

**РАСЧЕТ: Монолитного железобетонного каркасного здания на
основное и особое сочетание нагрузок.**

**ОБЪЕКТ: “Сирдарё вилояти Гулистон шаҳар Сайқал МФЙ
Ислом Каримов шох кучаси 62-уй ҳудудида янги “ИТ ПАРК”
биноси”**



РАСЧЕТНАЯ ТЕТРАДЬ

(БЛОК Б)

Расчеты выполнил:

Мардонов Аббос

Ташкент 2026г.

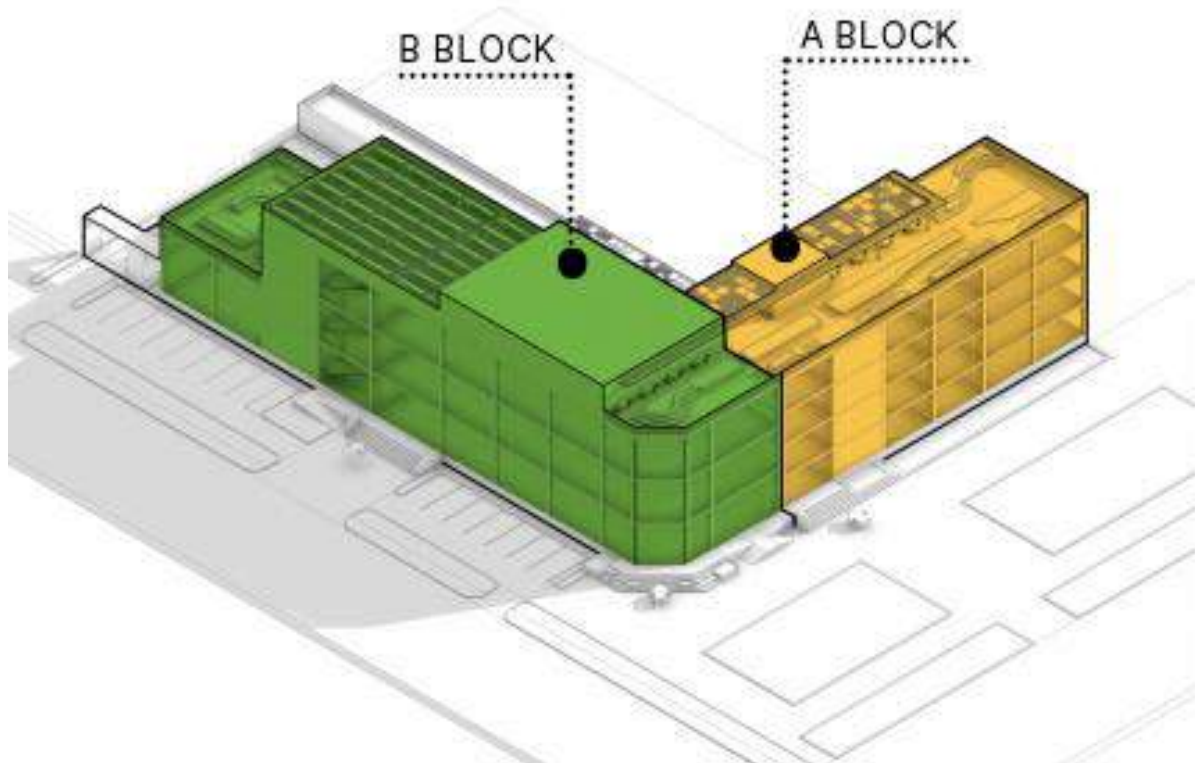
Содержание

<i>Содержание</i>	2
<i>1 ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТНОЙ СХЕМЫ</i>	3
<i>Общие данные</i>	3
<i>1.1 Жесткости</i>	6
<i>2 РАСЧЕТНЫЕ НАГРУЗКИ И СОЧЕТАНИЯ</i>	15
<i>3 ПРОТОКОЛ РАСЧЕТА</i>	22
<i>4 РЕЗУЛЬТАТЫ ДИНАМИЧЕСКОГО РАСЧЕТА</i>	29
<i>4.1 Формы колебаний</i>	32
<i>Деформации и перемещения от статических нагрузок</i>	35
<i>5 АРМИРОВАНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ</i>	36
<i>Схема армирования элементов</i>	37
<i>5.1 Арматура: пояснительная записка</i>	40
<i>5.2 Армирование элементов фундамента</i>	43
<i>5.3 Армирование колонн каркаса</i>	46
<i>5.4 Армирование ригелей</i>	49
<i>5.4.1 Армирование ригелей типового этажа</i>	49
<i>5.4.2 Армирование ригелей на отметке +16.00</i>	50
<i>5.5 Армирование перекрытия</i>	52

1 ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТНОЙ СХЕМЫ

Общие данные

Настоящий расчет конструкций выполнен с применением автоматизированного программного комплекса «Лира-САПР 22» по объекту: «Сирдарё вилояти Гулистон шаҳар Сайқал МФЙ Ислом Каримов шоҳ кучаси 62-уй ҳудудида янги “ИТ ПАРК” биноси»



Комплекс реализует конечно-элементное моделирование статических и динамических Расчетно-элементных схем, проверку устойчивости, выбор невыгодных сочетаний усилий, подбор арматуры железобетонных конструкций, проверку несущей способности стальных конструкций. В ПК “ЛИРА САПР 22” реализованы положения следующих разделов КМК:

- КМК 2.01.07-96 Нагрузки и воздействия;*
- КМК 2.03.01-96 Бетонные и железобетонные конструкции;*
- КМК 2.01.03-19 Строительство в сейсмических районах*

Проект разработан для следующих природно-климатических условий:

- Нормативное ветровое давление согласно КМК 2.01.07-96 – 38кг/м^2
(I ветровой район, тип местности Б);*
- Нормативная снеговая нагрузка согласно КМК 2.01.07-96 – 50кг/м^2
(I снеговой район);*
- Сейсмичность района строительства – 7 баллов, площадки строительства – 8 баллов;*
- Категория грунтов по сейсмическим свойствам – III;*
- Расчетная сейсмичность участка строительства – 8 баллов.*

Блок B_3D

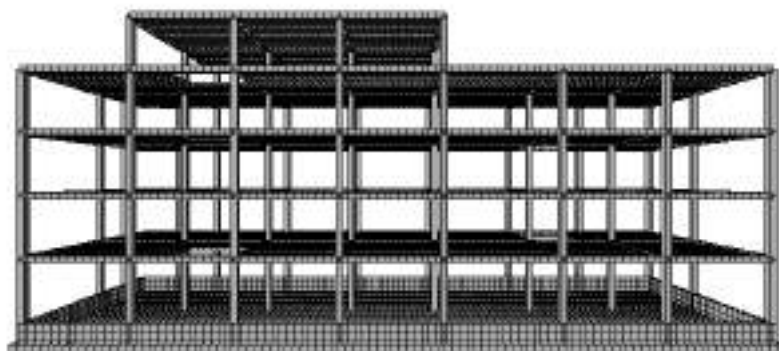


Рис. 1.1 Блок B_3D

Блок B_3D(2)

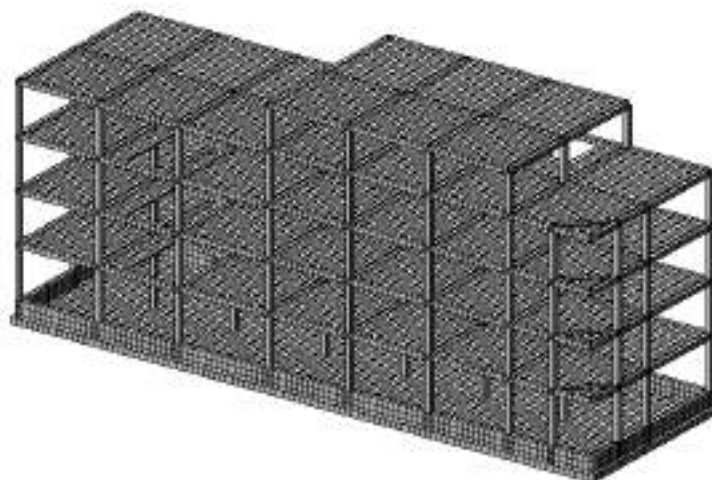


Рис. 1.2 Блок B_3D(2)

Блок В 3(3)

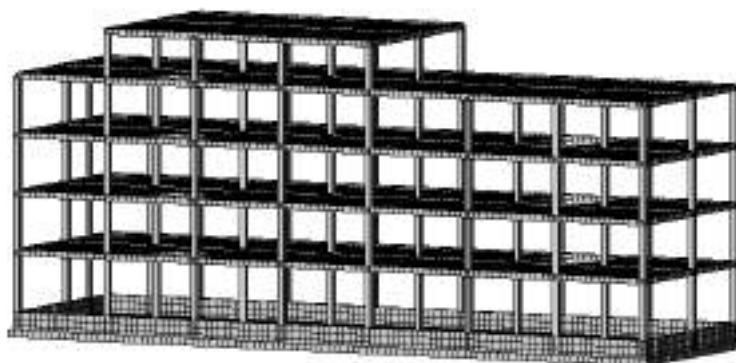


Рис. 1.3 Блок B_3D(3)

Блок В 3(4)

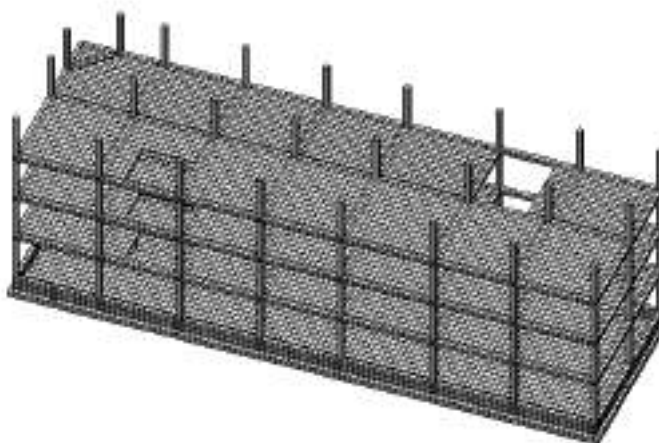


Рис. 1.4 Блок B_3D(4)

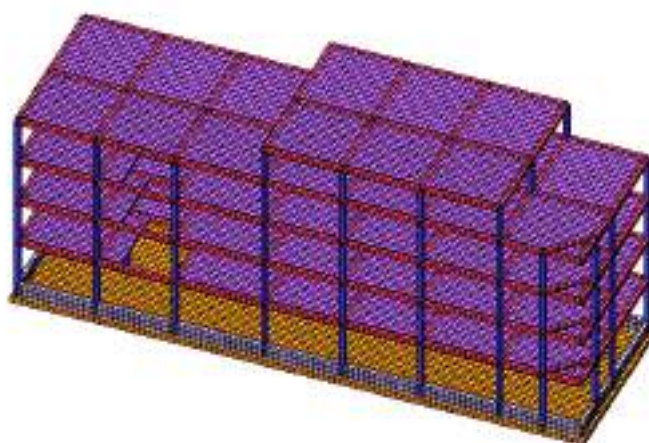


Рис. 1.5 Блок В_3D(5)

1.1 Жесткости

Таблица 1.1 Жесткостные характеристики

Таблица 1.1 Жесткостные характеристики. Стержни

Цвет	Номер	Имя	Комментарий	E, т/м2	RO, т/м3	EF, т	Ely, т*м2	Elz, т*м2	Glk, т*м2	Y1, см	Y2, см	Z1, см	Z2, см	Ru_Y, см	Ru_Z, см	q, т/м	GFy, т	GFz, т
Blue	1	Брус 40х40	Column	3000000.000	2.500	48000.000	6400.000	6400.000	4300.800	6.667	6.667	6.667	6.667	0.000	0.000	0.400	16000.000	16000.000
Red	2	Брус 40х40	Beam	3000000.000	2.500	48000.000	6400.000	6400.000	4480.000	6.667	6.667	6.667	6.667	0.000	0.000	0.400	16666.667	16666.667

Таблица 1.1 Жесткостные характеристики. Пластины

Цвет	Номер	Имя	Комментарий	E(E1), т/м2	RO, т/м3	V12(V)	E2, т/м2	V21	G12(G), т/м2	H, см
Orange	3	Пластина Н 50	фундамент	2750000.000	2.500	0.200	0.000	0.000	0.000	50
Purple	4	Пластина Н 18	Slab2	3000000.000	2.500	0.200	0.000	0.000	0.000	18
Grey	5	Пластина Н 40	фундамент	2750000.000	2.500	0.200	0.000	0.000	0.000	40

Описание несущего конструкция проектируемого здания

В качестве задания представлены чертежи раздела АР и КЖ.
Конструктивная система здания принята - рамная по КМК2.01.03-2019,
таблице 3.1.п. 1.2.2 а). Конструктивно представляет собой пространственный железобетонный каркас с жесткими узлами с заполнением из кладки, не участвующей в восприятии сейсмических нагрузок.

При назначении габаритных размеров здания в плане, шага рам, величины пролетов были соблюдены рекомендации п3.1.1 КМК 2.01.03-19 Строительство в сейсмических районах.

Основные элементы конструкции здания: Здание регулярное по высоте.
Количество этажей: 4 надземных этажей по 4 м.

Фундамент запроектирован в виде монолитной железобетонной плиты высотой 500 мм из тяжелого бетона класса В25 W8, арматура А400.

Колонна здания: монолитные железобетонные, с размерами 400х400 мм из бетона класса В25, арматура А400.

Ригель здания: монолитные железобетонные, с размерами 400х400 мм из бетона класса В25, арматура А400.

Плиты перекрытий и покрытия: монолитные толщиной 180мм из бетона класса В25, арматура А400.

Лестничные марши и площадки: монолитные железобетонные из бетона класса В25, арматура А400, жестко связанные с несущим каркасом здания.

При выполнении расчетов учтены следующие инженерно-геологические условия природно-климатические условия.

**QURILISHDA MUHANDISLIK QIDIRUVLARI
GEOAXBOROT VA SHAHARSOZLIK KADASTRI
LOYIHA ILMIY-TEKSHIRISH INSTITUTI**

**«O'ZGASHKLITI»
Sirdaryo viloyat filiali**

**MUHANDISLIK-GEOLOGIYA SHAROITLARI XULOSASI
(Rus tilida)**

**Ob'ektning nomi: Sirdaryo viloyati Guliston shahar Sayqal MFY Islom
Karimov shoh ko'chasi 62 uy hududida "IT PARK" binosi.**

**Buyurtmachi: "Dasturiy Mahsulotlar va Axborot
Parki Direksiyasi" MCHJ**

texnologiyakari Texnologik

**«O'ZGASHKLITI»
Sirdaryo viloyat filiali direktori**

Kuramatov K.R

Muhandis geolog

Gadoyev U.



Ushbu mahsulot "Ma'rifatlik huquqi va boshqa huquqlar
to'g'risida"gi qonunga binoan "Qurilishda muhandislik qidiruvlari
geoxborot va shaharsozlik kadastri Loyiha ilmiy-tekshirish
dastur markasi" nomenklatura to'liq yoki qisman nusxa ko'chirish,
ko'paytirish, tarqatish va boshqa shartlarga berilishini va
qonun hujjatlarida O'zbekiston Respublikasi qonunlariga muvofiq
juz'iyatiga ta'riflashga olib boradi.

**Sirdaryo viloyati Guliston shahar,
A.Yussaviy ko'chasi 16 uy
Tel.: (99867) 216-09-16
Faks: (99867) 216-09-16
E-mail: uzgashkliti_guliston@mail.ru**

Guliston sh. – 2025 y.

Первый инженерно-геологический элемент (ИГЭ-1) - включает в себя супеси коричневого цвета, залегающие выше уровня подземных вод, макропористость, просадочные при дополнительных нагрузках, от твердой до текучей консистенции.

Вскрытая мощность грунтов данного элемента составляет 9,5 м.

Грунты данного элемента просадочные при дополнительных нагрузках.

Тип грунтовых условий по просадочности – **I (первый)**.

Средние характеристики грунтов ИГЭ-1 приведены в табл. 2. текста и в приложении 1.3.

Таблица 2

Средние значения характеристик грунтов ИГЭ-1

Наименование характеристики	Ед. изм.	Средние значения	Расчетные значения	
			при $\alpha = 0,85$	при $\alpha = 0,95$
Плотность грунта	т/м ³	1,84	1,81	1,80
Плотность грунта в сухом состоянии	т/м ³	1,45		
Плотность частиц грунта	т/м ³	2,68		
Пористость	%	45,9		

3

Коэффициент пористости	б/р	0,850		
Влажность природная	%	26,8		
Степень влажности	б/р	0,85		
Влажность на пределе текучести	%	25,3		
Влажность на пределе раскатывания	%	19,6		
Число пластичности	%	5,7		
Показатель текучести	б/р	>1,0		
Удельное сцепление	кПа	10,0	6,0	4,0
Угол внутреннего трения	град.	27	25	24
Модуль деформации:				
При природной влажности	МПа	5,0		
При водонасыщении	МПа	4,0		
Относительная просадочность				
При P = 0,1 МПа	б/р			
0,2 МПа				
0,3 МПа				
Начальное просадочное давление	МПа			
Примечания: прочностные и просадочные характеристики грунта приведены из региональных таблиц «Таблицы нормативных и расчетных показателей свойств лессовых грунтов Узбекистана».				

4. Выводы и рекомендации

Основанием фундамента, будут служить грунты ИГЭ-1, ИГЭ-2 нормативные и расчетные значения физических, прочностных и деформационных характеристик которых приведены в табл. 2, 3 текста и прил.1.3.

Грунты ИГЭ-1 на исследованном участке просадочные при дополнительных нагрузках.

Тип грунтовых условий по просадочности – I (первый).

Грунты ИГЭ-2 на исследованном участке водонасыщенные, от пластичной до текучей консистенции.

Грунты на исследованном участке по содержанию легкорастворимых солей слабозасоленные, согласно таблице Б.22 ГОСТ 25100-2020.

Согласно табл. 4 КМК 2.03.11-96 грунты оцениваются, сильноагрессивные к бетонам на портландцементе по ГОСТ 10178-85* и неагрессивные к бетонам на сульфатостойких цементах по ГОСТ 22266-94, для сухой зоны.

По отношению к железобетонным конструкциям грунты, по содержанию ионов Cl^- и ионов SO_4^{2-} (в пересчете на ионы Cl^-) оцениваются как среднеагрессивные.

Подземные воды в период исследований (сентябрь 2025 г.) вскрыт на глубинах 1,6 м от поверхности земли.

Подземные воды на расчетный максимум следует ожидать на глубинах 0,6 м от поверхности земли.

Подземные воды, согласно таблице 6 КМК 2.03.11-96, сильноагрессивные к бетонам на портландцементе по ГОСТ 10178-85*, неагрессивные к бетонам на сульфатостойких цементах по ГОСТ 22266-94.

По содержанию хлоридов слабоагрессивные на арматуру железобетонных конструкций при периодическом смачивании. (таблица 7 КМК 2.03.11-96)

Сейсмичность участка оценивается согласно приложению 1 КМК 2.01.03-19 (по н. п. Гулестон) 7 баллов с повторяемостью 1 раз за 100 лет.

Категория грунтов по сейсмическим свойствам – III (третья).

Сейсмичность рассматриваемой площадки рекомендуется принять равной 8 баллов.

Опасные геологические процессы – сейсмичность.

