

Поверочный расчет (по основному каркасу)

1. Исходные данные

1.1. Описание задачи

1) Здание общеобразовательной школы. План первого этажа, перекрытия над первым этажом и разрез 1-1 приведены на рис. 1.1...1.5. Здание существующее, расположено по адресу: ЖК «Рублевское предместье», Московская область, Красногорский район, у д. Глухово.

2) Уровень ответственности здания – II нормальный (согласно ГОСТ 27751; №384-ФЗ).

- Степень огнестойкости несущих конструкций – I;
- Класс конструктивной пожарной опасности – С0;
- Класс функциональной пожарной опасности – Ф4.1.

3) Метеорологические и климатические условия района строительства (согласно СП 131.13330.2012 Актуализированная редакция СНиП 23-01-99* «Строительная климатология»):

- Климатический район - ПВ;
- Температура воздуха наиболее холодных суток обеспеченностью 0,98 – минус 35°C;
обеспеченностью 0,92 – минус 28°C;
Температура воздуха наиболее холодной пятидневки, обеспеченностью 0,98 - минус 29°C;
обеспеченностью 0,92 - минус 25°C;
Температура воздуха, обеспеченностью 0,94 - минус 13°C;
Абсолютная минимальная температура воздуха - минус 43°C;
Средняя суточная амплитуда температуры воздуха наиболее холодного месяца - 5,4°C;
Средняя месячная относительная влажность воздуха наиболее холодного месяца - 83%;
Средняя месячная относительная влажность воздуха в 15 ч наиболее холодного месяца - 82 %;
Количество осадков за ноябрь – март - 225 мм;
Преобладающее направление ветра за декабрь - февраль – 3;
Средняя скорость ветра, за период со средней суточной температурой воздуха $\leq 8^\circ\text{C}$ - 2,0 м/с;
Климатические параметры теплого периода года:
Барометрическое давление - 997 гПа;
Температура воздуха, обеспеченностью 0,95 – плюс 23,0°C;
обеспеченностью 0,99 – плюс 26,0°C;
Средняя максимальная температура воздуха наиболее теплого месяца - плюс 23,5°C;
Абсолютная максимальная температура воздуха - плюс 38°C;
Средняя суточная амплитуда температуры воздуха наиболее теплого месяца - плюс 9,6°C;
Средняя месячная относительная влажность воздуха наиболее теплого месяца - 73%;
Средняя месячная относительная влажность воздуха в 15 ч наиболее теплого месяца - 60%;
Количество осадков за апрель – октябрь - 465 мм;
Суточный максимум осадков - 63 мм;

Преобладающее направление ветра за июнь - август – 3;

Минимальная из средних скоростей ветра по румбам за июль - 0 м/с;

4) Расчетные данные для района строительства:

- Расчетное значение веса снегового покрова по СП 20.13330.2011 Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* «Нагрузки и воздействия» для III снегового района – 1,8 кПа (180 кгс/м²);
- Нормативное значение ветрового давления по СП 20.13330.2011 Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* «Нагрузки и воздействия» для I района – 0,23 кПа (23 кгс/м²);
- Нормативное значение толщины стенки гололеда по СП 20.13330.2011 Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* «Нагрузки и воздействия» для II района – не менее 0,5 мм;
- Сейсмичность района строительства согласно СП 14.13330.2011 Актуализированная редакция СНиП II-7-81* «Строительство в сейсмических районах» - не сейсмичен.

Требуется выполнить в рамках расчета:

- Выполнить расчет существующего каркаса на действие вертикальных статических и ветровых нагрузок (средняя и пульсационная составляющие);
- Оценить общую жесткость и устойчивость каркаса;
- Проверить проектное количество арматуры в колоннах каркаса, в балках перекрытия типового этажа и покрытия;
- Определить прогибы плит перекрытия типового этажа и покрытия.

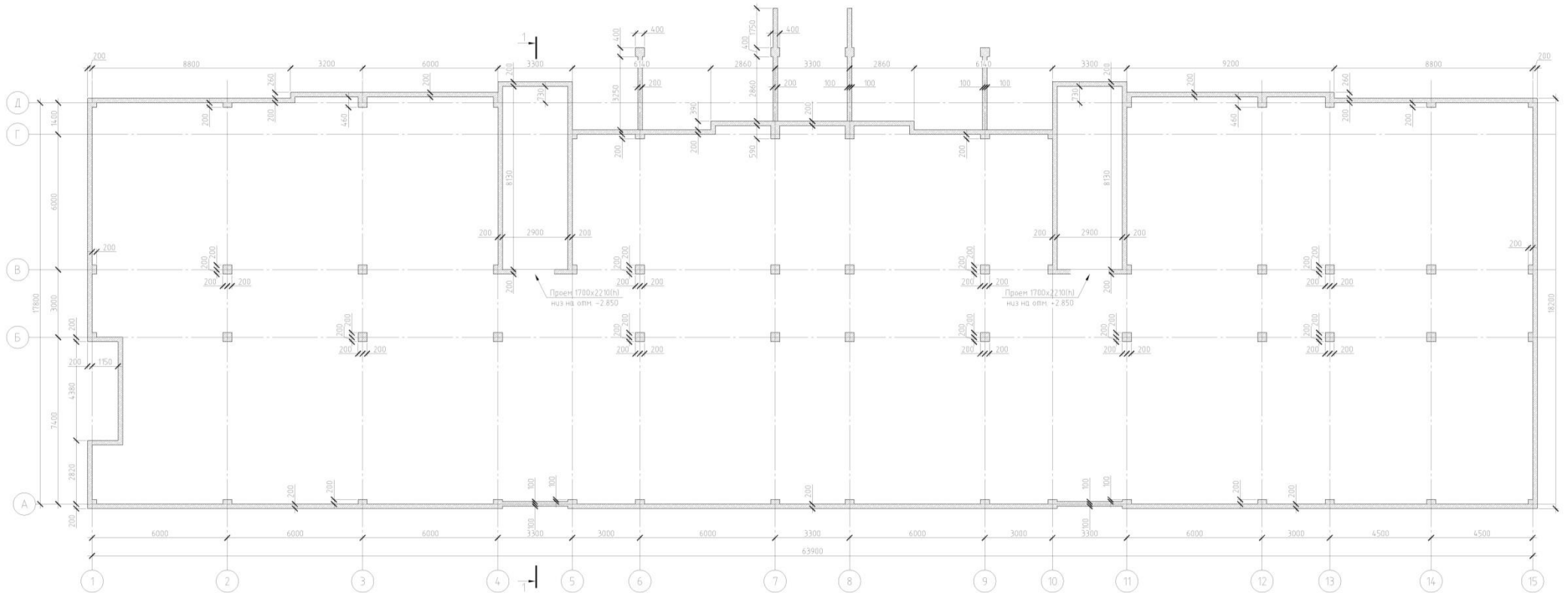


Рис. 1.1. Схема расположения несущих монолитных стен и колонн техподполья с отм. -2,850

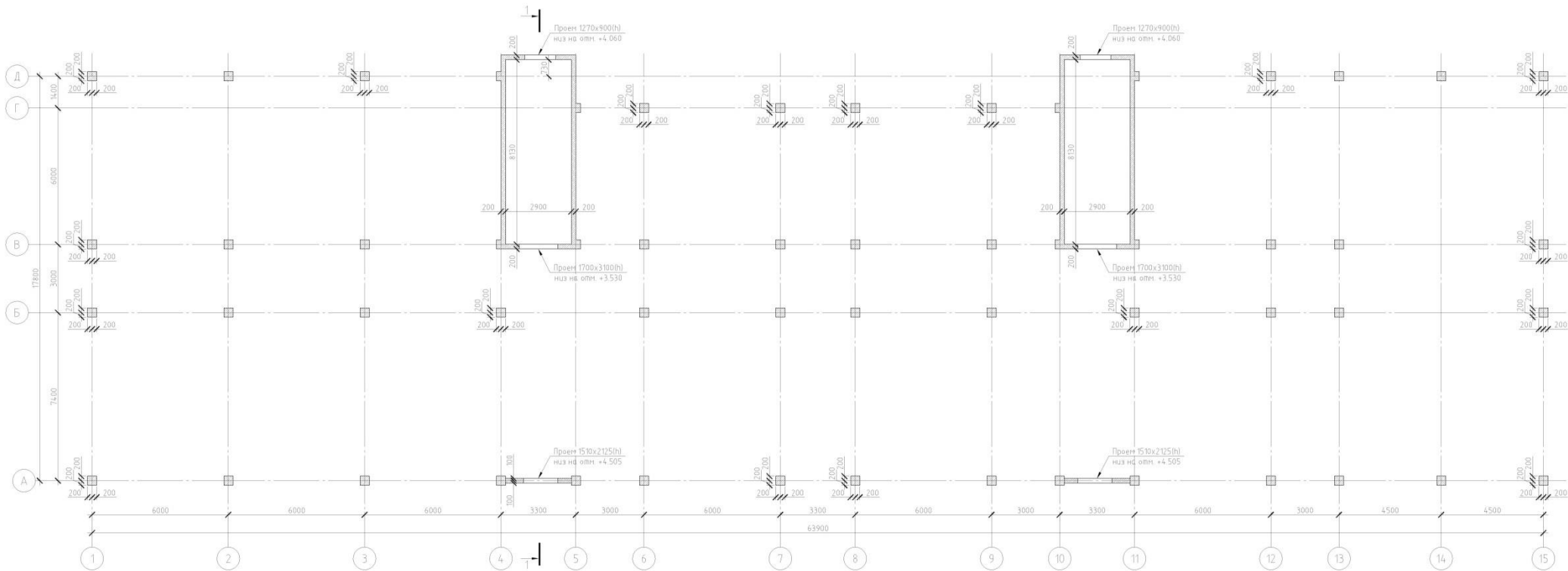


Рис. 1.2. Схема расположения несущих монолитных стен и колонн 2-го этажа с отм. +3,530

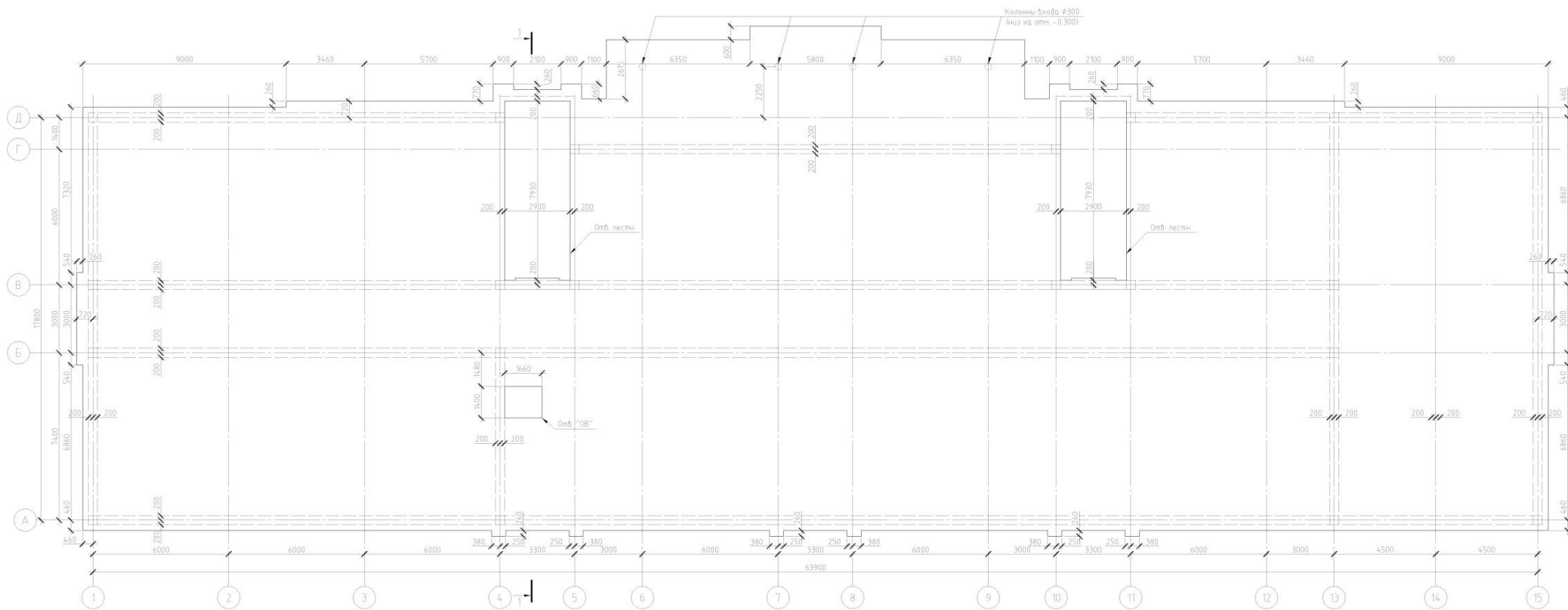


Рис. 1.3. Схема расположения монолитной плиты на 1-м этаже (низ на отм. +3,300). Схема расположения монолитных балок плиты

