k)P}{4E_2};$$

$$\Delta s_{p1} = \frac{\pi(1 - \nu_2^2)p}{4E_2}(a - 1.5d),$$

где ν_2 – коэффициент Пуассона грунта в объеме расчетной ячейки ниже конца сваи,

a – шаг свайного поля в окрестности данной сваи;

E_2 – модуль общей деформации грунта в объеме расчетной ячейки ниже конца сваи;

E_1 – усредненный модуль деформации грунтов расчетной ячейки в пределах длины сваи, кПа.

P – внешняя нагрузка на ячейку:

$$P = \frac{N_{II}}{n}$$

p – давление в уровне подошвы ростверка:

$$p = \frac{P}{\Omega}$$

Ω – площадь ячейки, $\Omega = a^2$

n – количество свай;

$$k = \sqrt{\frac{A}{\Omega}} = \sqrt{\frac{0.283}{3.61}} = 0.28;$$

A – площадь поперечного сечения свай

Осадку за счет сжатия ствола допускается определять по формуле:

$$\Delta s_c = \frac{P(l-a)}{EA},$$

где E – модуль упругости бетона (В35).

Проверяем условие:

$$s \leq s_u$$

s_u – предельно допустимое значение осадки, см.

**ТАБЛИЦА 1.15. СРЕДНИЕ ЗНАЧЕНИЯ
КОЭФФИЦИЕНТА ПУАССОНА ν
И КОЭФФИЦИЕНТА β**

Грунт	ν	$\beta = 1 - 2\nu^2 / (1 - \nu)$
Песок и супесь . . .	0,30	0,74
Суглинок	0,35	0,62
Глина	0,42	0,40