Максимальная возможная глубина сезонного промерзания грунтов, согласно табл.13 СНиС 2.02.01-22, составляет:

48 см – с повторяемостью 1 раз в 10 лет,

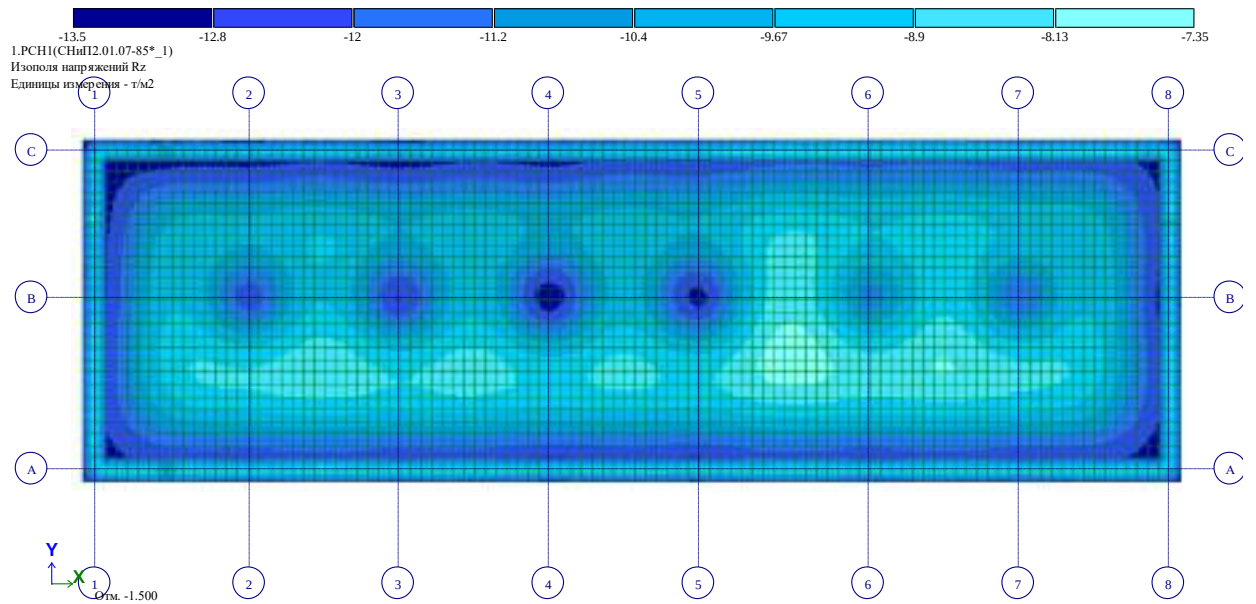


Рис. 2.1 Изополя напряжений Rz

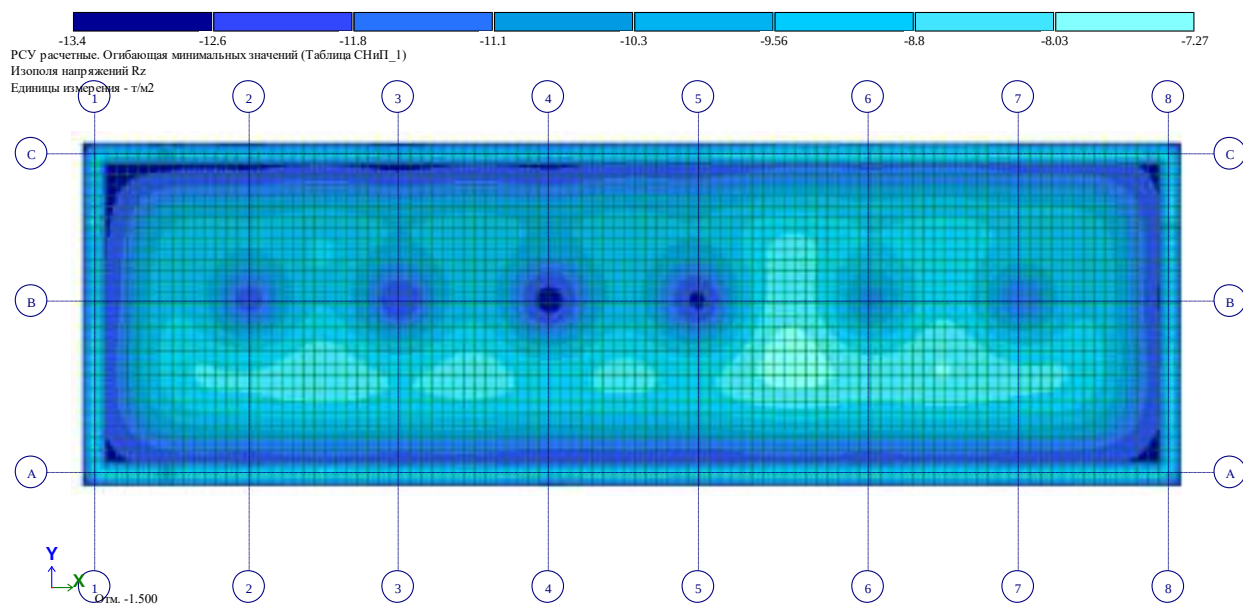


Рис. 2.2 Изополя напряжений Rz(3)

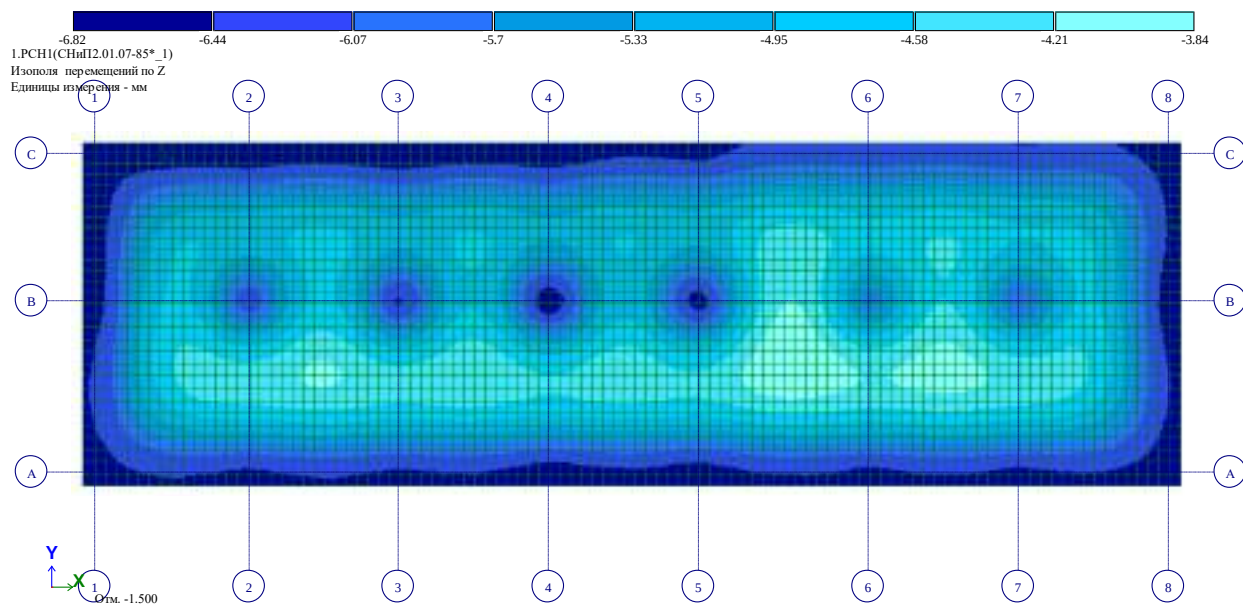


Рис. 2.3 Изополя перемещений по Z

$S=7 \leq S_u=100$ мм Осадка здания больше чем требования по нормы
 (ШНК2.02.01-19 по таблица Д.1) ШНК2.02.01-19

Осадка фундаментной плиты вычислялась в программном комплексе «ЛИРА» (метод 3). Осадка вычислена от нормативных комбинаций нагрузок. Результаты расчета приведены ниже. В соответствии с приложением 4 ШНК 2.02.01-19 максимально допустимая деформация основания для многоэтажных зданий с полным ж.б. каркасом составляет 10см, относительная разность осадок не должна превышать 0,002.

Предельные деформации основания фундаментов объектов нового строительства

Таблица Д.1

Сооружения	Предельные деформации основания фундаментом		
	Относительная разность осадок $(\Delta s/L)_u$	Крен i_u	Максимальная $s_u^{\max}$ или средняя $\bar{s}_u$ осадка, см
1 Производственные и гражданские одноэтажные и многоэтажные здания с полным каркасом: железобетонным то же, с устройством железобетонных поясов или монолитных перекрытий, а также здания монолитной конструкции стальным то же, с устройством железобетонных поясов или монолитных перекрытий	0,002 0,003 0,004 0,005	- - -	10 15 15 18
2 Здания и сооружения, в конструкциях которых не возникают усилия от неравномерных осадок	0,006	-	20
3 Многоэтажные бескаркасные здания с несущими стенами из: крупных панелей крупных блоков или кирпичной кладки без армирования то же, с армированием, в том числе с устройством железобетонных поясов или монолитных перекрытий, а также здания монолитной конструкции	0,0016 0,0020 0,0024	- -	12 12 18
Примечания 1 Значение предельной максимальной осадки основания фундаментов $s_u^{\max}$ применяется к сооружениям, возводимым на отдельно стоящих фундаментах на естественном (искусственном) основании или на свайных фундаментах с отдельно стоящими ростверками (ленточные, столбчатые и т.п.). 2 Значение предельной средней осадки $\bar{s}_u$ основания фундаментов применяется к сооружениям, возводимым на едином монолитном железобетонном фундаменте неразрезной конструкции (перекрестные ленточные и плитные фундаменты на естественном или искусственном основании, свайные фундаменты с плитным ростверком, плитно-свайные фундаменты и т.п.). 3 Предельные значения относительного прогиба зданий, указанные в позиции 3, принимают равными $0,5(\Delta s/L)$, а относительного выгиба - $0,25(\Delta s/L)_u$			

2 РАСЧЕТНЫЕ НАГРУЗКИ И СОЧЕТАНИЯ

Нормативные значения нагрузок, особенности их приложения, частные коэффициенты безопасности и коэффициенты сочетаний нагрузок приняты в соответствии с:

- ❖ КМК 2.01.07-96 «Нагрузки и воздействия»;
- ❖ КМК 2.01.03-19 «Строительство в сейсмических районах».

При расчете учтены следующие нагрузки:

Редактор нагрузок

Нормы: СНиП2.01.07-95*

Редактирование выбранного нагружения:

Имя: 1 SL (Selfload)

Позиция: 1. Основная задача: С1. Основная зада...

Вид: Постоянное(П)

Условие нагрузки: 0; Местные нагрузки: 30-406;

Список нагружений:

#	Имя нагружения	Позиция	Вид	Тип
1	SL (Selfload)	1. Основная зада...	Постоянное(П)	
2	G1 (Floor)	1. Основная зада...	Постоянное(П)	
3	G2 (Walls)	1. Основная зада...	Постоянное(П)	
4	Q2 (Live)	1. Основная зада...	Кратковременное...	
5	EX	1. Основная зада...	Сейсмическая(С)	сейсм
6	EY	1. Основная зада...	Сейсмическая(С)	сейсм

Назначить тип(ы)

Расчетные сочетания нагрузок

Имя таблицы РСН: 1

Имя таблицы РСН: СНиП2.01.07-95*_1

Система координат: для ПК: 1, для E-по ПК: 1

В расчетной схеме рассматриваются: расчетные нагрузки, нормативные нагрузки

Не учитывать особые нагрузки для E-по ПК: ☐

Не учитывать особые нагрузки для E-по ПК: ☐

№ нагрузки	Наименование	Вид	Значительность	Важность	Коэф. надежности	Длительность	Длительность РСН	Длительность E-по ПК
1	G	Постоянное(П)	+		1.1	1.0	1	1
2	G1	Постоянное(П)	+		1.1	1.0	1	1
3	G2	Длительное(Д)	+		1.2	1.0	1	1
4	Q2	Кратковременное(К)	+		1.2	0.35	1	0
5	EX	Сейсмическая(С)	+		1.0	0.0	0	0
6	EY	Сейсмическая(С)	+		1.0	0.0	0	0

Расчетные коэффициенты: $\Sigma P + E + K + \Psi \cdot Q + N$

Добавить

Коэффициенты

Загружение 1. СОБСТВЕННЫЙ ВЕС КОНСТРУКЦИЙ.

Данное загружение статическое, формируется автоматически на основе заданных жесткостей и учитывается как постоянная нагрузка. Собственный вес железобетонных конструкций вводится в расчет с коэффициентом $\gamma_f = 1,1$ (табл. 1 КМК 2.01.07-96 «Нагрузки и воздействия»).

Загружение 2. ПОСТОЯННАЯ НАГРУЗКА.

Состав перекрытия :

Плитка керамическая обычн. на мастике 30,8 кг/м²

Растворная стяжка 40 мм 86,4 кг/м²

Керамзит, пенобетон при $G=400$ кг/м³ $b=100$ мм 52 кг/м²

Обмазочная гидроизоляции 5,76 кг/м²

При грузовой площади 1 м² полная нагрузка составит **0,200 тс/м²**

Загружение 3. ПОСТОЯННАЯ НАГРУЗКА.

- Газобетонная кладка толщиной 300мм, $\gamma = 0,8$ т/м³

глухая стена $(4,0-0,5) \times 0,3 \times 0,8 \times 1,1 = 0,92$ т/м;

- Нагрузка от фасадной облицовки Sinterflex (С учётом: собственного веса плит Sinterflex, веса подсистемы крепления (кронштейны, направляющие профили), клеевых и/или механических креплений $q = 30$ кг/м²

фасадной системы Sinterflex $3,5 \times 0,030 \times 1,1 = 0,105$ т/м;

-От веса перегородок на 1-3-ом этажах: Расчетные нагрузки от стен и перегородок с учетом их высоты и толщины приложены в соответствии с архитектурным планом этажей. **$q = 0,15 \times 0,8 \times 1,2 = 0,150$ т/м²;**

Загружение 4. ПОЛЕЗНАЯ НАГРУЗКА

ВЕС ЛЮДЕЙ.

Нагрузки приняты в соответствии с п.3.5 и табл.3 КМК 2.01.07-97 «Нагрузки и воздействия» Нормативное значение равномерно распределенной полезной нагрузки:

-  - в помещениях $-0,200 \times 1,2 = 0,240$ т/м²;
-  - в помещениях кровли $-0,070 \times 1,3 = 0,091$ т/м²;

СНЕГОВАЯ.

А) Снеговая на покрытие.

Нагрузки приняты в соответствии с п.5 КМК 2.01.07-97 Нагрузки и воздействия

Нормативное значение снеговой нагрузки (I снеговой район РУз) -0.05 т/м^2

$$\pm 0.05 \times 1.4 = \mathbf{0.070 \text{ т/м}^2};$$

Загружение 5. СЕЙСМИКА ПО X.

Сейсмичность площадки строительства – 7 баллов.

Расчётная сейсмика – 8 баллов.

Данное загружение динамическое, учитывается как сейсмическая нагрузка по КМК 2.01.03-19 и является знакопеременным.

Загружение 6. СЕЙСМИКА ПО Y.

Сейсмичность площадки строительства – 7 баллов.

Расчётная сейсмика – 8 баллов.

Данное загружение динамическое, учитывается как сейсмическая нагрузка по КМК 2.01.03-19 и является знакопеременным.

Задание характеристик для расчета на динамическое воздействие

В строки характеристик: 1

№ загрузки: 6

Наименование воздействия: Сейсмическое (СМ 2.01.03-2020) - (СЗ)

Количество учитываемых форм колебаний: 40

Игнорировать динамическое взаимодействие: ☐

Суммировать формы парциальной интенсивности частот: ☐

Порядок суммирования: **Рейтинговый**

Параметры: **Параметры**

Игра на масс: ☐ Диагональная ☒ Сигласовская

Сводная таблица для расчета на динамическое воздействие

№	№ загрузки	Тип	Параметры	Параметры динамического воздействия
1	6	СЗ	30 0.0 2...	1.00 1.00 1.20 1.00 1.00 0.90 + 1.0 0.0
2	6	СЗ	30 0.0 2...	1.00 1.00 1.20 1.00 1.00 0.90 + 1.0 0.0

☐ 0.1 Допустимое увеличение частот суммируемых форм (в % от частоты)

☐ Нет отображения именованных форм колебаний

Расчетная схема сооружения

Начальная РС: 1

Исходная РС: 0.01_1

Строительный период: 0.017 2.01.07-85

Вид загрузки: **Богословский**

Игнорировать динамическое взаимодействие: ☐

Учитывать нелинейность: ☐

Игнорировать нелинейность: ☐

Игнорировать нелинейность: ☐

Коэффициенты динамичности

№	1 этаж	2 этаж	3 этаж	4 этаж	5 этаж	6 этаж	7 этаж
1	1.00	1.00	0.90	1.00	0.90	0.90	0.90
2	1.00	1.00	0.90	1.00	0.90	0.90	0.90
3	1.00	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
4	1.00	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
5	0.90	0.90	1.00	0.90	0.90	0.90	0.90
6	0.90	0.90	1.00	0.90	0.90	0.90	0.90

Для динамичности: 1.00

Не учитывать динамичность: ☐

Ограничения для краев и торцов: ☐

Сводная таблица для вычисления РС

№	Вид загрузки	Вид	Параметры РС	Коэффициенты РС
1	Б	Богословский	0 0 0 0 0 0 1.00	1.00 1.00 0.90 1.00
2	Б	Богословский	0 0 0 0 0 0 1.00	1.00 1.00 0.90 1.00
3	Б	Богословский	0 0 0 0 0 0 1.00	1.00 1.00 0.90 1.00
4	Б	Богословский	0 0 0 0 0 0 1.00	1.00 1.00 0.90 1.00
5	Б	Богословский	0 0 0 0 0 0 1.00	1.00 1.00 0.90 1.00
6	Б	Богословский	0 0 0 0 0 0 1.00	1.00 1.00 0.90 1.00

Формирование динамических нагрузок из с...

Сформировать матрицу масс на основании:

☒ - загрузки РСН (код 1)

☐ - плотности элементов (код 2)

№ динамического нагружения: 6

№ статического нагружения: 4

Коэф. преобразования: 0.5

☐ Загружения из комбинации РСН

Имя таблицы: СМ 2.01.07-85_1

№ РСН: 1

Сводная таблица:

№ дин. з...	№ стат. ...	Коэф.	Код
5	1	0.9	1
5	2	0.9	1
5	3	0.9	1
5	4	0.5	1
6	1	0.0	1
6	2	0.0	1
6	3	0.9	1
6	4	0.5	1

Сейсмическое воздействие (Узбекистан, КМК 2.01.03-...

Поправочный коэф. для сейсмических сил: 1.00

Коэффициент ответственности сооружения: 1.00

Коэффициент учета повторяемости землетрясений: 1.20

Коэффициент этажности сооружения: 1.00

Коэффициент регулярности: 1.00

Коэффициент сейсмичности площадки: 0.50

Индекс региона: IV

Категория грунта: III

Декремент колебаний: 0.30

Направляющие косинусы равнодействующей сейсмического воздействия:

CX: 1.0000 CY: 0.0000 CZ: 0.0000

$$CX^2 + CY^2 + CZ^2 = 1$$

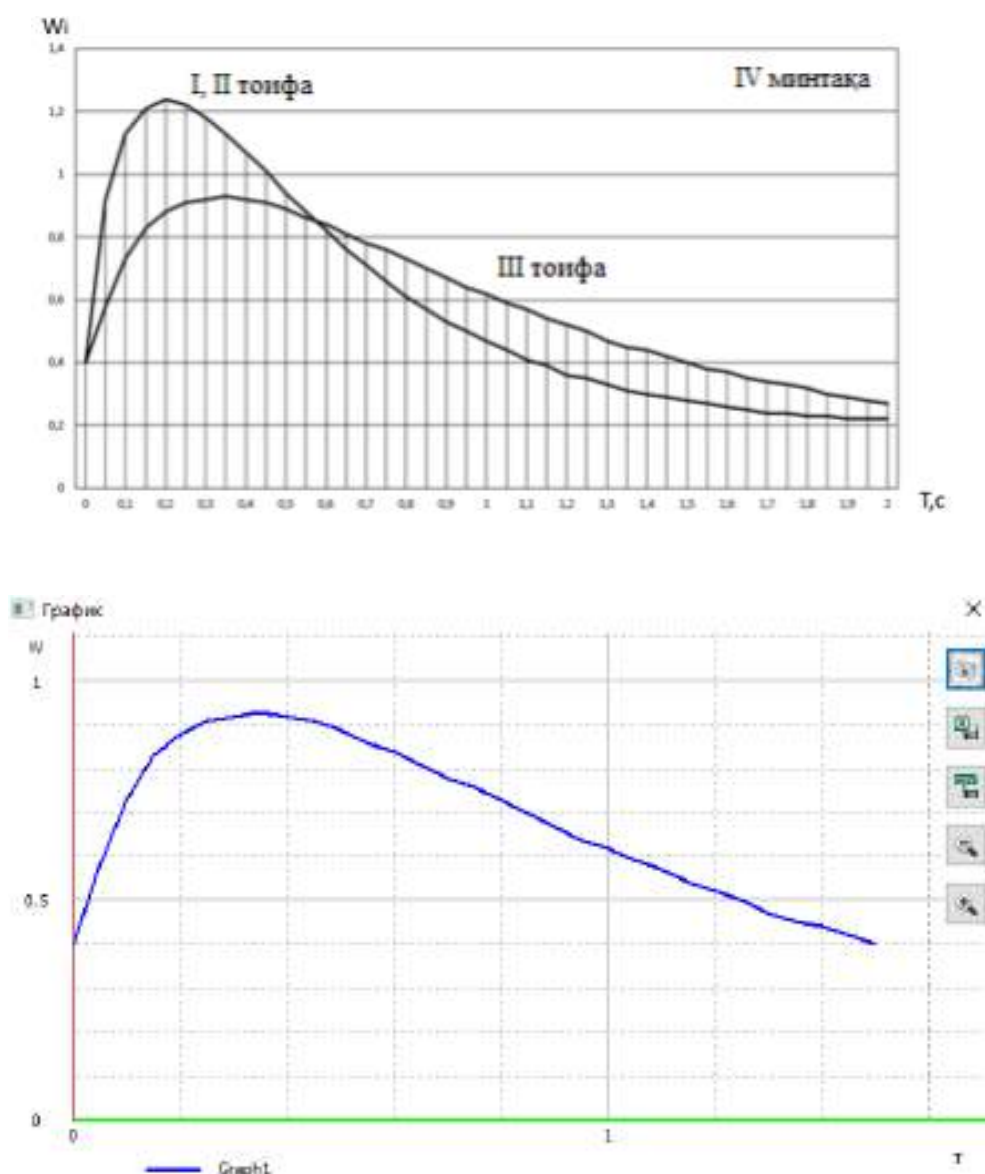
График ☒ ☒ ☒ ☒

Коэффициент редукции принимается в соответствии с КМК 2.01.03–2019, пункт 2.23 и табл. 2.11, с учетом относительной неупругой деформации:

Таблица 2.1

Вид нагрузки	Коэффициент сочетаний, Ψ_i
Постоянные	0,9
Временные длительные	0,8
Кратковременные (на перекрытия и покрытия)	0,5

Спектральный коэффициент W_j определяется по табл. 2.8 или по графикам на рис.2.2 в зависимости от периода собственных колебаний проектируемого объекта по i -му тону, индекса региона по табл. 2.2 и категории грунтов по сейсмическим свойствам.



