МФС | Генеральный Подрядчик

Общество с ограниченной ответственностью
«Генеральный подрядчик - МФС»
ул. Рябиновая, д. 22А, стр. 2, Москва, 121471

ОКПО 75321383 ОГРН 1047796934195
ИНН 7704539433 КПП 772901001

Тел.: +7 495 505-97-33, доб. 4101
E-mail: sekretariat-mfs@pik.ru

Заказчик – Московский фонд реновации жилой застройки

Жилой дом с приспособлением подземной автостоянки под защитное сооружение гражданской обороны - "укрытие" (ЗСГО), с инженерными сетями и благоустройством территории по адресу: г. Москва, район Новогиреево, Кусковская улица, земельный участок 12/1 (Кусковская ул., вл. 12) (Восточный административный округ)

ПРОЕКТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ.

Раздел 4. Конструктивные и объемно-планировочные решения. Расчетное обоснование корпуса К2

1190-01-КР.Р4

Том 9

2022

МФС | Генеральный Подрядчик

Общество с ограниченной ответственностью
«Генеральный подрядчик - МФС»
ул. Рябиновая, д. 22А, стр. 2, Москва, 121471

ОКПО 75321383 ОГРН 1047796934195
ИНН 7704539433 КПП 772901001

Тел.: +7 495 505-97-33, доб. 4101
E-mail: sekretariat-mfs@pik.ru

Заказчик – Московский фонд реновации жилой застройки

Жилой дом с приспособлением подземной автостоянки под защитное сооружение гражданской обороны - "укрытие" (ЗСГО), с инженерными сетями и благоустройством территории по адресу: г. Москва, район Новогиреево, Кусковская улица, земельный участок 12/1 (Кусковская ул., вл. 12) (Восточный административный округ)

ПРОЕКТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Раздел 4. Конструктивные и объемно-планировочные решения. Расчетное обоснование корпуса К2

1190-01-КР.Р4

Том 9

Уполномоченное лицо
по доверенности № 395 от 09.08.2021
Главный инженер проекта / Вайсертригер Н.А.

Главный инженер проекта / Вайсертригер Н.А.

Общество с ограниченной ответственностью * Производственно-технический отдел * ПТО-МФС * Для документов * Москва *

20.04.2022

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

ООО «Проектное бюро АПЕКС»
115114, Россия, Москва, Дербеневская наб., д.7, стр.9
T/F: +7495 135 8005, www.apex-project.ru

ПРОЕКТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

ЖИЛОЙ ДОМ С ПРИСПОСОБЛЕНИЕМ ПОДЗЕМНОЙ АВТОСТОЯНКИ ПОД ЗАЩИТНОЕ СООРУЖЕНИЕ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ – «УКРЫТИЕ» (ЗСГО), С ИНЖЕНЕРНЫМИ СЕТЯМИ И БЛАГОУСТРОЙСТВОМ ТЕРРИТОРИИ

по адресу: г. Москва, район Новогиреево, Кусковская улица, земельный участок 12/1 (Кусковская ул., вл. 12) (Восточный административный округ)

Раздел 4. Конструктивные и объемно-планировочные решения. Расчетное обоснование корпуса К2

1190-01-КР.Р4

член Ассоциации Саморегулируемая организация «Профессиональное сообщество проектировщиков» (АССОЦИАЦИЯ СРО «ПСП»), регистрационный номер в государственном реестре саморегулируемых организаций СРО-П-190-23042014, регистрационный номер № 54

ООО «Проектное бюро АПЕКС»
115114, Россия, Москва, Дербеневская наб., д.7, стр.9
T/F: +7495 135 8005, www.apex-project.ru

ПРОЕКТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

ЖИЛОЙ ДОМ С ПРИСПОСОБЛЕНИЕМ ПОДЗЕМНОЙ АВТОСТОЯНКИ ПОД ЗАЩИТНОЕ СООРУЖЕНИЕ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ – «УКРЫТИЕ» (ЗСГО), С ИНЖЕНЕРНЫМИ СЕТЯМИ И БЛАГОУСТРОЙСТВОМ ТЕРРИТОРИИ)

по адресу: г. Москва, район Новогиреево, Кусковская улица, земельный участок 12/1 (Кусковская ул., вл. 12) (Восточный административный округ)

Раздел 4. Конструктивные и объемно-планировочные решения.
Расчетное обоснование корпуса К2

1190-01-КР.Р4

Генеральный директор Матвеев Ю.М.

Главный инженер проекта Поляков И.С.

2022 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1.	ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ	4
1.1.	КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ	4
1.2.	КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ФУНДАМЕНТОВ ЗДАНИЯ	4
1.3.	МАТЕРИАЛЫ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ	5
2.	НАГРУЗКИ И ВОЗДЕЙСТВИЯ	7
2.1.	ПОСТОЯННЫЕ НАГРУЗКИ	7
2.2.	ВЕТРОВАЯ НАГРУЗКА	17
3.	ОПИСАНИЕ РАСЧЕТА	19
3.1.	ОПИСАНИЕ РАСЧЕТА	19
3.2.	ЖЕСТКОСТЬ ОСНОВАНИЯ	20
3.3.	ЖЕСТКОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ	21
4.	РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА СЕКЦИИ 10-12	25
4.1.	ОБЩИЙ ВИД РАСЧЕТНОЙ СХЕМЫ	25
4.2.	МАКСИМАЛЬНОЕ УСКОРЕНИЕ	26
4.3.	ОСАДКА И ДАВЛЕНИЕ ПОД ПОДОШВОЙ ФУНДАМЕНТА	29
4.4.	ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЗДАНИЯ	35
4.5.	ПРОГИБЫ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЯ	38
4.6.	ФУНДАМЕНТНАЯ ПЛИТА	42
4.7.	ПЛИТА ПЕРЕКРЫТИЯ НАД -1 ЭТАЖОМ	52
4.8.	ПЛИТА ПЕРЕКРЫТИЯ НАД 1 ЭТАЖОМ	62
4.9.	ПЛИТЫ ПЕРЕКРЫТИЯ ТИПОВЫХ ЭТАЖЕЙ	78
4.10.	ПЛИТА ПОКРЫТИЯ	88
4.11.	НЕСУЩИЕ СТЕНЫ И ПИЛОНЫ ПОДЗЕМНОЙ ЧАСТИ	98
4.12.	НЕСУЩИЕ СТЕНЫ И ПИЛОНЫ НАДЗЕМНОЙ ЧАСТИ	120
4.12.1	НЕСУЩИЕ СТЕНЫ И ПИЛОНЫ 1 ЭТАЖА	120
4.12.2.	НЕСУЩИЕ СТЕНЫ И ПИЛОНЫ 2 ЭТАЖА	140
5.	РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА СЕКЦИИ 13-15	172

5.1. ОБЩИЙ ВИД РАСЧЕТНОЙ СХЕМЫ 172
5.2. МАКСИМАЛЬНОЕ УСКОРЕНИЕ 173
5.3. ОСАДКА И ДАВЛЕНИЕ ПОД ПОДОШВОЙ ФУНДАМЕНТА 176
5.5. ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЗДАНИЯ 182
5.6. ПРОГИБЫ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЯ 185
5.7. ФУНДАМЕНТНАЯ ПЛИТА 189
5.8. ПЛИТА ПЕРЕКРЫТИЯ НАД -1 ЭТАЖОМ 199
5.9. ПЛИТА ПЕРЕКРЫТИЯ НАД 1 ЭТАЖОМ 209
5.10. ПЛИТЫ ПЕРЕКРЫТИЯ ТИПОВЫХ ЭТАЖЕЙ 225
5.11. ПЛИТА ПОКРЫТИЯ 235
5.12. НЕСУЩИЕ СТЕНЫ И ПИЛОНЫ ПОДЗЕМНОЙ ЧАСТИ 245
5.13. НЕСУЩИЕ СТЕНЫ И ПИЛОНЫ НАДЗЕМНОЙ ЧАСТИ 270
5.13.1. НЕСУЩИЕ СТЕНЫ И ПИЛОНЫ 1 ЭТАЖА 270
5.13.2. НЕСУЩИЕ СТЕНЫ И ПИЛОНЫ 2 ЭТАЖА 293
6. РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА СЕКЦИИ 16-18 315
6.1. ОБЩИЙ ВИД РАСЧЕТНОЙ СХЕМЫ 315
6.2. МАКСИМАЛЬНОЕ УСКОРЕНИЕ 316
6.3. ОСАДКА И ДАВЛЕНИЕ ПОД ПОДОШВОЙ ФУНДАМЕНТА 319
6.5. ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЗДАНИЯ 325
6.6. ПРОГИБЫ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЯ 328
6.7. ФУНДАМЕНТНАЯ ПЛИТА 332
6.8. ПЛИТА ПЕРЕКРЫТИЯ НАД -1 ЭТАЖОМ 342
6.9. ПЛИТА ПЕРЕКРЫТИЯ НАД 1 ЭТАЖОМ 355
6.10. ПЛИТЫ ПЕРЕКРЫТИЯ ТИПОВЫХ ЭТАЖЕЙ 371
6.11. ПЛИТА ПОКРЫТИЯ 381
6.12. НЕСУЩИЕ СТЕНЫ И ПИЛОНЫ ПОДЗЕМНОЙ ЧАСТИ 391
6.13. НЕСУЩИЕ СТЕНЫ И ПИЛОНЫ НАДЗЕМНОЙ ЧАСТИ 413
6.13.1. НЕСУЩИЕ СТЕНЫ И ПИЛОНЫ 1 ЭТАЖА 413
6.13.2. НЕСУЩИЕ СТЕНЫ И ПИЛОНЫ 2 ЭТАЖА 433
8. ВЫВОДЫ 459
9. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И НОРМАТИВНАЯ БАЗА 476

10. ПРИЛОЖЕНИЯ 477

1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

1.1. КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ

Здание представляет с-образный в плане объем в 16 этажей и 1 технический этаж с габаритами в осях 89,35 х88,9 м.

Условия площадки строительства описаны в разделе:

1190-01-КР1.

1.2. КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ФУНДАМЕНТОВ ЗДАНИЯ

За относительную отметку 0.000 м принята абсолютная отметка 155.150м.

Принимая во внимание геологические и гидрогеологические условия площадки участка строительства в проекте приняты следующие решения:

- в качестве фундамента запроектирована плита на естественном основании толщиной 800 мм.

Основанием фундаментной плиты будут служить:

- ИГЭ-4, Песок мелкий, средней плотности:
  - коэффициент пористости, е – 0,64;
  - плотность грунта ρ, г/см^3 – 1,92;
  - удельное сцепление С, МПа – 0,002;
  - угол внутр. трения, ф, град. – 34;
  - модуль общей деформации Е, МПа – 28,6.
- ИГЭ-5, Песок средней крупности, средней плотности:
  - коэффициент пористости, е – 0,62;
  - плотность грунта ρ, г/см^3 – 1,96;
  - удельное сцепление С, МПа – 0,001;
  - угол внутр. трения, ф, град. – 35;
  - модуль общей деформации Е, МПа – 33,4.

Материал железобетонной конструкции фундаментной плиты:

- бетон В30, W10, F200 по ГОСТ 26633-2012;
- арматура А500С по ГОСТ 52544-2006;
- арматура А240 по ГОСТ 5781-82.

1.3. МАТЕРИАЛЫ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Материалы несущих конструкций описаны в разделе: 1190-01-КР1.

Толщины строительных конструкций представлены в таблице 1.3.1.

