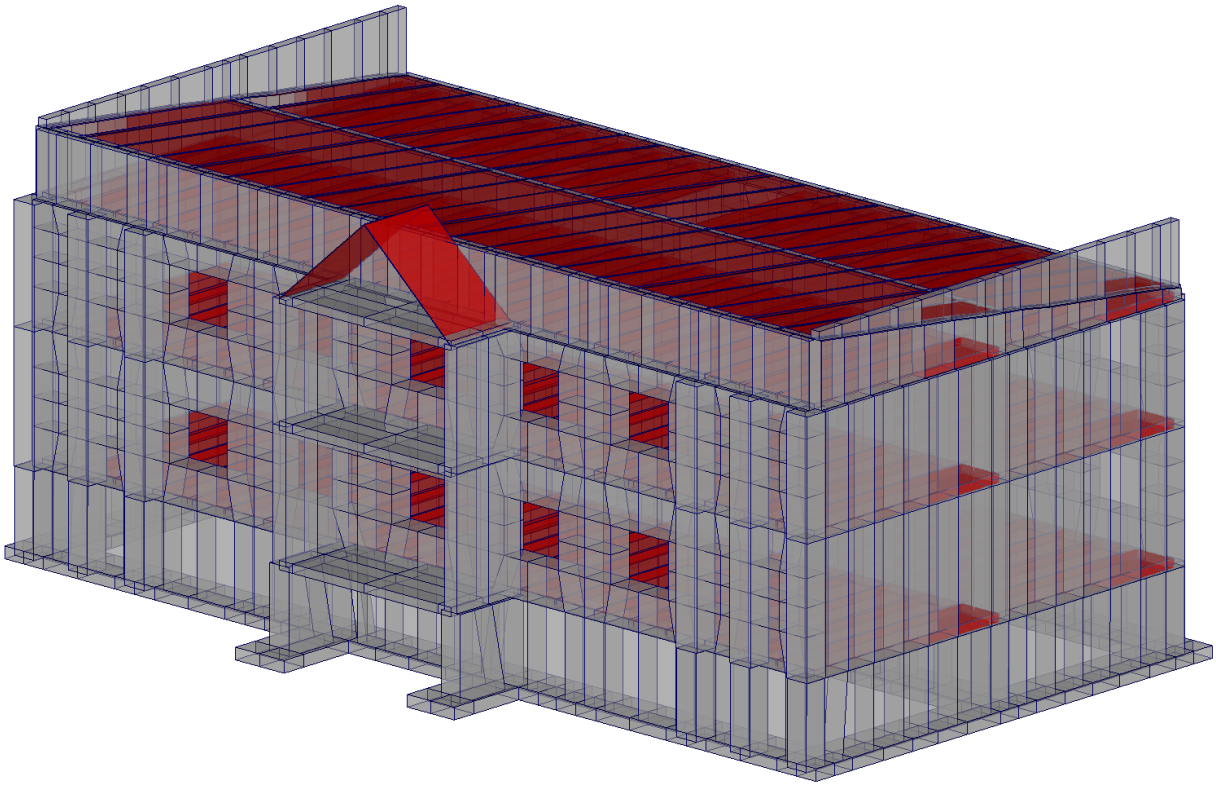
ТОО «ASTANA-PROJECT»
ГСЛ №15015760

Объект: «Административное здание в п. Аксай».



РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА

Выполнил к.т.н. Т.Каюпов

ASTANA-PROJECT
URBAN PLANNING COMPANY

г. Нур-Султан 2019 г.

Данные о нагрузках

Учтены собственный вес (с учетом коэффициента надежности) следующих элементов :

Стены техподполия ФБС-блоки толщиной 600 мм с объемным весом 2.75 т/м^3;

Ленточный ростверк – монолитный железобетонный сечением1200х300 и 1000х300 мм и с объемным весом 2.75 т/м^3;

Лестничные марши – железобетонные балочные элементы 1500х250(h) мм с объемным весом 2.75 т/м^3;

Сборные ж/б плиты толщиной 0,22 м, с объемным весом 1,5 т/м^3;

Наружные несущие и самонесущие стены толщиной 640 мм – многослойные (несущие толщиной 380 мм и облицовка 120 мм с объемным весом 1,8 т/м^3, утеплитель с объемным весом 0,025 т/м^3 и пустое пространство 140 мм) – смоделированы элементом с объемным весом – (1,8*1,1*(380+120)+0.025*140)/640= 1,55 т/м^3.

Окна и двери смоделированы элементом толщиной 0,02 м, с объемным весом 1 т/м^3;.

Покрытие скатные чердачные из сборных ж/б плит.

Нормативные и расчетные значения постоянных, кратковременных и длительных временных нагрузок определены согласно СНиП:

Перекрытие:

№ п.п.	Наименование нагрузок	Нормат. значение, кг/м^2	Коэфф. надежн.	Расчет. значение, кг/м^2
1	Перегородки высотой 2,5 м из кирпича γ=1800 кг/м^3 толщиной 120 мм длиной 68 м и толщиной 65 мм длиной 32 м, из газоблока толщиной 190 мм длиной 25 м на площади13,6х65,2: ((68*0,12+32*0,65)*2,5*1800 +25*0.19*700)/(13,6*65,2)	150	1,2	180
2	Линолеум	9	1,3	12
3	Цем.-песчаная стяжка γ=1800 кг/м^3 толщиной 30 мм	54	1,3	70,2
4	Утеплитель пенобетон γ=400 кг/м^3 толщиной 70 мм	28	1,3	35
5	Парозоляция	1	1,3	1,3
	Итого постоянная			**300**
	Кратковременные нагрузки:			
2	Залы, холлы, лестничные марши	300	1,2	360
3	Балконы	200	1,2	240
4	Рабочие помещения	200	1,2	240