При расчете зданий (сооружений) на сейсмические воздействия могут использоваться;

а) динамический метод расчета на реальные или синтезированные сейсмические воздействия, характерные для района строительства;

б) спектральный метод расчета на сейсмические (условные статические) нагрузки, определяемые для идеально упругих систем в соответствии с указаниями п. 2.13.

При расчете по п. 2.6б расчетная сейсмическая нагрузка в выбранном направлении, приложенная в точке К и соответствующая *i*-му тону собственных колебаний здания (сооружения), определяется по формулам:

$$S_{ik} = K_0 K_B K_{\gamma} K_p S_{0ik}$$

$$S_{0ik} = \alpha Q_k W_i K_{\delta} K_{\epsilon}$$

где S_{0ik} – инерционная сила, определяемая в предположении упругого деформирования конструкций;

α – коэффициент, определяемый по таблице 2.7 в зависимости от сейсмичности площадки строительства;

Q_k – вес здания (сооружения), отнесенный к точке К расчетной схемы (рис. 2.1), определяемый с учетом расчетных нагрузок на конструкции согласно п. 2.1;

W_i – спектральный коэффициент, определяемый по п. 2.16;

K_{δ} – коэффициент диссипации, определяемый по п. 2.16;

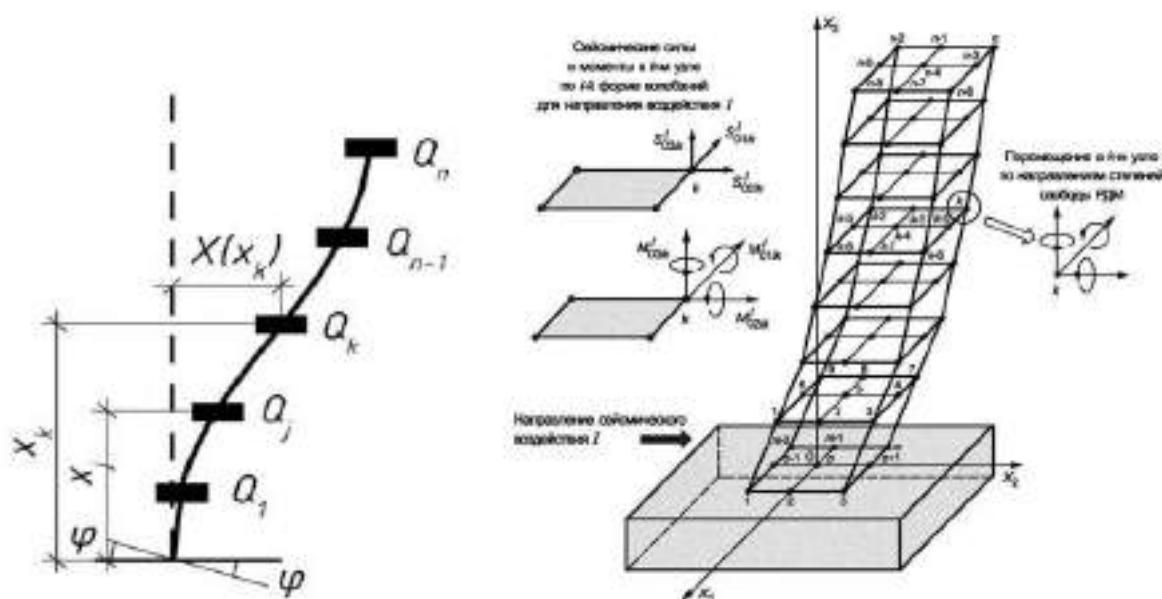
K_p – коэффициент регулярности, определяемый по п. 2.25;

K_0 – коэффициент ответственности, принимаемый по табл. 2.3;

K_{ϵ} – коэффициент, зависящий от этажности здания (сооружения), определяемый по п. 2.17;

η_{ik} – коэффициент, зависящий от формы собственных колебаний здания (сооружения) по 1-му тону и места расположения нагрузки на расчетной схеме, определяемый по п. 2.18, 2.19;

K_n – коэффициент учета повторяемости землетрясений, принимаемый по табл. 2.4.



Динамические загрузки предназначены для задания информации о массе для расчета на динамические воздействия. Масса может быть накоплена либо из

статических нагрузений (одного или нескольких) – код 1, либо из плотности материала, заданной при описании параметров жесткости – код 2.

<i>№ динамического загружения</i>	<i>№ статического загружения</i>	<i>Коэффициент сочетания (табл. 2.1 КМК 2.01.03–19)</i>	<i>Код формирования матрицы масс (1 – по загружениям, 2 – по плотности элементов)</i>
5(Сейсмика по оси X)	1	0,9	1
5(Сейсмика по оси X)	2	0,9	1
5(Сейсмика по оси X)	3	0,9	1
5(Сейсмика по оси X)	4	0,5	1
6(Сейсмика по оси Y)	1	0,9	1
6(Сейсмика по оси Y)	2	0,9	1
6(Сейсмика по оси Y)	3	0,9	1
6(Сейсмика по оси Y)	4	0,5	1

Исходные данные динамических нагрузений

<i>Наименование расчетных показателей</i>	<i>Коэффициент</i>
Количество учитываемых форм колебаний	50
Матрица масс	Диагональная
Класс ответственности здания, табл. 2.3 (КМК 2.01.03–19)	III
Сейсмичность участка строительства, баллов	7
Расчетная сейсмичность, баллов	8
Поправочный коэффициент для сейсмических сил	1.0
Коэффициент ответственности сооружения, табл. 2.3 (КМК 2.01.03–19)	1.0
Коэффициент учета повторяемости землетрясений, табл. 2.4 (КМК 2.01.03–19)	1.2
Коэффициент этажности сооружения, табл. 2.10 (КМК 2.01.03–19)	1.0
Коэффициент регулярности, п.2.25 и табл. 2.12 (КМК 2.01.03–19)	1.0
Коэффициент сейсмичности площадки, табл. 2.7 (КМК 2.01.03–19)	0.5
Индекс региона, табл. 2.2 (КМК 2.01.03–19)	IV
Категория грунта, табл. 1.1 (КМК 2.01.03–19)	III

3 ПРОТОКОЛ РАСЧЕТА

Протокол расчета

Дата: 02.03.2026

AuthenticAMD AMD A10-8700P Radeon R6, 10 Compute Cores 4C+6G 4 cores 4 threads 4(4194304)
L2 cache

Microsoft Windows 10 Professional RUS 64-bit. Build 19044

Размер доступной физической памяти = 10113535488

00:24 Чтение исходных данных из файла C:\Users\Public\Documents\LIRA SAPR\LIRA SAPR 2022\Data\Blok
B.txt

00:24 Контроль исходных данных основной схемы

Количество узлов = 16996 (из них количество неудаленных = 16393)

Количество элементов = 18973 (из них количество неудаленных = 18205)

00:24 Разделение линейных загрузок на блоки

Линейные загрузки разделены на 1 блока

ОСНОВНАЯ СХЕМА

00:24 Оптимизация порядка неизвестных

РАСЧЕТ БЛОКА ЗАГРУЖЕНИЙ №№ 1-6

Количество неизвестных = 75660

РАСЧЕТ НА СТАТИЧЕСКИЕ ЗАГРУЖЕНИЯ

00:25 Формирование матрицы жесткости

00:25 Формирование векторов нагрузок

00:25 Разложение матрицы жесткости

00:25 Вычисление неизвестных

00:25 Контроль решения

РАСЧЕТ НА ДИНАМИЧЕСКИЕ ЗАГРУЖЕНИЯ

00:25 Формирование матрицы масс для динамического нагружения №5

00:25 Формирование матрицы масс для динамического нагружения №6

Вычисление собственных колебаний для динамических загрузок №№5 6

Суммарные массы: $mX=335.958$ $mY=335.896$ $mZ=696.805$ $mUX=5.15298$ $mUY=4.59865$ $mUZ=0.751043$ $mW=0$

00:25 Контроль пригодности схемы для вычисления собственных колебаний при таком приложении масс.

Контроль осуществляется путем приложения масс как статических нагрузок

00:25 Вычисление собственных колебаний

Необходимая для итераций часть матрицы поместилась в оперативную память

00:25 Итерация №1

00:25 Итерация №2

Найдено форм 0 (из них 0 в заданном диапазоне)

00:25 Итерация №3

Найдено форм 5 (из них 5 в заданном диапазоне)

Направляющие косинусы поступательного движения из условия максимума динамической реакции для динамических загрузок №№5 6 :

Форма 1: $\cos X=-0.1595$ $\cos Y=0.9872$ $\cos Z=-0.0007$

Форма 2: $\cos X=0.9877$ $\cos Y=0.1565$ $\cos Z=-0.0005$

Форма 3: $\cos X=0.9708$ $\cos Y=0.2397$ $\cos Z=0.0045$

Форма 4: $\cos X=0.1604$ $\cos Y=-0.9870$ $\cos Z=0.0051$

Форма 5: $\cos X=-0.9857$ $\cos Y=-0.1685$ $\cos Z=-0.0049$

00:25 Формирование векторов динамических нагрузок

00:25 Вычисление неизвестных

Формирование результатов

00:25 Формирование топологии

00:25 Формирование перемещений

00:25 Вычисление и формирование усилий в элементах

00:25 Вычисление и формирование реакций в элементах

00:26 Вычисление и формирование эпюр усилий в стержнях

00:26 Вычисление и формирование эпюр прогибов в стержнях

00:26 Формирование форм колебаний

Суммарные узловые нагрузки на основную схему:

Загружение 1 $PX=0$ $PY=0$ $PZ=3270.08$ $PUX=0.00181119$ $PUY=0.00691621$ $PUZ=0$ $PW=0$
 Загружение 2 $PX=0$ $PY=0$ $PZ=3258.16$ $PUX=-0.00148297$ $PUY=0.00706745$ $PUZ=0$ $PW=0$
 Загружение 3 $PX=0$ $PY=0$ $PZ=764.603$ $PUX=0.00069477$ $PUY=0.0010256$ $PUZ=0$ $PW=0$
 Загружение 4 $PX=0$ $PY=0$ $PZ=544.95$ $PUX=0.00136021$ $PUY=0.00200789$ $PUZ=0$ $PW=0$
 Загружение 5 - 1 $PX=-17.4246$ $PY=107.84$ $PZ=-0.0795573$ $PUX=0.136645$ $PUY=0.0226846$
 $PUZ=5.85624e-005$ $PW=0$
 Загружение 5 - 2 $PX=-700.588$ $PY=-111.025$ $PZ=0.362281$ $PUX=-0.141371$ $PUY=0.931149$ $PUZ=-$
 0.00144492 $PW=0$
 Загружение 5 - 3 $PX=-24.0355$ $PY=-5.93352$ $PZ=-0.112265$ $PUX=-0.013907$ $PUY=0.0367515$
 $PUZ=0.00164174$ $PW=0$
 Загружение 5 - 5 $PX=-154.173$ $PY=-26.3485$ $PZ=-0.762711$ $PUX=0.0530384$ $PUY=-0.335371$ $PUZ=-$
 0.000486865 $PW=0$
 Загружение 6 - 1 $PX=107.84$ $PY=-667.423$ $PZ=0.492379$ $PUX=-0.845695$ $PUY=-0.140395$ $PUZ=-$
 0.000362442 $PW=0$
 Загружение 6 - 2 $PX=-111.025$ $PY=-17.5946$ $PZ=0.0574121$ $PUX=-0.0224036$ $PUY=0.147563$ $PUZ=-$
 0.000228982 $PW=0$
 Загружение 6 - 4 $PX=26.4212$ $PY=-162.604$ $PZ=0.839277$ $PUX=0.29264$ $PUY=0.0573459$
 $PUZ=0.000573921$ $PW=0$
 Расчет успешно завершен
 Затраченное время = 1 мин

П О Я С Н И Т Е Л Ь Н А Я З А П И С К А

Расчет пространственной системы
 на статические и динамические воздействия
 с выбором расчетных сочетаний усилий

Объект:

Организация:

Выполнил:

Проверил:

В В Е Д Е Н И Е

Расчет выполнен программным комплексом "ЛИРА-САПР".

В основу расчета положен метод конечных элементов
 в перемещениях. В качестве основных неизвестных приняты
 следующие перемещения узлов:

X линейное по оси X
 Y линейное по оси Y
 Z линейное по оси Z
 UX угловое вокруг оси X
 UY угловое вокруг оси Y
 UZ угловое вокруг оси Z

Типы используемых конечных элементов указаны в документе 1.
 В этом документе, кроме номеров узлов, относящихся к соответ-
 ствующему элементу, указываются также номера типов жесткостей.

В расчетную схему включены следующие типы элементов:

Тип 10. Универсальный пространственный стержневой КЭ.

Тип 41. Универсальный прямоугольный КЭ оболочки.

Тип 44. Универсальный четырехугольный КЭ оболочки.

Координаты узлов и нагрузки, приведенные в развернутых документах 4,6,7, описаны в правой декартовой системе координат.

Расчет выполнен на следующие загрузки:

загрузка 1 – статическое (SL)

загрузка 2 – статическое (G (Floor))

загрузка 3 – статическое (G2 (Walls))

загрузка 4 – статическое (Q (Live))

загрузка 5 – динамическое (Сейсмическое (КМК 2.01.03–2019) – (33))

В расчете учитывается заданное количество форм собственных колебаний (KF).

Количество динамических составляющих равно количеству форм собственных колебаний, по которым раскладывается динамическая нагрузка. Значения сейсмических нагрузок, соответствующих каждой форме собственных колебаний, вычислены согласно положениям строительных норм Узбекистана, КМК 2.01.03–2019.

загрузка 6 – динамическое (Сейсмическое (КМК 2.01.03–2019) – (33))

В расчете учитывается заданное количество форм собственных колебаний (KF).

Количество динамических составляющих равно количеству форм собственных колебаний, по которым раскладывается динамическая нагрузка. Значения сейсмических нагрузок, соответствующих каждой форме собственных колебаний, вычислены согласно положениям строительных норм Узбекистана, КМК 2.01.03–2019.

Расчетные сочетания усилий для стержней выбираются по критерию экстремальных нормальных и сдвиговых напряжений в периферийных зонах сечения.

Расчетные сочетания напряжений для пластинчатых элементов выбираются по критерию экстремальных напряжений с учетом направления главных площадок.

При выборе расчетных сочетаний усилий учитывались следующие характеристики загрузок:

загрузка 1 – статическое (SL)

Данное загрузка учитывается как постоянная нагрузка.

загрузка 2 – статическое (G (Floor))

Данное загрузка учитывается как постоянная нагрузка.

загрузка 3 – статическое (G2 (Walls))

Данное загрузка учитывается как длительно-действующая нагрузка.

загрузка 4 – статическое (Q (Live))

Данное загрузка учитывается как кратковременная нагрузка.

загрузка 5 – динамическое (Сейсмическое (КМК 2.01.03–2019) – (33))

Данное загрузка учитывается как сейсмическая нагрузка.

Данное загрузка является знакопеременным.

загрузка 6 – динамическое (Сейсмическое (КМК 2.01.03–2019) – (33))

Данное загрузка учитывается как сейсмическая нагрузка.

Данное загрузка является знакопеременным.

Ч Т Е Н И Е Р Е З У Л Ь Т А Т О В С Ч Е Т А

Результаты счета разбиты на следующие разделы:

Раздел 1. Протокол работы процессора.

Раздел 2. Исходные данные.

Раздел 3. Диагностические сообщения.

Раздел 5. Перемещения узлов.

Раздел 6. Усилия (напряжения) в элементах.

Раздел 7. Реакции в узлах.

Раздел 8. Расчетные сочетания усилий (РСУ).

Раздел 9. Периоды колебаний.

Раздел 10. Формы колебаний.

Раздел 17. Распределение масс.

Раздел 11. Узловые инерционные силы от динамических воздействий.

В разделе 5 в табличной форме выпечатываются перемещения узлов рассчитываемой задачи. Размерность перемещений указана в шапке таблицы.

В первой графе находится номер загрузки и индексация перемещений.

В остальных графах – номера узлов в порядке возрастания и величины перемещений, им соответствующие.

Линейные перемещения считаются положительными, если они направлены вдоль осей координат. Положительные угловые перемещения соответствуют вращению против часовой стрелки, если смотреть с конца соответствующей оси.

Перемещения имеют следующую индексацию:

X линейное по оси X

Y линейное по оси Y

Z линейное по оси Z

UX угловое вокруг оси X

UY угловое вокруг оси Y

UZ угловое вокруг оси Z

В разделе 6 в табличной форме выпечатываются усилия в элементах рассчитываемой задачи. Размерность усилий указана в шапке таблицы.

В первой графе указывается тип КЭ из библиотеки конечных элементов, номер загрузки и индексация усилий.

В последующих графах указываются:

в первой строке шапки – номер элемента и номер сечения в этом элементе, для которого печатаются усилия;

во второй строке – номера первых двух узлов.

В разделе 8 в табличной форме выдаются расчетные сочетания усилий (РСУ) в элементах для каждого сечения и дополнительная информация о сочетаниях усилий.

Вычисляются следующие группы РСУ:

Группа А1 – включает только те загрузки, которые обладают длительностью действия; в эту группу включаются постоянные, длительные и кратковременные загрузки; виды загрузок – 0, 1, 2.

Группа В1 – включает все заданные загрузки независимо от длительности действия кроме сейсмического и прочих особых.

Группа C1 – включает группу B1 плюс сейсмическое нагружение.
Группа D1 – включает группу B1 плюс особое (не сейсмическое) нагружение.
Группа A2 – включает только постоянные и длительные нагружения;
виды нагружений – 0, 1.
Группа B2 – включает постоянные, длительные и кратковременные нагружения (кроме мгновенного); виды нагружений – 0, 1, 2.
Группа C2 – включает все заданные нагружения независимо от длительности действия кроме сейсмического и прочих особых.
Группа D2 – включает группу C2 плюс сейсмическое нагружение.

Вычисленные сочетания образуют 4 таблицы результатов:
Таблица 1 – РСЧ расчетные, вычисленные по расчетным значениям усилий.
Таблица 2 – РСЧ расчетные длительные, полученные при помощи умножения расчетных усилий на соответствующие коэффициенты длительности.
Таблица 3 – РСЧ нормативные, полученные при помощи деления расчетных усилий на соответствующие коэффициенты надежности по нагрузке.
Таблица 4 – РСЧ нормативные длительные, полученные при помощи умножения нормативных усилий на соответствующие коэффициенты длительности.

Заголовки таблиц РСЧ содержат следующие индексы:
ЭЛМ – номер элемента в схеме;
НС – номер расчетного сечения в элементе (все КЭ кроме стержня имеют одно расчетное сечение);
КРТ – номер критерия, по которому составлено данное сочетание усилий, в соответствии с типом КЭ;
СТ – номер столбца коэффициентов сочетаний из таблицы исходных данных РСЧ;
КС – признак наличия в сочетаниях кранового (К) и/или сейсмического (С) нагружения;
Г – индекс внутренней группы – A1, B1, C1, D1, A2, B2, C2, D2.
Далее следуют идентификаторы усилий/напряжений в соответствии с типом КЭ, а затем список из номеров нагружений, которые составили текущее сочетание. Знакопеременное нагружение, вошедшее в РСЧ с противоположным знаком помечается знаком ‘-’.

Таблицы результатов по унифицированным РСЧ формируются для каждого варианта конструирования с указанием номера варианта.

Заголовки таблиц унифицированных РСЧ содержат следующие индексы:
ПЭ – признак принадлежности элемента;
ЭЛМ – порядковый номер элемента в схеме или в суперэлементе;
НС – номер расчетного сечения в элементе (все КЭ кроме стержня имеют одно расчетное сечение);
КРТ – номер критерия в соответствии с типом КЭ;
СТ – номер столбца коэффициентов сочетаний из таблицы исходных данных РСЧ;
КС – признак наличия в сочетаниях кранового (К) и/или сейсмического (С) нагружения;
Г – индекс внутренней группы – A1, B1, C1, D1, A2, B2, C2, D2.

В разделе 9 для каждого динамического (или после модального анализа) нагружения распечатываются значения периодов собственных колебаний.

В разделе 10 для каждого динамического (или модального) нагружения распечатываются значения относительных перемещений узлов, соответствующих формам собственных колебаний.