Таблица 1.3.1

Тип конструкции	Размер сечения, толщина, мм	Материал конструкции
Фундаментная плита	800	В30, W10, F200
Вертикальные конструкции подземной части:		
- стены, простенки	200, 220, 250, 300	В30, W10, F200
- пилоны	200х1200	В30, W10, F200
	200х1500	
	300х1000	
	300х1200	
	300х1300	
	300х1400	
	300х1500	
-перекрытие над -1 этажом	220, 460	В30, W10, F200
Вертикальные конструкции 1 этажа:		
- стены, простенки	200, 250	В30
- пилоны	250х1200	В30
	250х1300	
	250х1400	
	250х1500	
	250х1550	
	300х1000	
	300х1300	
	300х1400	
Горизонтальные конструкции надземной части	200	В30
Вертикальные конструкции 2-16 этажей, технический этаж:		
- стены, простенки	200, 220, 250	В30
- пилоны	200х1200	В30
	200х1300	
	200х1400	
	200х1500	
	220х1200	
	220х1300	
	220х1400	
	220х1500	
	250х1200	
	250х1300	
	250х1500	
	300х1000	

Плита покрытия	220	В30
Вертикальные конструкции выше плиты покрытия	200	В30
Плита покрытия ЛЛУ	200	В30

2. НАГРУЗКИ И ВОЗДЕЙСТВИЯ

2.1. ПОСТОЯННЫЕ НАГРУЗКИ

Нагрузки от собственного веса несущих железобетонных конструкций прикладывается автоматически исходя из объемного веса железобетона, равного $\gamma = 25\ кН/м^3$, с учетом коэффициента надежности по нагрузке $\gamma_f = 1.1$.

Все нагрузки и воздействия заданы согласно СП 20.13330.2016.

Нагрузки подземной части

ОПИСАНИЕ НАГРУЗКИ	q_n	γ_f	q	ед. изм.
ПОСТОЯННЫЕ				
Временная нагрузка на стены подвала	10	1,2	12	кН/м²
Засыпка керамзитом				
Засыпка керамзитом t = 6000 мм ρ = 600 кг/м³	35,32	1,3	45,92	кН/м²
ИТОГО:	35,4	1,3	46	кН/м²
Пирог пола МОП подземного этажа				
керамическая плитка на клею t = 20 мм ρ = 2400 кг/м³	0,47	1,3	0,62	кН/м²
стяжка из ц/п раствора М150 t = 65 мм ρ = 2000 кг/м³	1,28	1,3	1,66	кН/м²
засыпка керамзитом t = 70 мм ρ = 600 кг/м³	0,41	1,3	0,54	кН/м²
ИТОГО:	2,2	1,3	2,9	кН/м²
Пирог пола технических помещений подземного этажа				
керамическая плитка на клею t = 20 мм ρ = 2400 кг/м³	0,47	1,3	0,62	кН/м²
стяжка из ц/п раствора М150 t = 40 мм ρ = 2000 кг/м³	0,78	1,3	1,03	кН/м²
монолитное корыто из бетона В10, армированное	1,47	1,3	1,92	кН/м²

t = 60 мм ρ = 2500 кг/м³				
виброзащита t = 25 мм ρ = 125 кг/м³	0,03	1,3	0,04	кН/м²
ИТОГО:	2,8	1,3	3,7	кН/м²
ВРЕМЕННЫЕ				
служебные помещения	2	1,2	2,4	кН/м²
коридоры, лифтовые холлы, пути эвакуации	3	1,2	3,6	кН/м²

Нагрузки первого этажа

ОПИСАНИЕ НАГРУЗКИ	q_n	γ_f	q	ед. изм.
ПОСТОЯННЫЕ				
инженерные коммуникации	0,5	1,3	0,65	кН/м²
Ограждение фасада первого этажа (h=4.2м)				
штукатурка t = 20 мм ρ = 1500 кг/м³	0,29	1,3	0,39	кН/м²
газобетонный блок t = 200 мм ρ = 600 кг/м³	1,18	1,3	1,54	кН/м²
минераловатный утеплитель t = 150 мм ρ = 85 кг/м³	0,13	1,2	0,16	кН/м²
ограждающий слой t = 80 мм ρ = 2400 кг/м³	1,88	1,1	2,08	кН/м²
высота этажа h = 4,2 м $k_{пр}$ = 1	3,5		4,2	
ИТОГО:	14,66	1,21	17,52	кН/м
Фасад. Утепление выступов с 2-х сторон, h=4.2м.				
штукатурка t = 20 мм ρ = 1500 кг/м³	0,29	1,3	0,39	кН/м²
утеплитель t = 150 мм ρ = 85 кг/м³	0,13	1,3	0,17	кН/м²
утеплитель t = 150 мм ρ = 85 кг/м³	0,13	1,3	0,17	кН/м²
штукатурка t = 20 мм ρ = 1500 кг/м³	0,29	1,3	0,39	кН/м²
высота этажа h = 4,2 м	0,90		1,20	кН/м²
ИТОГО:	3,78	1,3	5,04	кН/м

Фасад. Утепление вертикальных ж.б. конструкций, h=4,2м.				
штукатурка t = 20 мм ρ = 1500 кг/м³	0,29	1,3	0,39	кН/м²
утеплитель t = 150 мм ρ = 85 кг/м³	0,13	1,3	0,17	кН/м²
высота этажа h = 4,2 м	0,50		0,60	кН/м²
ИТОГО:	2,10	1,3	2,52	кН/м
Пирог пола техпространства				
армированной стяжка t = 40 мм ρ = 2000 кг/м³	0,78	1,3	1,03	кН/м²
минераловатный утеплитель t = 60 мм ρ = 110 кг/м³	0,06	1,3	0,09	кН/м²
ИТОГО:	0,9	1,3	1,2	кН/м²
Пирог пола крылец входных групп				
бетонная плитка t = 60 мм ρ = 2400 кг/м³	1,41	1,3	1,84	кН/м²
стяжка из ц/п раствора М150 t = 30 мм ρ = 2000 кг/м³	0,59	1,3	0,77	кН/м²
гидроизоляция в 2 слоя t = 8 мм ρ = 1050 кг/м³	0,08	1,3	0,11	кН/м²
армированной стяжка t = 50 мм ρ = 2000 кг/м³	0,98	1,3	1,28	кН/м²
засыпка керамзитом t = 200 мм ρ = 600 кг/м³	1,18	1,3	1,54	кН/м²
утеплитель ТЕХНОРУФ 45 t = 200 мм ρ = 140 кг/м³	0,27	1,3	0,36	кН/м²
ИТОГО:	4,6	1,3	5,9	кН/м²
Пирог пола МОП первого этажа				
керамическая плитка на клею t = 17 мм ρ = 2400 кг/м³	0,40	1,3	0,53	кН/м²
стяжка из ц/п раствора М150	1,63	1,3	2,12	кН/м²

t = 83 мм ρ = 2000 кг/м³				
ИТОГО:	2,1	1,3	2,7	кН/м²
Пирог пола помещений БКТ первого этажа				
керамическая плитка на клею t = 20 мм ρ = 2400 кг/м³	0,47	1,3	0,62	кН/м²
стяжка из ц/п раствора М150 t = 100 мм ρ = 2000 кг/м³	1,96	1,3	2,56	кН/м²
ИТОГО:	2,5	1,3	3,2	кН/м²
Перегородки t=240 мм, h = 4,2 м				
газобетонный блок t = 200 мм ρ = 600 кг/м³	1,18	1,3	1,54	кН/м²
штукатурка t = 40 мм ρ = 1500 кг/м³	0,59	1,3	0,77	кН/м²
высота этажа h = 4,2 м	1,8		2,4	кН/м²
ИТОГО:	7,56	1,3	10,08	кН/м
перегородки t=140 мм	1	1,3	1,3	кН/м²
ВРЕМЕННЫЕ				
коридоры, лифтовые холлы, пути эвакуации	3	1,2	3,6	кН/м²
помещения БКТ	3	1,2	3,6	кН/м²

Нагрузки типовых этажей

ОПИСАНИЕ НАГРУЗКИ	q_n	γ_f	q	ед. изм.
ПОСТОЯННЫЕ				
инженерные коммуникации	0,5	1,3	0,65	кН/м²
Фасадная панель (h=3.0м)				
ж/б панель внутренняя t = 100 мм ρ = 2500 кг/м³	2,45	1,1	2,7	кН/м²
минераловатный утеплитель t = 150 мм ρ = 85 кг/м³	0,13	1,2	0,16	кН/м²
ж/б панель облицовочная t = 80 мм ρ = 2400 кг/м³	1,88	1,1	2,08	кН/м²
высота этажа h = 3,0 м $k_{пр}$ = 1	4,5		4,9	
ИТОГО:	13,41	1,11	14,82	кН/м
Фасад. Утепление выступов с 2-х сторон, h=3м.				
штукатурка t = 20 мм ρ = 1500 кг/м³	0,29	1,3	0,39	кН/м²
утеплитель t = 150 мм ρ = 85 кг/м³	0,13	1,3	0,17	кН/м²
утеплитель t = 150 мм ρ = 85 кг/м³	0,13	1,3	0,17	кН/м²
штукатурка t = 20 мм ρ = 1500 кг/м³	0,29	1,3	0,39	кН/м²
высота этажа h = 3,0 м	0,90		1,20	кН/м²
ИТОГО:	2,70	1,3	3,60	кН/м
Фасад. Утепление вертикальных ж.б. конструкций, h=3м.				
штукатурка t = 20 мм ρ = 1500 кг/м³	0,29	1,3	0,39	кН/м²

утеплитель t = 150 мм ρ = 85 кг/м³	0,13	1,3	0,17	кН/м²
высота этажа h = 3,0 м	0,50		0,60	кН/м²
ИТОГО:	1,50	1,3	1,80	кН/м
Пирог пола в квартирах типового этажа				
керамическая плитка на клею t = 20 мм ρ = 2400 кг/м³	0,47	1,3	0,62	кН/м²
стяжка из ц/п раствора М150 t = 45 мм ρ = 2000 кг/м³	0,88	1,3	1,15	кН/м²
керамзитобетон t = 40 мм ρ = 1500 кг/м³	0,59	1,3	0,77	кН/м²
звукоизоляционная подложка t = 2 мм ρ = 250 кг/м³	0,00	1,3	0,01	кН/м²
ИТОГО:	2,0	1,3	2,6	кН/м²
Пирог пола МОП типового этажа				
керамическая плитка на клею t = 20 мм ρ = 2400 кг/м³	0,47	1,3	0,62	кН/м²
стяжка из ц/п раствора М150 t = 70 мм ρ = 2000 кг/м³	1,37	1,3	1,79	кН/м²
ИТОГО:	1,9	1,3	2,5	кН/м²
Пирог пола лоджий				
керамическая плитка на клею t = 20 мм ρ = 2400 кг/м³	0,47	1,3	0,62	кН/м²
сборная стяжка из двух слоёв цсп t = 24 мм ρ = 1400 кг/м³	0,33	1,3	0,43	кН/м²
плита теплоизоляционная t = 70 мм ρ = 50 кг/м³	0,03	1,3	0,05	кН/м²
ИТОГО:	0,9	1,3	1,1	кН/м²
Перегородки t=240 мм, h = 2,8 м				

газобетонный блок t = 200 мм ρ = 600 кг/м³	1,18	1,3	1,54	кН/м²
штукатурка t = 40 мм ρ = 1500 кг/м³	0,59	1,3	0,77	кН/м²
высота этажа h = 2,8 м	1,8		2,40	кН/м²
ИТОГО:	5,04	1,3	6,72	кН/м
перегородки t=140 мм	1	1,3	1,3	кН/м²
электрощитовая, помещения СС кладовые	3	1,2	3,6	кН/м²
Инженерно-технические помещения (ИТП)	5	1,2	6	кН/м²
ВРЕМЕННЫЕ				
коридоры, лифтовые холлы, пути эвакуации	3	1,2	3,6	кН/м²
жилые квартиры	1,5	1,3	1,95	кН/м²
лоджии	4	1,2	4,8	кН/м²