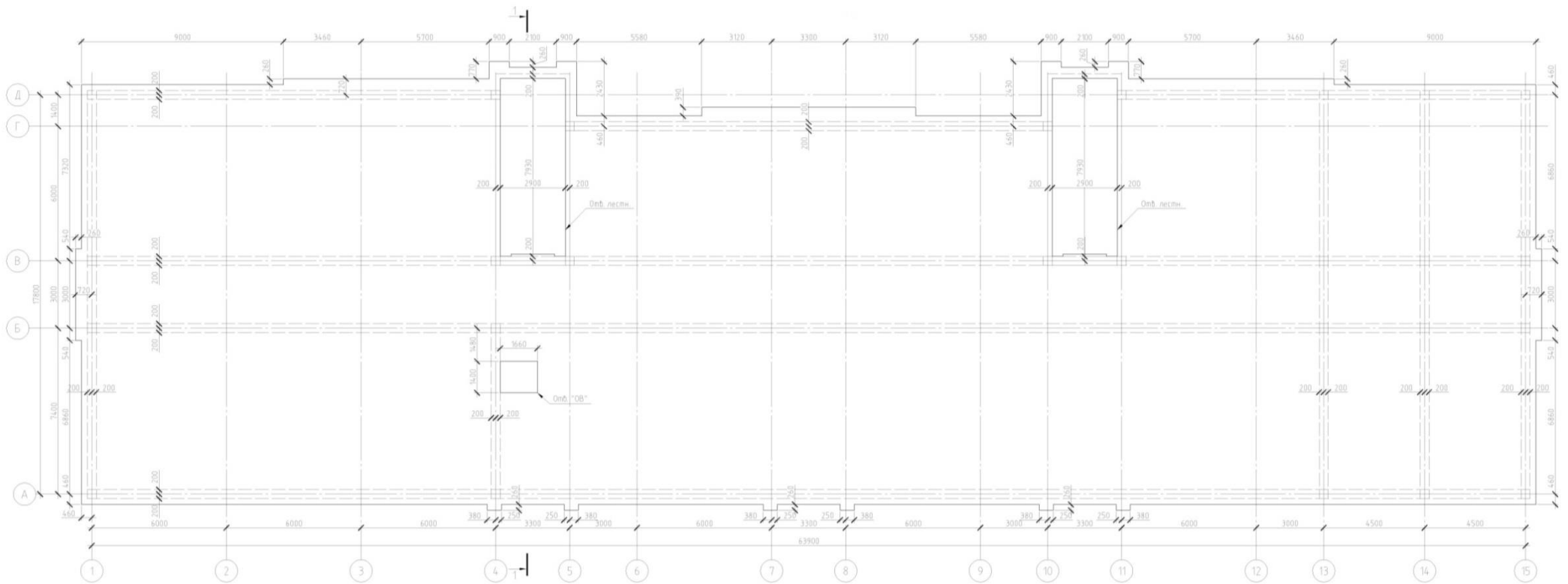


Рис. 1.4. Схема расположения монолитной плиты перекрытия на 2-м этаже (низ на отм. +6,900). Схема расположения монолитных балок плиты

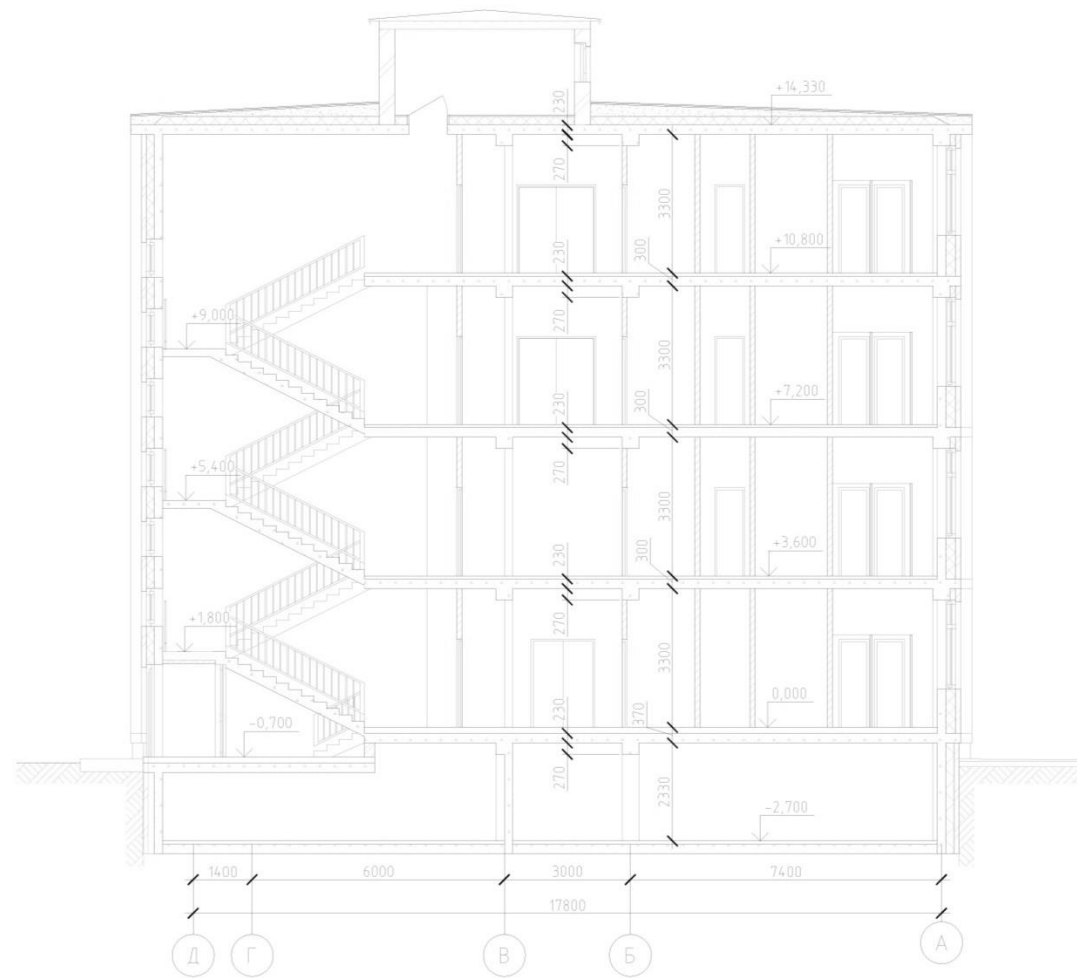


Рис. 1.5. Разрез 1-1

1.2. Основные расчетные предпосылки

В качестве расчетной модели каркаса здания использована пространственная оболочечно-стержневая конечно-элементная модель. При ее разработке руководствовались следующими положениями и предпосылками:

1) В расчетную модель каркаса вводим только несущие конструктивные элементы. Считаем, что поэтажно опертые наружные стены, а также перегородки не участвуют в работе каркаса и лишь создают дополнительные нагрузки на плиты перекрытий.

2) Плоские плиты перекрытий и покрытия, плиты ростверка, а также несущие стены моделируем элементами плоской оболочки, имеющими шесть степеней свободы в узле, с учетом сдвиговых деформаций по толщине оболочки на основе теории Миндлина-Рейсснера.

3) Колонны представляем стержневыми конечными элементами общего вида. Элементы колонн считаем жестко сопряженными с элементами плит перекрытия и покрытия.

4) Сопряжения стержневых элементов, представляющих колонны, с пластинчатыми элементами плит перекрытий этажей моделируем с использованием абсолютно жестких тел, реализующих кинематическую гипотезу о недеформируемых поперечных сечениях колонн. Такой подход позволяет получать более корректные результаты при определении усилий и армирования в надколонных зонах плит, поскольку он смягчает нежелательный эффект сингулярности, свойственный методу конечных элементов.

5) Ребра жесткости, усиливающие плиты перекрытия, моделируем стержневыми конечными элементами прямоугольного сечения, сопряженными с плитой с эксцентриситетом относительно срединной плоскости плиты, которую они подкрепляют. На величину эксцентриситета, равную расстоянию между центром тяжести ребра и срединной плоскостью плиты, вводится абсолютно жесткая вставка.

6) Верхнюю часть здания моделируем упрощенным способом. Надстройку, в которой расположен выход на кровлю, учитываем только в виде дополнительной нагрузки.

7) При определении усилий в элементах каркаса здания эффектами физической и геометрической нелинейности пренебрегаем.

8) Провести расчет по системы «сооружение - фундамент - основание», как того требуют действующие нормы и правила РФ, не представляется возможным по следующим причинам:

- ТЕХНИЧЕСКИМ ЗАКЛЮЧЕНИЕМ от 2013г. по итогам обследования Надземного каркаса здания начальной школы, предоставленным Заказчиком, было отмечено:

п.6 «Рекомендации». Фундамент не исследовался в рамках данного обследования;

- Ранее выполненный ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ по инженерно – геологическим изысканиям, предоставленный Заказчиком, датируется 2005г.

- Требование СП 11-105-97 "Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть I. Общие правила производства работ"

5.2 ... *Возможность использования материалов изысканий прошлых лет в связи с давностью их получения (если от окончания изысканий до начала проектирования прошло более 2 - 3 лет) следует устанавливать с учетом происшедших изменений рельефа, гидрогеологических условий, техногенных воздействий и др. Выявление этих изменений следует осуществлять по результатам рекогносцировочного обследования исследуемой*

территории, которое выполняется до разработки программы инженерно-геологических изысканий на объекте строительства.

Все имеющиеся материалы изысканий прошлых лет должны использоваться для отслеживания динамики изменения геологической среды под влиянием техногенных воздействий.

Ввиду озвученных факторов принято решение для описания жесткости фундаментных конструкций и основания здания выбрать следующий вариант – рассматриваем их как абсолютно жесткие.

9) Учитываем только горизонтальную составляющую ветровой нагрузки по направлению действия ветра.

Кроме того, используем ряд расчетных предпосылок, принятых в нормативных документах, в соответствии с которыми должны быть запроектированы конструкции каркаса.

2. Инженерно-геологические условия площадки строительства

Исследуемый участок находится в Красногорском районе Московской области д. Глухово расположен в юго-восточной части малоэтажной застройки. Ограничен с севера и северо-запада проектируемым проездом.

Участок строительства не имел сооружений, подлежащих сносу и свободен от зеленых насаждений.

Существующий рельеф территории характеризуется падением с севера на юг, с перепадом отметок – 1,15 м, максимальная отметка 143,20 м, и минимальная 142,05 м.

Согласно инженерно-геологическим изысканиям, выполненным ООО «Стройиндустрия» в октябре 2005 г. основанием под фундаменты является мореный суглинок тугопластичный со следующими расчетными характеристиками:

$E = 28 \text{ МПа}$; $c = 34 \text{ кПа}$; $\rho = 2,12 \text{ г/см}^3$; $\phi = 20^\circ$. Расчетное сопротивление грунта основания составляет $R = 2,8 \text{ кг/см}^2$. Нормативная глубина сезонного промерзания 1,70 м.

Коррозийная активность грунтов к стали низкая. Грунты не агрессивны к бетонам. Площадка безопасна в отношении возможности проявления суффозионно-карстовых процессов.

В период изысканий (октябрь 2005 г.) грунтовые воды в скважинах до глубины 12,0 м вскрыты не были. В скважине №4 в насыпном грунте, с глубины 2,2 м была вскрыта маломощная локальная линза верховодки. Водопиток в скважину очень слабый (слабое высачивание). В неблагоприятные периоды (снеготаянье, обильные дожди) возможно образование сезонной верховодки на кровле моренных суглинков.

Площадка относится к потенциально не подтопляемой.

По данным работ литологическое строение площадки представляется в следующем виде:

С поверхности до глубины 0,5-2,6 м – насыпной грунт – пески разнозернистые, с включением суглинка и бытового мусора. Грунты влажные, средне не слежавшиеся. На отдельных участках возможно увеличение мощности слоя. Учитывая близость жилой зоны д. Глухово на участке возможно обнаружение выгребных, компостных ям и т.п.

На отдельных участках под насыпным грунтом с глубины 0,5 – 1,7 м до глубины 2,2 – 2,9 м – флювиогляциальные пески мелкие, среднеплотные маловлажные.

Под насыпными грунтами и флювиогляциальными песками с глубины 1,5 – 2,9 м до глубины 3,3 – 4,9 м – моренный суглинок тугопластичный, с гнездами песка, с гравием и галькой до 20%.

С глубины 3,3 – 4,9 м до глубины 12,0 м (забой скважин) – флювиогляциальные пески мелкие, среднеплотные, маловлажные, реже пылеватые. На отдельных участках (скважины №4,7) в кровле (до глубины 5,5-6,7 м) пески пылеватые, среднеплотные, маловлажные.

Данные взяты с ТЕХНИЧЕСКОГО ОТЧЕТА по инженерно – геологическим изысканиям (2005г.), предоставленного Заказчиком. Принятое решение по конструктивной схеме системы «сооружение - фундамент - основание» см. п. 1.2, пп.8.

3. Конструктивные решения

Геометрические характеристики здания

Здание в плане имеет прямоугольную форму, размеры в осях 63,9 x 17,8 м, высота 17,5 м в верхней точке.

Здание включает подвальный этаж высотой 2,4 м и 4 этажа высотой 3,3 м.

Несущая система здания

В качестве основной несущей системы здания принят монолитный железобетонный каркас с несущими колоннами и ригелями в продольном направлении и диафрагмами жесткости в виде отдельных участков внутренних стен. Жесткость каркаса здания в период строительства и эксплуатации обеспечивается совместной работой внутренних продольных рам, диафрагм жесткости и дисков перекрытий, а также жесткой заделкой колонн в фундаменты.

Для конструкций технического подполья принят бетон класса В25; F75; для конструкций 1-4 этажей В22,5; F75.

Колонны каркаса имеют квадратное сечение 400x400мм.

Толщина несущих стен, одновременно служащих вертикальными диафрагмами жесткости, составляет 200мм.

Толщина всех плоских дисков междуэтажных перекрытий и покрытия составляет 230мм. Плиты перекрытия и покрытия усилены системой ребер жесткости с размерами сечения 400x270, 400x670, 400x770(h)¹ мм.

Лестничные марши монолитные железобетонные, опирающиеся на монолитные железобетонные площадки.

Несущие стены техподполья толщиной 200 мм, 400x400 мм под колоннами каркаса.

Фундамент здания свайный с ленточным железобетонным ростверком под стенами и отдельными железобетонными ростверками под колонны. Материал ростверков – бетон

¹ Под высотой сечения ребра (270, 670, 770 мм) понимается высота выступающей под перекрытием части ребра, т.е. разница между полной высотой сечения балки и толщиной перекрытия.

класса В25; F75. Высота ленточных ростверков – 500 мм, отдельных ростверков – 600 мм. Глубина заложения фундаментов относительно уровня земли – 2,7 м.

Толщина защитного слоя бетона для рабочей арматуры всех несущих железобетонных элементов каркаса не менее 25 мм.

Самонесущие конструкции здания

Наружные стены - самонесущие многослойные стены поэтажной разрезки толщиной 480мм с опиранием на междуэтажные плиты перекрытия.

Представляют собой многослойную конструкцию, состоящую из следующих конструктивных слоев (в порядке от внутренней к наружной поверхности ограждающей конструкции):

- 1 тип наружной стены
 - штукатурка цементно-песчаным раствором – 20 мм;
 - кладка из газосиликатных блоков D600 – 250 мм;
 - пароизоляция;
 - утеплитель Rockwool ВЕНТИ БАТТС – 100 мм
 - паропроницаемая защитная пленка;
 - конструкция навесного вентилируемого фасада.
- 2 тип наружной стены
 - штукатурка цементно-песчаным раствором – 20 мм;
 - кладка из газосиликатных блоков D600 – 250 мм;
 - пароизоляция;
 - утеплитель Rockwool ПЛАСТЕР БАТТС – 100 мм
 - фасадная штукатурка по сетке – 8мм.