В разделе 11 для каждого динамического нагружения распечатываются значения составляющих динамической нагрузки после разложения ее по формам собственных колебаний.

В разделе 17 для каждого динамического нагружения распечатываются

ваются значения масс, собранных в узлы. Размерность масс указана в шапке таблицы.

В первой графе находится номер загрузки и индексация масс. В остальных графах – номера узлов в порядке возрастания и соответствующие величины.

ИНДЕКСАЦИЯ И ПРАВИЛА ЗНАКОВ УСИЛИЙ В КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

Тип 10. Универсальный пространственный стержневой КЭ.

Конечный элемент воспринимает следующие виды усилий:

- N* осевое усилие; положительный знак соответствует растяжению.
- MK* крутящий момент относительно оси X_1 ;
положительный знак соответствует действию момента против часовой стрелки, если смотреть с конца оси X_1 , на сечение, принадлежащее концу стержня.
- MY* изгибающий момент относительно оси Y_1
положительный знак соответствует действию момента против часовой стрелки, если смотреть с конца оси Y_1 , на сечение, принадлежащее концу стержня.
- MZ* изгибающий момент относительно оси Z_1 ;
положительный знак соответствует действию момента против часовой стрелки, если смотреть с конца оси Z_1 , на сечение, принадлежащее концу стержня.
- QY* перерезывающая сила вдоль оси Y_1 ; положительный знак соответствует совпадению направления силы с осью Y_1 для сечения, принадлежащего концу стержня.
- QZ* перерезывающая сила вдоль оси Z_1 ; положительный знак соответствует совпадению направления силы с осью Z_1 для сечения, принадлежащего концу стержня.

Тип 27. Универсальный четырехугольный КЭ плоской задачи (балка-стенка).

Конечный элемент воспринимает следующие виды напряжений и реакций:

- NX* нормальное напряжение вдоль оси X_1 ;
положительный знак соответствует растяжению.
- NY* нормальное напряжение вдоль оси Y_1 (для случая плоской деформации); положительный знак соответствует растяжению.
- NZ* нормальное напряжение вдоль оси Z_1 ;
положительный знак соответствует растяжению.
- TXZ* сдвигающее напряжение;
положительный знак соответствует удлинению диагонали 1-4.

Тип 41. Универсальный прямоугольный КЭ оболочки.

Конечный элемент воспринимает следующие виды усилий, напряжений и реакций:

- NX* нормальное напряжение вдоль оси X_1 ;
положительный знак соответствует растяжению.
- NY* нормальное напряжение вдоль оси Y_1 ;
положительный знак соответствует растяжению.
- NZ* нормальное напряжение вдоль оси Z_1 (для случая плоской деформации); положительный знак соответствует растяжению.
- TXY* сдвигающее напряжение,

параллельное оси $X1$ и лежащее в плоскости, параллельной $X1OZ1$; за положительное принято направление, совпадающее с направлением оси $X1$, если NY совпадает по направлению с осью $Y1$.

MX момент, действующий

на сечение, ортогональное оси $X1$; положительный знак соответствует растяжению нижнего волокна (относительно оси $Z1$).

MY момент, действующий

на сечение, ортогональное оси $Y1$; положительный знак соответствует растяжению нижнего волокна (относительно оси $Z1$).

MXU крутящий момент;

положительный знак соответствует кривизне диагонали 1-4, направленной выпуклостью вниз (относительно оси $Z1$).

QX перерезывающая сила в сечении, ортогональном оси $X1$; положительный знак соответствует совпадению направления силы с направлением оси $Z1$ на той части элемента, в которой отсутствует узел 1.

QY перерезывающая сила в сечении, ортогональном оси $Y1$; положительный знак соответствует совпадению направления силы с направлением оси $Z1$ на той части элемента, в которой отсутствует узел 1.

RZ реактивный опор грунта (при расчете оболочек на упругом основании); положительное усилие действует по направлению оси $Z1$ (грунт растянут).

Тип 44. Универсальный четырехугольный КЭ оболочки.

Конечный элемент воспринимает следующие виды усилий, напряжений и реакций:

NX нормальное напряжение вдоль оси $X1$;

положительный знак соответствует растяжению.

NY нормальное напряжение вдоль оси $Y1$;

положительный знак соответствует растяжению.

NZ нормальное напряжение вдоль оси $Z1$ (для случая плоской деформации); положительный знак соответствует растяжению.

TXU сдвигающее напряжение,

параллельное оси $X1$ и лежащее в плоскости, параллельной $X1OZ1$; за положительное принято направление, совпадающее с направлением оси $X1$, если NY совпадает по направлению с осью $Y1$.

MX момент, действующий на сечение, ортогональное оси $X1$; положительный знак соответствует растяжению нижнего волокна (относительно оси $Z1$).

MY момент, действующий на сечение, ортогональное оси $Y1$; положительный знак соответствует растяжению нижнего волокна (относительно оси $Z1$).

MXU крутящий момент;

положительный знак соответствует кривизне диагонали 1-4, направленной выпуклостью вниз (относительно оси $Z1$).

QX перерезывающая сила в сечении, ортогональном оси $X1$; положительный знак соответствует совпадению направления силы с направлением оси $Z1$ на той части элемента, в которой отсутствует узел 1.

QY перерезывающая сила в сечении, ортогональном оси $Y1$; положительный знак соответствует совпадению

4 РЕЗУЛЬТАТЫ ДИНАМИЧЕСКОГО РАСЧЕТА

Таблица 4.1 Периоды колебаний (01)

Таблица 4.1 Периоды колебаний (01)

Загр	N п/п	Собств. знач.	Рад/с.	Гц.	Периоды	X - Коэф. распр.	X - Масса	X - Сумма масс
5 - (мод. 33)								
6 - (мод. 33)								
5	1	17.416534	4.173312	0.664540	1.504800	-0.207738	2.202378	2.202378
5	2	19.340640	4.397799	0.700287	1.427987	1.335511	82.658298	84.860676
5	3	25.405775	5.040414	0.802614	1.245929	0.334491	2.423709	87.284385
5	4	167.214818	12.931157	2.059101	0.485649	0.081667	0.242342	87.526727
5	5	181.108859	13.457669	2.142941	0.466648	-0.495211	8.629624	96.156351
6	1	17.416534	4.173312	0.664540	1.504800	1.285687	84.374409	84.374409
6	2	19.340640	4.397799	0.700287	1.427987	0.211644	2.076265	86.450674
6	3	25.405775	5.040414	0.802614	1.245929	0.082574	0.147733	86.598408
6	4	167.214818	12.931157	2.059101	0.485649	-0.502605	9.180502	95.778910
6	5	181.108859	13.457669	2.142941	0.466648	-0.084633	0.252098	96.031008

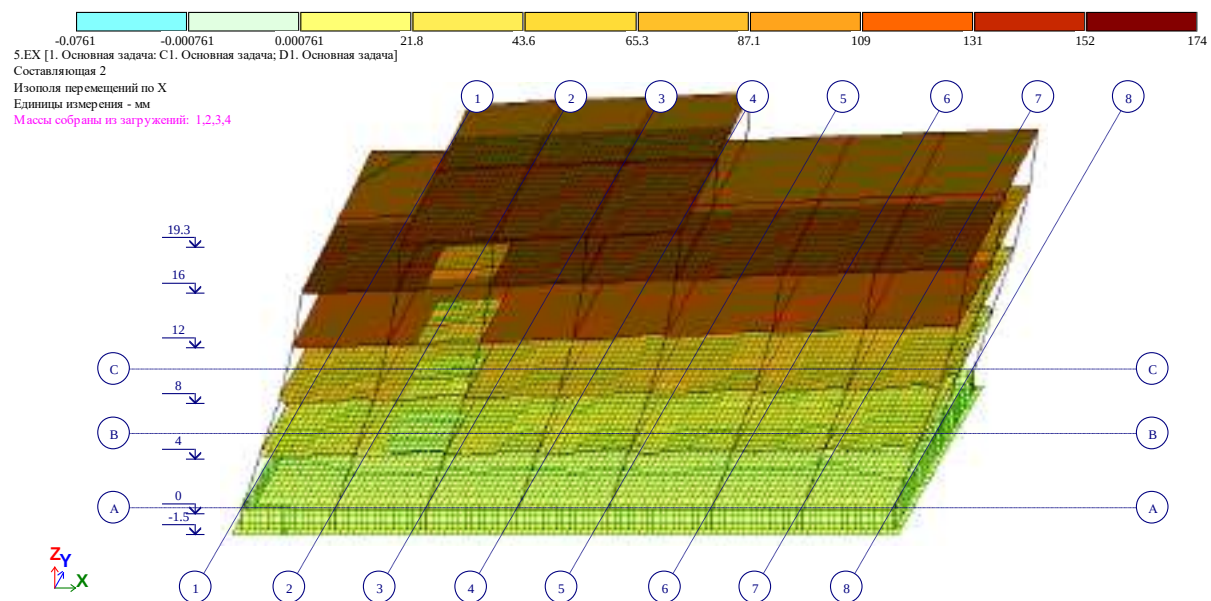


Рис. 4.1 Изополюс перемещений по X

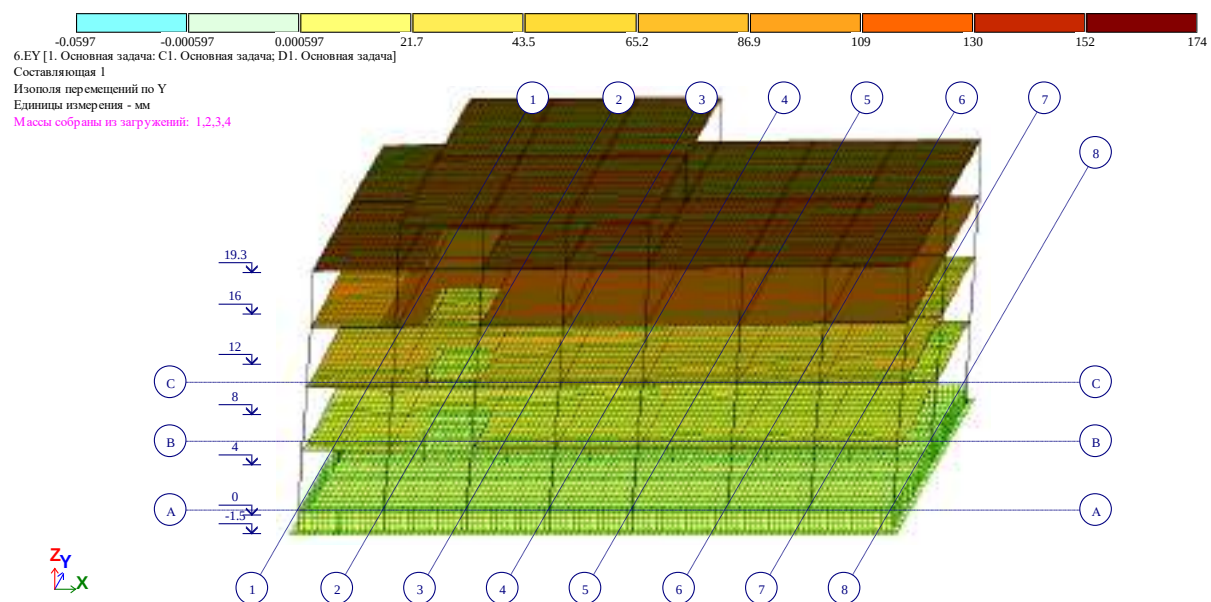


Рис. 4.2 Изополюс перемещений по Y

Максимальное перемещение здания составляет 174 мм в направлении оси Y. Высота здания от верха фундамента до покрытия составляет 20,8 м. Тогда перемещение здания: $0,174/20,8=0,00836$, что **не превышает** предельного значения, равного $1/70=0,0142$ (согласно таблице 2.6 КМК 2.01.03-19).

Таблица 2.6

№	Вид деформации и характеристика элементов	Допускаемое значение
1	Относительный перекос этажа Δ_k/h_k в зданиях с несущими элементами из хрупкого материала, прикрепленными к несущим конструкциям: относительное перемещение верха здания y^{max}/H	1/200
2	То же в зданиях с несущими элементами, изолированными от воздействия деформации несущих конструкций	1/70

Примечание. Принятые обозначения: Δ_k - взаимное смещение перекрытий K-го и K+1 этажей; h_k - высота K-го этажа; y^{max} - перемещение в уровне покрытия здания; H - высота здания от верха фундамента до покрытия

4.1 Формы колебаний

5.EX [1. Основная задача: C1. Основная задача; D1. Основная задача]
 Форма колебаний в л. с. 1
 Массы собраны из нагрузок: 1,2,3,4

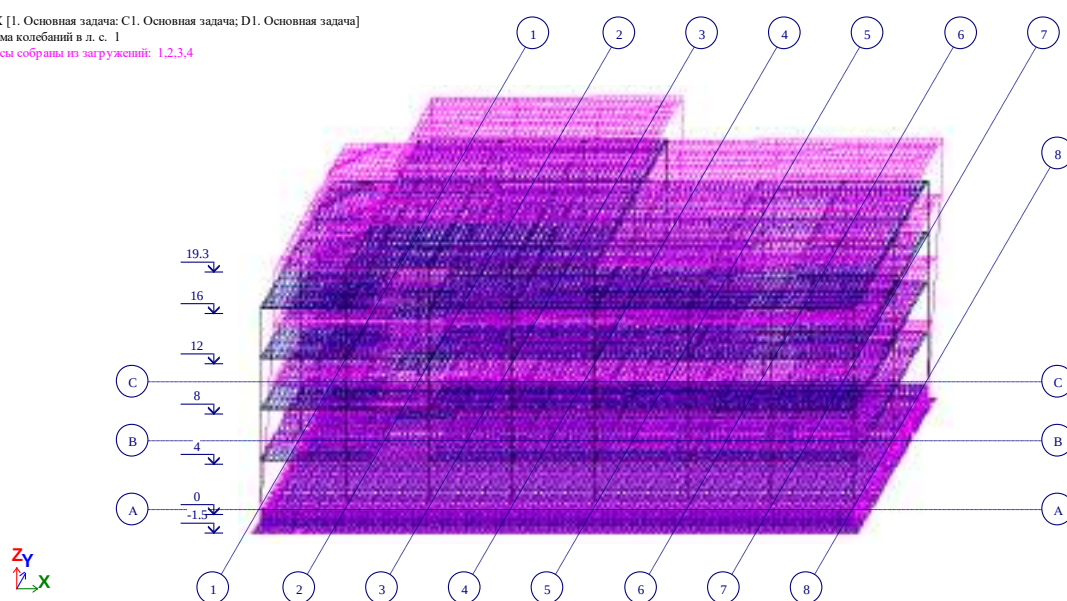


Рис. 4.3 5.EX [1. Основная задача: C1. Основная задача]

5.EX [1. Основная задача: C1. Основная задача; D1. Основная задача]
 Форма колебаний в л. с. 1
 Массы собраны из нагрузок: 1,2,3,4

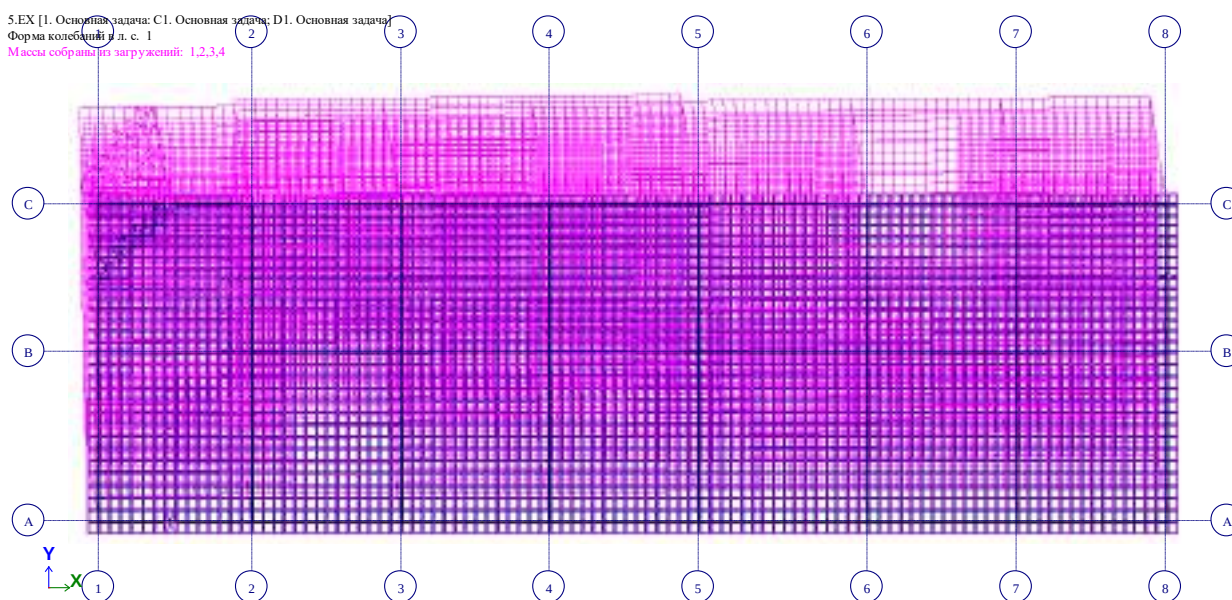


Рис. 4.4 5.EX [1. Основная задача: C1. Основная задача(2)]

5.EX [1. Основная задача: C1. Основная задача; D1. Основная задача]
 Форма колебаний в л. с. 1
 Массы собраны из нагрузок: 1,2,3,4

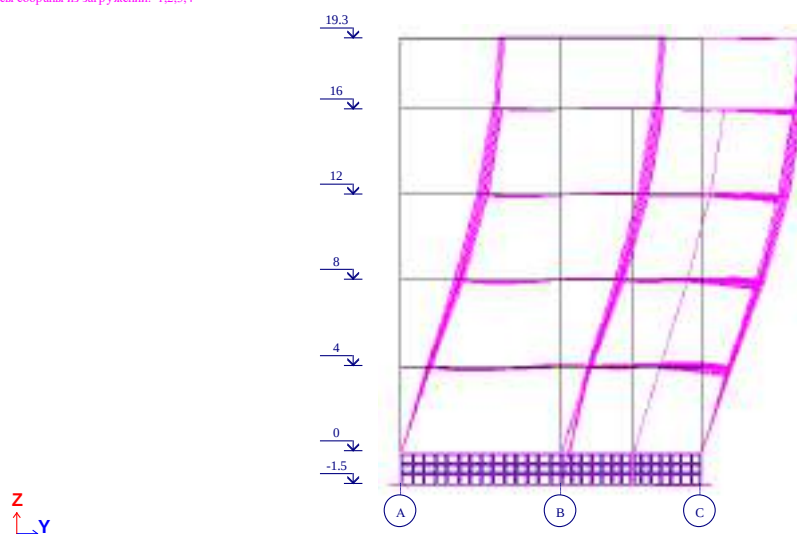


Рис. 4.5 5.EX [1. Основная задача: C1. Основная задача(3)]

5.EX [1. Основная задача: C1. Основная задача; D1. Основная задача]
 Форма колебаний в л. с. 2
 Массы собраны из нагрузок: 1,2,3,4

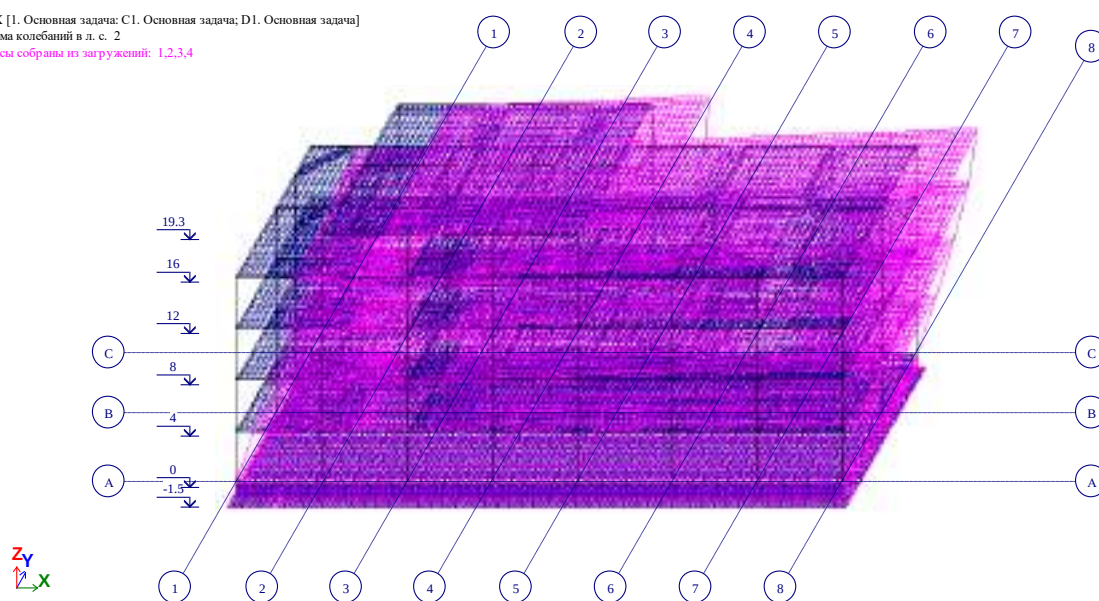


Рис. 4.6 6.EY [1. Основная задача: C1. Основная задача]