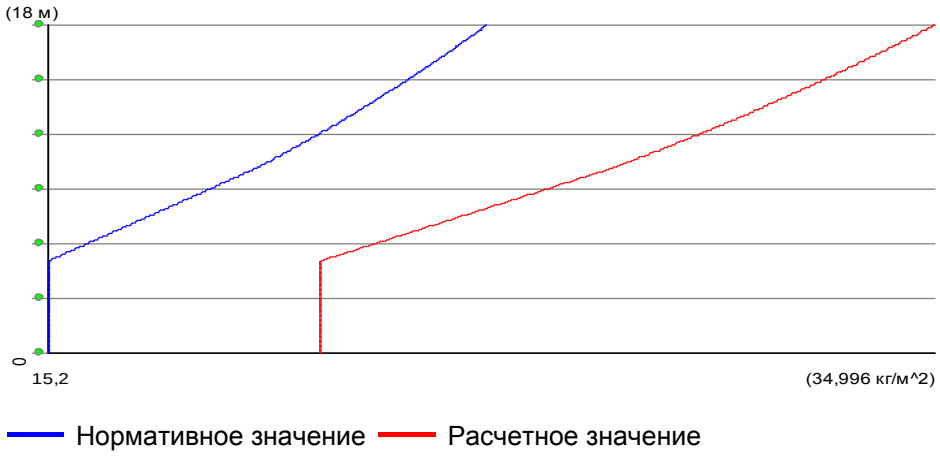
Покрытие здания:

№ п.п.	Наименование нагрузок	Нормат. значение, кг/м^2	Коэфф. надежн.	Расчетное значение, кг/м^2
1.	Стропило, обрешетка, профнастиль	60	1,3	78
2	Цементно-песчаная стяжка - 30мм γ =1800 кг/м^3	54	1,3	70,2
3	Рубероид - 6мм γ =600 кг/м^3	3,2	1,3	4,2
4	Утеплитель-Минплита П125.100.500.50 40 кг/м^3-200мм	10	1,3	13
5	Пароизоляция 700 кг/м^3 -2мм	1,2	1,3	1,56
	Итого постоянная			**170**
	Кратковременные нагрузки:			
6	Снеговая	50	1,4	70

Ветровые нагрузки:

Общие сведения

Ветровой район	III
Нормативное значение ветрового давления	38 кг/м^2



Высота (м)	Расчетное значение (кг/м^2)	Нормативное значение (кг/м^2)
0	21,28	15,2
3	21,28	15,2
6	22,557	16,112
9	26,387	18,848

Согласно инженерно-геологических изысканий, выполненных ТОО «Жана Консалтинг ЛТД» на площадке строительства объекта «Строительство двухэтажного административного здания в г. Аксай Бурлинского района, ЗКО» установлено следующее напластование грунтов:

Геологический индекс	№ ИГЭ	Мощность слоя (от-до), м	Наименование грунта	Влажность, %	Показатель текучести	К-т пористости	Плотность, г/см³			Удельное сцепление, МПа			Угол внутреннего трения, град.			Модуль общей деформации с учетом m_k, МПа	Модуль общей деформации без учета m_k, МПа	Повышающий коэффициент
				W	I_L	e	$\rho_н$	ρ_{II}	ρ_I	$c_н$	c_{II}	c_I	$\varphi_н$	φ_I	φ_I	E	E	m_k
aQIII	1	0,9 - 1,0	Суглинок коричневый полутвердый тяжелый среднепросадочный песчанистый	16,65	0,21	0,669	1,90	1,90	1,90	0,034	0,034	0,033	19,8	19,6	19,5	39,7	9,05	4,39
aQIII	2	1,3	Суглинок коричневый полутвердый-тугопластичный легкий слабо-среднепросадочный песчанистый	17,25	0,23	0,612	1,97	1,97	1,97	0,025	0,023	0,022	21,2	19,9	19,1	41,6	8,85	4,7
aQIII	3	1,8 - 1,85	Суглинок коричневый текучепластичный легкий слабопросадочный песчанистый	20,75	0,79	0,678	1,94	1,94	1,94	0,028	0,027	0,026	20,3	19,3	18,7	26,5	6,00	4,41
aQIII	4	1,85 - 1,9	Суглинок коричневый текучий легкий песчанистый, с прослойками супеси	21,82	1,22	0,631	2,01	2,00	1,99	0,000	0,000	0,000	19,3	19,2	19,2	40,4	9,22	4,38
aQIII	5	5,5 - 5,8	Супесь коричневая текучая песчанистая, с прослойками песка	22,80	1,89	0,660	1,98	1,98	1,97	0,000	0,000	0,000	19,3	19,2	19,2	25,9	7,50	3,45
aQII	6	3,0 - 3,3	Супесь серая песчанистая текучая	22,15	1,73	0,660	1,97	1,95	1,93									

При создании расчетных схем приняты следующие положения.

1. Соблюдены масштабы по осям сооружения.
2. Учтены все несущие элементы сооружений с учетом жестокостей, размеров, ориентации элементов в пространстве и условий их сопряжения с другими элементами.
3. Учтены связи как вертикальных, так и горизонтальных конструктивных элементов.
4. Постановка задачи расчета сооружения осуществлена по пространственной схеме и сооружение в целом принято как одна целая пространственная система: «здание-фундамент-основание».

Конструктивные решения в проекте приняты в соответствии с требованиями СНиП РК 5.03-37-2005 «Несущие и ограждающие конструкции» и на основе архитектурных решений.

Расчетные нагрузки на здание определены в соответствии со СНиП 2.01.07-85* «Нагрузки и воздействия», МСП 5.01.102-2002 «Основания зданий и сооружений».

За относительную отметку ± 0.000 принят уровень чистого пола первого этажа, что соответствует абсолютной отметке 68,60.

В соответствии с заданием на проектирование фундаменты приняты ленточные толщиной 300 мм, подошва которой расположен на отметке -2,400, что соответствует абсолютной отметке 66,200. Фундаменты садятся на ИГЭ-1.

Суглинок коричневый полутвердый тяжелый песчанистый среднепросадочный, сильносжимаемый, слабонабухающий с мелким содержанием дресвы карбонатных пород.

Для исправления сильносжимаемого свойства грунта перед устройства фундамента уплотнить грунт.

Ростверк устраивается по щебеночной подготовке толщиной 100 мм.