Парапет - кирпичная кладка, толщиной 380 мм, высотой 1,5 м.

4. Расчет моделей в ПК ЛИРА-САПР

4.1. Описание расчетных моделей

В расчётах используется версия ЛИРА-САПР 2013 PRO. Лицензия ID 795830707.

Для определения нагрузок от ветра используется программа ВеСТ расчетного комплекса SCAD Office. Лицензия № 11535м.

Расчетная схема определена как система с признаком 5. Это означает, что рассматривается система общего вида, деформации которой и ее основные неизвестные представлены линейными перемещениями узловых точек вдоль осей X, Y, Z и поворотами вокруг этих осей.

Выбранный режим статического расчета - статический расчет системы в линейной постановке.

Общий вид расчётной модели см. рисунок 4.1...4.4.

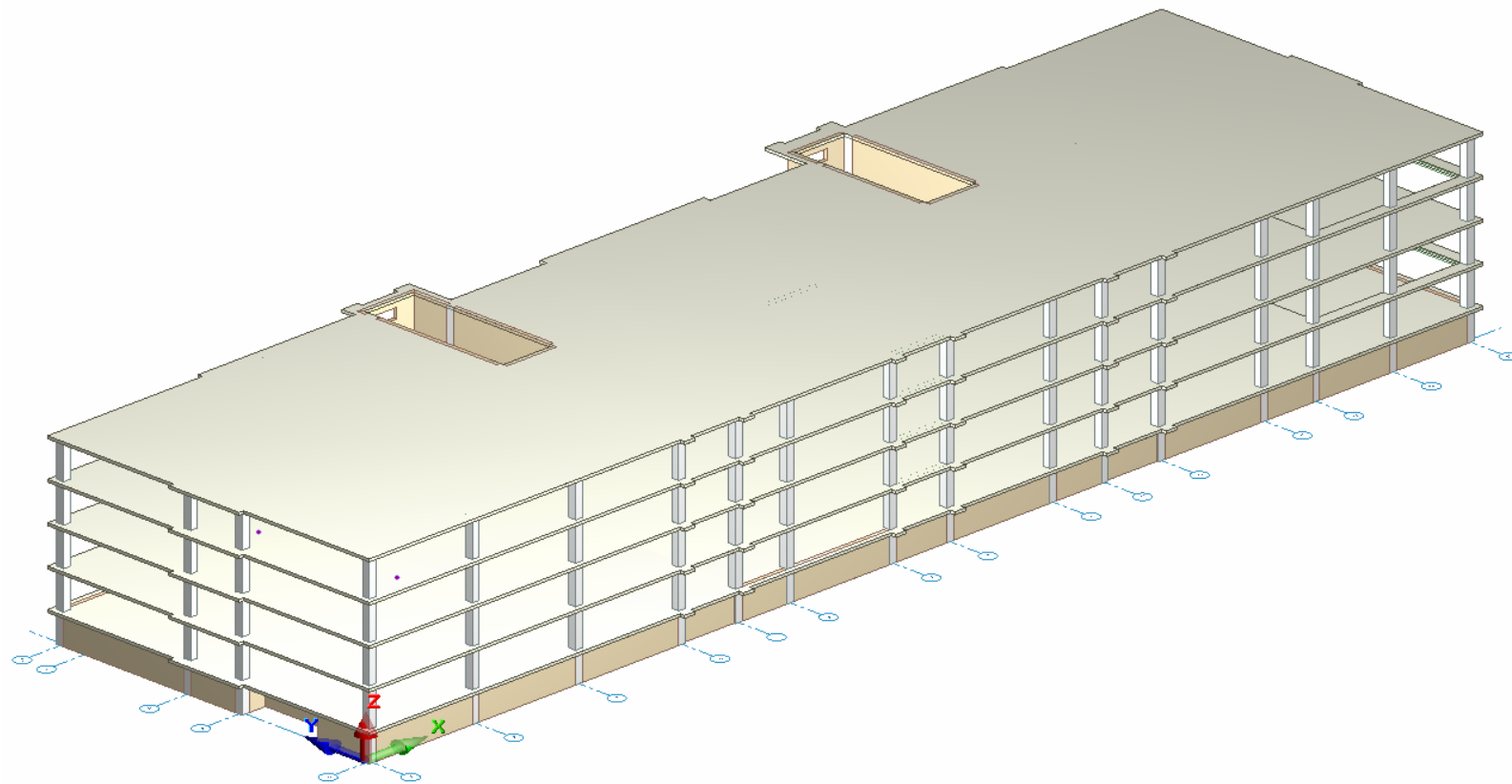


Рисунок 4.1 Общий вид расчетной модели

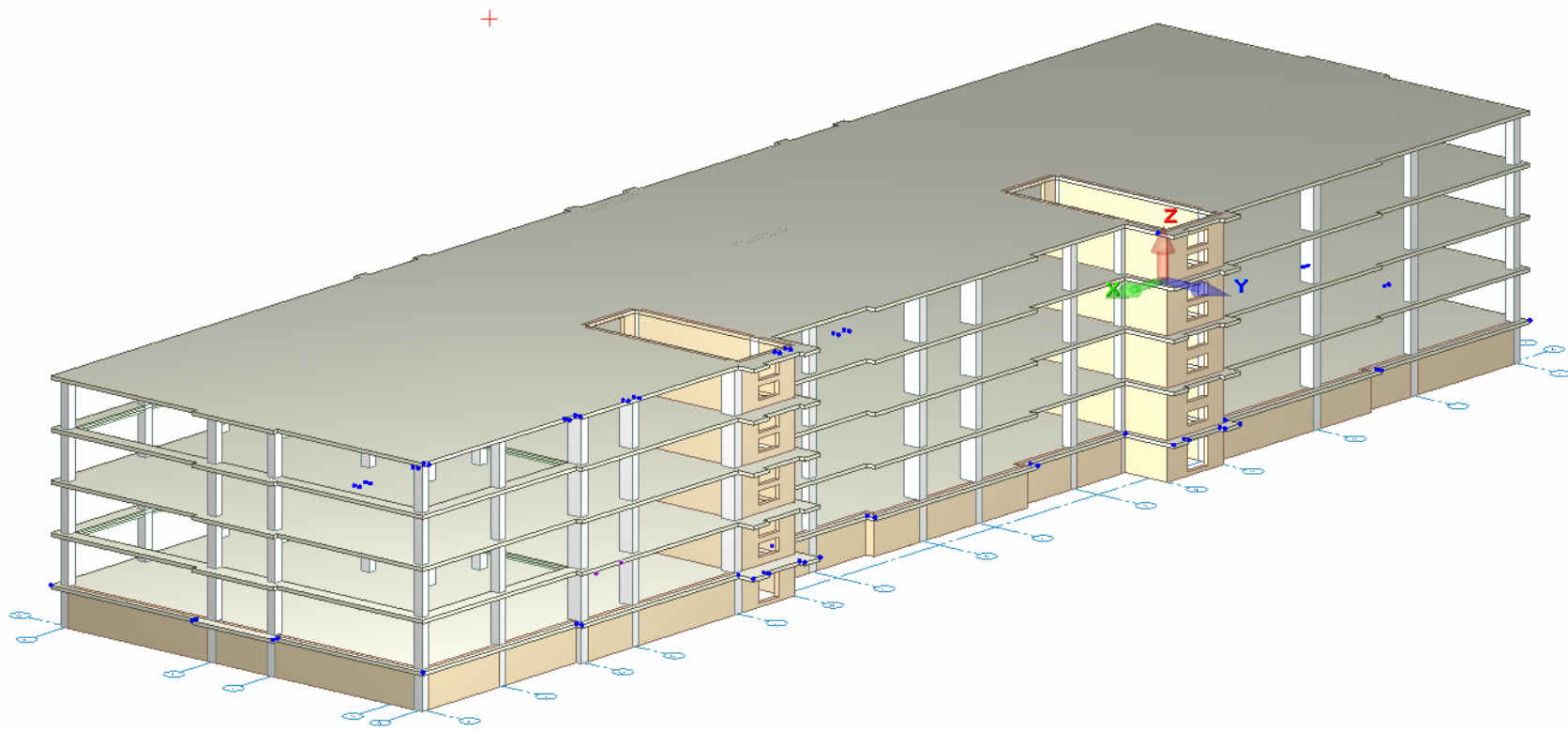


Рисунок 4.2 Общий вид расчетной модели

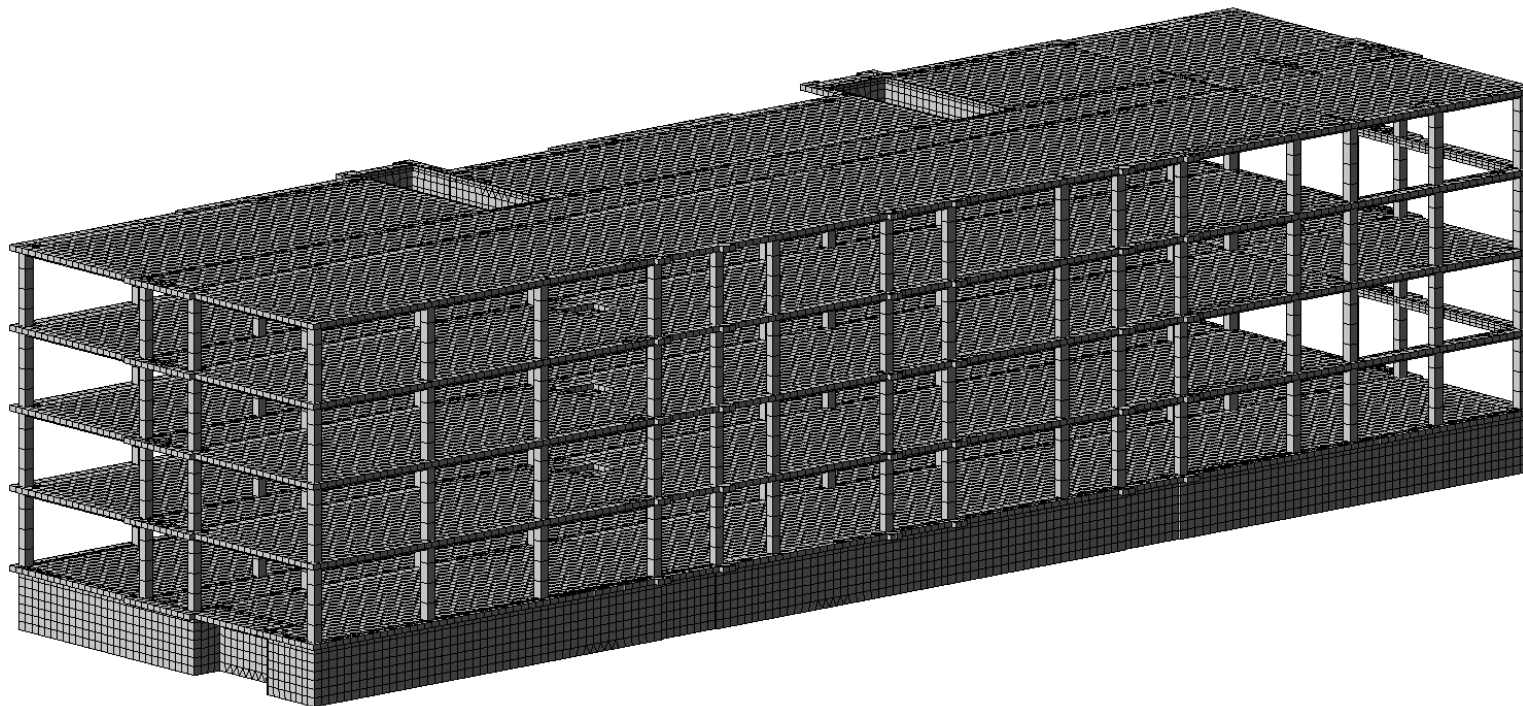


Рисунок 4.3 Общий вид расчетной модели

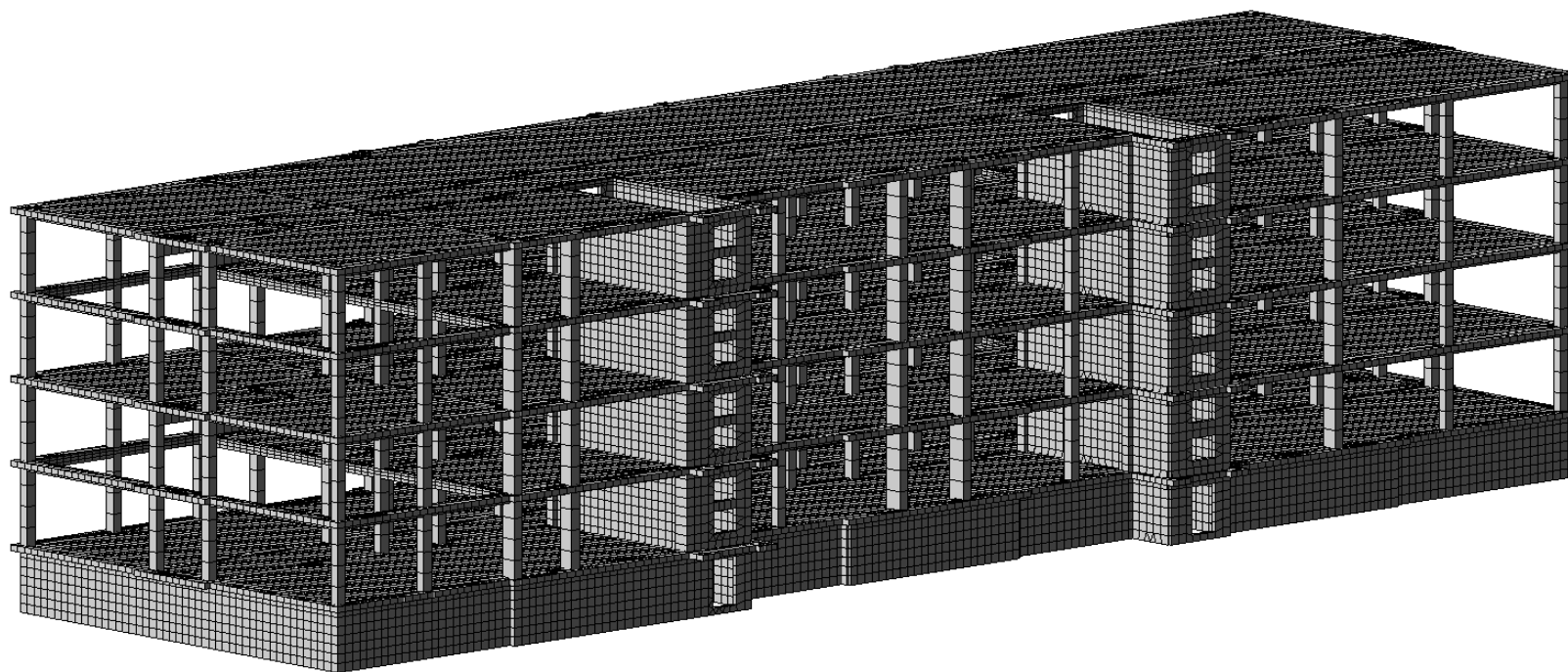


Рисунок 4.4 Общий вид расчетной модели

Шаг разбиения на конечные элементы принят равным 0,6 м. Тип конечного элемента, сечение и принятый модуль упругости для каждой группы элементов расчетной модели представлен в таблице 4.1.