5.EX [1. Основная задача: C1. Основная задача; D1. Основная задача]
 Форма колебаний в л. с. 2
 Массы собраны из нагрузок: 1,2,3,4

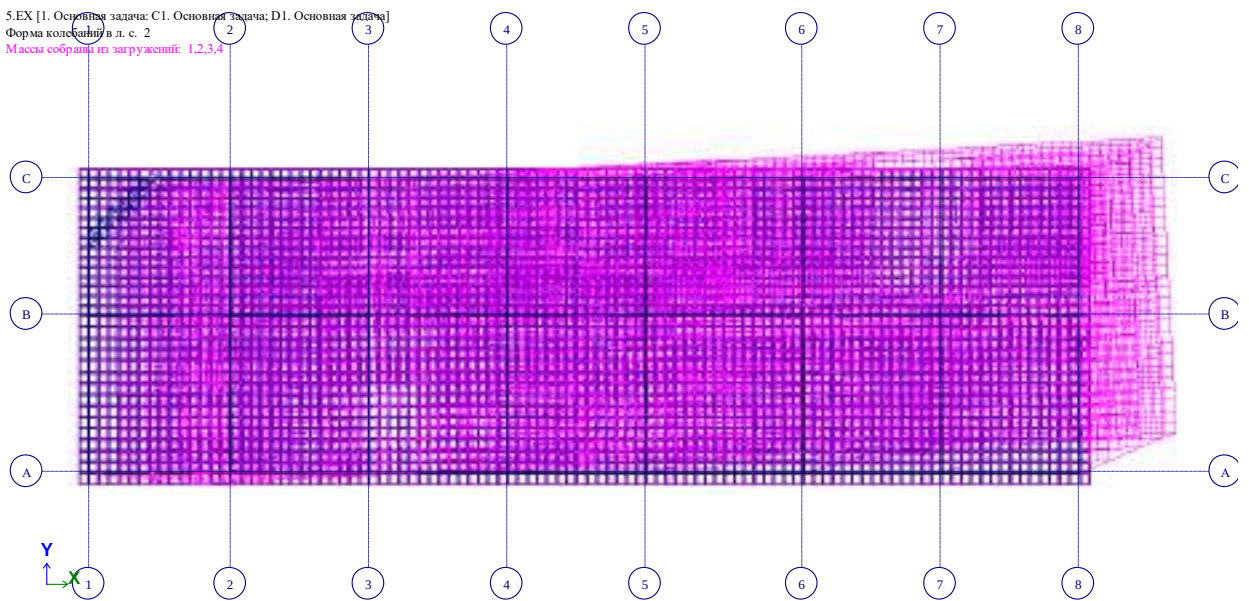


Рис. 4.7 6.EY [1. Основная задача: C1. Основная задача(2)]

5.EX [1. Основная задача: C1. Основная задача; D1. Основная задача]
 Форма колебаний в л. с. 2
 Массы собраны из нагрузок: 1,2,3,4

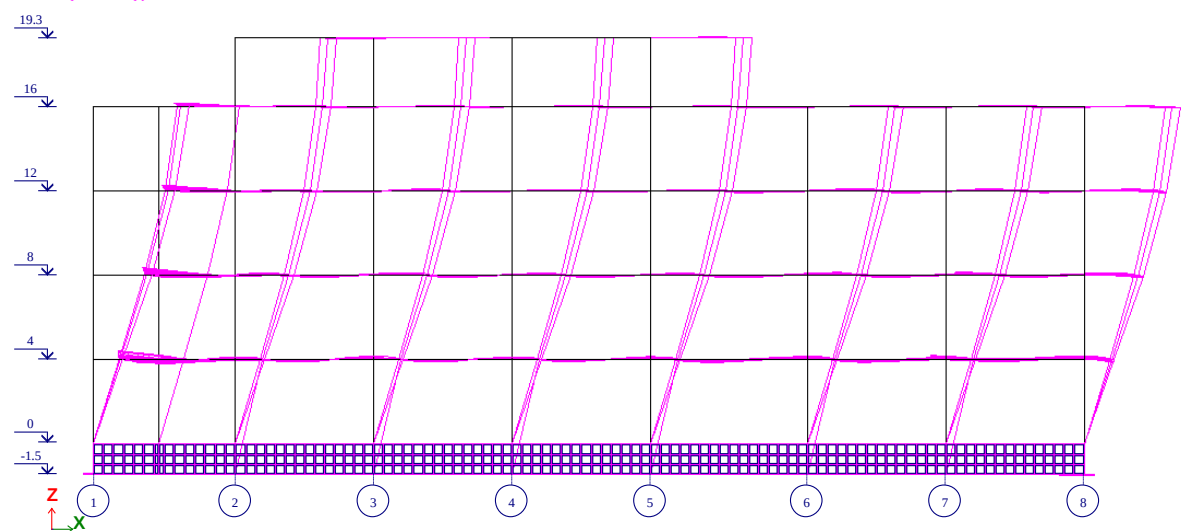


Рис. 4.8 6.EY [1. Основная задача: C1. Основная задача(3)]

Согласно КМК 2.01.07-96 по таблице 19 п. 2а, вертикальные предельные прогибы для покрытий и перекрытий, открытых для обзора, не должны превышать расчетного пролета.

[illegible]

35

5 АРМИРОВАНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

ОПИСАНИЕ ТАБЛИЦ РЕЗУЛЬТАТОВ

Если подбор арматуры осуществлялся для унифицированных групп элементов, для конструктивных элементов и унифицированных групп конструктивных элементов, то формируется таблица в которую заносится информация об составе:

- Номер УКОЕ – номера унифицированных групп конструктивных элементов;
- Номер КОЕ – номера конструктивных элементов;
- Номер УГ – номера унифицированных групп элементов;
- ВИД – символьное обозначение (С – стержень; К – колонна; Б – балка; Т – балка-стенка;
- П – плита; О – оболочка);
- НОМЕРА ЭЛЕМЕНТОВ В РАСЧЕТНОЙ СХЕМЕ – номера элементов, входящих в унифицированную группу или в конструктивный элемент.

Таблица результатов подбора арматуры:

- ЭЛЕМЕНТ – номер элемента в расчетной схеме;
- СЕЧЕНИЕ – номер армируемого сечения стержневого элемента;

В этой же графе буквой 'С' обозначается симметричное армирование, а буквой 'Н' обозначается несимметричное армирование.

Знаком '*' отмечена арматура обусловленная кручением.

- ПРОДОЛЬНАЯ АРМАТУРА – площади подобранной продольной арматуры и процент армирования.

Для стержней (см²):

- AU1 – площадь угловой нижней продольной арматуры (в левом нижнем угле сечения);
- AU2 – площадь угловой нижней продольной арматуры (в правом нижнем угле сечения);
- AU3 – площадь угловой верхней продольной арматуры (в левом верхнем угле сечения);
- AU4 – площадь угловой верхней продольной арматуры (в правом верхнем угле сечения);
- AS1 – площадь нижней продольной арматуры;
- AS2 – площадь верхней продольной арматуры;
- AS3 – площадь боковой продольной арматуры (у левой кромки сечения);
- AS4 – площадь боковой продольной арматуры (у правой кромки сечения);

Для пластин (см²/пм):

- AS1 – площадь нижней арматуры по направлению X;
- AS2 – площадь верхней арматуры по направлению X;
- AS3 – площадь нижней арматуры по направлению Y;
- AS4 – площадь верхней арматуры по направлению Y

Схема армирования элементов

Прямоугольные элементы	
Симметричное	Несимметричное
Элементы пластин	

ПОПЕРЕЧНАЯ АРМАТУРА - площади поперечной арматуры при шагах 10,20 см
Для стержней (см2):

- *ASW1 – вертикальная поперечная арматура;*
- *ASW2 – горизонтальная поперечная арматура;*

Для пластин (см²/пм):

- *ASW1 – поперечная арматура по направлению X;*
- *ASW2 – поперечная арматура по направлению Y;*
- *ШИРИНА РАСКРЫТИЯ ТРЕЩИН – ширина кратковременного и длительного раскрытия трещин (мм).*

Результаты подбора арматуры заносятся в две строки (для стержней может быть три):

- СТРОКА 1 – полная арматура, подобранная по I и II группам предельных состояний
- СТРОКА 2 – арматура, подобранная по I группе предельных состояний
- СТРОКА 3 – арматура обусловленная кручением (для стержней и отмечена знаком ‘*’)

3.1 Правила знаков при чтении результатов МКЭ-расчета

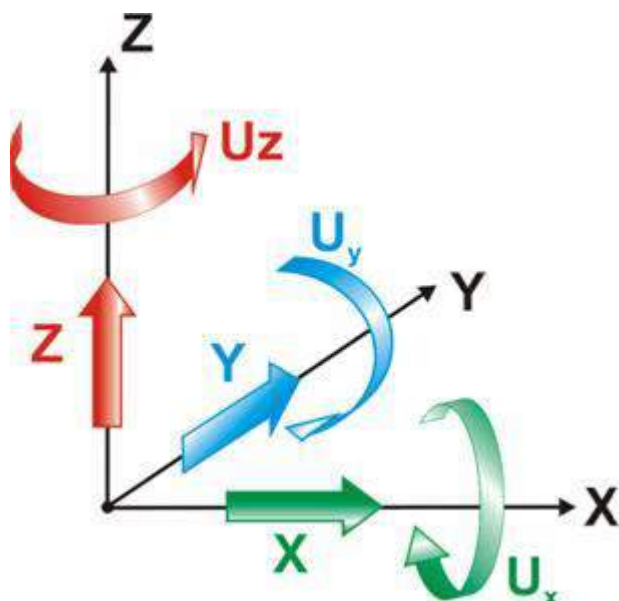


Рис. 3.1 Правила знаков перемещений

Примечания

Линейные перемещения положительны, если они направлены вдоль соответствующих осей глобальной системы координат. Угловые перемещения (повороты) положительны, если они вращают узел против часовой стрелки, если смотреть с конца соответствующих осей глобальной системы координат.

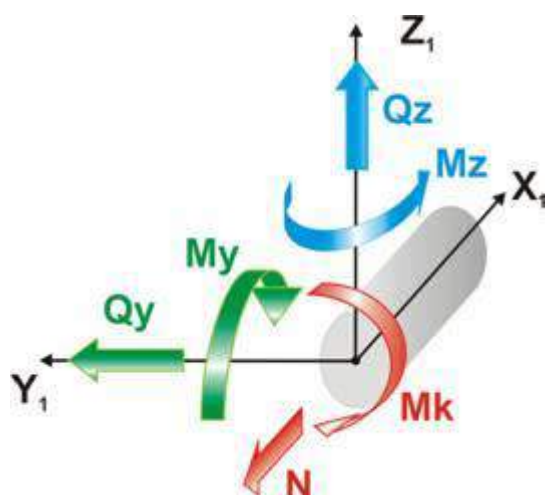


Рис. 3.2 Правила знаков усилий в стержнях

Примечания

N – Осевое усилие, положительный знак усилия соответствует растяжению.

M_k – Крутящий момент относительно оси X_1 , положительный знак соответствует действию против часовой стрелки, если смотреть с конца оси X_1 , на сечение, принадлежащее концу стержня.

M_y – Изгибающий момент относительно оси Y_1 , положительный знак соответствует растяжению нижнего волокна относительно направления оси Z_1 .

Q_z – Перерезывающая сила вдоль оси Z_1 , усилие положительного знака сонаправлено оси Z_1 для сечения, принадлежащего концу стержня.

M_z – Изгибающий момент относительно оси Z_1 , положительный знак соответствует действию против часовой стрелки, если смотреть с конца оси Z_1 на сечение, принадлежащее концу стержня.

Q_y – Перерезывающая сила вдоль оси Y_1 , усилие положительного знака сонаправлено оси Y_1 для сечения, принадлежащего концу стержня.

Размерности сил N , Q_z , Q_y – $[F]$, моментов M_k , M_y , M_z – $[F \cdot L]$, где F – размерность силы, L – размерность длины.

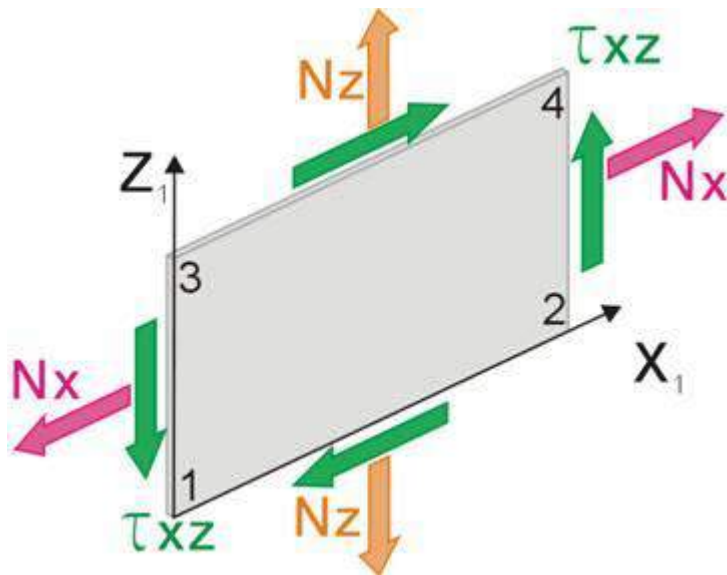


Рис. 3.3 Правила знаков усилий в балках-стенках

Примечания

N_x – Нормальное напряжение вдоль оси X_1 . Положительный знак соответствует растяжению.

N_z – Нормальное напряжение вдоль оси Z_1 . Положительный знак соответствует растяжению.

T_{xz} – Сдвигающее напряжение. Положительный знак соответствует удлинению диагонали 1-4 четырехугольного КЭ или медианы треугольного КЭ, выходящей из узла 1.

Размерности напряжений – $[F/L^2]$, где F – размерность силы, L – размерность длины.

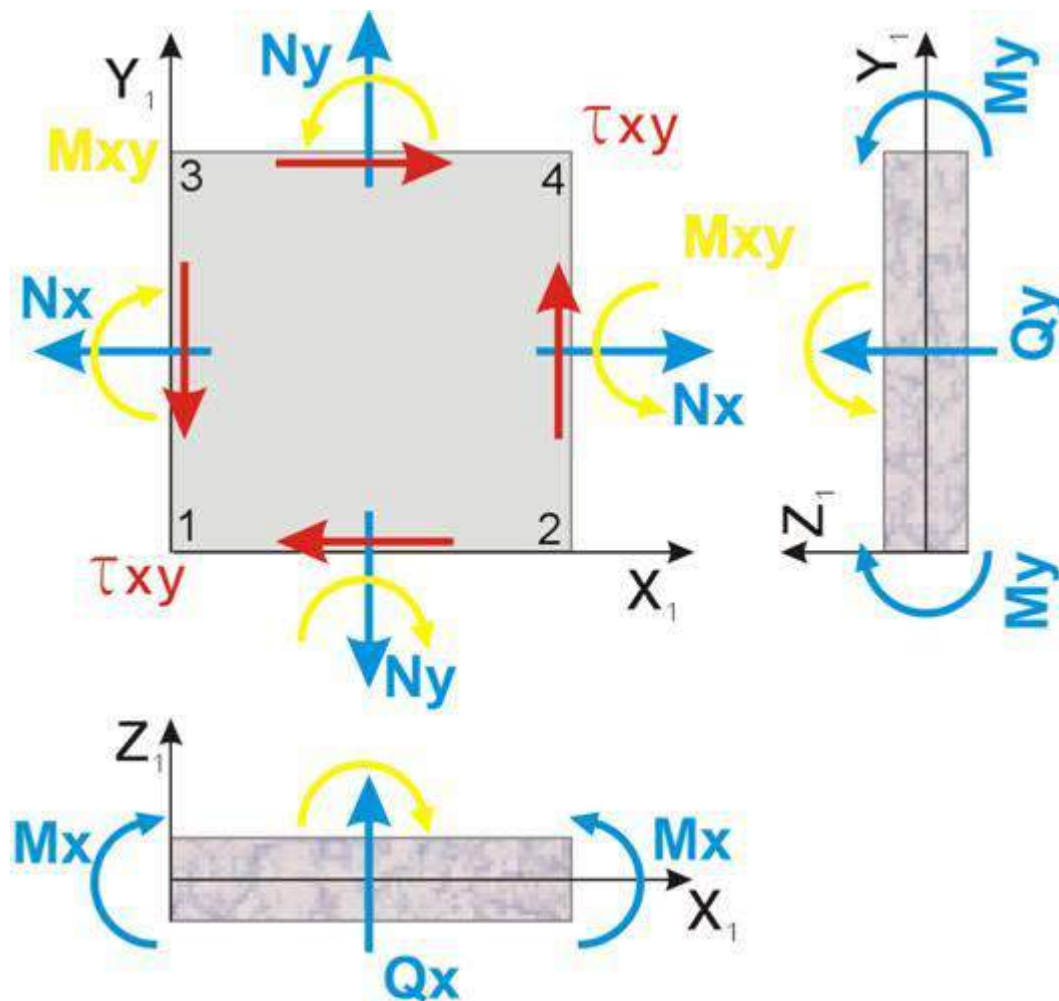


Рис. 3.4 Правила знаков усилий в оболочках

Примечания

N_x – Нормальное напряжение вдоль оси $X1$. Положительный знак соответствует растяжению.

N_y – Нормальное напряжение вдоль оси $Y1$. Положительный знак соответствует растяжению.

T_{xy} – Сдвигающее напряжение. Положительный знак соответствует удлинению диагонали 1–4 четырехугольного КЭ или медианы треугольного КЭ, выходящей из узла 1.

M_x – Момент, действующий на сечение, ортогональное оси $X1$. Положительный знак соответствует растяжению нижнего относительно оси $Z1$ волокна.

M_y – Момент, действующий на сечение, ортогональное оси $Y1$. Положительный знак соответствует растяжению нижнего относительно оси $Z1$ волокна.

M_{xy} – Крутящий момент. Положительный знак соответствует кривизне диагонали 1–4 (или медианы, выходящей из узла 1), направленной относительно оси $Z1$ выпуклостью вниз.

Q_x – Перерезывающая сила вдоль оси $Z1$ в сечении, ортогональном оси $X1$. Усилие положительного знака сонаправлено оси $Z1$ на той части КЭ, в которой отсутствует узел 1.

Q_y – Перерезывающая сила вдоль оси $Z1$ в сечении, ортогональном оси $Y1$. Усилие положительного знака сонаправлено оси $Z1$ на той части КЭ, в которой отсутствует узел 1.

R_z – Давление на грунт. Положительный знак соответствует растяжению грунта.

Размерности напряжений N_x , N_y , T_{xy} – $[F/L^2]$; моментов M_x , M_y , M_{xy} – $[F \cdot L/L]$; сил Q_x , Q_y – $[F/L]$; давления

R_z – $[F/L^2]$, где F – размерность силы L – размерность длины.

5.1 Арматура: пояснительная записка

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

ОПИСАНИЕ ТАБЛИЦ РЕЗУЛЬТАТОВ

Если подбор арматуры осуществлялся для унифицированных групп элементов, для конструктивных элементов

и унифицированных групп конструктивных элементов, то формируется таблица в которую заносится информация о составе:

Номер УКОЕ – номера унифицированных групп конструктивных элементов;

Номер КОЕ – номера конструктивных элементов;

Номер УГ – номера унифицированных групп элементов;

ВИД – символьное обозначение (С – стержень; К – колонна; Б – балка; Т – балка-стенка;

П – плита; О – оболочка);

НОМЕРА ЭЛЕМЕНТОВ В РАСЧЕТНОЙ СХЕМЕ – номера элементов, входящих в унифицированную группу или

в

конструктивный элемент.

Таблица результатов подбора арматуры:

ЭЛЕМЕНТ – номер элемента в расчетной схеме;

СЕЧЕНИЕ – номер армируемого сечения стержневого элемента;

Буквой 'С' обозначается симметричное армирование, а буквой 'Н' – несимметричное.

Знаком '*' ('1*', '2*', '3*') отмечена арматура обусловленная кручением.

Знаком 'f+' отмечена арматура подобранная с учетом огнестойкости.

Знаком '^' арматура подобранная по сочетаниям прогрессирующего разрушения

ПРОДОЛЬНАЯ АРМАТУРА – площади подобранной продольной арматуры и процент армирования.