Нагрузки технического этажа

ОПИСАНИЕ НАГРУЗКИ	q_n	γ_f	q	ед. изм.
ПОСТОЯННЫЕ				
перегородки, стелажи	1	1,3	1,3	кН/м^2
инженерные коммуникации	0,5	1,3	0,65	кН/м^2
Вес ограждения h=2,05м				
ж/б панель внутренняя t = 100 мм ρ = 2500 кг/м^3	2,45	1,1	2,7	кН/м^2
минераловатный утеплитель t = 150 мм ρ = 85 кг/м^3	0,13	1,2	0,16	кН/м^2
ж/б панель облицовочная t = 80 мм ρ = 2400 кг/м^3	1,88	1,1	2,08	кН/м^2
высота этажа h = 2,05 м $k_{пр}$ = 1,0	4,5		4,9	
ИТОГО:	9,17	1,10	10,13	кН/м
Пирог пола тех. пространства				
армированная цементно-песчаная стяжка t = 40 мм ρ = 2000 кг/м^3	0,78	1,3	1,03	кН/м^2
вес утеплителя t = 60 мм ρ = 110 кг/м^3	0,06	1,3	0,09	кН/м^2
ИТОГО:	0,85		1,12	кН/м^2
ВРЕМЕННЫЕ				
технические этажи жилых и общественных зданий	2	1,2	2,4	кН/м^2

Нагрузки покрытия

ОПИСАНИЕ НАГРУЗКИ	q_n	γ_f	q	ед. изм.
ПОСТОЯННЫЕ				
инженерные коммуникации	4,0	1,2	4,8	кН/м^2
Вес парапета h=2,25м				
ж/б панель внутренняя t = 100 мм ρ = 2500 кг/м^3	2,45	1,1	2,7	кН/м^2
минераловатный утеплитель t = 150 мм ρ = 85 кг/м^3	0,13	1,2	0,16	кН/м^2
ж/б панель облицовочная t = 80 мм ρ = 2400 кг/м^3	1,88	1,1	2,08	кН/м^2
высота этажа h = 2,25 м $k_{пр}$ = 1,0	4,5		4,9	
ИТОГО:	10,06	1,11	11,12	кН/м
Пирог покрытия				
гидроизоляция в 2 слоя t = 6,5 мм ρ = 1050 кг/м^3	0,07	1,1	0,08	кН/м^2
армированная цементно-песчаная стяжка t = 50 мм ρ = 2000 кг/м^3	0,98	1,3	1,28	кН/м^2
засыпка керамзитом t = 250 мм ρ = 600 кг/м^3	1,47	1,3	1,92	кН/м^2
вес утеплителя t = 200 мм ρ = 150 кг/м^3	0,29	1,3	0,39	кН/м^2
ИТОГО:	2,81		3,67	кН/м^2
ВРЕМЕННЫЕ				
нагрузка на покрытие	0,7	1,3	0,91	кН/м^2
снеговая нагрузка μ=1	1,5	1,4	2,1	кг/м^2
снеговая нагрузка у парапета μ=1,67	2,5	1,4	3,6	кг/м^2

2.2. ВЕТРОВАЯ НАГРУЗКА

При расчете модели здания на ветер, горизонтальные нагрузки были приложены в уровне дисков плит перекрытий. Пульсационную составляющую ветровой нагрузки программный расчетный комплекс вычисляет автоматически, исходя из вводимых данных.

Нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки w_m в зависимости от эквивалентной высоты z_e над поверхностью определена по формуле [1, формула 11.2]:

$$w_m = w_0 \mathrm{k}(z_e) \mathrm{c},$$

где:

w_0 - нормативное значение ветрового давления, равное 0,23 кПа [1, табл. 11.1];

$k(z_e)$ - коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления для высоты z_e [1, 11.1.5 и 11.1.6]), тип местности В;

с - аэродинамический коэффициент [1].

Расчет ветровой нагрузки сведен в таблице 2.3.2.

Таблица 2.3.2.

№№ этажа	Wo = 23 кПа					Погонная нагрузка по периметру с учетом аэродинамического коэффициента c_e для разных участков в уровне плиты, кН/м.п				
	Отм. плиты	$h_{эт}$, м	Z, м	Z_e, м	$k(z_e)$	W_m (A)	W_m (B)	W_m (C)	W_m (D)	W_m (E)
						-1,0	-0,8	-0,5	0,8	-0,5
1	0,000	0,00	0,00	0,00	0,000	0	0	0	0	0
2	+ 4,400	4,40	4,40	51,35	1,251	-1,064	-0,851	-0,532	0,851	-0,532
3	+ 7,400	3,00	7,40	51,35	1,251	-0,863	-0,690	-0,431	0,690	-0,431
4	+ 10,400	3,00	10,40	51,35	1,251	-0,863	-0,690	-0,431	0,690	-0,431
5	+ 13,400	3,00	13,40	51,35	1,251	-0,863	-0,690	-0,431	0,690	-0,431
6	+ 16,400	3,00	16,40	51,35	1,251	-0,863	-0,690	-0,431	0,690	-0,431
7	+ 19,400	3,00	19,40	51,35	1,251	-0,863	-0,690	-0,431	0,690	-0,431
8	+ 22,400	3,00	22,40	51,35	1,251	-0,863	-0,690	-0,431	0,690	-0,431
9	+ 25,400	3,00	25,40	51,35	1,251	-0,863	-0,690	-0,431	0,690	-0,431
10	+ 28,400	3,00	28,40	51,35	1,251	-0,863	-0,690	-0,431	0,690	-0,431
11	+ 31,400	3,00	31,40	51,35	1,251	-0,863	-0,690	-0,431	0,690	-0,431
12	+ 34,400	3,00	34,40	51,35	1,251	-0,863	-0,690	-0,431	0,690	-0,431
13	+ 37,400	3,00	37,40	51,35	1,251	-0,863	-0,690	-0,431	0,690	-0,431
14	+ 40,400	3,00	40,40	51,35	1,251	-0,863	-0,690	-0,431	0,690	-0,431
15	+ 43,400	3,00	43,40	51,35	1,251	-0,863	-0,690	-0,431	0,690	-0,431
16	+ 46,400	3,00	46,40	51,35	1,251	-0,863	-0,690	-0,431	0,690	-0,431
техн эт	+ 49,400	3,00	49,40	51,35	1,251	-0,712	-0,570	-0,356	0,570	-0,356
Кровля	+ 51,350	1,95	51,35	51,35	1,251	-0,712	-0,570	-0,356	0,570	-0,356

3. ОПИСАНИЕ РАСЧЕТА

3.1. ОПИСАНИЕ РАСЧЕТА

Расчет выполнен с помощью проектно-вычислительного комплекса «Sofistik 2020» Комплекс реализует конечно-элементное моделирование статических и динамических расчетных схем, проверку устойчивости, выбор невыгодных сочетаний усилий, подбор арматуры железобетонных конструкций, проверку несущей способности стальных конструкций.

В настоящей расчетно-пояснительной записке представлены результаты следующих расчетов:

- расчет здания на горизонтальную (ветровую) нагрузку;
- расчет здания на вертикальную нагрузку.

Целью расчетов являются, соответственно:

- проверка достаточности жесткости принятой конструктивной схемы здания для восприятия ветровых нагрузок;
- проверка достаточности принятых размеров фундаментов из условий прочности и жесткости (осадка);
- проверка достаточности (из условий прочности) принятых размеров сечений вертикальных несущих конструкций (стен, колонн);
- проверка достаточности принятой толщины плит перекрытий из условий прочности и жесткости (прогибов).

Расчет выполнен по схеме “здание - основание”. Конечно-элементная модель представляет собой пространственную систему, отражающую геометрию здания и физико-механические характеристики его несущих элементов с учетом жесткости основания.

Жесткость упругого основания (коэффициенты постели) определялась на основании результатов расчета встроенных модулей, предназначенных для вычисления коэффициентов постели грунтового основания с помощью задания геологических условий площадки строительства.

Выполнение вычислений производится на основе программно-выстраиваемой модели грунта, для чего и задаются сведения о скважинах (их местоположение и характеристики слагающих скважину грунтов по соответствующим слоям ИГЭ). Формирование модели грунта между скважинами происходит по установленным правилам с применением интерполяции между слоями.

Вычисления производятся в соответствии с СП 22.13330.2016 и СП 50-101-2004. Расчет осадок выполняется с применением схемы линейно деформируемого полупространства. Расчетные коэффициенты жесткости, в свою очередь, определялись с учетом неоднородности грунта основания в плане и по глубине, жесткости фундаментной плиты и вышестоящих конструкций.

В расчетной схеме приняты следующие допущения:

- нелинейная работа ж.б. несущих конструкций учтена при помощи коэффициентов, понижающих начальный модуль упругости бетона, значения которых определены в соответствии с СП 52-103-2007, п.6.2.7;
- перемещения фундамента в горизонтальной плоскости (X-0-Y) запрещены.

Расчетная модель включает в себя весь несущий каркас: фундаментная плита, простенки (пилоны), стены, плиты перекрытий и покрытие.

Приняты следующие типы конечных элементов:

- железобетонные пластинчатые элементы (стены, простенки, перекрытия и фундаментная плита) – оболочечные четырехузловые конечные элементы.
- железобетонные стержневые элементы (балки, пилоны, сваи) – стержневые конечные элементы.

Все остальные ненесущие конструкции учтены в расчетной схеме соответствующими нагрузками.

Расчет строительных конструкций выполнен по двум группам предельных состояний: по первой группе – по прочности, по второй группе – по деформациям, образованию и ширине раскрытия трещин. Расчеты выполнены на основные сочетания нагрузок с определением расчетных сочетаний усилий согласно нормативу [1].

Конструкции здания относятся к 3-ей категории по трещиностойкости. Предельно допустимая ширина раскрытия трещин из условия сохранности арматуры принята a_{crc1}= 0,3мм и a_{crc2}=0,4мм.

3.2. ЖЕСТКОСТЬ ОСНОВАНИЯ

Для корпусов и подземной автостоянки жесткость основания определялась на основании результатов расчета задачи упругого полупространства модуля HASE из состава ПК SOFiSTiK. Пространственная модель упругого полупространства грунтового основания содержала описания физико-механических свойств грунтов, а также взаиморасположение скважин согласно инженерно-геологического отчету.

Результатом расчета жесткости основания модулем HASE является назначение неравномерного распределения коэффициента постели для фундаментных плит. Цель расчета заключается в учете полученных коэффициентов для фундамента для дальнейшего определения осадок здания, уточнения распределения усилий в элементах вертикальных несущих конструкций и элементов фундаментов и перекрытий до 1 этажа.

3.3. ЖЕСТКОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ

В соответствии с СП 52-103-2007 “Железобетонные монолитные конструкции зданий” значения нелинейных жесткостей железобетонных элементов учитываем приближенно, путем понижения линейных жесткостей с помощью условных обобщенных коэффициентов. Для оценки перемещений и усилий в элементах конструктивной системы принимаем приближенные значения жесткостей элементов, имея в виду, что распределение усилий в элементах конструктивных

систем зависит не от величины, а, в основном, от соотношения жесткостей этих элементов.

Для определения усилий принимаем линейный модуль упругости материала с понижающими коэффициентами:

• 0.6 – для вертикальных сжатых элементов (пилоны и стены);

• 0.3 – для изгибаемых элементов с учетом длительности действия нагрузки при определении деформаций (плиты перекрытий, покрытий и балки).

Для определения вертикальных перемещений принимаем линейный модуль упругости материала с понижающими коэффициентами:

• 0.6 – для вертикальных сжатых элементов (пилоны и стены);

• 0.2 – для изгибаемых элементов с учетом длительности действия нагрузки при определении деформаций (плиты перекрытий, покрытий и балки).

Расчетная схема здания моделировалась следующими элементами:

- Плитный фундамент – пластинчатыми элементами оболочками с жесткостными характеристиками:
  - $E_{b\ (\text{нач.})}$= 32500 МПа – начальный модуль упругости бетона (бетон класса В30);
  - $E_{b\ (\text{нелин.})}$= 32500×0,3 = 9750 МПа – пониженный модуль упругости бетона для определения усилий;
  - $E_{b\ (\text{нелин.})}$= 32500×0,2 = 6500 МПа – пониженный модуль упругости бетона для определения вертикальных перемещений.