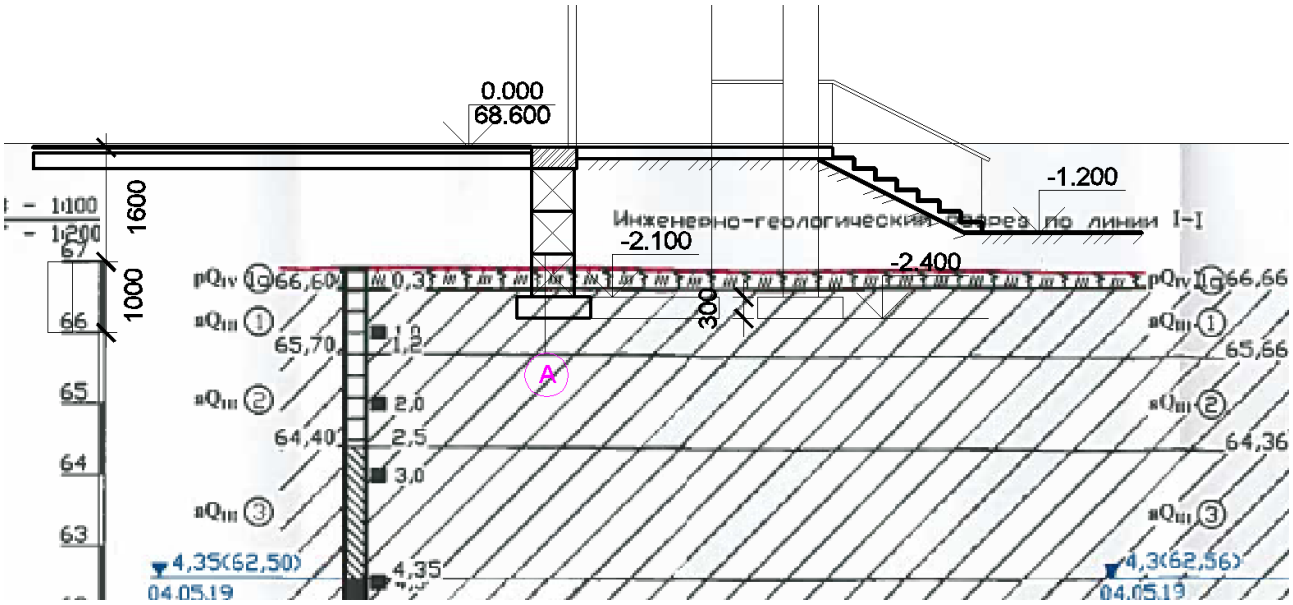
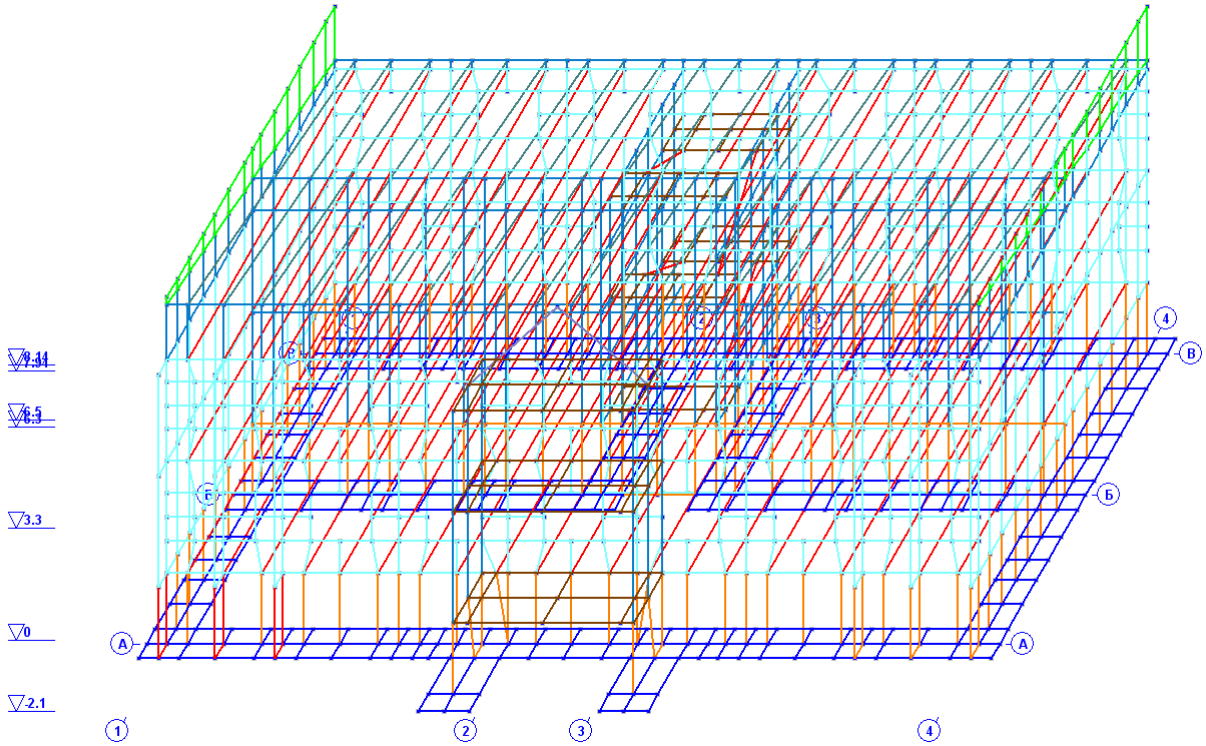


Рис. 1. Фундамент в разрезе грунта.



Расчетная схема

Краткая характеристика методики расчета

В основу расчета положен метод конечных элементов с использованием в качестве основных неизвестных перемещений и поворотов узлов расчетной схемы. В связи с этим идеализация конструкции выполнена в форме, приспособленной к использованию этого метода, а именно: система представлена в виде набора тел стандартного типа (стержней, пластин, оболочек и т.д.), называемых конечными элементами и присоединенных к узлам.