Таблица 4.1 Характеристики элементов расчетной модели

Название элемента	Тип конечного элемента	Сечение, мм	Модуль упругости, тс/м ²
Междуэтажные плиты перекрытий, покрытие	42, 44 (треугольный и четырехугольный КЭ оболочки)	230	0,724e+006 (бетон В20)
Балки	10 (унив. пространств. стержень)	400x500 (h) 400x900 (h) 400x1000 (h)	0,724e+006 (бетон В20)
Колонны	10 (унив. пространств. стержень)	400x400	0,724e+006 (бетон В20)
Стены	42, 44 (треугольный и четырехугольный КЭ оболочки)	200	0,724e+006 (бетон В20)

Модуль упругости элементов принят равным значению начального модуля деформаций бетона при продолжительном действии нагрузки, определяемого по п. 5.1.13 СП 52-101-2003 – см. рис. 4.3.

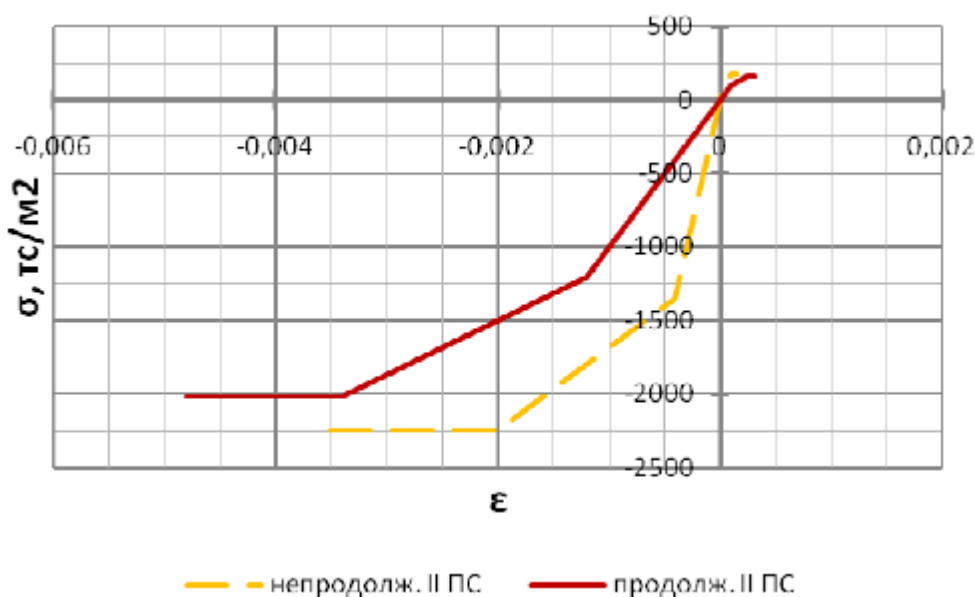


Рис.4.3. Диаграмма σ – ϵ для бетона В30 при относительной влажности воздуха окружающей среды 40-75%

Для пластин, в модели, произведен переход к напряжениям вдоль заданного направления по следующей схеме:

- для вертикальных пластин – вдоль оси Z общей системы координат;
- для горизонтальных пластин - вдоль оси X общей системы координат.

4.2. Граничные условия

Принятое решение по конструктивной схеме системы «сооружение - фундамент - основание» см. п. 1.2, пп.8.

Исходя из озвученных в п. 1.2, пп.8. факторов, граничные условия заданы следующим образом:

- нижние узлы колонн и стен техподполья закреплены от смещения вдоль всех осей (X, Y, Z) общей системы координат.

4.3. Нагрузки и воздействия

Нагрузки и воздействия на здание определены согласно СП 20.13330.2011 «СНиП 2.01.07-85* Нагрузки и воздействия». В расчётном комплексе ЛИРА-САПР прикладываются полные расчётные нагрузки. С помощью комбинации загружений и модуля РСУ учитывается система коэффициентов для расчета по I и II группам ПС. Значения принятых нагрузок и коэффициентов представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2. Нагрузки и воздействия

Наименование нагрузки	Ед. изм.	Норм. знач.	γ_f	Расч. знач.	$K_{\text{длит.}}$	K_1	K_2
1) Постоянные:							
• Соб. вес несущих конструкций	-	ЛИРА-САПР 2013*	1,1	ЛИРА-САПР 2013*			
• Соб. вес ограждающих конструкций (многослойная конструкция)	тс/п. м	0,62		0,80			
• Соб. вес пола 1 эт. (многослойная конструкция)	тс/кв. м	0,166	1,3	0,214			
• Соб. вес пола 2, 3 и 4 эт. (многослойная конструкция)	тс/кв. м	0,108	1,3	0,139			
• Соб. вес кровли (многослойная конструкция)	тс/кв. м	0,343		0,426			
• Активное давление грунта**	тс/п. м	0,43z	1,15	0,5z			
2) Временные:							
2.1) Длительные							
• Соб. вес перегородок	тс/кв. м	0,05	1,3	0,065			
2.2) Кратковременные							
• Снеговая	тс/кв. м	0,099	1,4	0,141			
• Полезная на перекрытие	тс/кв. м	0,2	1,2	0,24			
• Ветровая	тс/п. м	Рис. 4.2	1,4	Рис. 4.2; Табл. 4.3			

Примечание:

* - нагрузка определяется программным комплексом ЛИРА-САПР автоматически;

** - значение давления грунта на стены техподполья определено для грунта обратной засыпки (насыпного песка средней крупности)

$K_{\text{длит.}}$ – коэффициент перехода от полных значений кратковременной нагрузки к пониженным значениям временной нагрузки длительного действия (доля длительности);

K_1 – коэффициенты для комбинации №1, определяющие расчетные значения нагрузок с учетом понижающих коэффициентов сочетаний, включающих постоянные и не менее двух временных нагрузок (для расчётов по I группе ПС);

K_2 – коэффициенты для комбинации №2, определяющие нормативные значения постоянных и длительных нагрузок, а также действие ветра (для расчетов по II группе ПС);

z – глубина приложения нагрузки, м.

Нагрузка от ветра

Нагрузки от ветра определяются с помощью программы ВеСТ расчетного комплекса SCAD Office. Ветровой район – I. Тип местности - В (городские территории, лесные массивы и другие местности, равномерно покрытые препятствиями высотой более 10 м). Значения ветровой нагрузки представлены в виде графиков (рис. 4.2).

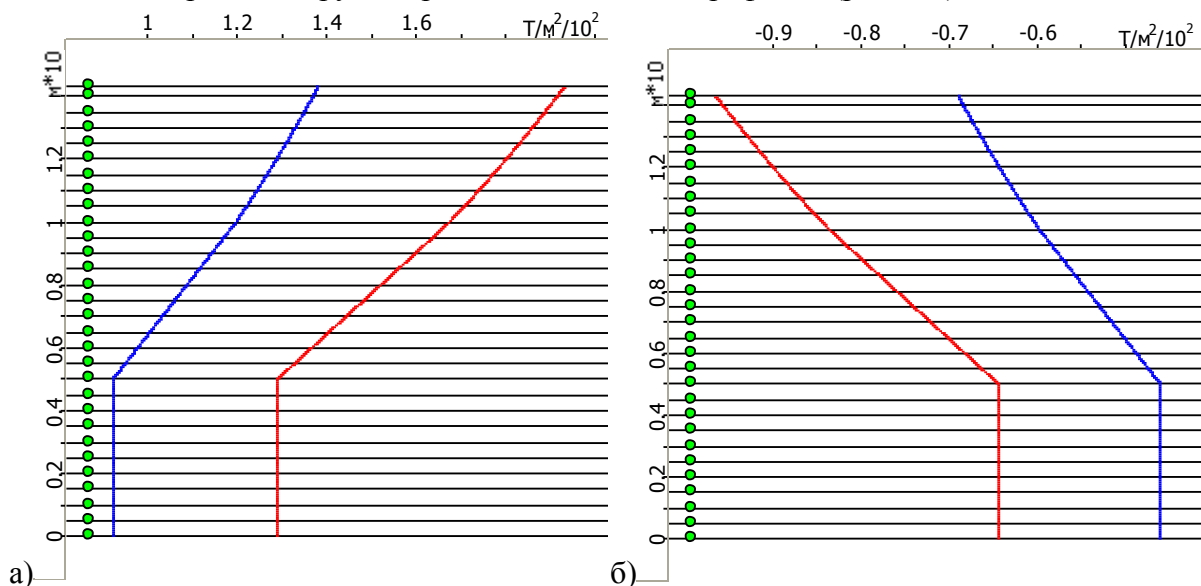


Рис. 4.2. Ветровая нагрузка: а) с наветренной стороны; б) с заветренной стороны.

Таблица 4.3. Нагрузки от ветра

Высота, м	Наветренная поверхность*,	Подветренная поверхность*,
	тс/п. м	тс/п. м
0,0	0,033	-0,015
3,6	0,047	-0,024
7,2	0,052	-0,027
10,8	0,062	-0,031
14,4	0,035	-0,017

Примечание: * - значения ветрового давления – расчетные, прикладываются к торцам перекрытий с учетом ширины грузовой площади.

Комбинации нагрузок и расчетные сочетания

Расчет конструкций и оснований по предельным состояниям первой и второй групп выполнен с учетом неблагоприятных сочетаний нагрузок или соответствующих им усилий.

Эти сочетания установлены из анализа реальных вариантов одновременного действия различных нагрузок для рассматриваемой стадии работы конструкции или основания.

В зависимости от учитываемого состава нагрузок согласно СП 20.13330.2011, пункт 6 назначены (табл.4.8) основные сочетания нагрузок, состоящие из постоянных, длительных и кратковременных.

Наименование нагрузок, комбинации нагрузок, сводную ведомость нагрузок представлены в таблицах 4.3 и 4.4. При задании расчетных сочетаний были учтены взаимоисключение нагрузок (ветровых), знакопеременность (ветровых).

Таблица 4.3. Имена загрузений

Имена загрузений	
Номер	Наименование
1	Соб. вес несущих конструкций
2	Соб. вес ограждающих конструкций
3	Соб. вес кровли
4	Соб. вес пола 2, 3 и 4 эт.
5	Соб. вес пола 1 эт.
6	Активное давление грунта
7	Соб. вес перегородок (длительная)
8	Снеговая нагрузка (кратковременная)
9	Полезная нагрузка (кратковременная)
10	Ветровая нагрузка (кратковременная)

Таблица 4.4. Комбинации загрузений

Комбинации загрузений	
Номер	Формула
1	$(L1)*1+(L2)*1+(L3)*1+(L4)*1+(L5)*1+(L6)*1+(L7)*1+(L8)*1+(L9)*1+(L10)*1$
2	$(L1)*1+(L2)*1+(L3)*1+(L4)*1+(L5)*1+(L6)*1+(L7)*1+(L8)*0,9+(L9)*1+(L10)*0,7$
3	$(L1)*1+(L2)*1+(L3)*1+(L4)*1+(L5)*1+(L6)*1+(L7)*1+(L8)*1+(L9)*0,9+(L10)*0,7$
4	$(L1)*1+(L2)*1+(L3)*1+(L4)*1+(L5)*1+(L6)*1+(L7)*1+(L8)*0,7+(L9)*0,9+(L10)*1$

4.4. Дополнительные исходные данные расчета

Подготовка исходных данных для модуля Ж/Б:

Расчёт производится согласно требованиям СП 63.13330.2012.

Для задания исходных данных по фактическому армированию элементов формируются списки элементов:

1. **Междуэтажные плиты перекрытий, покрытие**
2. **Балки**
3. **Колонны**
4. **Стены**

Исходные данные для подбора арматуры в группе №1 и №4:

модуль армирования: плита, оболочка;

расстояние до центра тяжести растянутой арматуры: $A1=A2=25$ мм;

признак статической определимости: неопределенная;

бетон: тяжелый, В20;

коэффициент условий твердения: 1,0;

учет нагрузок длительного действия $Gb1$: 0,9;

результатирующий коэффициент без $Gb1$: 1,0;

арматура продольная: А500, коэффициент условий работы: 1,0;

арматура поперечная: А240, коэффициент условий работы: 1,0;

процент армирования: min – 0,05%; max – 10%

минимальное заданное армирование: $d10$

(симметричное армирование 5d10 на п.м. в двух направлениях в верхней и нижней зонах плиты, поперечная арматура отсутствует);

категория трещиностойкости: ограниченная ширина раскрытия трещин;
допустимая ширина непродолжительного раскрытия трещин: 0,4 мм;
допустимая ширина продолжительного раскрытия трещин: 0,3 мм;
диаметр стержней продольной арматуры: 10-40 мм;
диаметр стержней поперечной арматуры: 6-40 мм.

Исходные данные для подбора арматуры в группе №2:

модуль армирования: стержень, колонна;
расстояние до центра тяжести растянутой арматуры: $A_1=A_2=A_3=45$ мм;
признак статической определимости: неопределенная;
бетон: тяжелый, В20;
коэффициент условий твердения: 1,0;
учет нагрузок длительного действия G_{b1} : 0,9;
результатирующий коэффициент без G_{b1} : 1,0;
арматура продольная: А500, коэффициент условий работы: 1,0;
арматура поперечная: А240, коэффициент условий работы: 1,0;
процент армирования: min – 0,05%; max – 10%
минимальное заданное армирование: d10

(симметричное армирование 5d10 на п.м. в двух направлениях в верхней и нижней зонах плиты, поперечная арматура отсутствует);

категория трещиностойкости: ограниченная ширина раскрытия трещин;
допустимая ширина непродолжительного раскрытия трещин: 0,4 мм;
допустимая ширина продолжительного раскрытия трещин: 0,3 мм;
диаметр стержней продольной арматуры: 10-40 мм;
диаметр стержней поперечной арматуры: 6-40 мм.