- Плиты перекрытий и покрытий, балки в перепадах плит– пластинчатыми элементами оболочками с жесткостными характеристиками:
  - $E_{b\ (\text{нач.})}$= 32500 Мпа – начальный модуль упругости бетона (бетон класса В30);
  - $E_{b\ (\text{нелин.})}$= 32500×0,3 = 9750 Мпа – пониженный модуль упругости бетона для определения усилий;
  - $E_{b\ (\text{нелин.})}$= 32500×0,2 = 6500 Мпа – пониженный модуль упругости бетона для определения вертикальных перемещений.
- Балки в составе плит перекрытий и покрытий – универсальными пространственными стержнями с жесткостными характеристиками:
  - $E_{b\ (\text{нач.})}$= 32500 Мпа – начальный модуль упругости бетона (бетон класса В30);
  - $E_{b\ (\text{нелин.})}$= 32500×0,3 = 9750 Мпа – пониженный модуль упругости бетона для определения усилий;
  - $E_{b\ (\text{нелин.})}$= 32500×0,2 = 6500 Мпа – пониженный модуль упругости бетона для определения вертикальных перемещений.
- Пилоны - пластинчатыми элементами оболочками с жесткостными характеристиками:
  - $E_{b\ (\text{нач.})}$= 32500 МПа – начальный модуль упругости бетона (бетон класса В30);
  - $E_{b\ (\text{нелин.})}$= 32500×0,6 = 19500 Мпа – пониженный модуль упругости бетона.
- Стены - пластинчатыми элементами оболочками с жесткостными характеристиками:
  - $E_{b\ (\text{нач.})}$= 32500 МПа – начальный модуль упругости бетона (бетон класса В30);
  - $E_{b\ (\text{нелин.})}$= 32500×0,6 = 19500 Мпа – пониженный модуль упругости бетона.

Более низкое значение понижающего коэффициента позволяет учитывать наряду с ползучестью образование трещин в перекрытиях, балках и других конструктивных элементах.

При расчете на пульсационную составляющую ветровой нагрузки модуль упругости принимался с понижающим коэффициентом – 0,85 для всех конструкций.

Расчет строительных конструкций был выполнен по двум группам предельных состояний:

- I-я группа предельных состояний – проверка по прочности;
- II-я группа предельных состояний – проверка по деформациям, ускорениям и образованию трещин.

Виды нагрузок и расчетные сочетания составлены в соответствии с нормами, регламентирующими расчетные нагрузки и воздействия: СП 20.13330.2016 “Нагрузки и воздействия.”

Сечения железобетонных конструкций приняты согласно чертежам 1190-01-КР2.1.

Сечения железобетонных конструкций описаны в 1190-01-КР1.

Расчетные сочетания нагрузок:

Номер загружения	Наименование нагрузки	Длительность	Коэффициент надежности по нагрузке
1	G – Собственный вес	Постоянная	1,1
2	G_F – Конструкция кровли, полы	Постоянная	1,3
3	R – Давление грунта	Постоянная	1,15
4	G_M – Перегородки	Постоянная	1,2
5	G - Панели	Постоянная	1,1
101	Q – Длительная	Длительная	1,2
102	L – Кратковременная	Кратковременная	1,2
103	L_C – Кратковременная	Кратковременная	1,3
201	S – Снег	Кратковременная	1,4
301	W – Ветер X+	Неактивное	1,4
302	W – Ветер X-	Неактивное	1,4
303	W – Ветер Y+	Неактивное	1,4
304	W – Ветер Y-	Неактивное	1,4
331	W – Ветер (пульсация) X+	Мгновенное	1,4
332	W – Ветер (пульсация) X-	Мгновенное	1,4
333	W – Ветер (пульсация) Y+	Мгновенное	1,4
334	W – Ветер (пульсация) Y-	Мгновенное	1,4

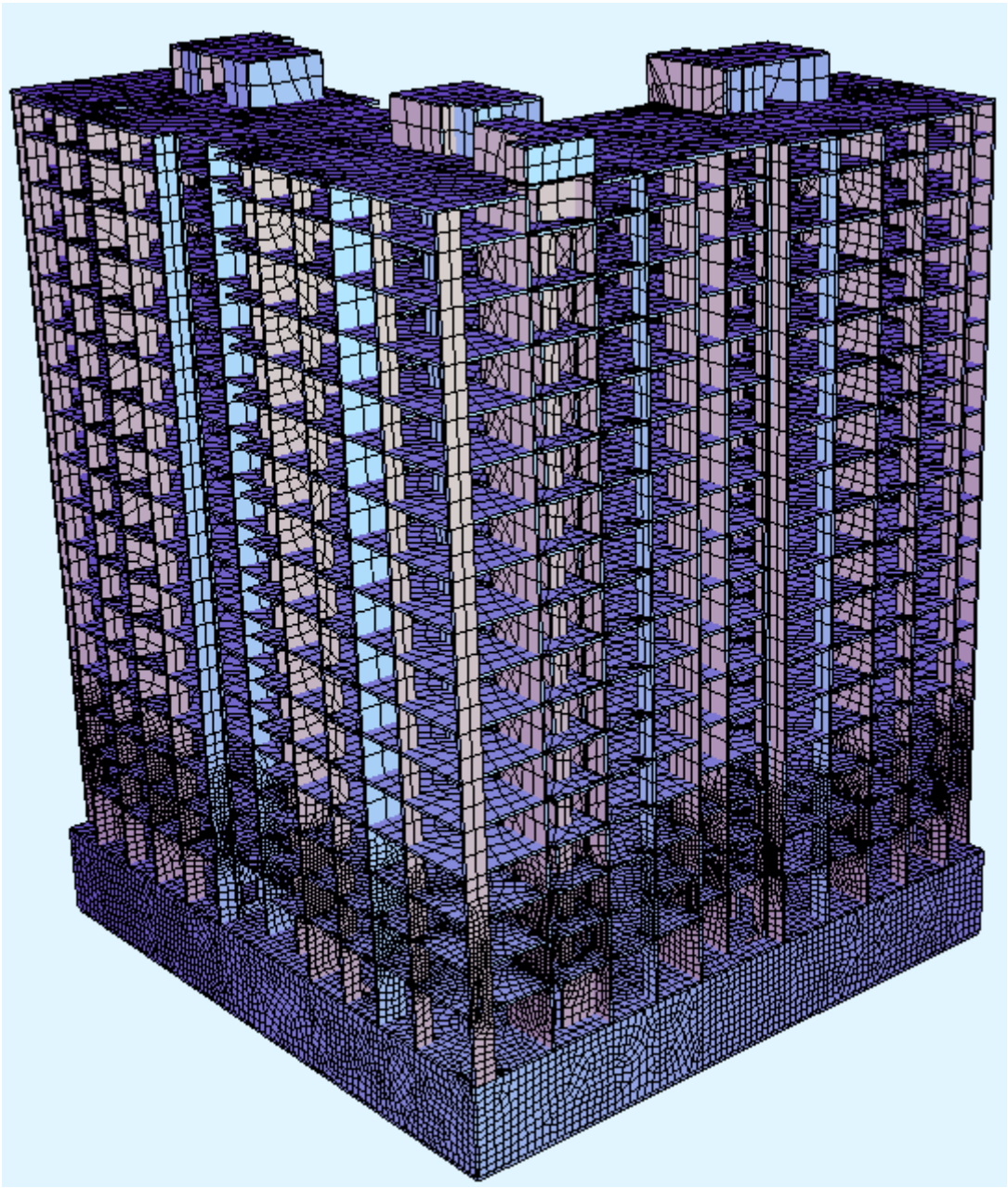
Расчетные сочетания нагрузок, применяемые в проекте представлены в табличной форме далее по тексту.

КОМБИНАЦИИ НАГРУЗОК

Номер загружения															
	1001	1002	1003	1004	1005	2001	2002	2003	2004	2005	3001	3002	3003	3004	3005
1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
101	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
102	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1	1	1	1	1	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
103	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1	1	1	1	1	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
201	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1	1	1	1	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
301	0	1,4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
302	0	0	1,4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
303	0	0	0	1,4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
304	0	0	0	0	1,4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
331	0	1,4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
332	0	0	1,4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
333	0	0	0	1,4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
334	0	0	0	0	1,4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1

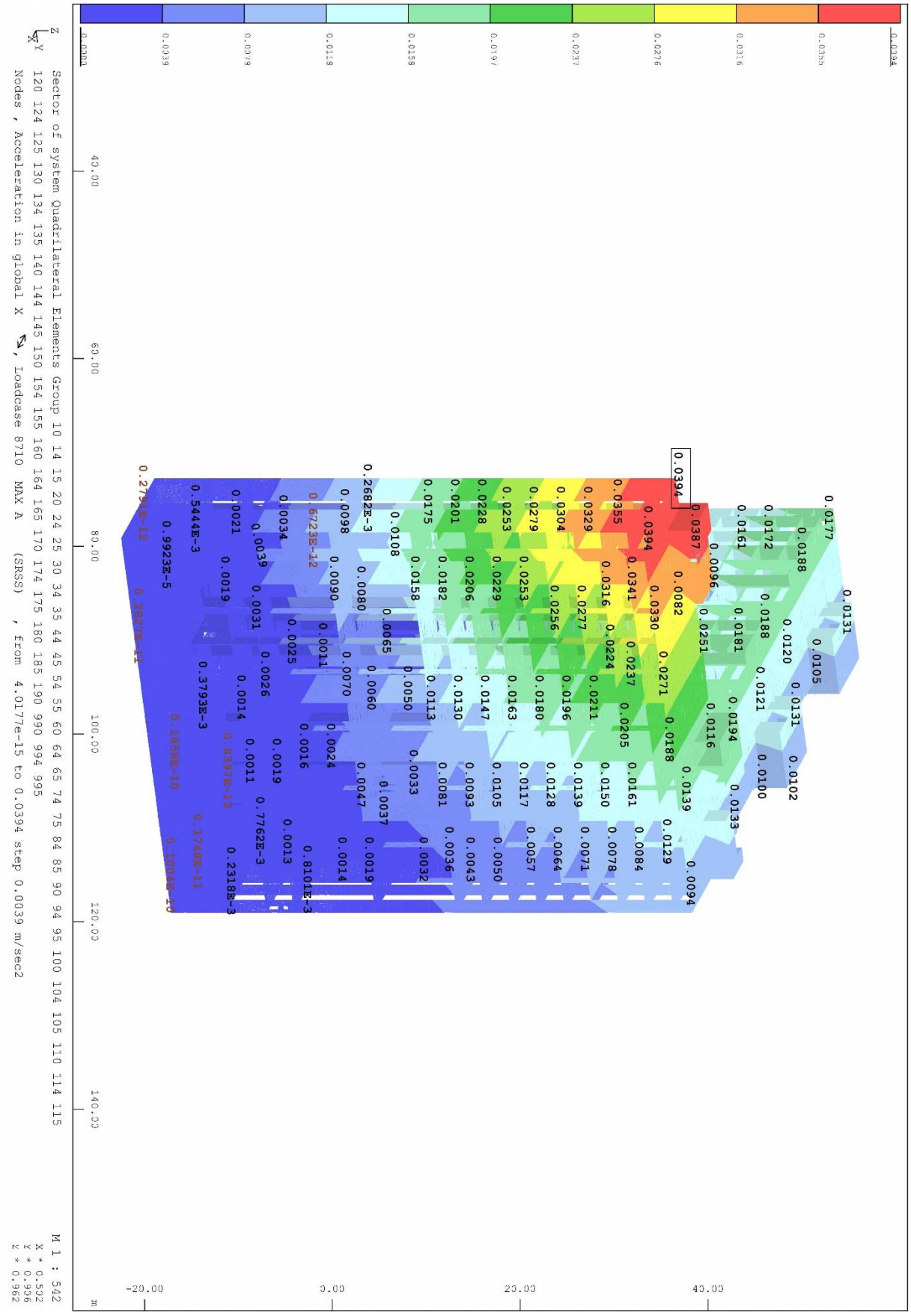
4. РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА СЕКЦИИ 10-12