Тип конечного элемента определяется его геометрической формой, правилами, определяющими зависимость между перемещениями узлов конечного элемента и узлов системы, физическим законом, определяющим зависимость между внутренними усилиями и внутренними перемещениями, и набором параметров (жесткостей), входящих в описание этого закона и др.

Положение узла в пространстве при деформациях системы определяется координатами центра и углами поворота трех осей, жестко связанных с узлом. Узел представлен как объект, обладающий шестью степенями свободы - тремя линейными смещениями и тремя углами поворота.

Все узлы и элементы расчетной схемы нумеруются. Номера, присвоенные им, следует трактовать только, как имена, которые позволяют делать необходимые ссылки.

Основная система метода перемещений выбирается путем наложения в каждом узле всех связей, запрещающих любые узловые перемещения. Условия равенства нулю усилий в этих связях представляют собой разрешающие уравнения равновесия, а смещения указанных связей - основные неизвестные метода перемещений.

В общем случае в пространственных конструкциях в узле могут присутствовать все шесть перемещений:

1 - линейное перемещение вдоль оси X;

2 - линейное перемещение вдоль оси Y;

3 - линейное перемещение вдоль оси Z;

4 - угол поворота с вектором вдоль оси X (поворот вокруг оси X);

5 - угол поворота с вектором вдоль оси Y (поворот вокруг оси Y);

6 - угол поворота с вектором вдоль оси Z (поворот вокруг оси Z).

Нумерация перемещений в узле (степеней свободы), представленная выше, используется далее всюду без специальных оговорок, а также используются соответственно обозначения X, Y, Z, UX, UY и UZ для обозначения величин соответствующих линейных перемещений и углов поворота.

Системы координат

Для задания данных о расчетной схеме могут быть использованы различные системы координат, которые в дальнейшем преобразуются в декартовы. В дальнейшем для описания расчетной схемы используются следующие декартовы системы координат:

Глобальная правосторонняя система координат XYZ, связанная с расчетной схемой

Локальные правосторонние системы координат, связанные с каждым конечным элементом.

Тип схемы

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.

Количественные характеристики расчетной схемы

Расчетная схема характеризуется следующими параметрами:

Количество узлов — 19608

Количество конечных элементов — 20863

Общее количество неизвестных перемещений и поворотов — 106784

Количество загружений — 4

Количество комбинаций загружений — 1

Выбранный режим статического расчета

Статический расчет системы выполнен в линейной постановке.

Правило знаков для усилий (напряжений)

Правила знаков для усилий (напряжений) приняты следующими:

Для стержневых элементов возможно наличие следующих усилий:

N - продольная сила;

MKP - крутящий момент;

MY - изгибающий момент с вектором вдоль оси Y1;

QZ - перерезывающая сила в направлении оси Z1 соответствующая моменту MY;

MZ - изгибающий момент относительно оси Z1;

QY - перерезывающая сила в направлении оси Y1 соответствующая моменту MZ;

RZ - отпор упругого основания.

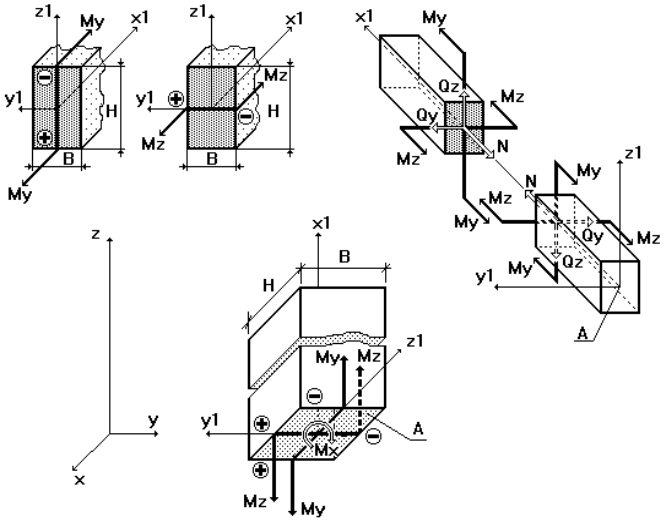


Рисунок 1

Положительные направления усилий в стержнях приняты следующими:

для перерезывающих сил QZ и QY - по направлениям соответствующих осей Z1 и Y1;

для моментов MX, MY, MZ - против часовой стрелки, если смотреть с конца соответствующей оси X1, Y1, Z1;

положительная продольная сила N всегда растягивает стержень.

На рисунке 1 показаны положительные направления внутренних усилий и моментов в сечении горизонтальных и наклонных (а), а также вертикальных (б) стержней.

Знаком “+” (плюс) помечены растянутые, а знаком ”-” (минус) - сжатые волокна поперечного сечения от воздействия положительных моментов M_y и M_z.

В конечных элементах оболочки вычисляются следующие усилия:

нормальные напряжения NX, NY;

сдвигающее напряжений TXY;

моменты MX, MY и MXY;

перерезывающие силы QX и QY;

реактивный отпор упругого основания RZ.

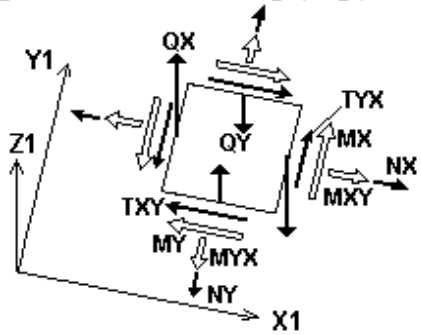


Рисунок 2

На рисунке 2 показаны положительные значения напряжений, перерезывающих сил и векторов моментов, действующие по граням элементарного прямоугольника, вырезанного в окрестности центра тяжести КЭ оболочки.

Расчетные сочетания усилий

Значения расчетных сочетаний усилий представлены в таблице результатов расчета «Расчетные сочетания усилий».

Вычисление расчетных сочетаний усилий производится на основании критериев, характерных для соответствующих типов конечных элементов – стержней, плит, оболочек, массивных тел. В качестве таких критериев приняты экстремальные значения напряжений в характерных точках поперечного сечения элемента. При расчете учитываются требования нормативных документов и логические связи между загружениями.