Исходные данные для подбора арматуры в группе №3:

модуль армирования: стержень, балка;
расстояние до центра тяжести растянутой арматуры: $A_1=A_2=A_3=50$ мм;
признак статической определимости: неопределенная;
бетон: тяжелый, В20;
коэффициент условий твердения: 1,0;
учет нагрузок длительного действия G_{b1} : 0,9;
результатирующий коэффициент без G_{b1} : 1,0;
арматура продольная: А500, коэффициент условий работы: 1,0;
арматура поперечная: А240, коэффициент условий работы: 1,0;
процент армирования: min – 0,05%; max – 10%
минимальное заданное армирование: d10

(симметричное армирование 5d10 на п.м. в двух направлениях в верхней и нижней зонах плиты, поперечная арматура отсутствует);

категория трещиностойкости: ограниченная ширина раскрытия трещин;
допустимая ширина непродолжительного раскрытия трещин: 0,4 мм;
допустимая ширина продолжительного раскрытия трещин: 0,3 мм;
диаметр стержней продольной арматуры: 10-40 мм;
диаметр стержней поперечной арматуры: 6-40 мм.

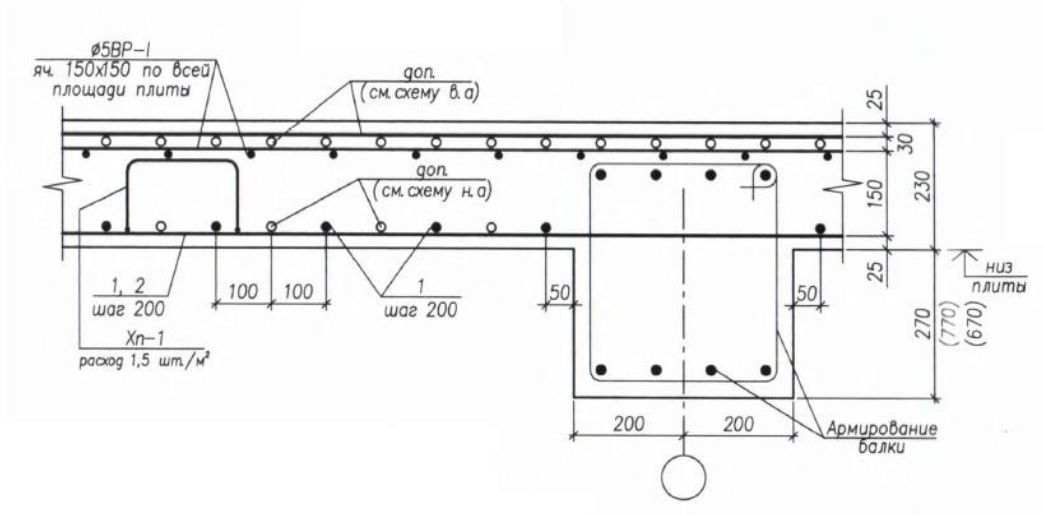
1. Междуетажные плиты перекрытий, покрытие

Позиция 1 - Ø12 A500с;

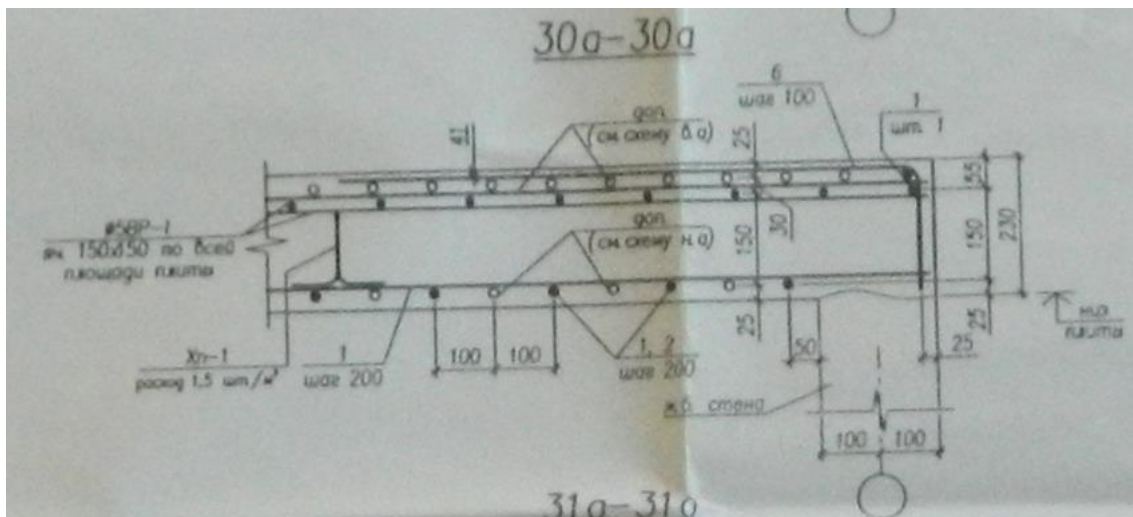
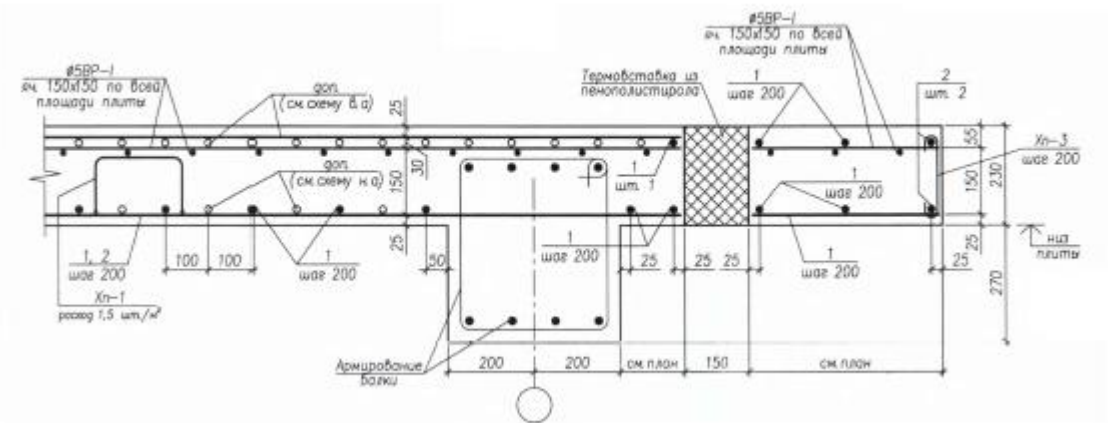
Позиция 2 - Ø16 A500с;

Позиция 3 - Ø22 A500с;

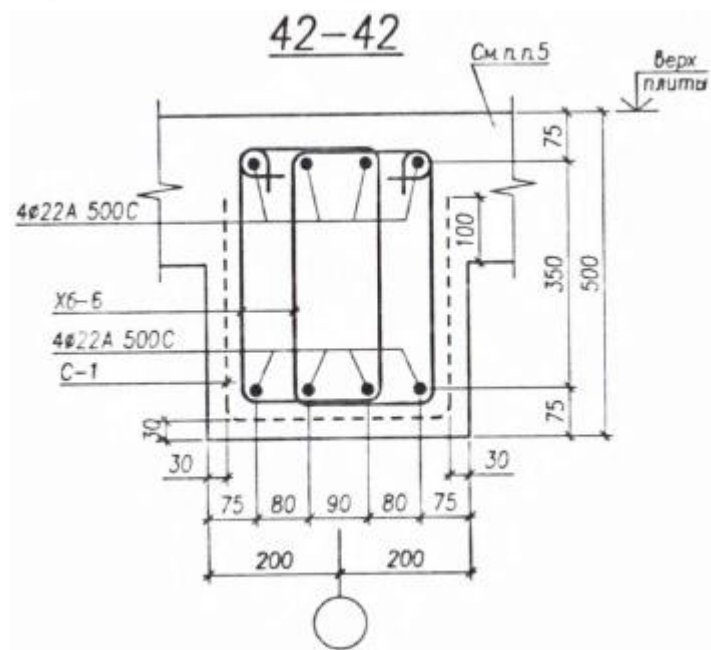
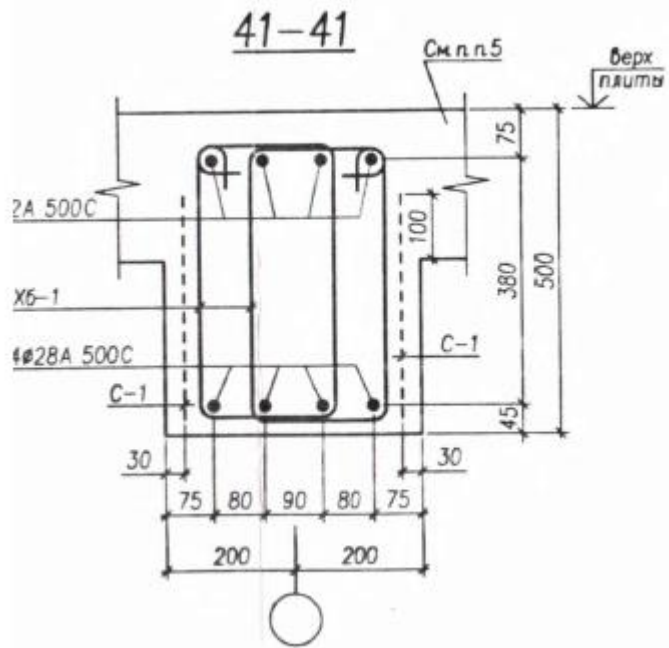
21 - 21 (см. п.п.2)

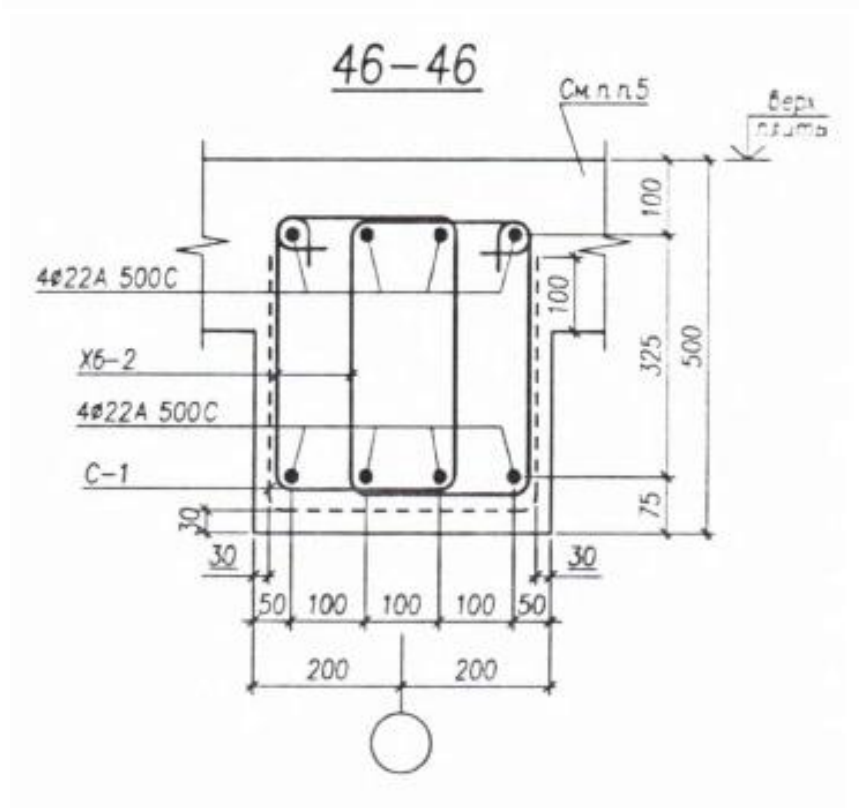
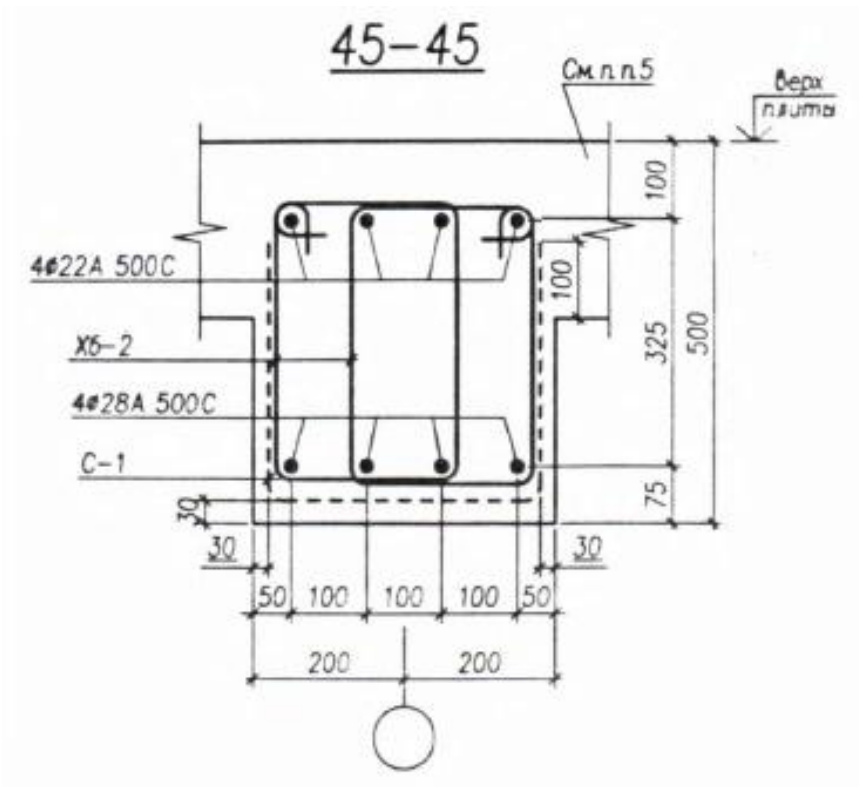