Для стержней (см²):

AU1 – площадь угловой нижней продольной арматуры (в левом нижнем угле сечения);

AU2 – площадь угловой нижней продольной арматуры (в правом нижнем угле сечения);

AU3 – площадь угловой верхней продольной арматуры (в левом верхнем угле сечения);

AU4 – площадь угловой верхней продольной арматуры (в правом верхнем угле сечения);

AS1 – площадь нижней продольной арматуры;

AS2 – площадь верхней продольной арматуры;

AS3 – площадь боковой продольной арматуры (у левой грани сечения);

AS4 – площадь боковой продольной арматуры (у правой грани сечения);

Для пластин (см²/мм):

AS1 – площадь нижней арматуры по направлению X ;

AS2 – площадь верхней арматуры по направлению X;
 AS3 – площадь нижней арматуры по направлению Y;
 AS4 – площадь верхней арматуры по направлению Y;
 ПОПЕРЕЧНАЯ АРМАТУРА – площади поперечной арматуры при шагах 15,20,30 см
 Для стержней (см²):
 ASW1 – вертикальная поперечная арматура;
 ASW2 – горизонтальная поперечная арматура;
 Для пластин (см²/мм):
 ASW1 – поперечная арматура по направлению X;
 ASW2 – поперечная арматура по направлению Y;
 ШИРИНА РАСКРЫТИЯ ТРЕЩИН – ширина кратковременного и длительного раскрытия трещин (мм).
 Результаты подбора арматуры заносятся в строки :
 СТРОКА 1 – полная арматура, подобранная по I и II группам предельных состояний
 СТРОКА 2 – арматура, подобранная по I группе предельных состояний
 СТРОКА 3 (4, 5) – арматура обусловленная кручением (для стержней и отмечена знаком ‘*’)
 СТРОКА 4 (6) – арматура подобранная с учетом огнестойкости (отмечена знаком ‘f+’)
 СТРОКА – арматура подобранная по сочетаниям прогрессирующего разрушения (отмечена знаком ‘^’)
 Для норм СП 63.13330.2012/2018 арматура от кручения выдается для каждой грани сечения.
 (Подобранная арматура от кручения не входит в результаты полной арматуры.)

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ МОДУЛЕЙ АРМИРОВАНИЯ

Модуль “СТЕРЖЕНЬ” – косое внецентренное нагружение с кручением. Модуль выполняет подбор арматуры при наличии в сечениях стержня:

- нормальной силы (сжатие или растяжение) N;
- крутящего момента M_k;
- изгибающих моментов в двух плоскостях M_y, M_z;
- перерезывающих сил Q_z, Q_y.

Выполняется расчет по предельным состояниям первой и второй группы (прочность и трещиностойкость).
 Армируемые сечения: прямоугольное, тавровое, двутавровое, коробчатое, круглое, кольцевое, крестовое, уголкового, тавровое со смещенной полкой, сталежелезобетонные сечения.

По желанию пользователя может быть выбран алгоритм подбора арматуры.

- Алгоритм дискретной арматуры с приоритетным расположением стержней в угловых зонах сечения.

Режим “выделять угловые стержни”.

- Алгоритм распределенной арматуры с равномерным расположением расчетных площадей арматуры вдоль нижней и верхней стороны сечения (“размазанная” арматура). Режим “не выделять угловые стержни”

Данный алгоритм не допускается: при расчете пространственного стержня; при наличии арматуры, обусловленной действием крутящего момента; в двутавровом сечении; при преобладающем моменте M_z. По желанию может быть получено симметричное и несимметричное армирование относительно оси Y или Z.

Подбор поперечной арматуры осуществляется исходя из величины перерезывающей силы по направлениям Y и Z на единицу длины. Результаты подбора поперечной арматуры – площадь арматуры по направлениям Y и Z при шагах 15, 20, 30 см.

Для подобранной арматуры по условиям трещиностойкости определяется ширина продолжительного и кратковременного раскрытия трещин. Ширина раскрытия трещин определяется по направлениям Z и Y. В таблицу результатов заносится большее значение.

При подборе арматуры обусловленной кручением для сечений типов тавр, двутавр, крест, уголок возможно получить результаты отдельно для стенок и полок – многоконтурность

Модуль “ОБОЛОЧКА” предназначен для подбора арматуры тонкостенных железобетонных элементов, в которых действуют изгибающие и крутящие моменты, осевые и перерезывающие силы (элементы оболочки). Подбор продольной арматуры осуществлен исходя из условий прочности и трещиностойкости

по направлениям X и Y на один погонный метр.

В таблице результатов в первую строку заносятся полные результаты подбора арматуры (по условиям трещиностойкости, прочности, огнестойкости), во вторую – по условиям прочности, в третью – арматура подобранная с учетом огнестойкости.

Результаты подбора продольной арматуры:

$AS1$ – площадь нижней арматуры по направлению X ($\text{см}^2/\text{м}$);

$AS2$ – площадь верхней арматуры по направлению X ($\text{см}^2/\text{м}$);

$AS3$ – площадь нижней арматуры по направлению Y ($\text{см}^2/\text{м}$);

$AS4$ – площадь верхней арматуры по направлению Y ($\text{см}^2/\text{м}$);

Подбор поперечной арматуры осуществляется исходя из величины перерезывающей силы по направлениям X

и Y на один погонный метр. Результаты подбора поперечной арматуры – площадь арматуры по направлениям

X и Y при шагах 15, 20, 30 см.

Для подобранной арматуры по условиям трещиностойкости определяется ширина продолжительного и кратковременного раскрытия трещин. Ширина раскрытия трещин определяется по направлениям X и Y , и в таблицу заносятся большее значение.

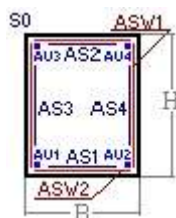


Рис. 5.1 Прямоугольник (несимметричная арматура)

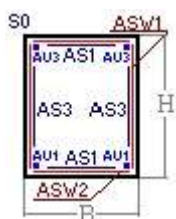


Рис. 5.2 Прямоугольник (симметричная арматура)

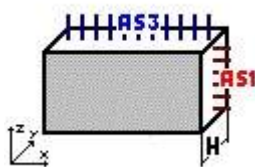


Рис. 5.3 Балка-стенка

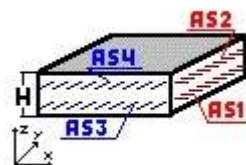


Рис. 5.4 Пластина/Оболочка

5.2 Армирование элементов фундамента

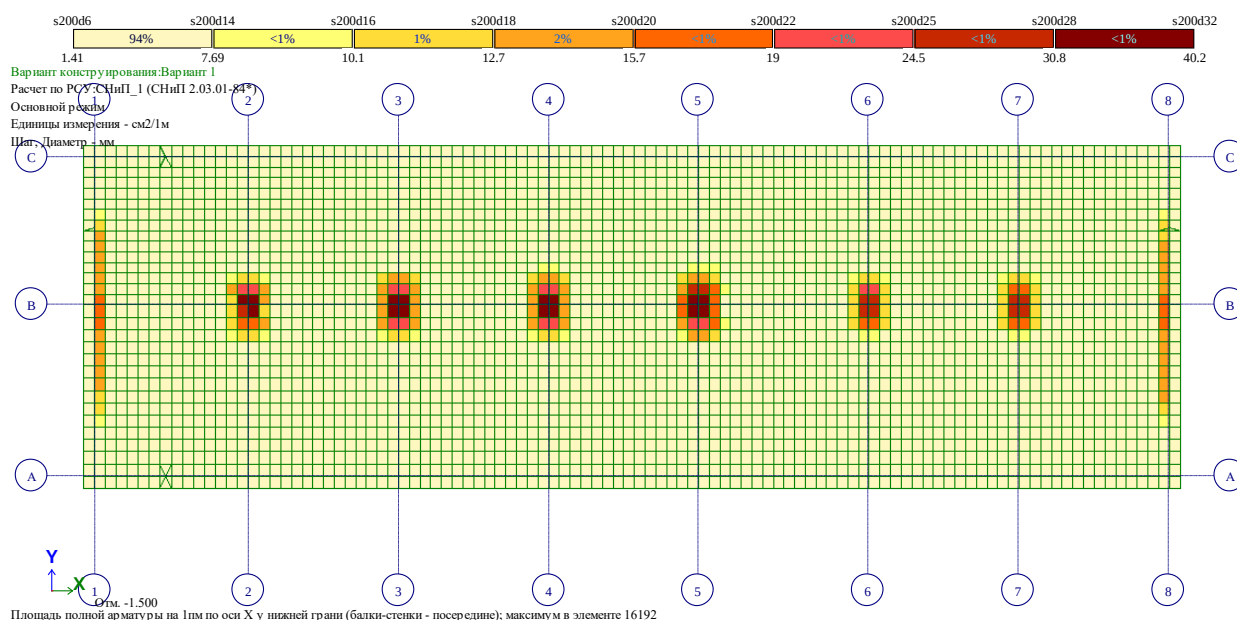


Рис. 5.5 Площадь полной арматуры на 1мм по оси X у нижней грани (балки-стенки - посередине)

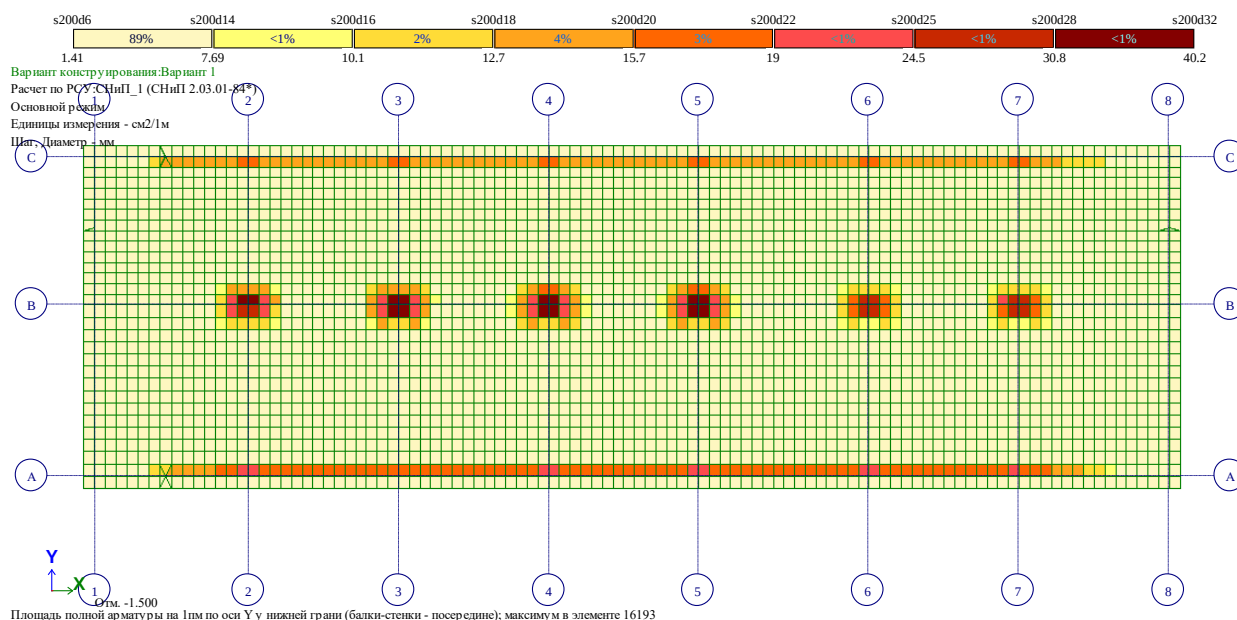


Рис. 5.6 Площадь полной арматуры на 1мм по оси Y у нижней грани (балки-стенки - посередине)

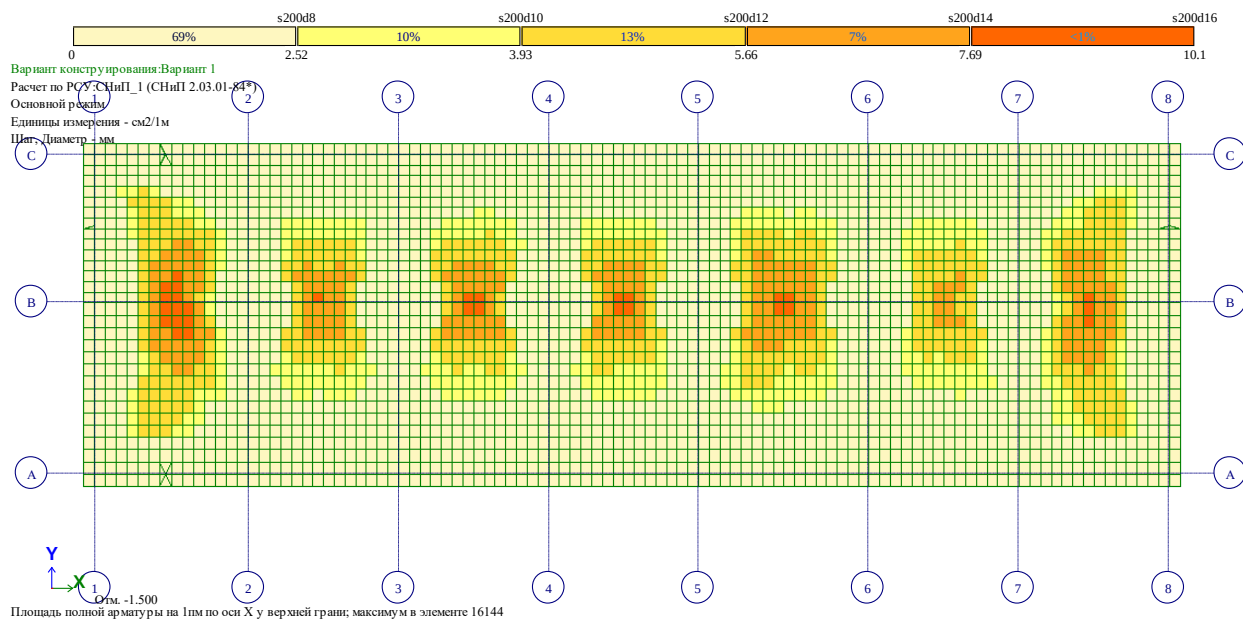


Рис. 5.7 Площадь полной арматуры на 1мм по оси X у верхней грани

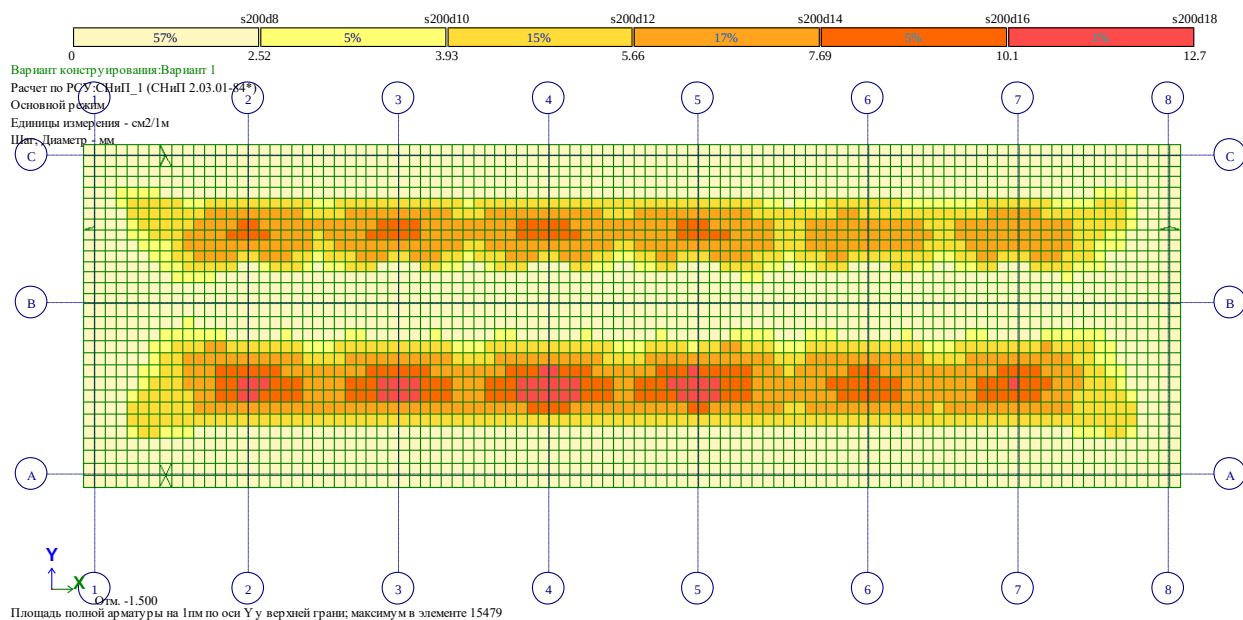


Рис. 5.8 Площадь полной арматуры на 1мм по оси Y у верхней грани

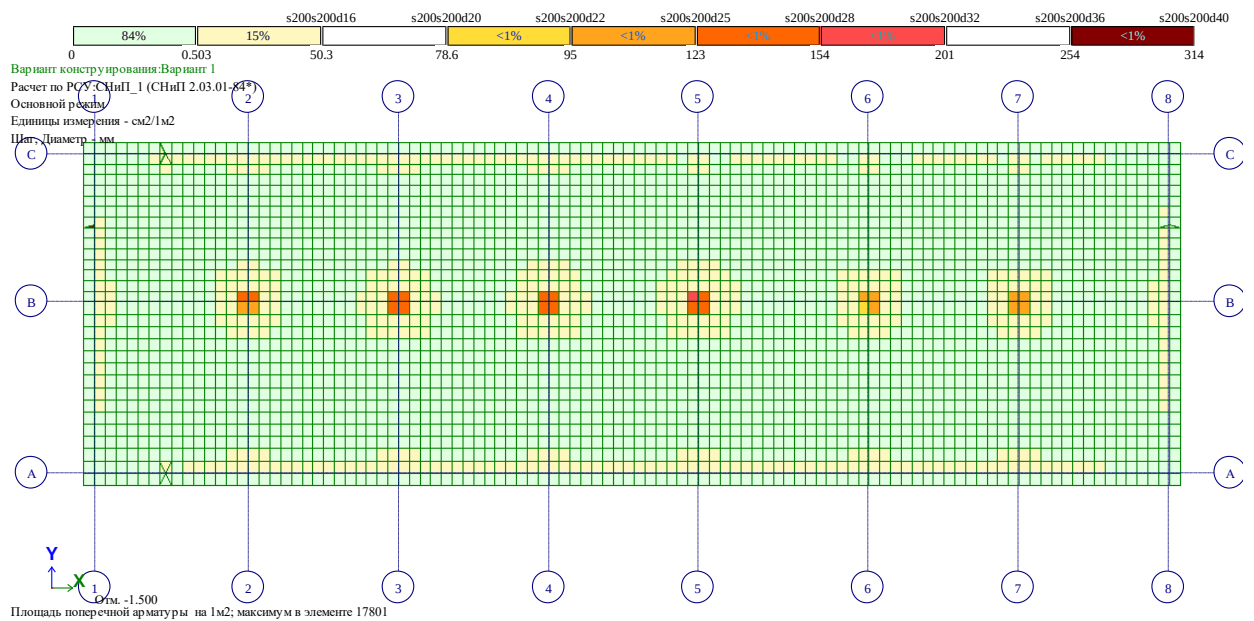


Рис. 5.9 Площадь поперечной арматуры на 1м²

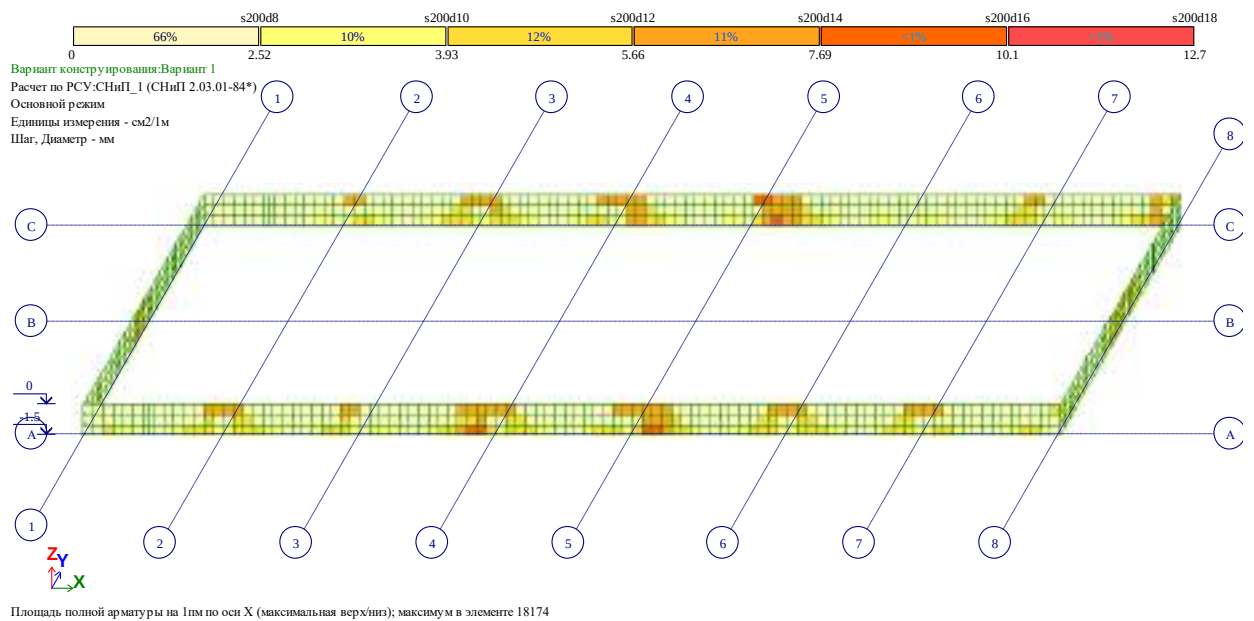


Рис. 5.10 Площадь полной арматуры на 1м по оси X (максимальная верх/низ)