Основой выбора невыгодных расчетных сочетаний усилий служит принцип суперпозиции. Из всех возможных сочетаний, отбираются те РСУ, которые соответствуют максимальному значению некоторой величины, избранной в качестве критерия и зависящей от всех компонентов напряженного состояния:

а) для стержней - экстремальные значения нормальных и касательных напряжений в контрольных точках сечения, которые показаны на рисунке 3.

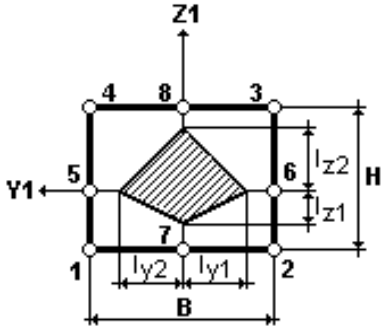


Рисунок 3

б) для элементов, находящихся в плоском напряженном состоянии - по огибающим экстремальным кривым нормальных и касательных напряжений по формулам:

$$\sigma(\alpha) = N_x \cdot \cos^2 \alpha + N_z \cdot \sin^2 \alpha + T_{xz} \cdot \sin 2\alpha \,;$$

$$\tau(\alpha) = \frac{1}{2}\left(N_z - N_x\right) \cdot \sin 2\alpha + T_{xz} \cdot \cos 2\alpha \,.$$

Обозначения приведены на рисунке 4. Нормальные напряжения вычисляются в диапазоне изменения углов от 90° до -90°, а касательные от 90° до 0°. Шаг изменения углов 15°.

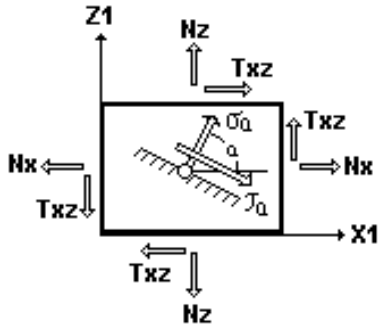


Рисунок 4

в) для плит применяется аналогичный подход — расчетные формулы приобретают вид:

$$M(\alpha) = M_x \cdot \cos^2 \alpha + M_y \cdot \sin^2 \alpha + M_{xy} \cdot \sin 2\alpha \,;$$

$$M_k(\alpha) = \frac{1}{2}\left(M_y - M_x\right) \cdot \sin 2\alpha + M_{xy} \cdot \cos 2\alpha \,.$$

Кроме того, определяются экстремальные значения перерезывающих сил.

г) для оболочек также применяется аналогичный подход, но вычисляются напряжения на верхней и нижней поверхностях оболочки с учетом мембранных напряжений и изгибающих усилий.

д) для объемных элементов критерием для определения опасных сочетаний напряжений приняты экстремальные значения среднего напряжения (гидростатического давления) и главных напряжений девиатора.

Протокол выполнения расчета

Wed Jun 05 22:07:48 2019

Полный расчет.
файл - "E:\SDATA\Аксай\Административное здание в п. Аксай.SPR",
шифр - "Аксай". 02:07:48
Свободная память 532096000 байт. 02:07:48
Ввод исходных данных основной схемы 02:07:48
Подготовка данных многофронтального метода 02:07:49
Информация о расчетной схеме:
- шифр схемы Аксай
- порядок системы уравнений 7011
- ширина ленты 6945
- количество элементов 1410
- количество узлов 1349
- количество загружений 4
- 'H'-элемент 1393
- плотность матрицы 100%
- количество суперузлов 0 02:07:49

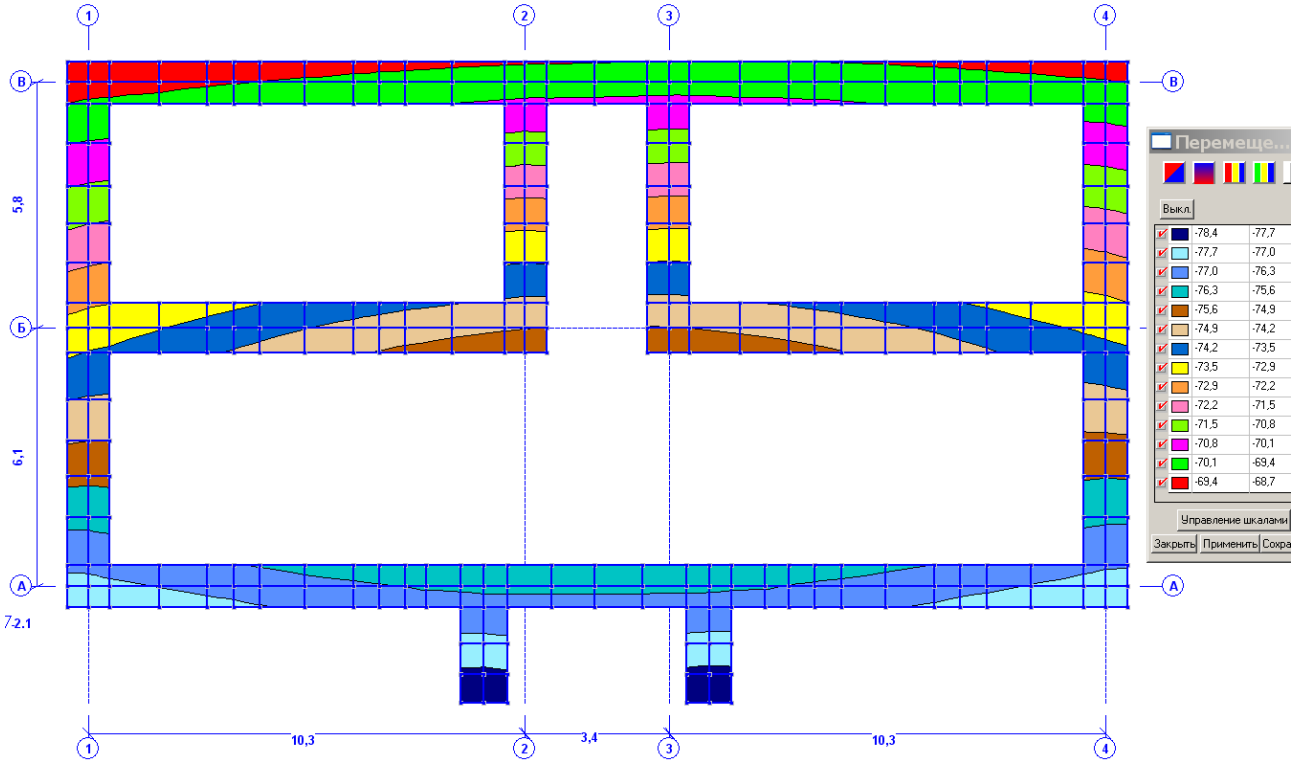
Необходимая для выполнения расчета дисковая память:
матрица жесткости основной схемы - 8952 Kb
динамика - 0 Kb
перемещения - 224 Kb
усилия - 135 Kb
рабочие файлы - 685 Kb