4.1. ОБЩИЙ ВИД РАСЧЕТНОЙ СХЕМЫ

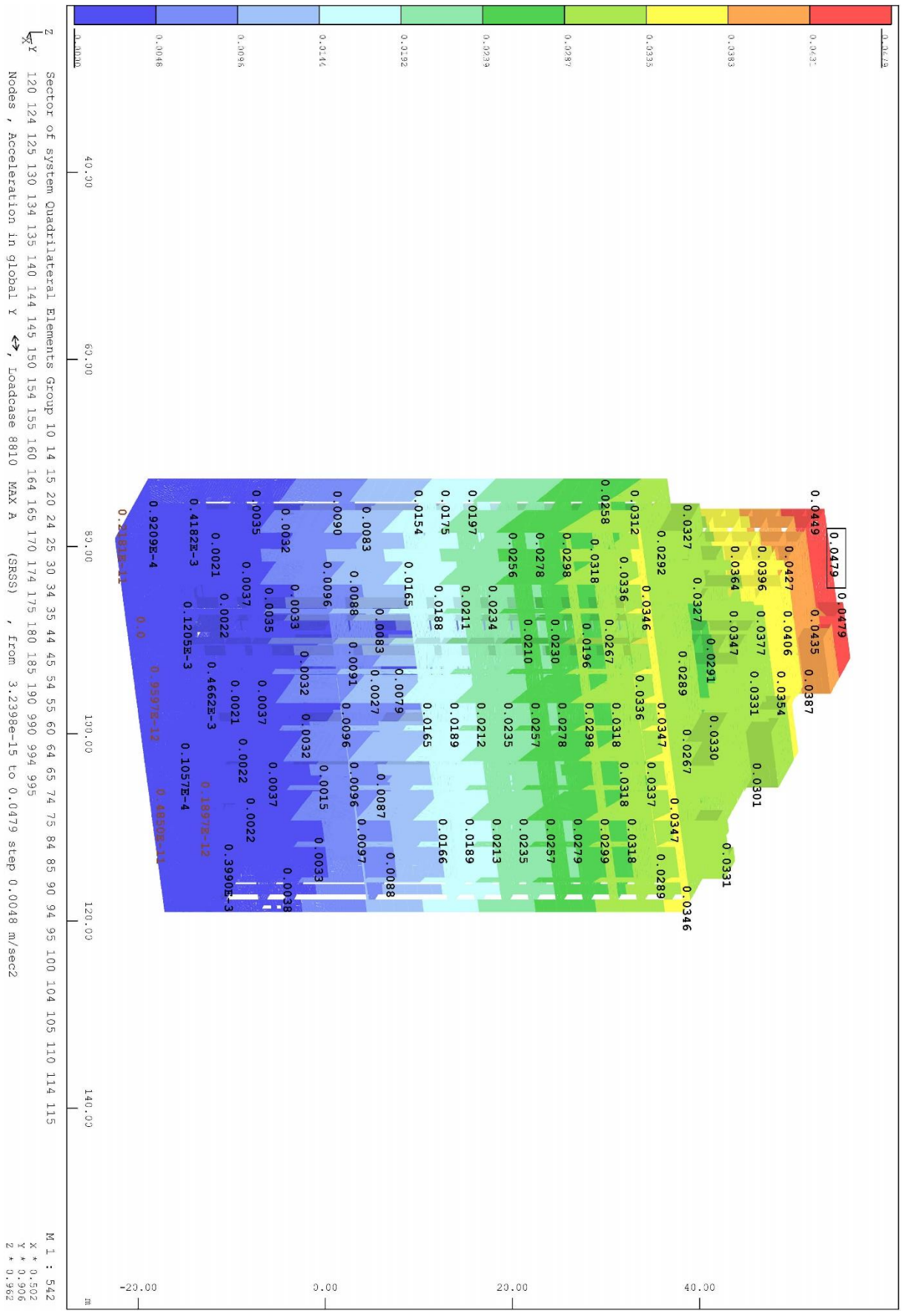


4.2. МАКСИМАЛЬНОЕ УСКОРЕНИЕ

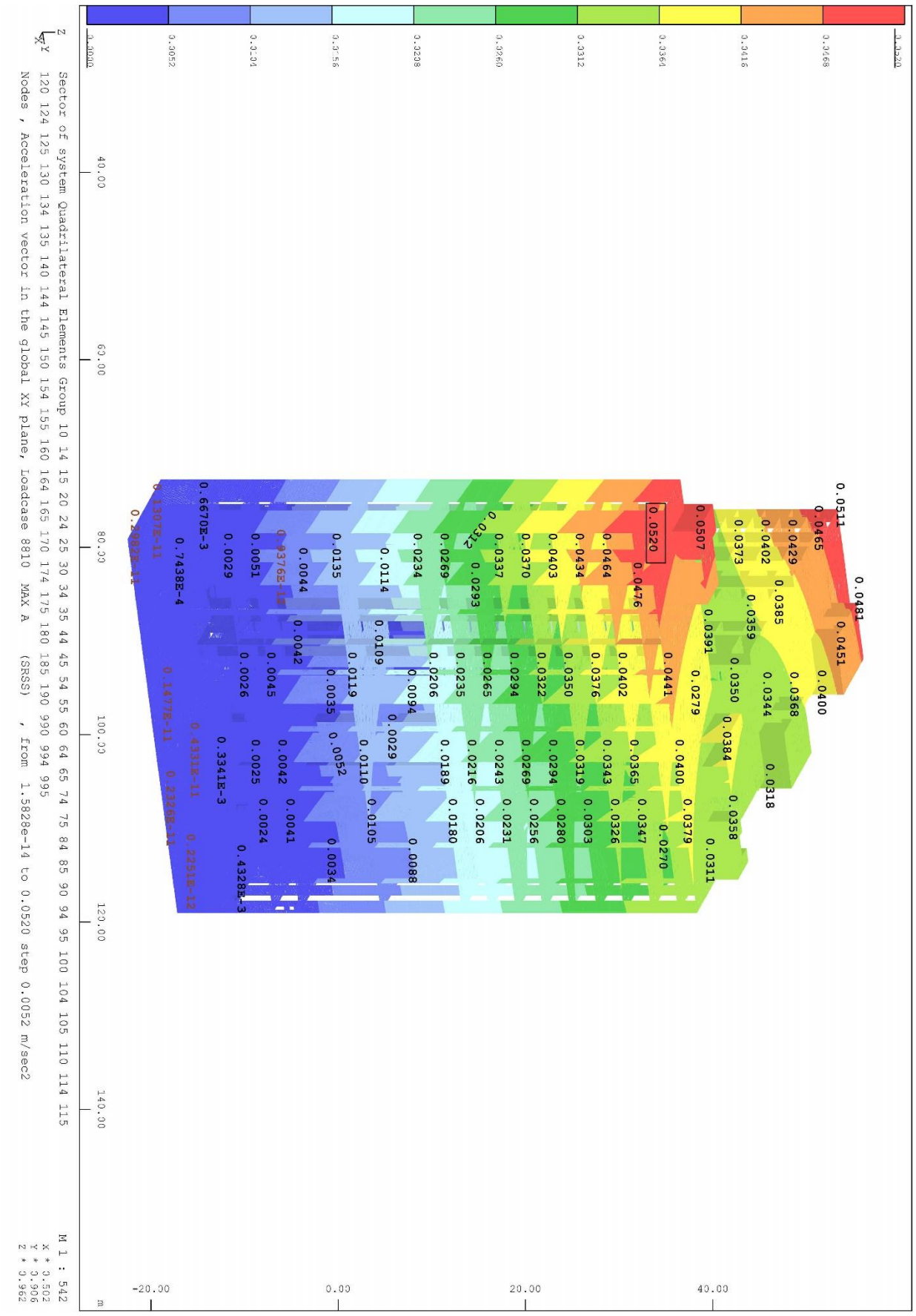
Максимальное ускорение этажей по X, м/с²



Максимальное ускорение этажей по Y, м/с²

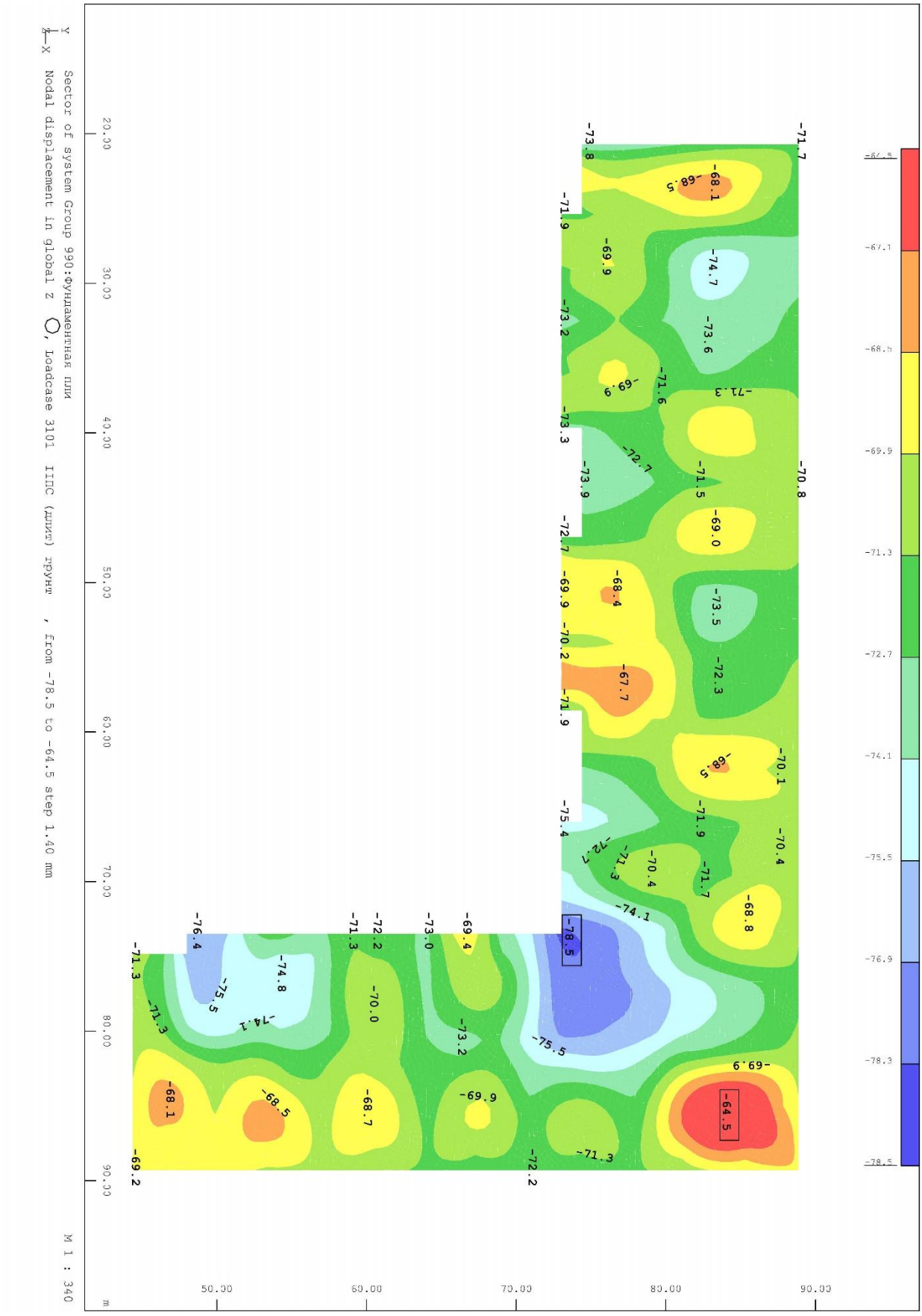


Максимальное ускорение этажей по XY, м/с²



4.3. ОСАДКА И ДАВЛЕНИЕ ПОД ПОДОШВОЙ ФУНДАМЕНТА

Осадка, мм



Расчет осадки корпуса К2 секции 10-13 в осях 2.10-2.44/2.АА-2.ФФ

Допущения и предпосылки. Расчет выполняется согласно СП 22.13330.2016 п.п. 5.6.31.