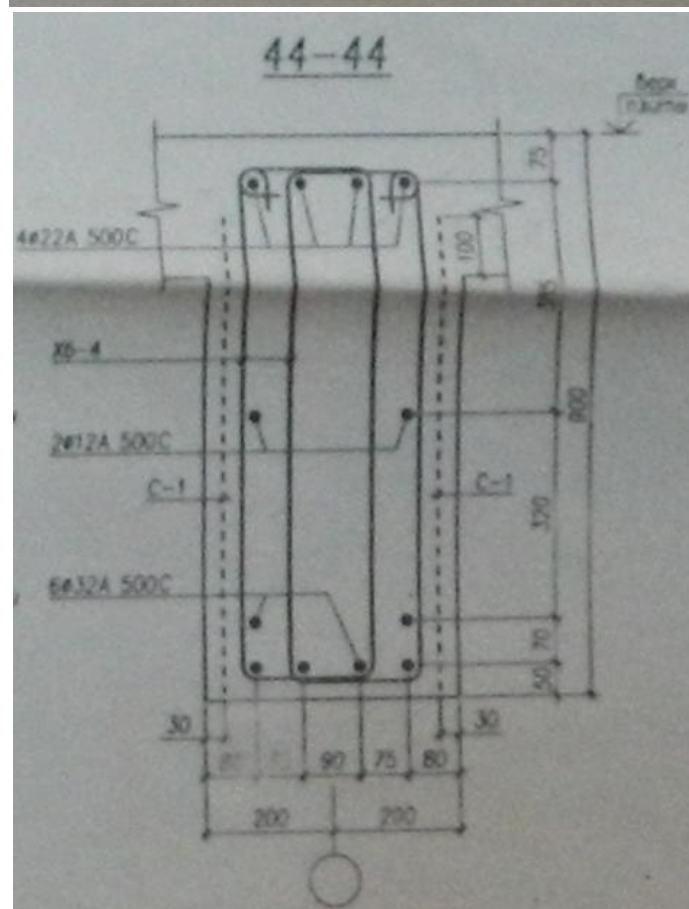
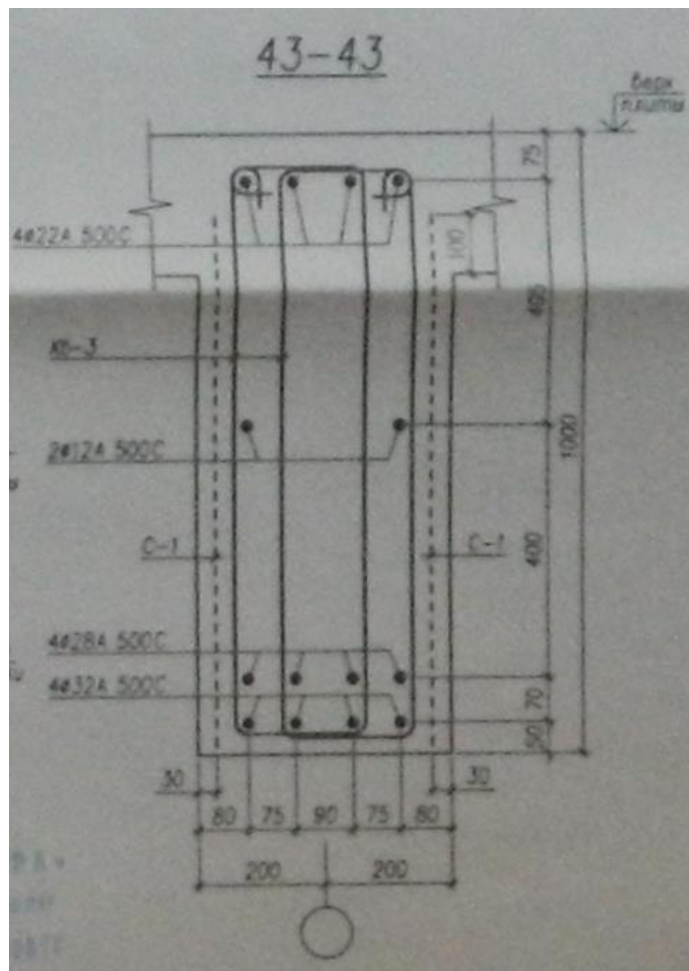
24 - 24 (см. п.п.2)



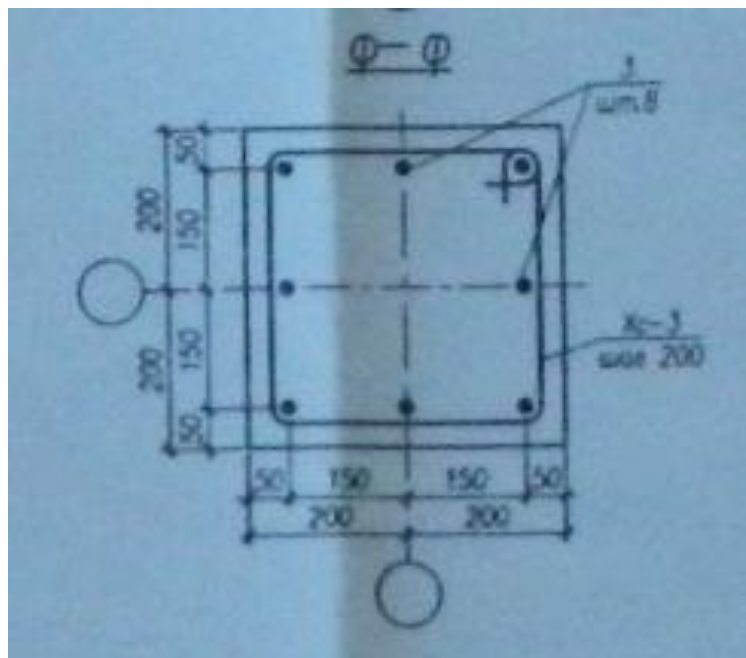
2. Балки



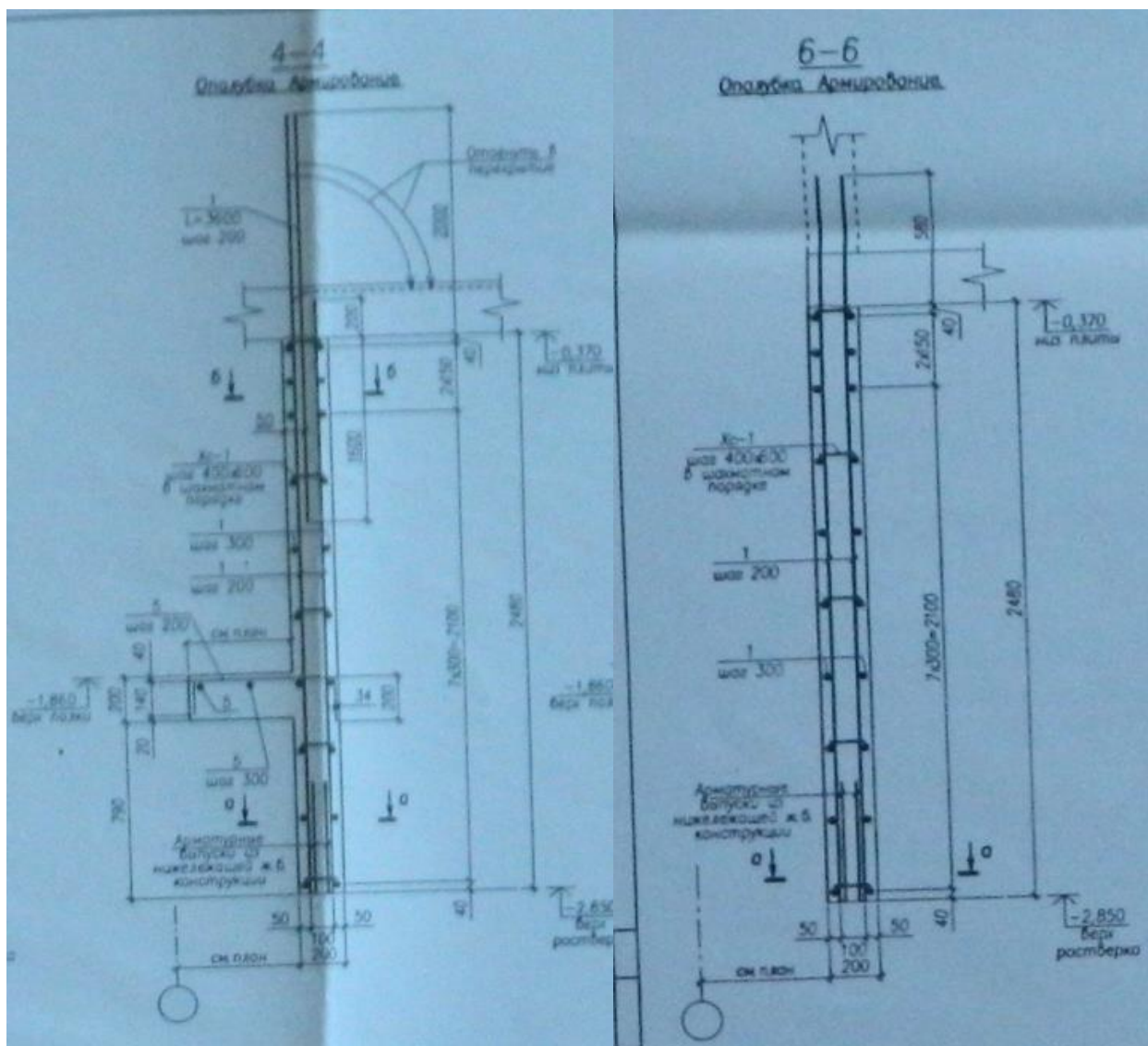




3. Колонны



4. Стены



4.5. Основные результаты расчета

Протокол расчета по основной расчетной модели см. Приложение №2.

Расчетом по I группе предельных состояний проверены:

- все конструкции здания для предотвращения разрушения при действии силовых воздействий в процессе расчетного срока эксплуатации.

Расчетом по II группе предельных состояний проверены:

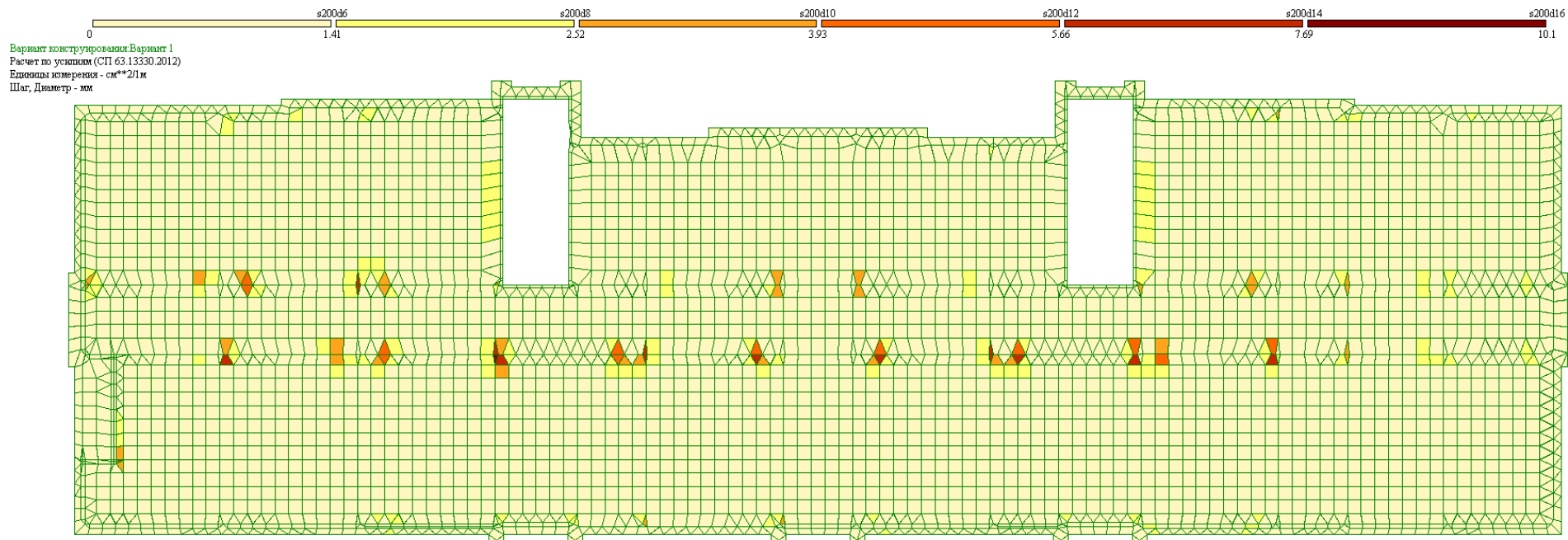
- пригодность всех конструкций здания к нормальной эксплуатации в процессе расчетного срока эксплуатации.

Деформации здания с учётом грунтового основания не определялись ввиду причин, приведенных в п. 1.2, пп. 8.

Прогибы междуэтажных плит перекрытий и покрытия (с учётом пониженного модуля упругости бетона) составляют не более 16,6 мм, что не превышает допустимых значений (для пролёта $l=7400$ мм: $l/200 = 37$ мм). Изополя перемещений плиты перекрытия техподполья см. рисунок 4.9

Заданного минимального армирования междуэтажных плит перекрытий и покрытия 5d12 A500с на погонный метр в двух направлениях в верхней и нижней зонах плит достаточно. Мозаики армирования плиты перекрытия техподполья см. рисунок 4.5-4.8.

Заданного минимального армирования колонн 8d22 A500с на сечение достаточно. Мозаики по проценту армирования колонн каркаса здания см. рисунок 4.10. Расчет колонны в осях А/11 см. Приложение №1.