всего - 9.996 Mb 02:07:49
На диске свободно 15674.031 Mb 02:07:50
Разложение матрицы жесткости многофронтальным методом. 02:07:51
Накопление нагрузок основной схемы.
Суммарные внешние нагрузки на основную схему

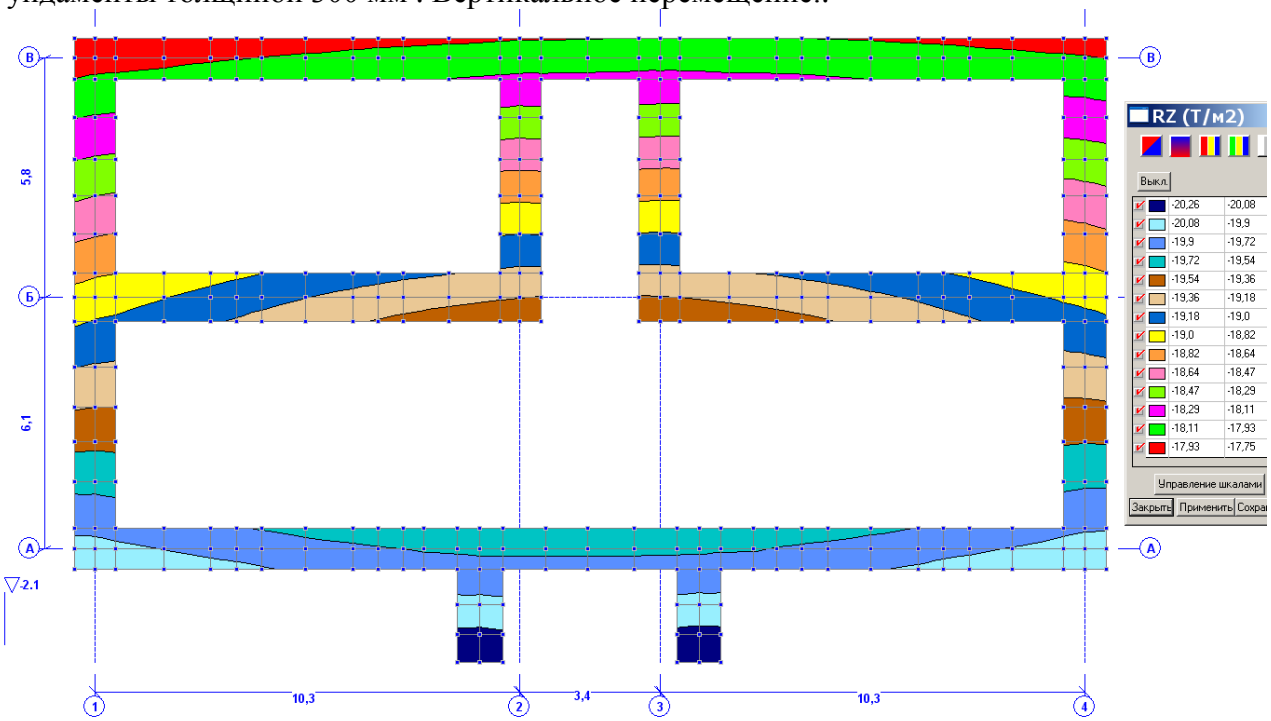
	X	Y	Z	UX	UY	UZ
1-	-0.00123769	-7.83119e-06	1506.81	0	4.52159e-05	-2.61513e-06
2-	0	0	351.984	0	0	0
3-	0	0	260.446	0	0	0
4-	0	8.1773	0	0.0048521	0	0.000409815

02:07:51
ВНИМАНИЕ: Дана сумма всех внешних нагрузок на основную схему 02:07:51
Вычисление перемещений в основной схеме. 02:07:52
Работа внешних сил
1 - 41.3134
2 - 2.43974
3 - 1.32936
4 - 0.00490655 02:07:53
Контроль решения для основной схемы. 02:07:54
Вычисление усилий в основной схеме. 02:07:54
Выбор расчетных сочетаний усилий в основной схеме. 02:07:57
Вычисление сочетаний нагружений в основной схеме. 02:07:57
Вычисление перемещений по сочетаниям нагрузок в основной схеме. 02:07:58
З А Д А Н И Е В Ы П О Л Н Е Н О
Затраченное время : 0.17 мин.