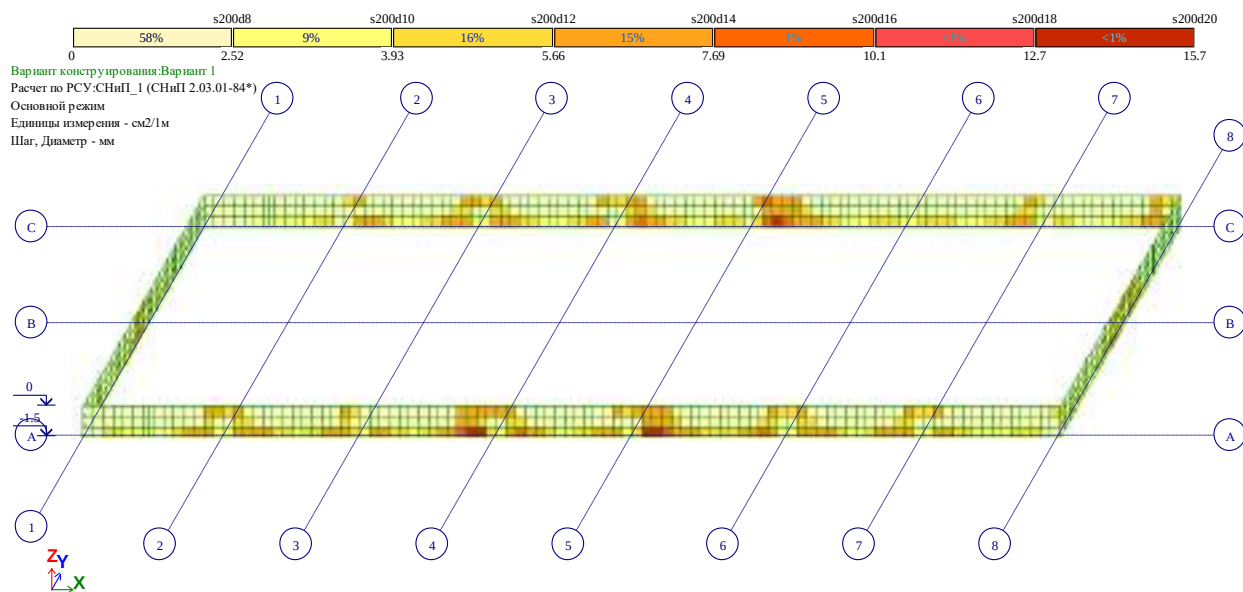


Рис. 5.11 Площадь полной арматуры на 1м по оси Y (максимальная верх/низ)

5.3 Армирование колонн каркаса

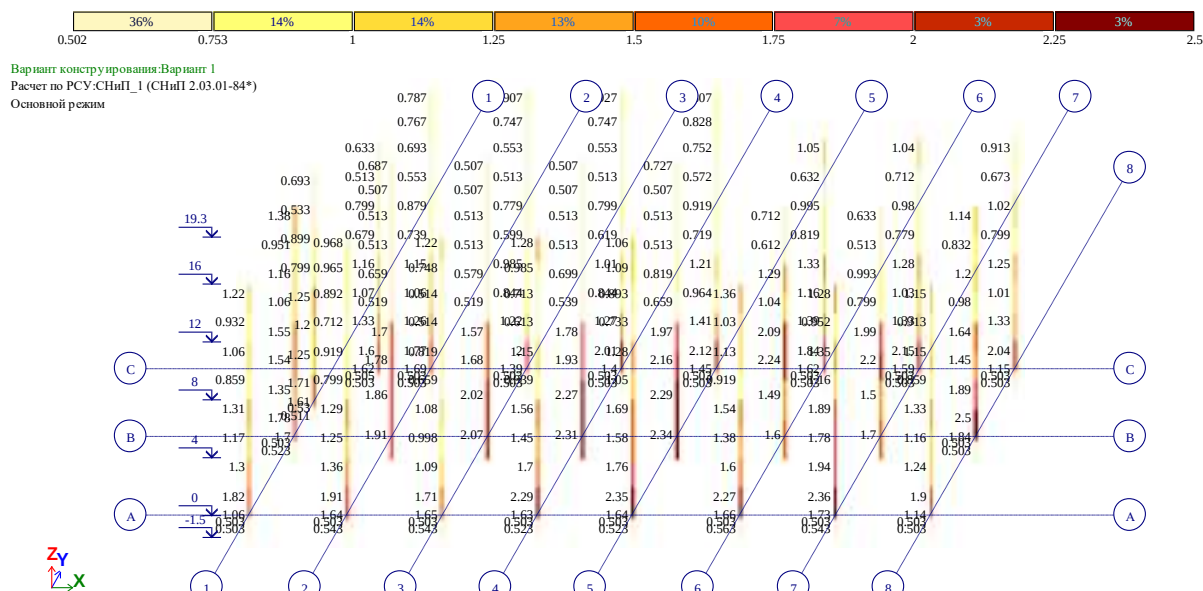


Рис. 5.12 Процент армирования (Площадь полной арматуры) Симметричное армирование. Максимум 2.50 в элементе 18268.

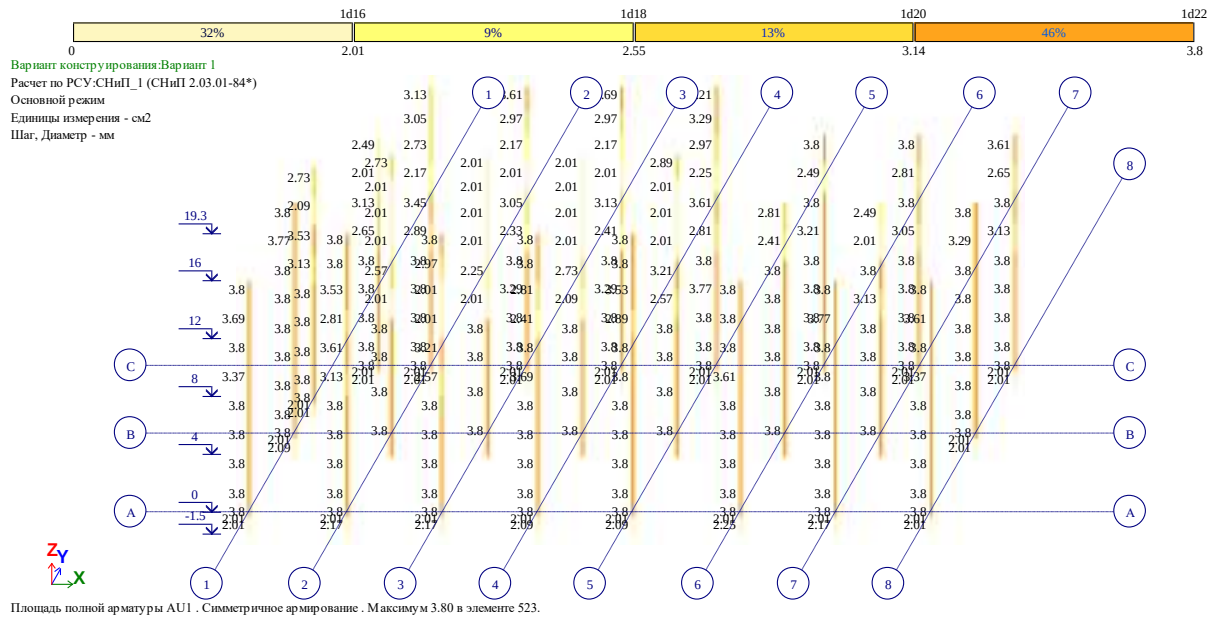


Рис. 5.13 Площадь полной арматуры AU1. Симметричное армирование. Максимум 3.80 в элементе 523.

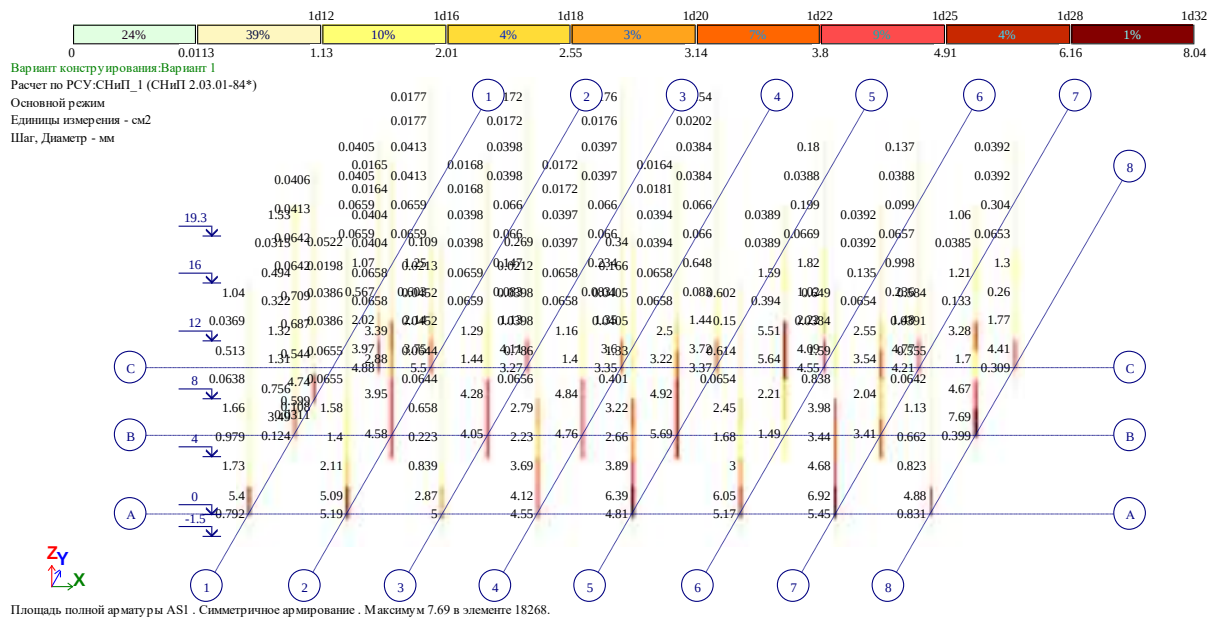


Рис. 5.14 Площадь полной арматуры AS1. Симметричное армирование. Максимум 7.69 в элементе 18268.

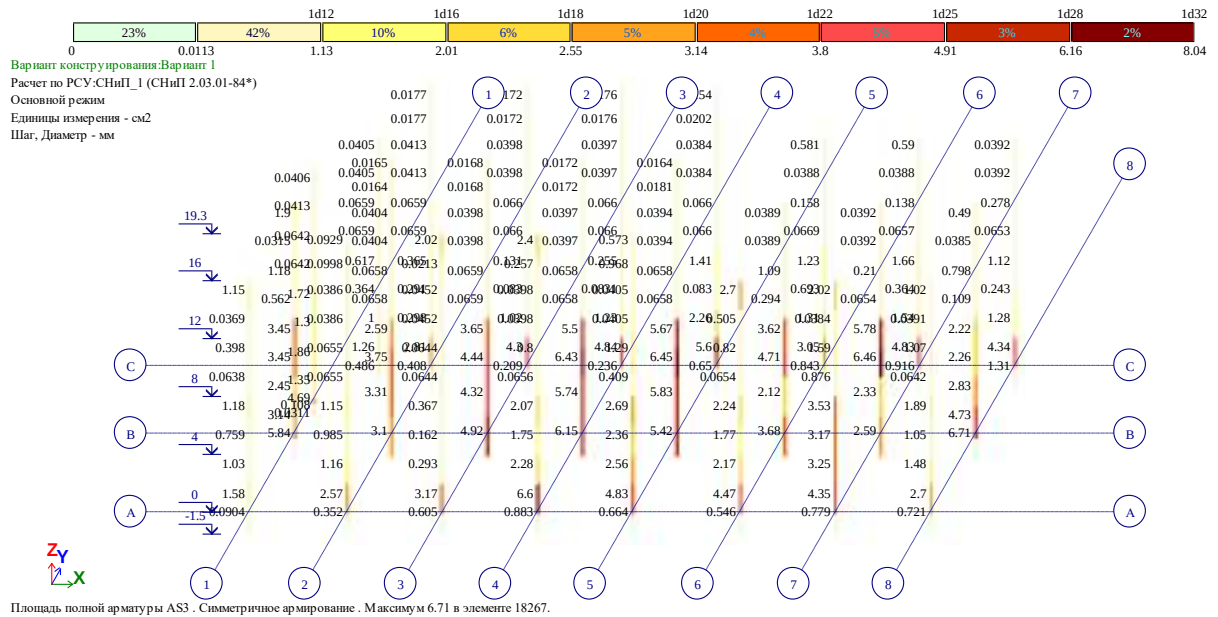


Рис. 5.15 Площадь полной арматуры AS3 . Симметричное армирование . Максимум 6.71 в элементе 18267.

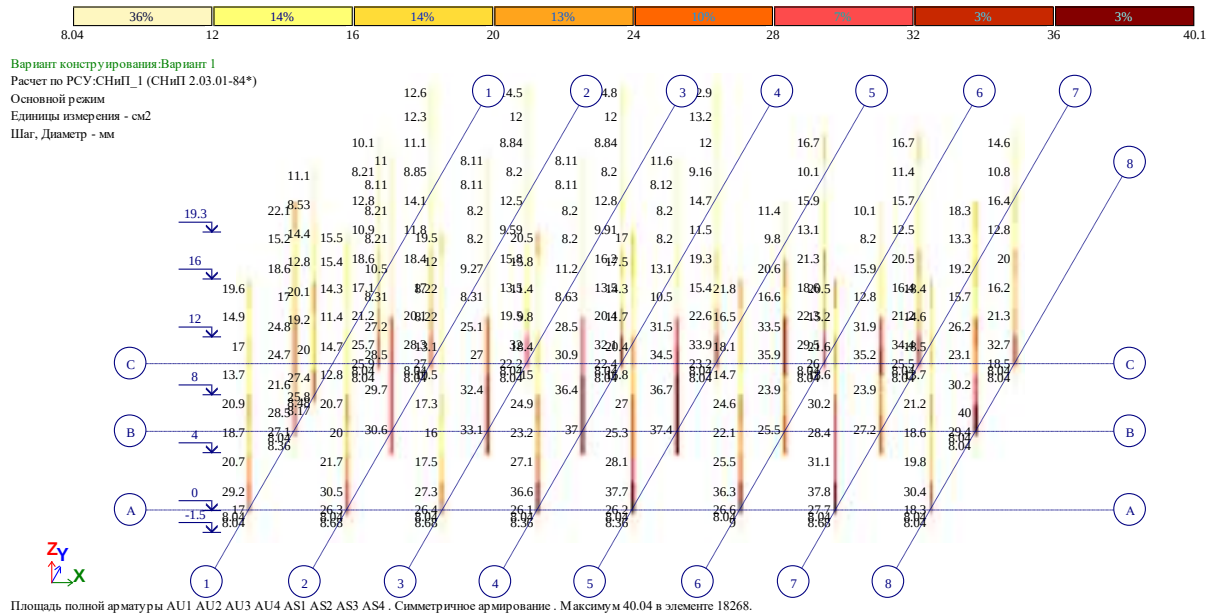


Рис. 5.16 Площадь полной арматуры AU1 AU2 AU3 AU4 AS1 AS2 AS3 AS4 . Симметричное армирование . Максимум 40.04 в элементе 18268.

5.4 Армирование ригелей

5.4.1 Армирование ригелей типового этажа

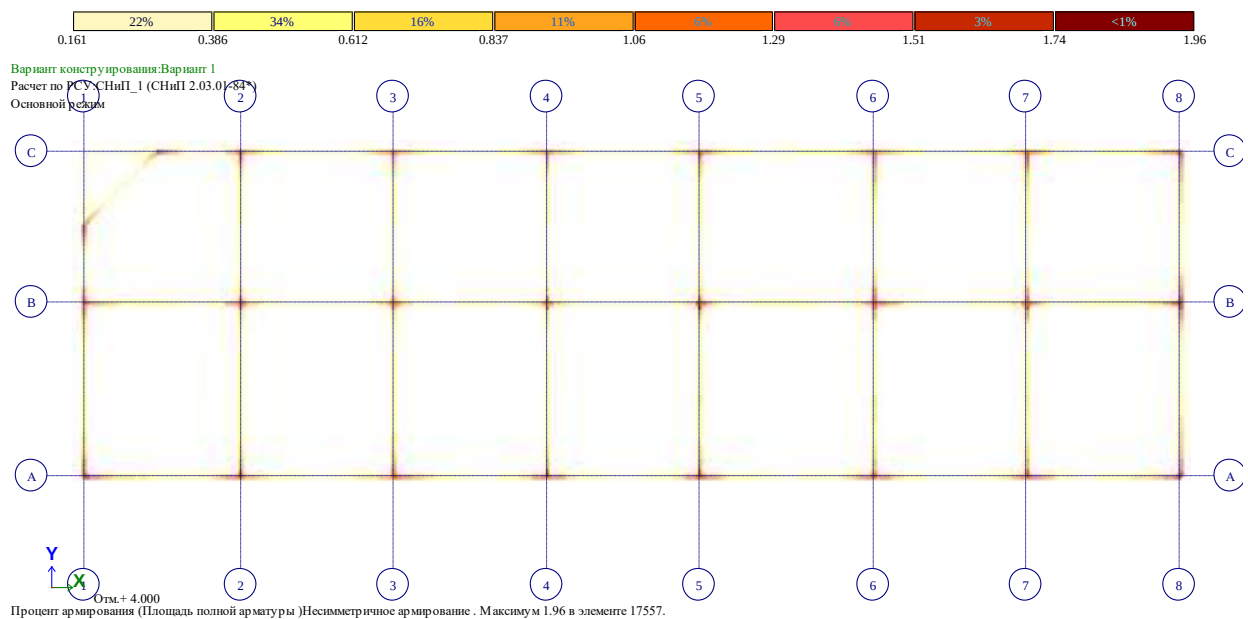


Рис. 5.17 Процент армирования (Площадь полной арматуры) Несимметричное армирование. Максимум 1.96 в элементе 17557.

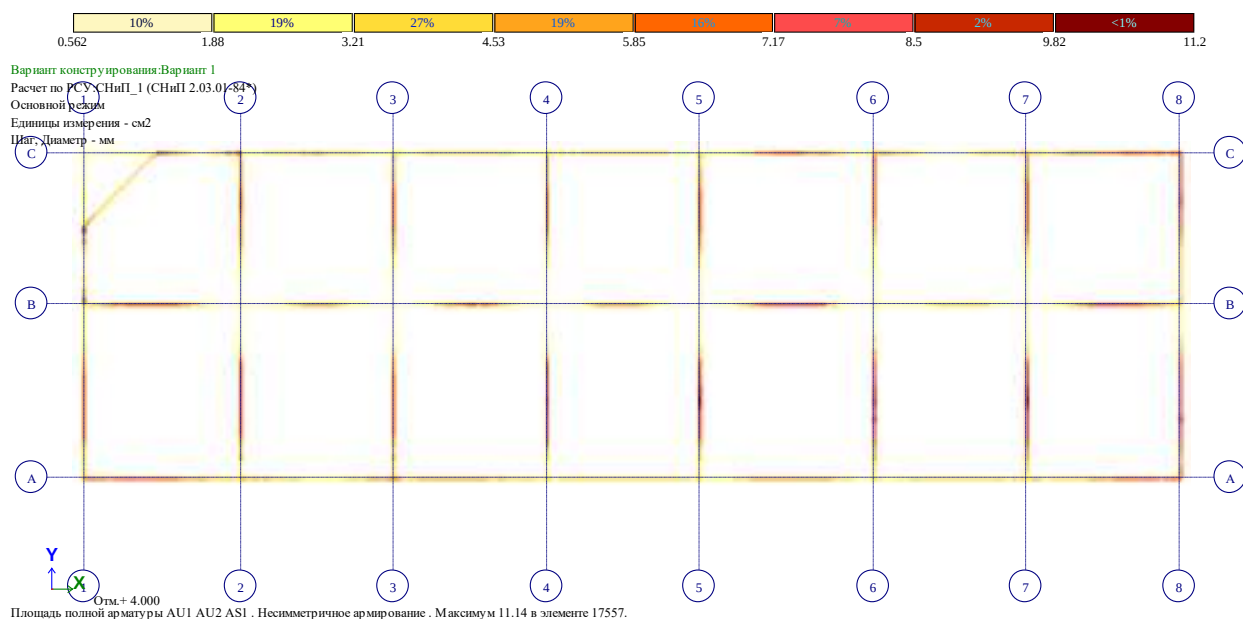


Рис. 5.18 Площадь полной арматуры AU1 AU2 AS1. Несимметричное армирование. Максимум 11.14 в элементе 17557.