Площадь арматуры на 1м² по оси X у верхней грани, максимум в элементе 24303

Рисунок 4.5 Мозаика армирования перекрытия техподполья по оси X у верхней грани

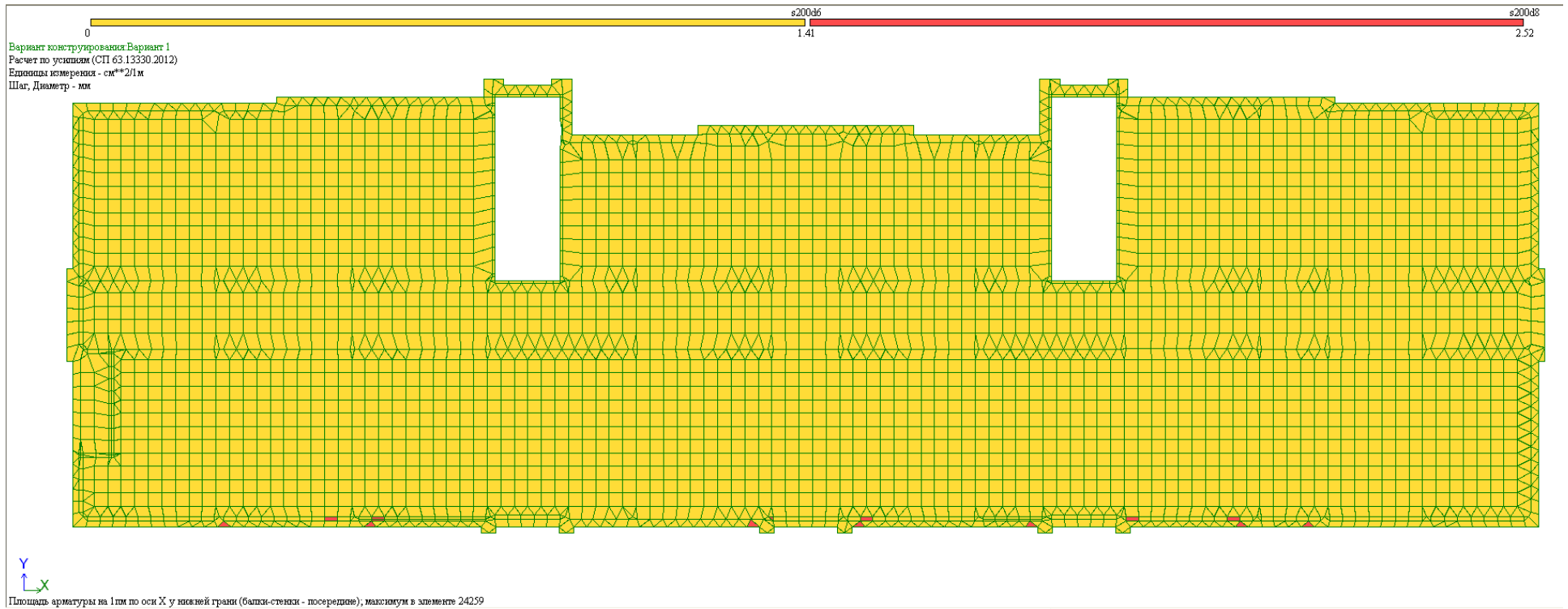
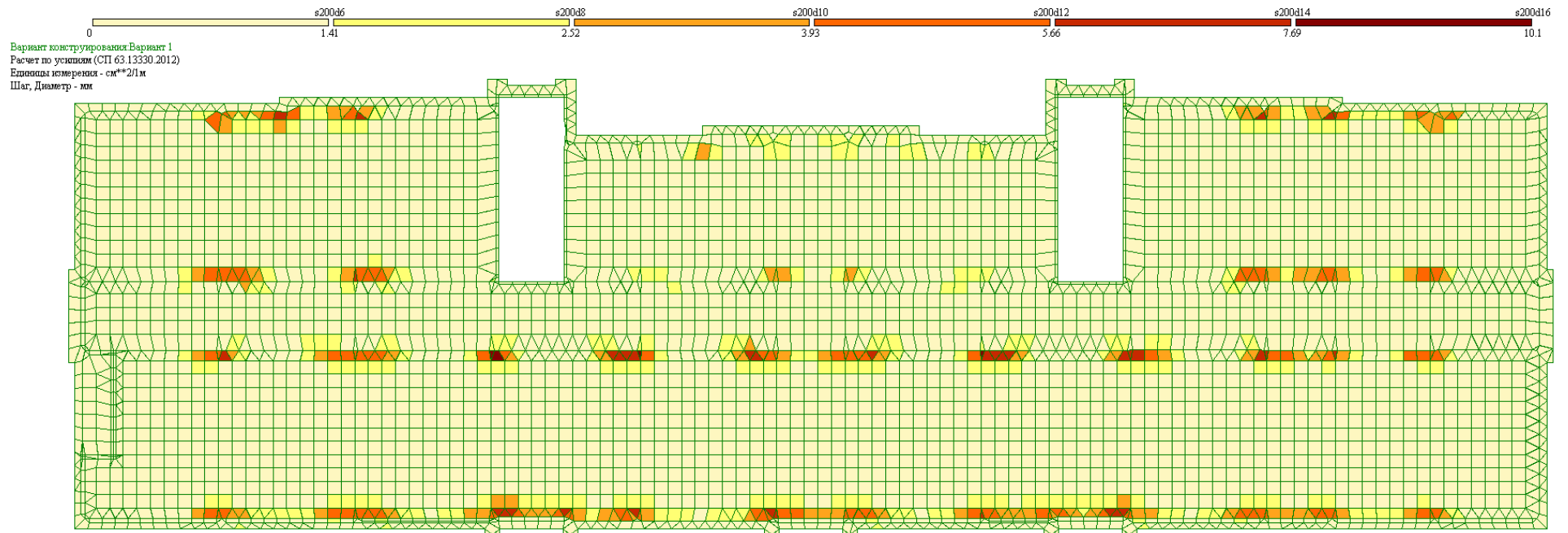
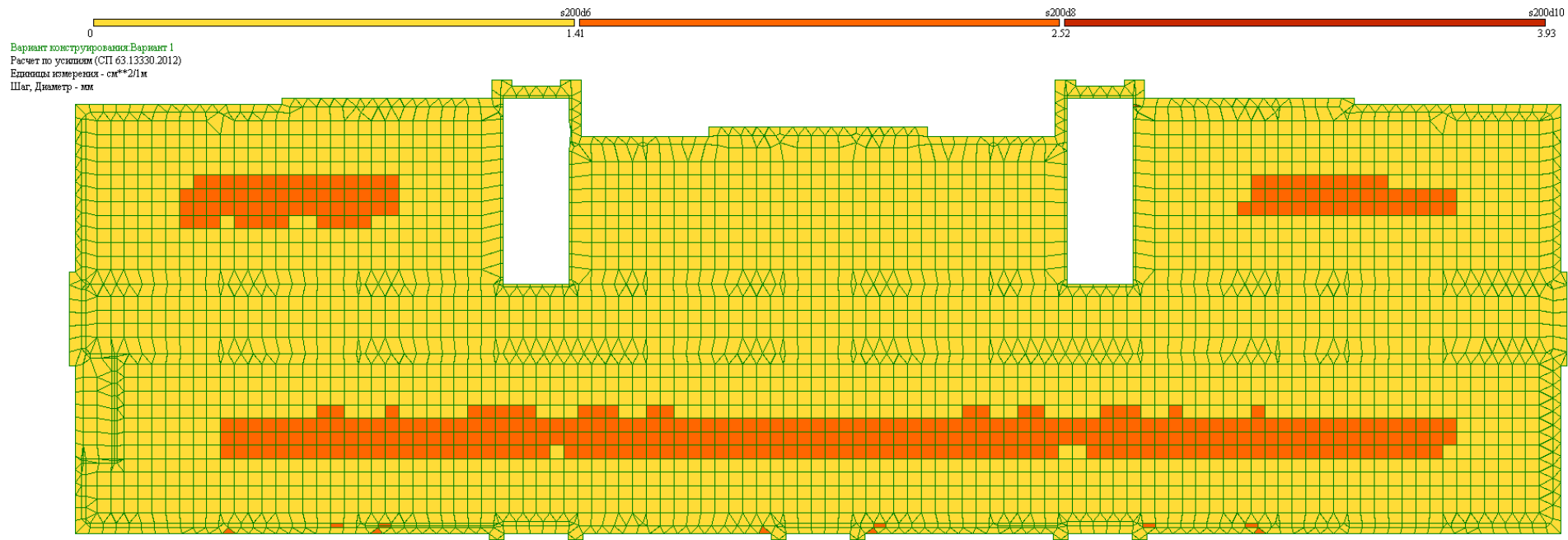


Рисунок 4.6 Мозаика армирования перекрытия техподполья по оси X у нижней грани



Y
 X
 Площадь арматуры на 1м по оси Y у верхней грани, максимум в элементе 24303

Рисунок 4.7 Мозаика армирования перекрытия техподполья по оси Y у верхней грани



Площадь арматуры на 1м по оси Y у нижней грани (балки-стены - посередине), максимум в элементе 26714

Рисунок 4.8 Мозаика армирования перекрытия техподполья по оси Y у нижней грани

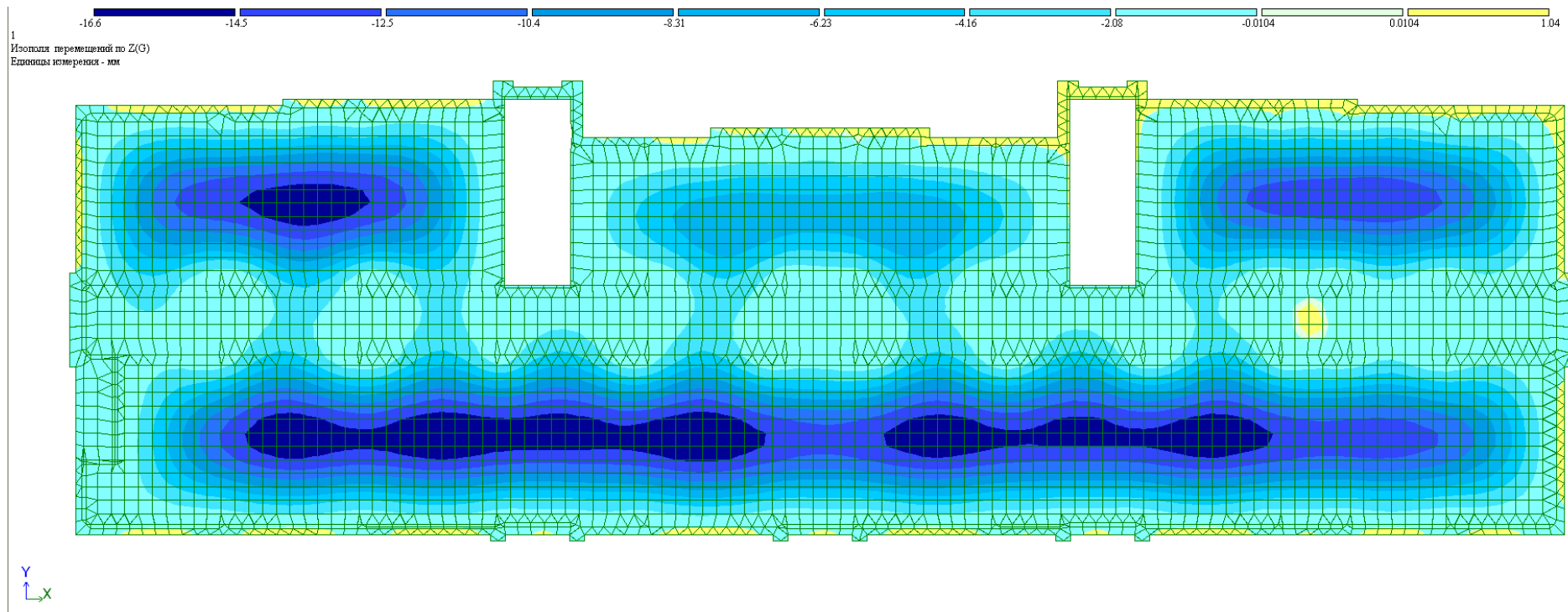


Рисунок 4.9 Изополя перемещений перекрытия техподполья по оси Z

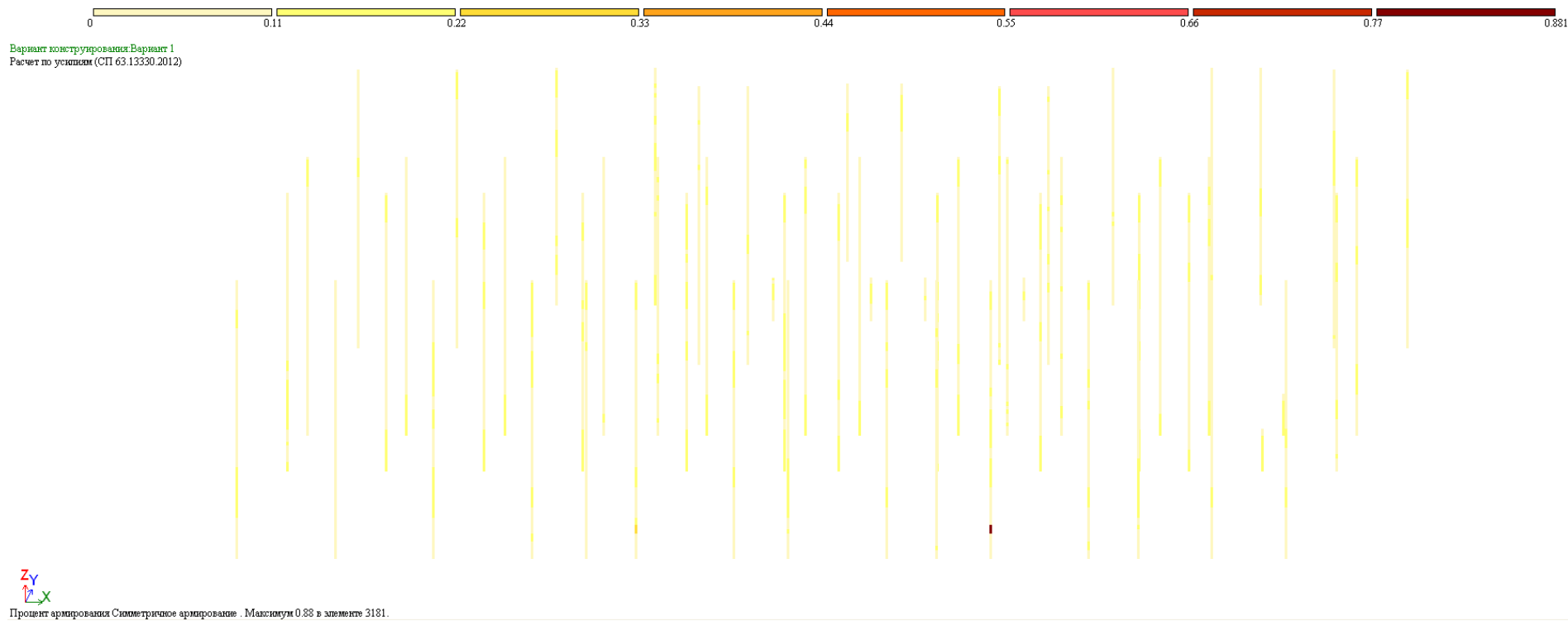


Рисунок 4.10 Мозаика по проценту армирования колонн каркаса

Ускорение колебаний верхних этажей согласно СП 20.13330.2011 «СНиП 2.01.07-85* Нагрузки и воздействия» для зданий высотой меньше 40м допускается не определять.