Исходные данные. Среднее давление под подошвой фундамента $p = 3.20$ кг/см^2; глубина заложения $d_n = 7.15$ м; фундамент прямоугольный; ширина подошвы $b = 15.00$ м; длина подошвы $l = 68.00$ м; объемный вес грунта выше подошвы $\gamma'_{\text{II}} = 1.86$ т/м^3; имеются грунтовые воды на расстоянии 0.00 м от подшвы мощностью 3.40 м; $s_u = 15.0$ см.

Расчет. Вертикальное напряжение от собственного веса грунта на уровне подошвы

$$\sigma_{zg0} = \gamma'_{\text{II}} d_n = 1.86 \cdot 7.15 = 13.299 \text{ т/м}^2 = 1.330 \text{ кг/см}^2$$

Согласно требованиям методики расчета, сжимаемая толща грунта под подошвой разбивается на слои. Необходимые величины для каждого слоя вычисляются в табличной форме по формулам

$$\sigma_{zp,i} = \alpha_i p, \quad \sigma_{z\gamma,i} = \alpha_i \sigma_{zg0}, \quad \sigma_{zg,i} = \sigma_{zg0} + \sum_{i=1}^{n} h_i \gamma_i$$

Минимальная глубина сжимаемой толщи для $10 \leqslant b < 60$ м составляет $H_{min} = 4 + 0.1b = 4 + 0.1 \cdot \cdot 15.00 = 5.50$ м.

Т.к. $p > \sigma_{zg,0}$ то осадка определяется по формуле (5.16)

$$\Delta s_i = \beta \frac{(\sigma_{zp,i} - \sigma_{z\gamma,i}) h_i}{E_i} + \beta \frac{\sigma_{z\gamma,i} h_i}{E_{e,i}}, \quad \beta = 0.8$$

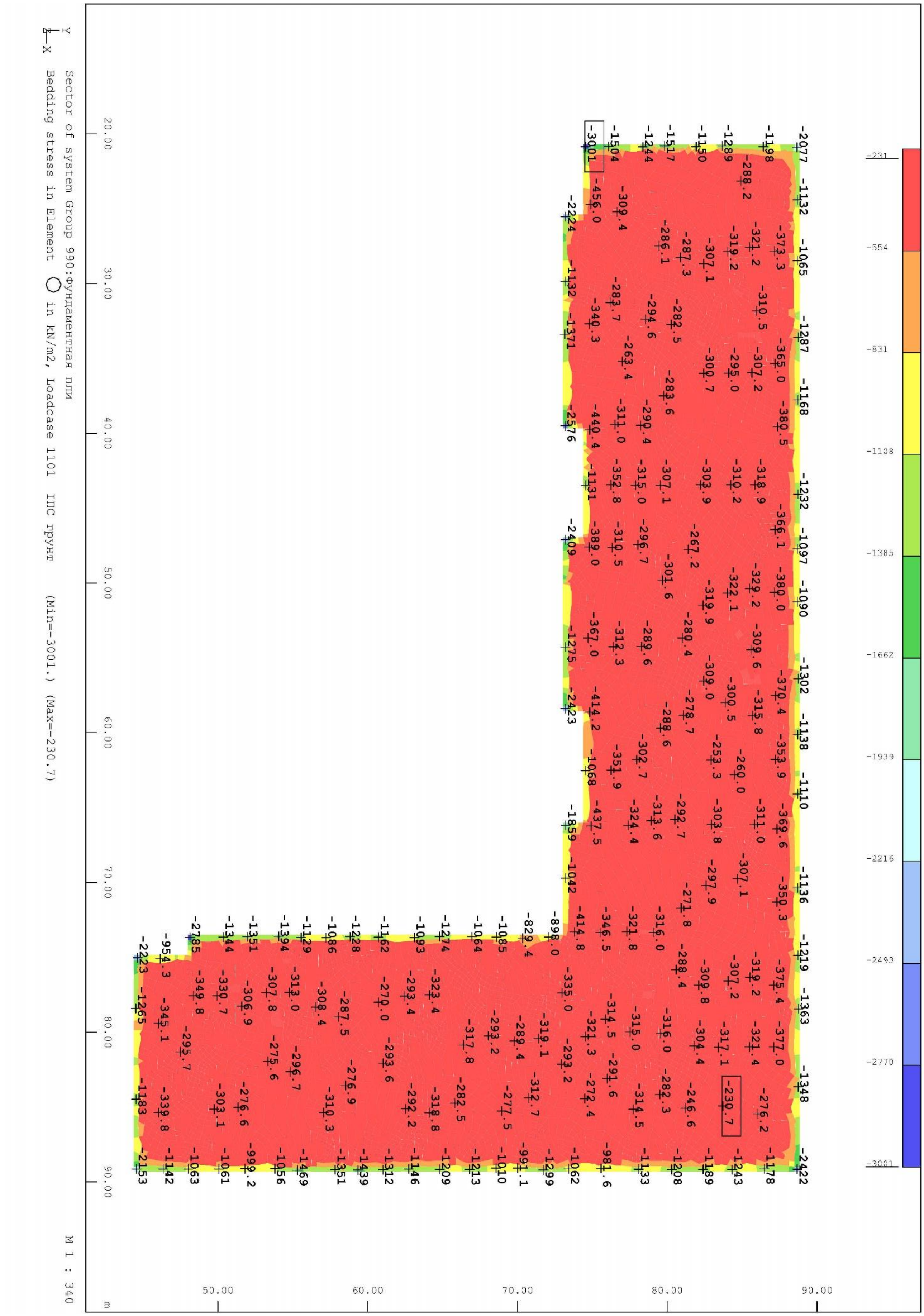
№	Э	h	z	α	σ_{zp}	$\sigma_{z\gamma}$	γ	σ_{zg}	$0.5\sigma_{zg}$	E	E_e	Δs
		м	м	–	кг/см^2	кг/см^2	т/м^3	кг/см^2	кг/см^2	кг/см^2	кг/см^2	см
–	–	–	0.00	1.000	3.200	1.330	–	1.330	0.665	–	–	–
1	5	0.40	0.20	1.000	3.200	1.330	1.05	1.351	0.675	334	1670	0.205
2	5	0.40	0.60	1.000	3.199	1.330	1.05	1.393	0.696	334	1670	0.205
3	5	0.40	1.00	0.999	3.197	1.329	1.05	1.435	0.717	334	1670	0.204
4	5	0.40	1.40	0.997	3.191	1.326	1.05	1.477	0.738	334	1670	0.204
5	5	0.40	1.80	0.994	3.182	1.323	1.05	1.519	0.759	334	1670	0.204
6	5	0.40	2.20	0.990	3.169	1.317	1.05	1.561	0.780	334	1670	0.203
7	5	0.40	2.60	0.985	3.150	1.309	1.05	1.603	0.801	334	1670	0.201
8	5	0.40	3.00	0.977	3.127	1.300	1.05	1.645	0.822	334	1670	0.200
9	5	0.20	3.30	0.971	3.106	1.291	1.05	1.676	0.838	334	1670	0.099
10	7	0.40	3.60	0.963	3.083	1.281	1.99	2.066	1.033	249	1245	0.264
11	7	0.40	4.00	0.952	3.047	1.266	1.99	2.146	1.073	249	1245	0.261
12	7	0.40	4.40	0.940	3.008	1.250	1.99	2.226	1.113	249	1245	0.258
13	7	0.40	4.80	0.926	2.964	1.232	1.99	2.305	1.153	249	1245	0.254
14	7	0.40	5.20	0.912	2.918	1.213	1.99	2.385	1.192	249	1245	0.250
15	7	0.40	5.60	0.896	2.869	1.192	1.99	2.464	1.232	249	1245	0.246
16	7	0.40	6.00	0.880	2.817	1.171	1.99	2.544	1.272	249	1245	0.242
17	7	0.20	6.30	0.868	2.778	1.155	1.99	2.604	1.302	249	1245	0.119
18	8	0.40	6.60	0.856	2.738	1.138	1.97	2.663	1.332	137	685	0.427
19	8	0.40	7.00	0.839	2.684	1.115	1.97	2.742	1.371	137	685	0.418
20	8	0.40	7.40	0.822	2.629	1.093	1.97	2.821	1.410	137	685	0.410
21	8	0.40	7.80	0.804	2.574	1.070	1.97	2.899	1.450	137	685	0.401
22	8	0.40	8.20	0.787	2.520	1.047	1.97	2.978	1.489	137	685	0.393
23	8	0.10	8.45	0.777	2.486	1.033	1.97	3.028	1.514	137	685	0.097
24	9	0.40	8.70	0.766	2.452	1.019	2.02	3.078	1.539	270	1350	0.194
25	9	0.40	9.10	0.750	2.398	0.997	2.02	3.159	1.579	270	1350	0.190
26	9	0.40	9.50	0.733	2.346	0.975	2.02	3.239	1.620	270	1350	0.186

27	8	0.40	9.90	0.717	2.294	0.953	1.97	3.319	1.660	137	685	0.358
28	8	0.40	10.30	0.701	2.244	0.932	1.97	3.398	1.699	137	685	0.350
29	8	0.40	10.70	0.686	2.194	0.912	1.97	3.477	1.738	137	685	0.342
30	8	0.40	11.10	0.671	2.146	0.892	1.97	3.556	1.778	137	685	0.335
31	9	0.40	11.50	0.656	2.099	0.872	2.02	3.635	1.818	270	1350	0.166
32	9	0.40	11.90	0.642	2.053	0.853	2.02	3.716	1.858	270	1350	0.162
33	9	0.40	12.30	0.628	2.008	0.835	2.02	3.797	1.898	270	1350	0.159
34	9	0.40	12.70	0.614	1.965	0.817	2.02	3.878	1.939	270	1350	0.155
35	9	0.40	13.10	0.601	1.923	0.799	2.02	3.959	1.979	270	1350	0.152