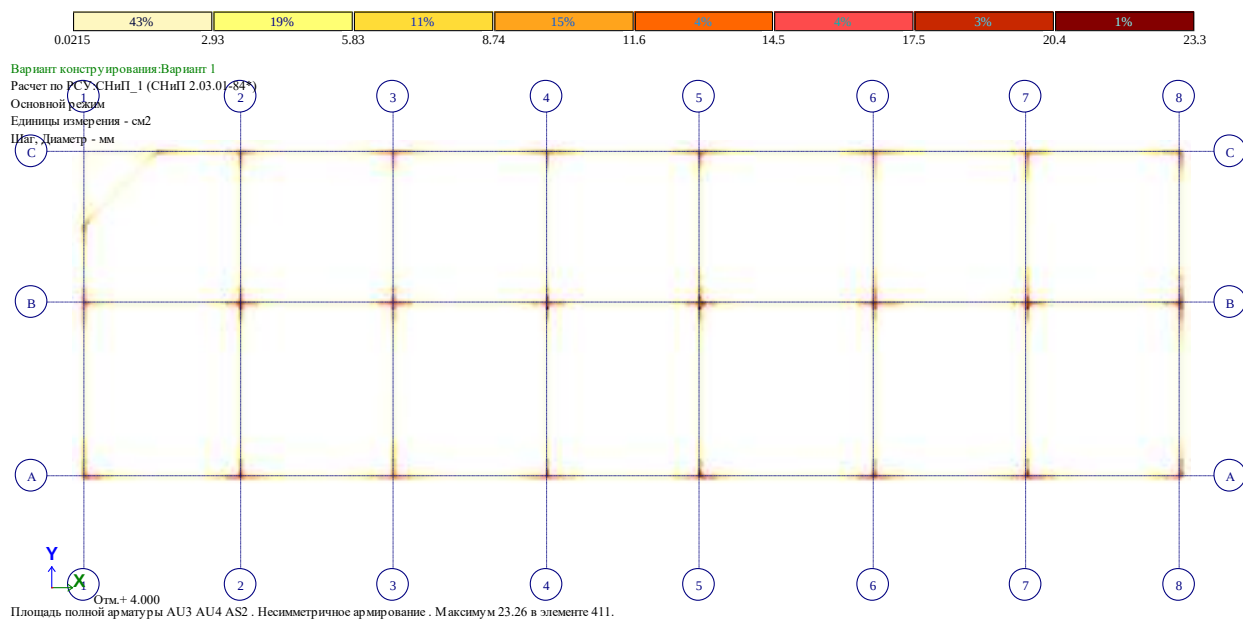


Рис. 5.19 Площадь полной арматуры AU3 AU4 AS2 . Несимметричное армирование . Максимум 23.26 в элементе 411.

5.4.2 Армирование ригелей на отметке +16.00

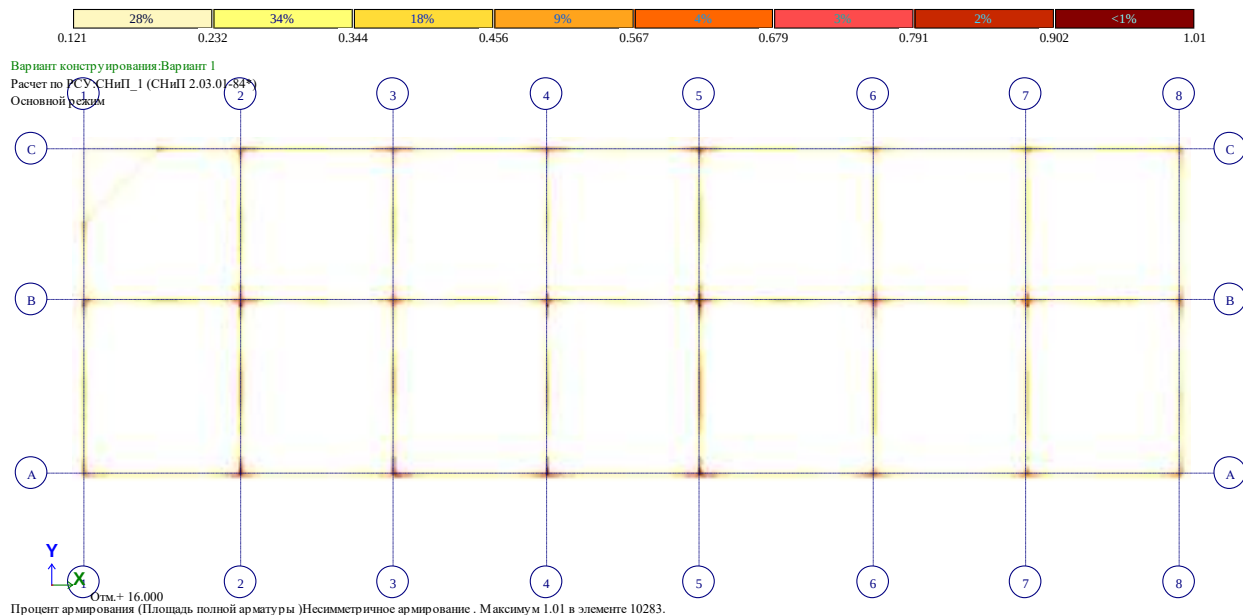


Рис. 5.20 Процент армирования (Площадь полной арматуры) Несимметричное армирование . Максимум 1.01 в элементе 10283.

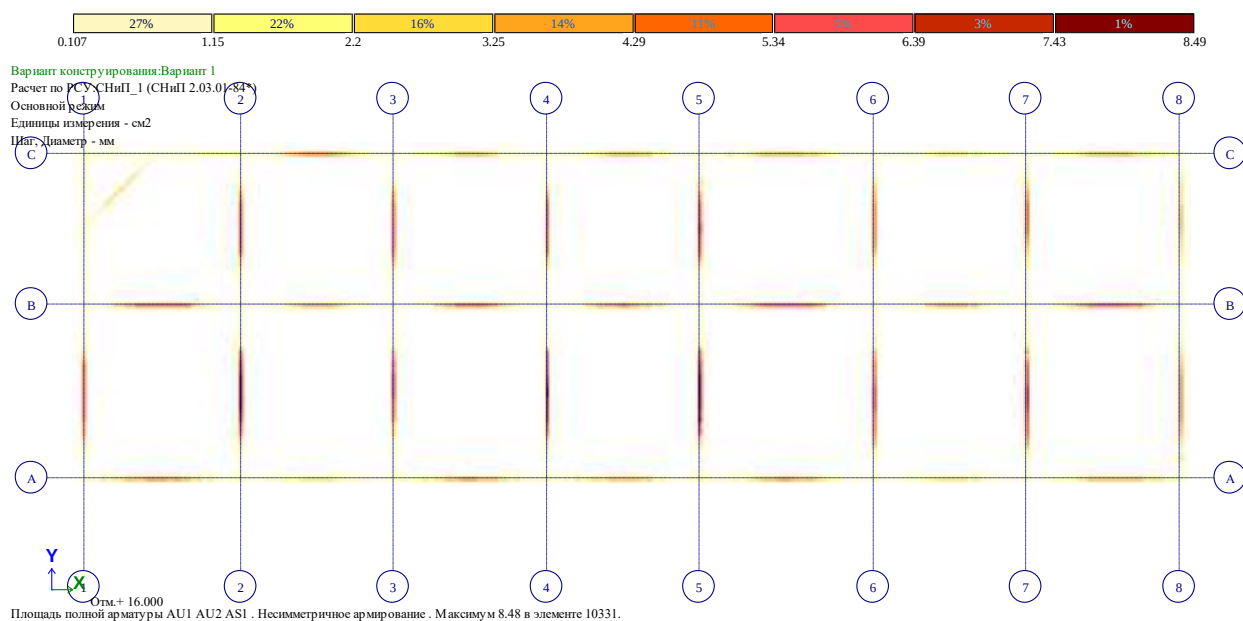


Рис. 5.21 Площадь полной арматуры AU1 AU2 AS1 . Несимметричное армирование . Максимум 8.48 в элементе 10331.

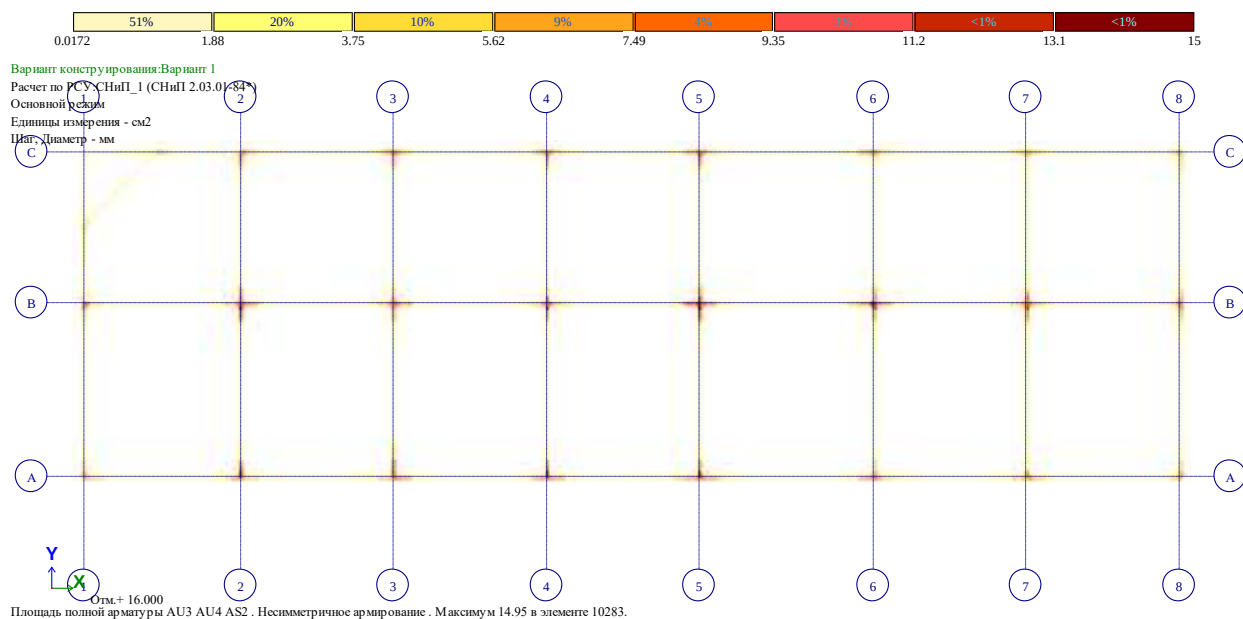


Рис. 5.22 Площадь полной арматуры AU3 AU4 AS2 . Несимметричное армирование . Максимум 14.95 в элементе 10283.

5.5 Армирование перекрытия

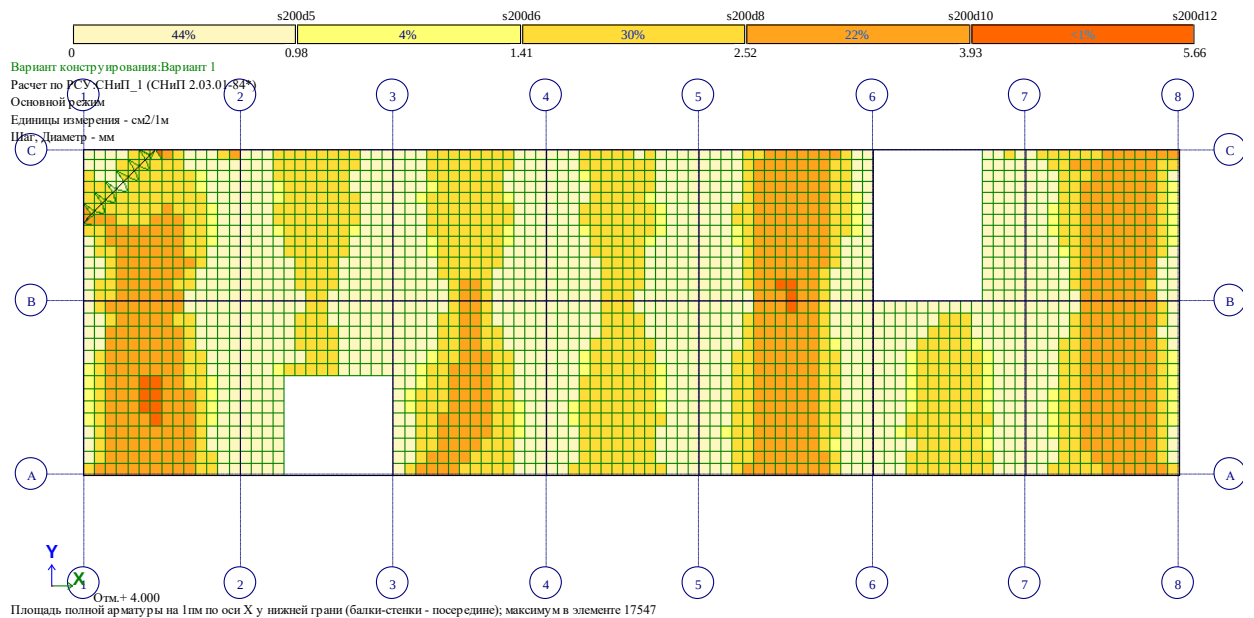


Рис. 5.23 Площадь полной арматуры на 1м по оси X у нижней грани (балки-стенки - посередине)

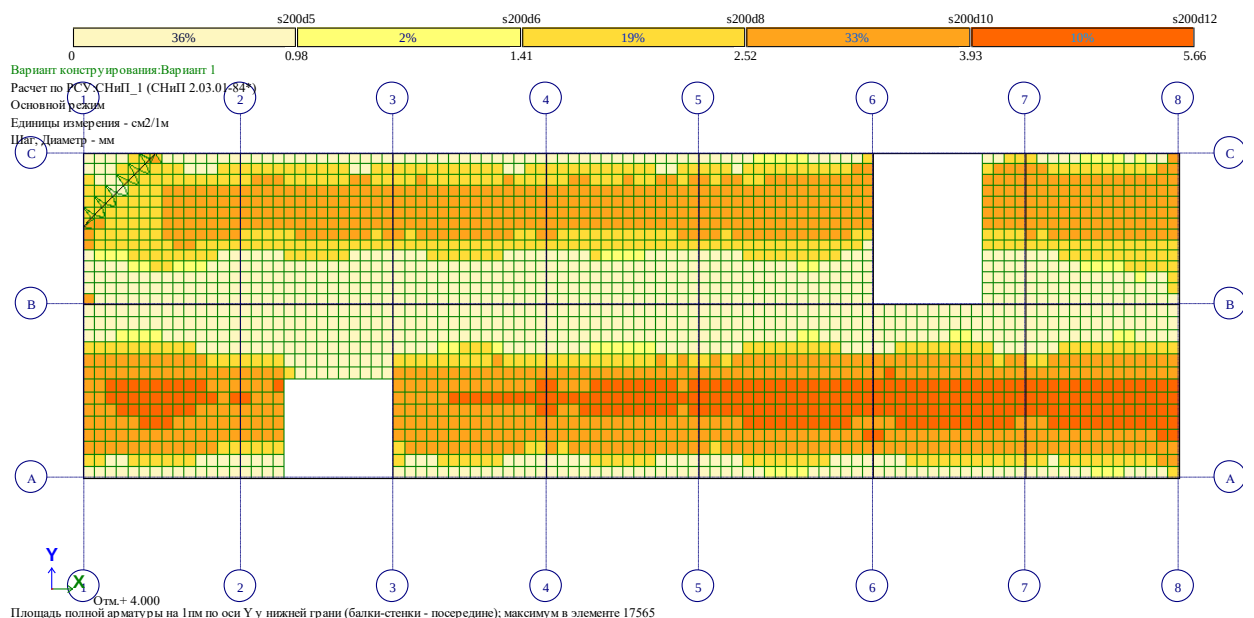


Рис. 5.24 Площадь полной арматуры на 1м по оси Y у нижней грани (балки-стенки - посередине)

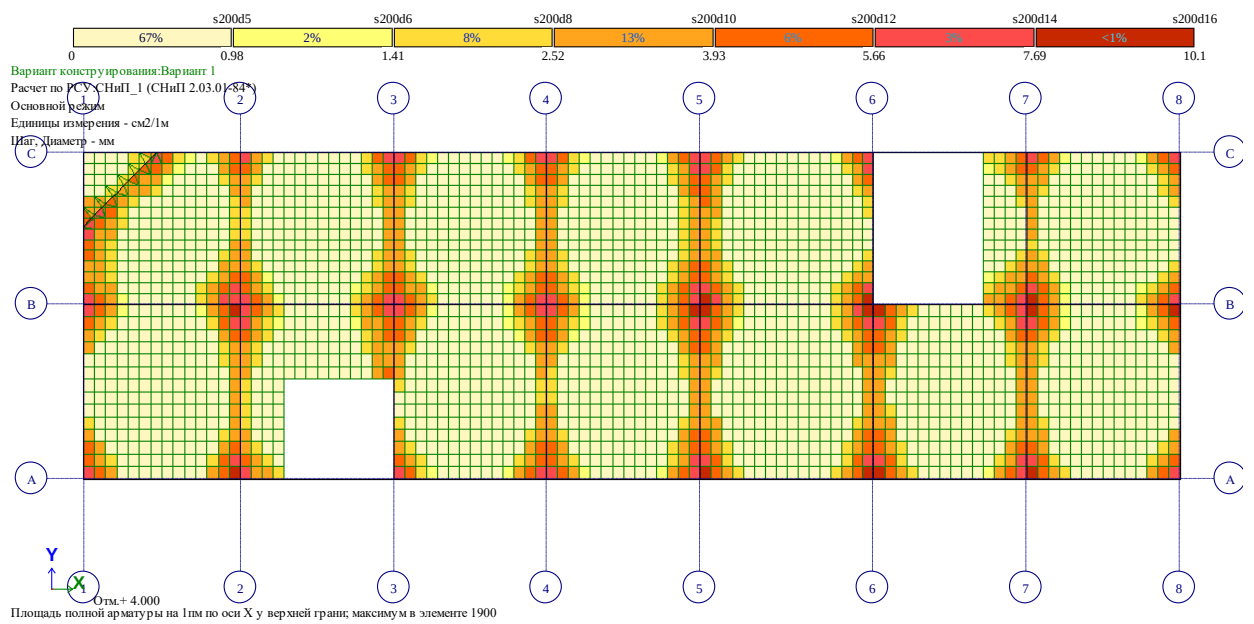


Рис. 5.25 Площадь полной арматуры на 1м по оси X у верхней грани

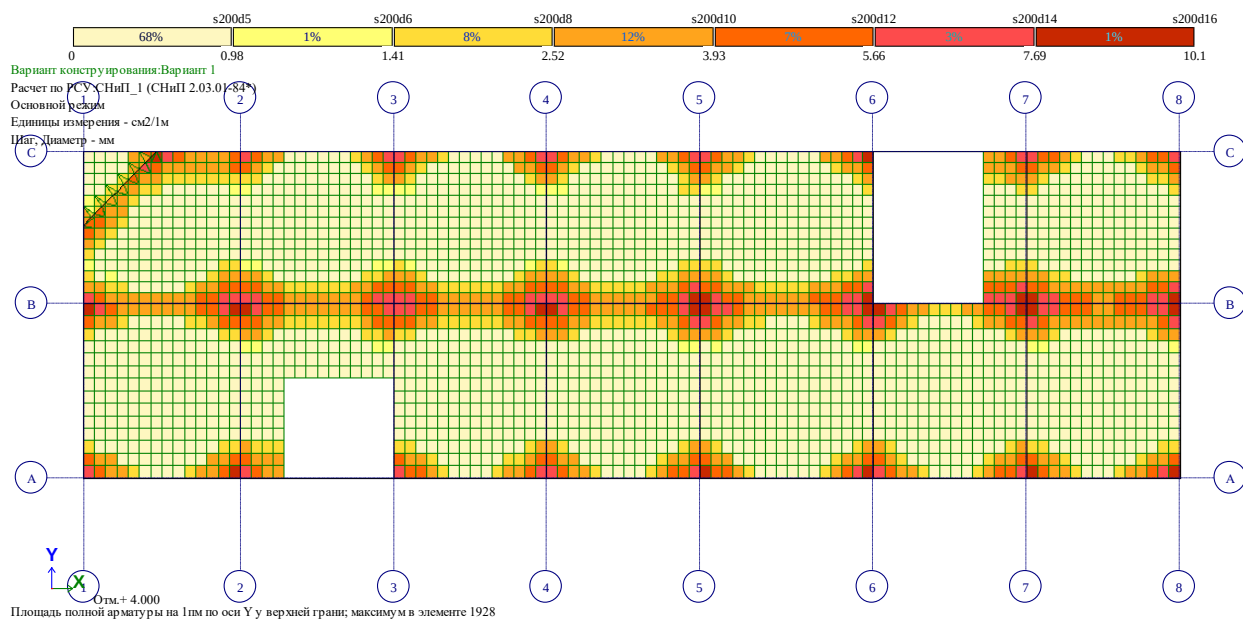


Рис. 5.26 Площадь полной арматуры на 1м по оси Y у верхней грани