Коэффициенты запаса устойчивости системы

Коэффициенты запаса устойчивости системы $k=7,4$.

Минимальный коэффициент запаса устойчивости конструкции здания по комбинациям загружений №1-4 превосходит минимальное значение равное 1,5.

5. Список используемых источников

1. Федеральный закон № 190-ФЗ от 29.12.2004 «Градостроительный кодекс РФ»
2. Федеральный закон № 184-ФЗ от 27.12.2002 «О техническом регулировании»
3. Федеральный закон № 384-ФЗ от 30.12.2009 «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»
4. Федеральный закон № 123-ФЗ от 22.07.2008 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»
5. ГОСТ Р 54257-2010 «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения и требования»
6. СП 14.13330.2011 «СНиП II-7-81* Строительство в сейсмических районах»
7. СП 15.13330.2011 «СНиП II-22-81* Каменные и армокаменные конструкции»
8. СП 16.13330.2011 «СНиП II-23-81* Стальные конструкции»
9. СП 17.13330.2011 «СНиП II-26-76 Кровли»
10. СП 20.13330.2011 «СНиП 2.01.07-85* Нагрузки и воздействия»
11. СП 22.13330.2011 «СНиП 2.02.01-83 Основания зданий и сооружений»
12. СП 28.13330.2010 «СНиП 2.03.11-85 Защита строительных конструкций от коррозии»
13. СП 29.13330.2011 «СНиП 2.03.13-88 Пools»
14. СП 63.13330.2012 «СНиП 52-01-2003 Бетонные и железобетонные конструкции»
15. СП 118.13330.2012 «СНиП 31-06-2009 Общественные здания и сооружения»
16. СП 131.13330.2012 «СНиП 23-01-99* Строительная климатология»

Приложение 1. Расчет колонны 1-го этажа в осях А/11

ЛАРМ-САПР 2013 - локальный режим армирования
 Проект - Larmsaprg1
 Проект ЛИРА-САПР: Глухово 2014-12-29
 СП 63.13330.2012

ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРИАЛОВ

Напряжения - Мра

СНиП 52-01-2003
 БЕТОН
 Класс бетона - В20
 Расчетное сопротивление бетона на сжатие - 11.5
 Модуль упругости бетона - 27500
 АРМАТУРА
 Класс продольной арматуры X - А500
 Расчетное сопротивление продольной арматуры на растяжение - 435
 Модуль упругости продольной арматуры - 200000
 Класс поперечной арматуры - А240
 Расчетное сопротивление поперечной арматуры на растяжение - 215
 Модуль упругости поперечной арматуры - 200000
 Максимальный диаметр 40.00 мм
 ОБЩЕЕ
 Выполнен подбор арматуры по II предельному состоянию
 Диаметр арматурных стержней 10 мм
 Т.кр - ширина непродолжительного раскрытия трещин [мм]: 0.40
 Т.дл - ширина продолжительного раскрытия трещин [мм]: 0.30

Коэффициенты условий работы бетона и арматуры

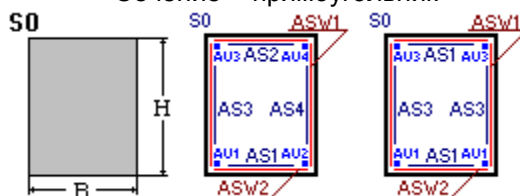
Коэффициенты работы бетона
 Коэфф. γ_{b1} для БК и ЖБК при действии всех нагрузок (группа В) , вводится к R_b и R_{bt} : 1.0
 Коэфф. γ_{b1} для БК и ЖБК при действии постоянных и длительнодействующих нагрузок (группа А)
 , к R_b и R_{bt} : 0.9
 Коэфф. γ_{b2} для БК, вводится к R_b : 0.90
 Коэфф. γ_{b3} для БК и ЖБК бетонируемых в вертикальном положении , вводится к R_b : 0.85
 Коэфф. γ_{b5} для БК и ЖБК учитывающий попеременное замораж. и оттаивание бетона, вводится
 к R_b и R_{bt} : 1.00
 Коэффициенты работы арматуры
 Учет сеймики (т.7 СНиП II-7-2010) Коэфф. учета сейсмичес-кого воздействия (таб.7): 1.00
 Учет сеймики (т.7 СНиП II-7-2010) Коэфф. при расчете на-клонных сечений (таб.7): 1.00

Элемент 7

Элемент N= 7

Элемент в ЛИРА-САПР N= 3181

Сечение - прямоугольник



Длина 0.505 (см)

Расчетная длина L_Y - 0 , L_Z - 0 (см)

Сечение - прямоугольник

$B(D)= 40.0$, $H(D1)= 40.0$, $B1= 0.0$, $H1= 0.0$, $B2= 0.0$, $H2= 0.0$ (см)

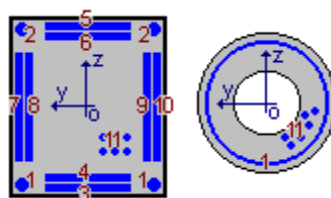
Расстояние к центру тяжести арматуры: снизу = 4.5 сверху = 4.5 сбоку = 4.5. (см)

УСИЛИЯ, СОЧЕТАНИЯ							
RSU	Seis	N	Mkp	My	Qz	Mz	Qy
N,Qy,Qz - т; Mkp,My,Mz - т*м							
Элемент: 7 Сечение: 1 Усилия или РСН							
A		58.682	-0.003	-0.575	2.407	0.277	1.040
A		6.888	-0.000	-0.081	0.335	0.051	0.192
A		8.176	-0.000	-0.066	0.281	0.021	0.076
A		6.377	-0.000	-0.070	0.291	0.041	0.155
A		3.128	-0.000	-0.028	0.117	0.011	0.040
A		-0.067		0.000	-0.001	0.000	0.001
A		4.235	-0.000	-0.044	0.185	0.024	0.091
A		2.706	-0.000	-0.022	0.093	0.007	0.025
A		14.519	-0.001	-0.152	0.634	0.082	0.312
A		-0.439		0.008	-0.034	-0.008	-0.029
Элемент: 7 Сечение: 2 Усилия или РСН							
A		58.884	-0.003	0.640	2.407	-0.249	1.040
A		6.888	-0.000	0.088	0.335	-0.046	0.192
A		8.176	-0.000	0.075	0.281	-0.017	0.076
A		6.377	-0.000	0.077	0.291	-0.037	0.155
A		3.128	-0.000	0.031	0.117	-0.009	0.040
A		-0.067		-0.000	-0.001	-0.000	0.001
A		4.235	-0.000	0.049	0.185	-0.022	0.091
A		2.706	-0.000	0.025	0.093	-0.006	0.025
A		14.519	-0.001	0.168	0.634	-0.075	0.312
A		-0.439		-0.009	-0.034	0.007	-0.029

УСИЛИЯ, СОЧЕТАНИЯ Нормативные значения							
RSU	Seis	N	Mkp	My	Qz	Mz	Qy
N,Qy,Qz - т; Mkp,My,Mz - т*м							
Элемент: 7 Сечение: 1 Усилия или РСН							
A		58.682	-0.003	-0.575	2.407	0.277	1.040
A		6.888	-0.000	-0.081	0.335	0.051	0.192
A		8.176	-0.000	-0.066	0.281	0.021	0.076
A		6.377	-0.000	-0.070	0.291	0.041	0.155
A		3.128	-0.000	-0.028	0.117	0.011	0.040
A		-0.067		0.000	-0.001	0.000	0.001
A		4.235	-0.000	-0.044	0.185	0.024	0.091

A	2.706	-0.000	-0.022	0.093	0.007	0.025
A	14.519	-0.001	-0.152	0.634	0.082	0.312
A	-0.439		0.008	-0.034	-0.008	-0.029
Элемент: 7 Сечение: 2 Усилия или РСН						
A	58.884	-0.003	0.640	2.407	-0.249	1.040
A	6.888	-0.000	0.088	0.335	-0.046	0.192
A	8.176	-0.000	0.075	0.281	-0.017	0.076
A	6.377	-0.000	0.077	0.291	-0.037	0.155
A	3.128	-0.000	0.031	0.117	-0.009	0.040
A	-0.067		-0.000	-0.001	-0.000	0.001
A	4.235	-0.000	0.049	0.185	-0.022	0.091
A	2.706	-0.000	0.025	0.093	-0.006	0.025
A	14.519	-0.001	0.168	0.634	-0.075	0.312
A	-0.439		-0.009	-0.034	0.007	-0.029

ЗАДАННОЕ АРМИРОВАНИЕ									
Тип арматурных стержней	Кол ич., Диам.	Y	Z	Y	Z	Y	Z	Y	Z
Сечение: 1 CY=20.0, CZ=20.0									
1.Угловые низ	2x22								
		15.0	15.0	15.0	15.0				
верх	2.Угловые	2x22							
		15.0	15.5	15.0	15.5				
1ряд	3.Нижние	1x22	0.0						
			15.5						
	9.Пр.бок1ряд	1x22							
		15.5	0.0						
1ряд	7.Лев.бок	1x22							
		15.5	0.0						
1ряд	5.Верхние	1x22	0.0						
			15.5						
Поперечная арматура Вертикальная: количество срезов =2; диаметр наружный =6, внутренний =6; шаг =0.2 Горизонтальная: диаметр =6; шаг=0.2									
Сечение: 2 CY=20.0, CZ=20.0									
1.Угловые низ	2x22								
		15.0	15.0	15.0	15.0				
верх	2.Угловые	2x22							
		15.0	15.5	15.0	15.5				
1ряд	3.Нижние	1x22	0.0						
			15.5						
	9.Пр.бок1ряд	1x22							
		15.5	0.0						
1ряд	7.Лев.бок	1x22							
		15.5	0.0						
1ряд	5.Верхние	1x22	0.0						
			15.5						
Поперечная арматура Вертикальная: количество срезов =2; диаметр наружный =6, внутренний =6; шаг =0.2 Горизонтальная: диаметр =6; шаг=0.2									



Единицы измерения: диаметр - мм; координаты - см; шаг - м

АРМАТУРА Режим: Проверка заданной арматуры

A	A	A	A	A	A	A	A	%	A	A	T	T
U1	U2	U3	U4	S1	S2	S3	S4		sw1	sw2	р.кр	р.дл
Сечение: 1; Сечение проходит. Коэффициент запаса 2.200.												
Сечение: 2; Сечение проходит. Коэффициент запаса 2.150.												

В таблице результатов армирования:

AU1 - арматура угловая нижняя (слева) [см**2];

AU2 - арматура угловая нижняя (справа) [см**2];

AU3 - арматура угловая верхняя (слева) [см**2];

AU4 - арматура угловая верхняя (справа) [см**2];

AS1 - арматура нижняя [см**2];

AS2 - арматура верхняя [см**2];

AS3 - арматура боковая (слева) [см**2];

AS4 - арматура боковая (справа) [см**2];

% - процент армирования;

Asw1 - арматура поперечная вертикальная [см**2/м];

Asw2 - арматура поперечная горизонтальная [см**2/м];

T.кр - ширина непродолжительного раскрытия трещин [мм];

T.дл - ширина продолжительного раскрытия трещин [мм].

* - арматура от кручения.

* Поперечная арматура от кручения - площадь сечения замкнутого внешнего контура.

СТРОКА 1 - полная арматура, подобранная по I и II группам предельных состояний, от кручения

СТРОКА 2 - арматура, подобранная по I группе предельных состояний

СТРОКА 3 - арматура от кручения (для стержней и отмечена знаком '*')

** - Стержень переменного сечения

CY, CZ - Координаты центра сечения, относительно которого расставлены арматурные стержни.

Приложение 2. Протокол расчета по основной расчетной модели

Протокол расчета

Дата: 21.01.2015

GenuineIntel Intel(R) Pentium(R) CPU G630 @ 2.70GHz 1 threads

Microsoft Windows XP Professional RUS Service Pack 3 (build 2600)

Размер доступной физической памяти = 515051008

12:00 Чтение исходных данных из файла D:\!VASILY\Google Диск\СЭР\Глухово 2014-12-29.txt

12:00 Контроль исходных данных основной схемы

Количество узлов = 26364 (из них количество неудаленных = 26364)

Количество элементов = 27700 (из них количество неудаленных = 27700)

ОСНОВНАЯ СХЕМА

12:00 Оптимизация порядка неизвестных

Количество неизвестных = 98234

РАСЧЕТ НА СТАТИЧЕСКИЕ ЗАГРУЖЕНИЯ

12:00 Формирование матрицы жесткости

12:00 Формирование векторов нагрузок

12:00 Разложение матрицы жесткости

12:01 Вычисление неизвестных

12:01 Контроль решения

Формирование результатов

12:01 Формирование топологии

12:01 Формирование перемещений

12:01 Вычисление и формирование усилий в элементах

12:01 Вычисление и формирование реакций в элементах

12:01 Вычисление и формирование эпюр усилий в стержнях

12:01 Вычисление и формирование эпюр прогибов в стержнях

Суммарные узловые нагрузки на основную схему:

Загрузка 1 PX=-9.90945e-009 PY=1.32246e-008 PZ=4465.79 PUX=-0.00816884 PUY=-0.0176792 PUZ=5.42171e-006

Загрузка 2 PX=0 PY=0 PZ=550.372 PUX=-0.882313 PUY=0.363146 PUZ=0

Загрузка 3 PX=0 PY=0 PZ=492.848 PUX=-0.00533122 PUY=-0.00614716 PUZ=0

Загрузка 4 PX=0 PY=0 PZ=451.203 PUX=-0.00269989 PUY=-0.00173635 PUZ=0

Загрузка 5 PX=0 PY=0 PZ=247.349 PUX=0.00379416 PUY=-0.000815437 PUZ=0

Загрузка 6 PX=-1.54741 PY=-3.69984 PZ=2.41866e-012 PUX=-0.00941345 PUY=0.00546995 PUZ=3.1276e-005

Загрузка 7 PX=0 PY=0 PZ=308.133 PUX=-0.000118577 PUY=-0.00114115 PUZ=0

Загрузка 8 PX=0 PY=0 PZ=163.126 PUX=-0.00176456 PUY=-0.00203462 PUZ=0

Загрузка 9 PX=0 PY=0 PZ=1056.46 PUX=-0.00040655 PUY=-0.00391252 PUZ=0

Загрузка 10 PX=0 PY=-27.022 PZ=0 PUX=0 PUY=0 PUZ=0

Расчет успешно завершен

Затраченное время = 1 мин