$$s = \sum_{i=1}^{n} \Delta s_i = 8.515 \text{ см}$$

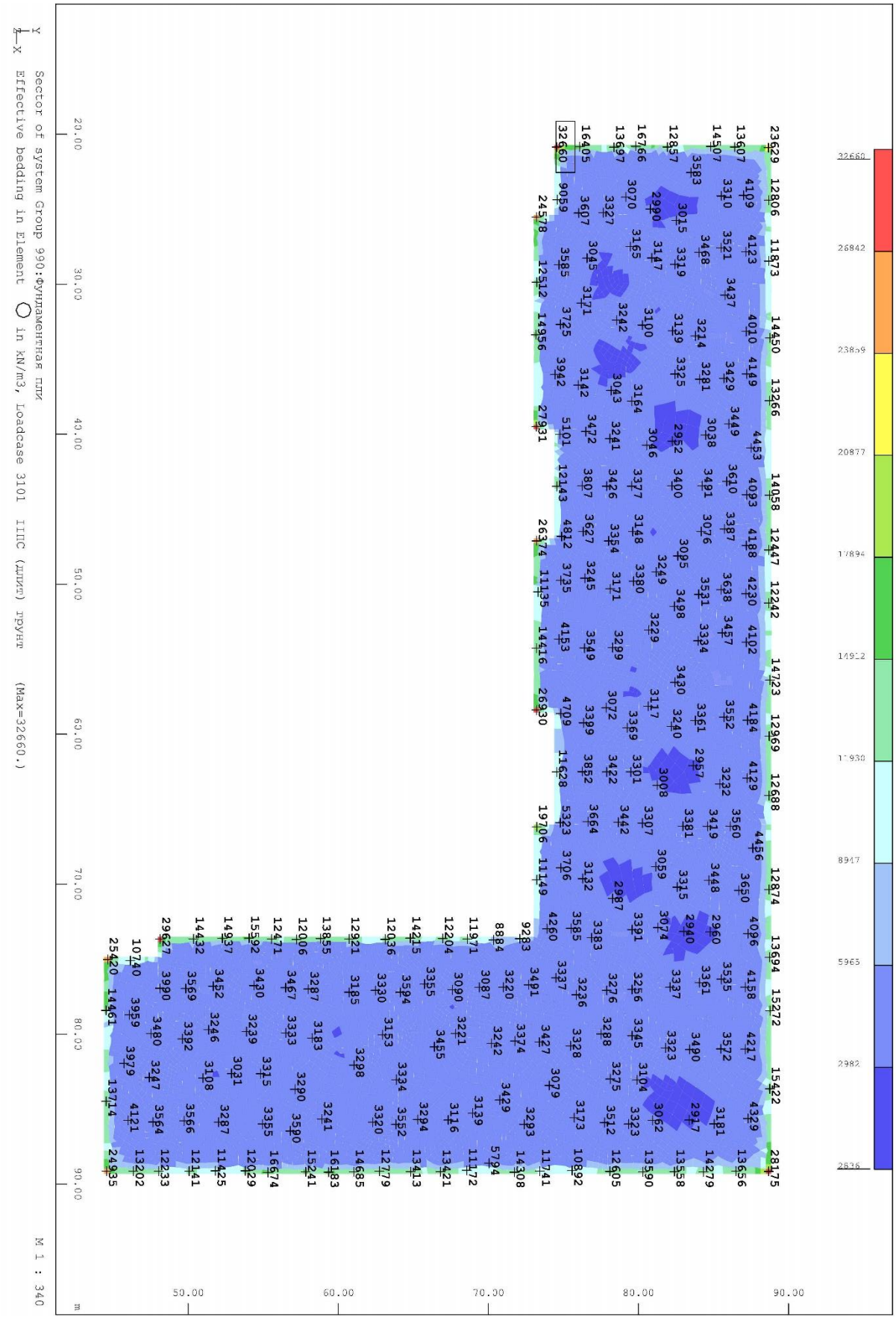
Вывод. Осадка составляет $s = 8.515$ см $\leqslant s_u = 15.0$ см, что не превышает предельно допустимой осадки. Требование выполняется. Глубина сжимаемой толщи определенная по условию $0.5\sigma_{zg}$ составляет $H_c = 13.30$ м.

Давление под подошвой фундамента R_z , кН/м²



						1190-01-КР.Р4	Лист
							32
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		

Коэффициент постели С1, кН/м³



Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата	1190-01-КР.Р4	Лист 33

Среднее давление под подошвой фундамента (от нагрузок для расчета основания по деформациям) (R_z) – 320 кН/м² не превышает расчетного сопротивления грунта основание ИГЭ-4 (R) – 1515 кН/м².

$$R = \frac{\gamma_{c1}\gamma_{c2}}{k}\left[M_\gamma k_z b\gamma_{II} + M_q d_1\gamma'_{II} + (M_q - 1)d_b\gamma'_{II} + M_c c_{II}\right]. \quad (5.5)$$

Исходные данные:

γ_{c1} =	1,3	φ =	31,00
γ_{c2} =	1,3		
k =	1		
M_γ =	1,24		
M_q =	5,95		
M_c =	8,24		
k_z =	0,70		
γ_{II} =	1,624455	(т/м3)	
γ'_{II} =	1,602381	(т/м3)	
c_{II} =	0,02	(т/м2)	
d_1 =	4,2	(м)	
d_b =	2	(м)	
b =	16	(м)	

Грунты

	Коэффициент γ_{c1}
Пески мелкие	1,3

Габариты сооружения

L =	16(м)
H =	69(м)

= 132,89 (т/м2) / 13,29 (кг/см2)

Данные вводить только (!) в ячейки белого цвета ! ! !

Таблица 5.2

Коэффициент γ_{c2} для сооружений с жесткой конструктивной схемой при отношении длины сооружения или его отсека к высоте L/H, равном

	4 и более	1,5 и менее
	1,1	1,3

γ_{c1} и γ_{c2} - коэффициенты условий работы, принимаемые по таблице 5.2 СП 50-101-2004;

k - коэффициент, принимаемый равным единице, если прочностные характеристики грунта (φ и c) определены непосредственными испытаниями, и k=1,1, если они приняты по таблицам приложения "Г" СП 50-101-2004;

M_γ, M_q, M_c - коэффициенты, принимаемые по таблице 5.3 СП 50-101-2004 автоматически;

k_z - коэффициент, принимаемый равным единице при b <10 м, $k_z = z_0/b + 0{,}2$, при $b \geq 10$ м (здесь z_0=8 м);

b - ширина подошвы фундамента, м (при бетонной или щебеночной подготовке толщиной $h_{\text{п}}$ допускается увеличивать b на $2h_{\text{п}}$);

γ_{II} - осредненное расчетное значение удельного веса грунтов, залегающих ниже подошвы фундамента (при наличии подземных вод определяется с учетом взвешивающего действия воды), т/м³;

γ'_{II} - то же, для грунтов, залегающих выше подошвы фундамента, т/м³;

c_{II} - расчетное значение удельного сцепления грунта, залегающего непосредственно под подошвой фундамента, тс/м²;

d_1 - глубина заложения фундаментов, м, бесподвальных сооружений от уровня планировки или приведенная глубина заложения наружных и внутренних фундаментов от пола подвала, определяемая по формуле (5.6).

При плитных фундаментах за d_1 принимают наименьшее расстояние от подошвы плиты до уровня планировки.

$$d_1 = h_s + h_{cf}\gamma_{cf}/\gamma'_{II}. \quad (5.6)$$

здесь h_s - толщина слоя грунта выше подошвы фундамента со стороны подвала, м;

h_{cf} - толщина конструкции пола подвала, м;

γ_{cf} - расчетное значение удельного веса конструкции пола подвала, т/м³.

При бетонной или щебеночной подготовке толщиной $h_{\text{п}}$ допускается увеличивать d_1 на $h_{\text{п}}$.

d_b - глубина подвала, расстояние от уровня планировки до пола подвала, м (для сооружений с подвалом глубиной свыше 2 м принимают равным 2 м);

Примечания:

1. Формулу (5.5) допускается применять при любой форме фундаментов в плане. Если подошва фундамента имеет форму круга или правильного многоугольника площадью A, значение b принимают равным $\sqrt{A}$.
2. Расчетные значения удельного веса грунтов и материала пола подвала, входящие в формулу, допускается принимать равными их нормативным значениям.
3. Расчетное сопротивление грунта при соответствующем обосновании может быть увеличено, если конструкция фундамента улучшает условия его совместной работы с основанием, например, фундаменты прерывистые, щелевые, с промежуточной подготовкой и др.
4. Для фундаментных плит с угловыми вырезами расчетное сопротивление грунта основания допускается увеличивать, применяя коэффициент k_d по таблице 5.4.
5. Если $d_1 > d$ (d - глубина заложения фундамента от уровня планировки), в формуле (5.5) принимают $d_1 = d$ и d_b=0

Грунты залегающие выше подошвы фундамента

	№№ слоя	Уд. вес (γ_i), т/м3	Мощность (h_i), м
1	ИГЭ №2	1,86	1
2	ИГЭ №3	2,08	1
3	ИГЭ №4	1,95	0,7
4	ИГЭ №4	0,95	1,5
5	*		
6	*		
7	*		

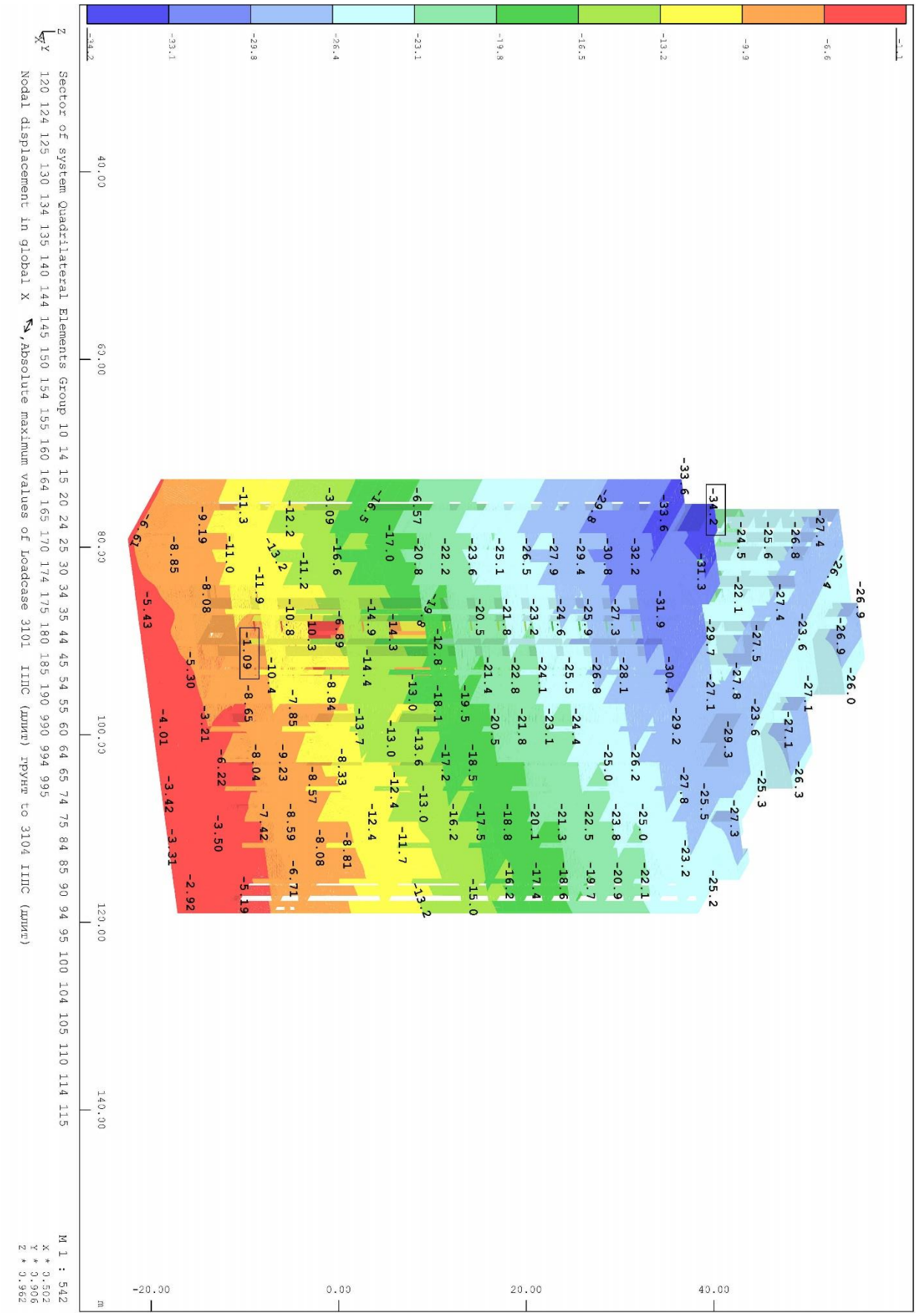
Грунты залегающие ниже подошвы фундамента

	№№ слоя	Уд. вес (γ_i), т/м3	Мощность (h_i), м
1	ИГЭ №4	0,95	0,72
2	ИГЭ №7	2	1,5
3	ИГЭ №4	0,95	1,5
4	ИГЭ №7	2	0,7
5	ИГЭ №8	1,96	2
6	*		
7	*		