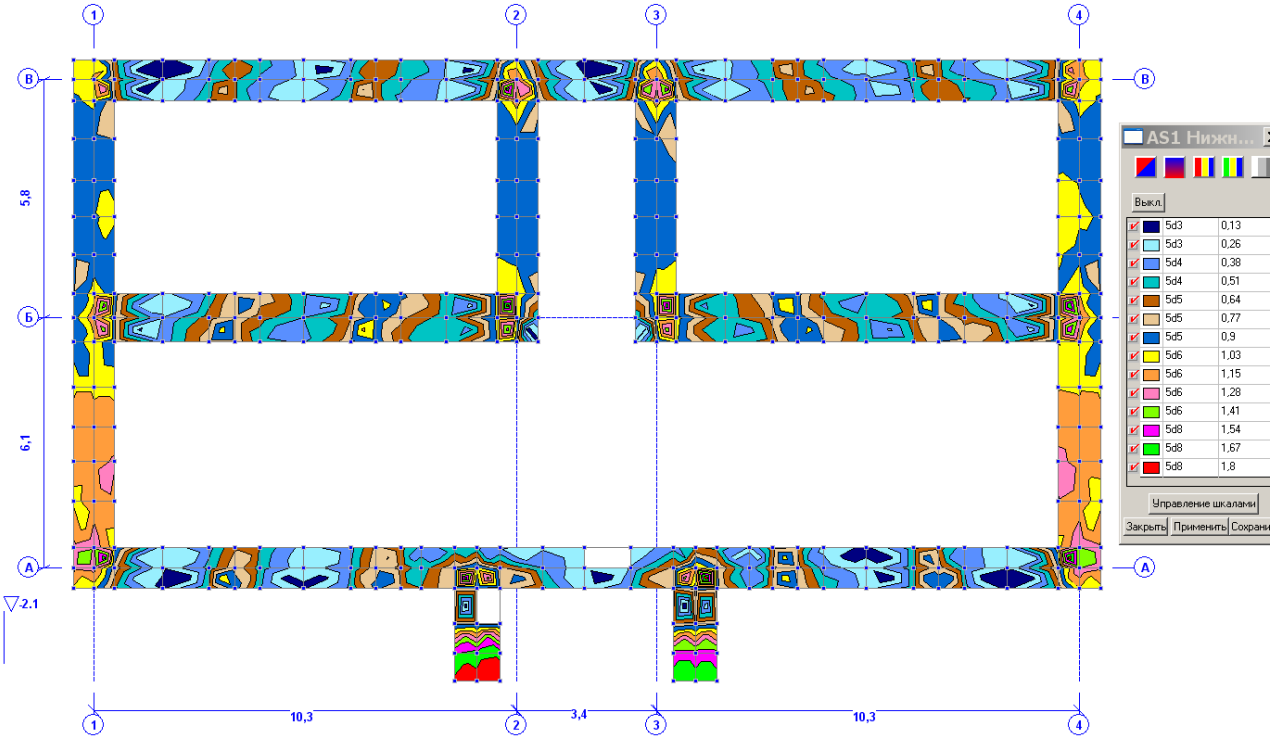
По результатам расчета получены данные по напряженному состоянию основания и ширине подошвы фундаментов.



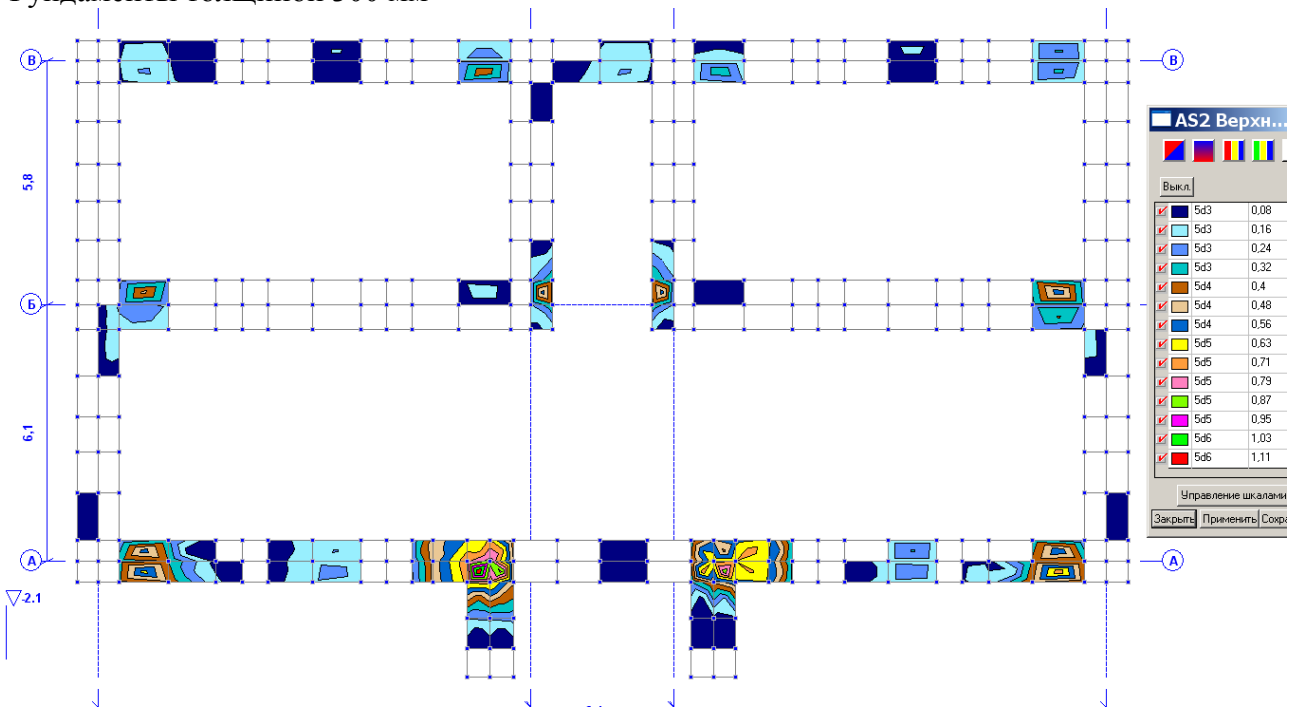
Фундаменты толщиной 300 мм . Вертикальное перемещение..



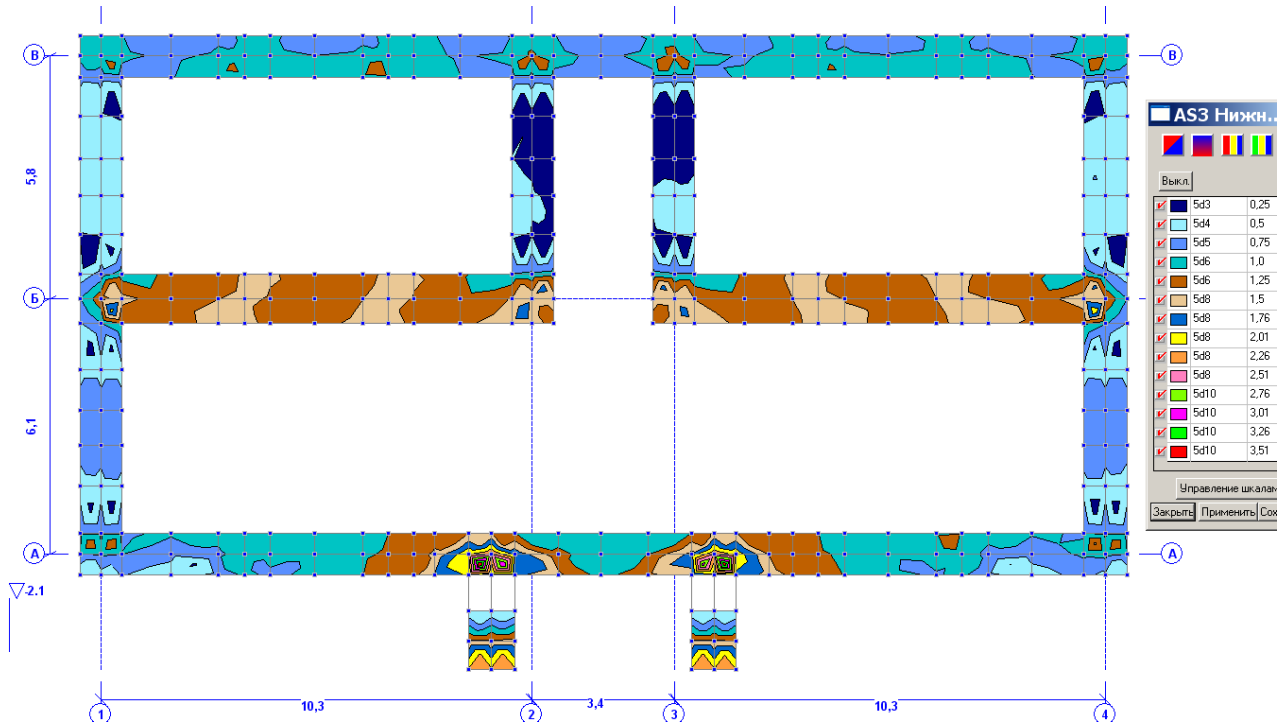
Фундаменты толщиной 300 мм . Реакция грунта на подошве фундамента.



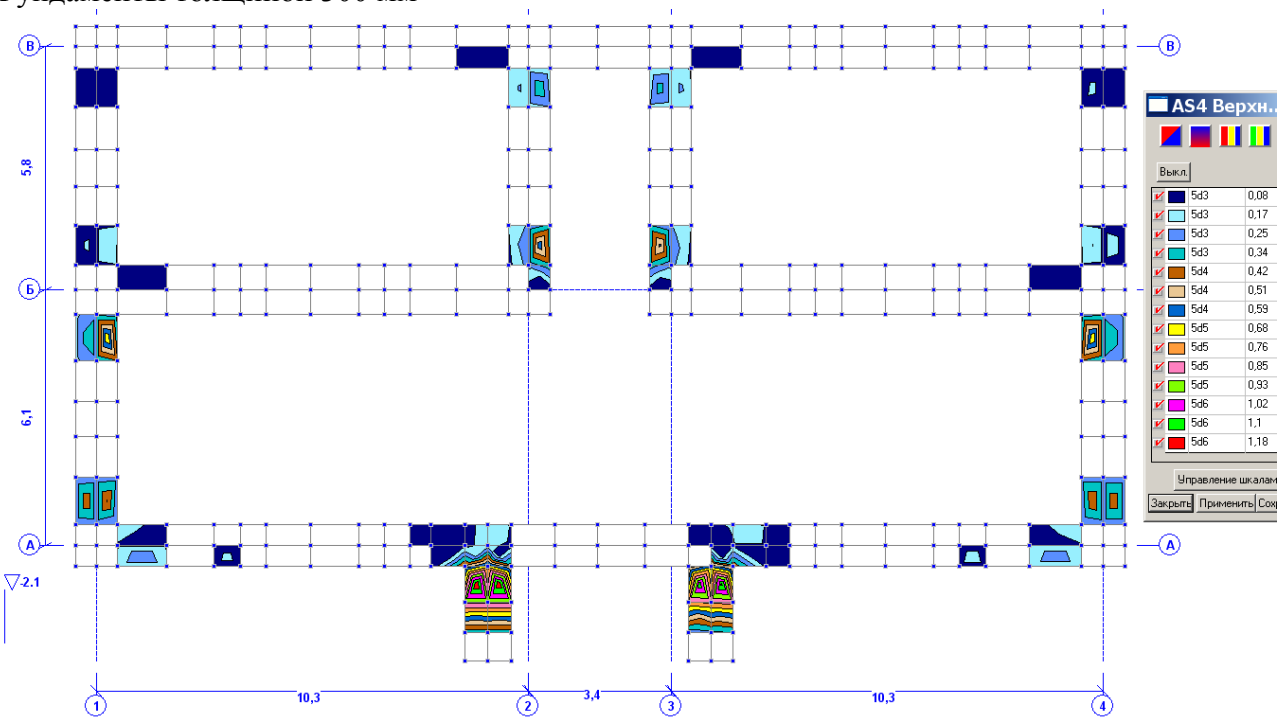
Фундаменты толщиной 300 мм



Фундаменты толщиной 300 мм



Фундаменты толщиной 300 мм



Фундаменты толщиной 300 мм

По результатам расчетов можно сделать следующие рекомендации:

1. Фундаменты может быть собраны из сборных ленточных фундаментов по оси Б шириной 1200 мм, а по остальным осям шириной 1000 мм.

2. В случае применения монолитного ростверка применять конструктивное армирование двумя сетками сверху и снизу из стержней А III диам. 12 мм с шагом 200 мм.