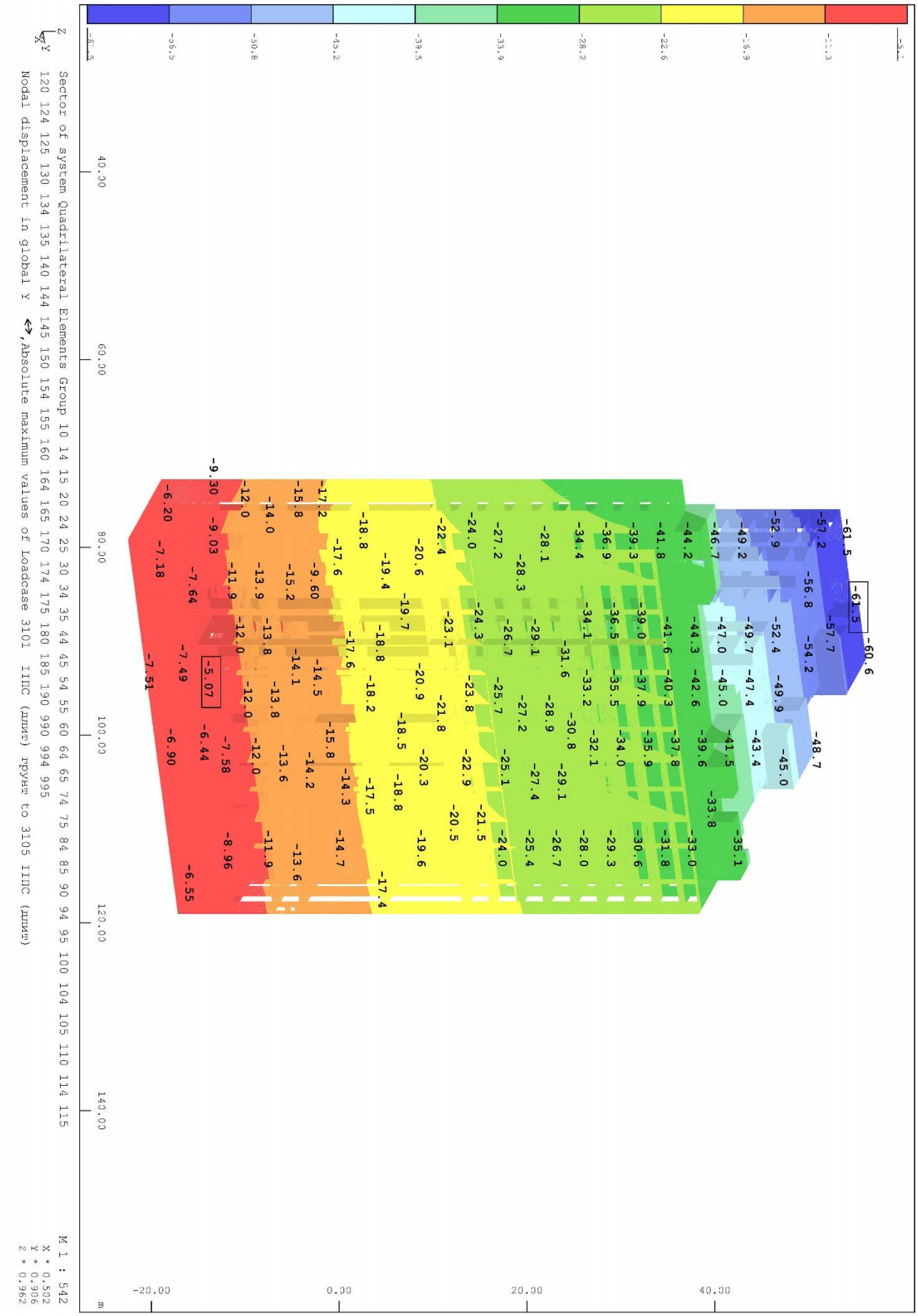
Значение расчетного сопротивления грунта основания (R) вычислено по формуле 5.7из СП 22.13330.2016.

4.4. ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЗДАНИЯ

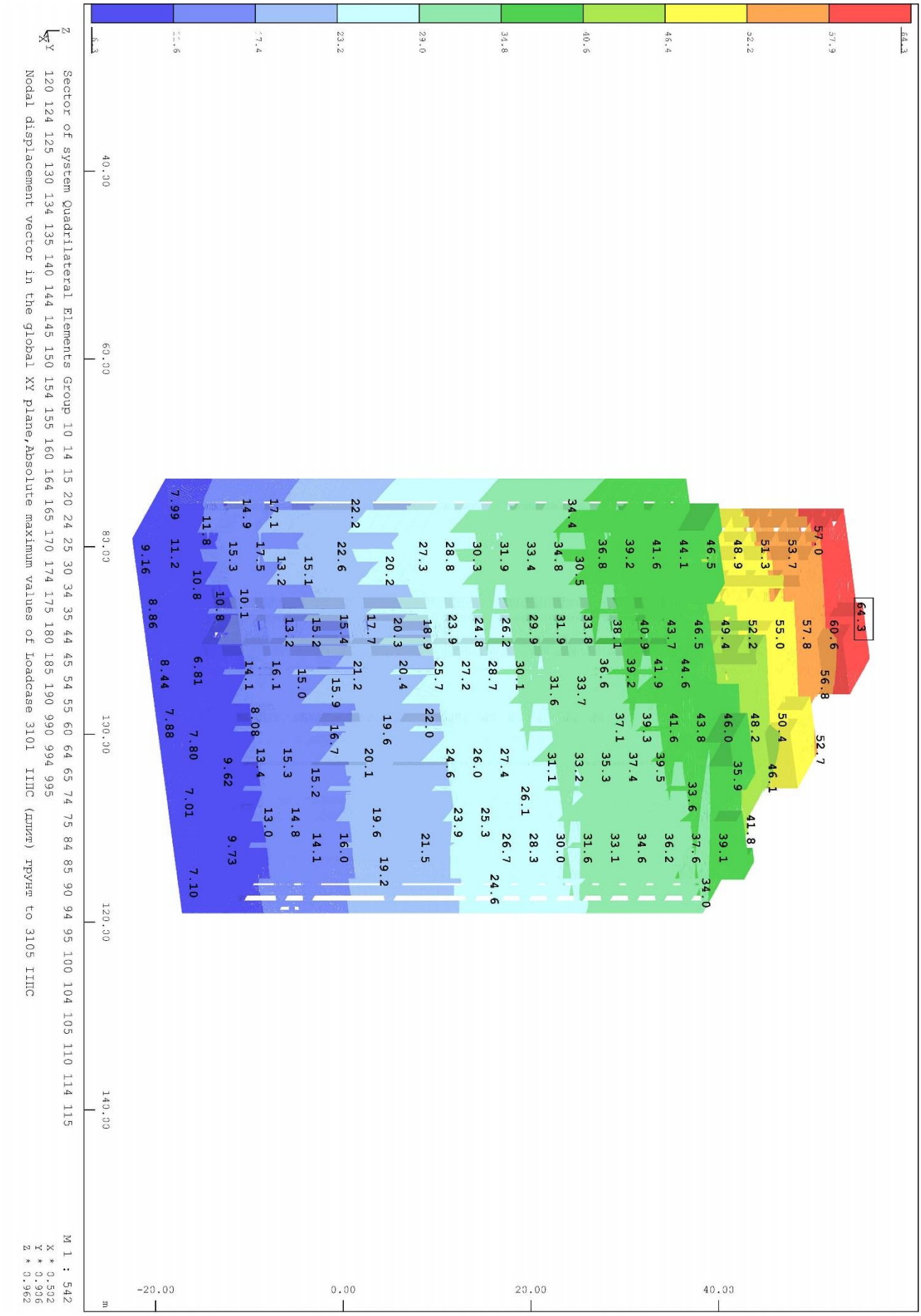
Перемещения по оси X, мм



Перемещения по оси Y, мм



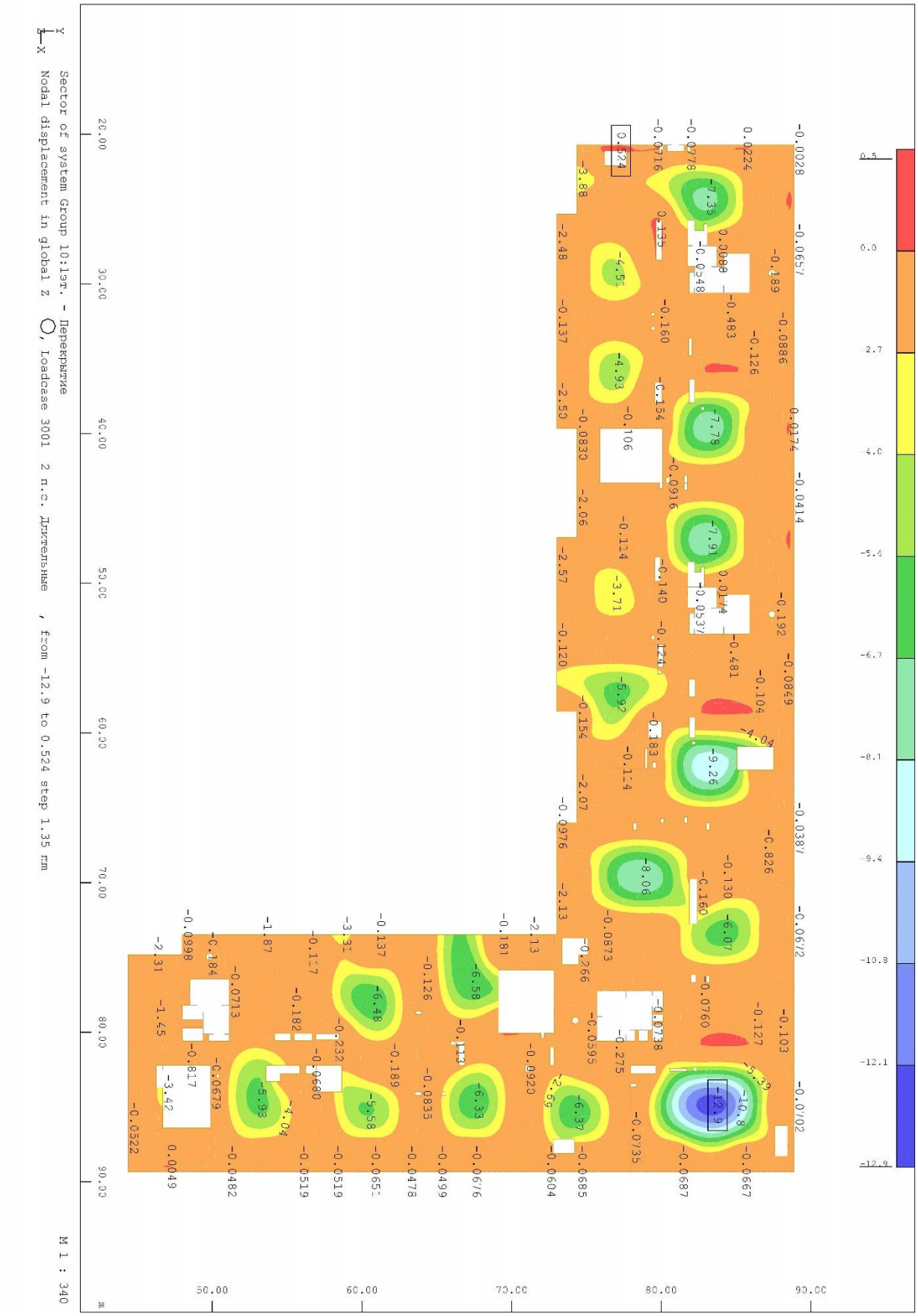
Перемещения по оси XY, мм



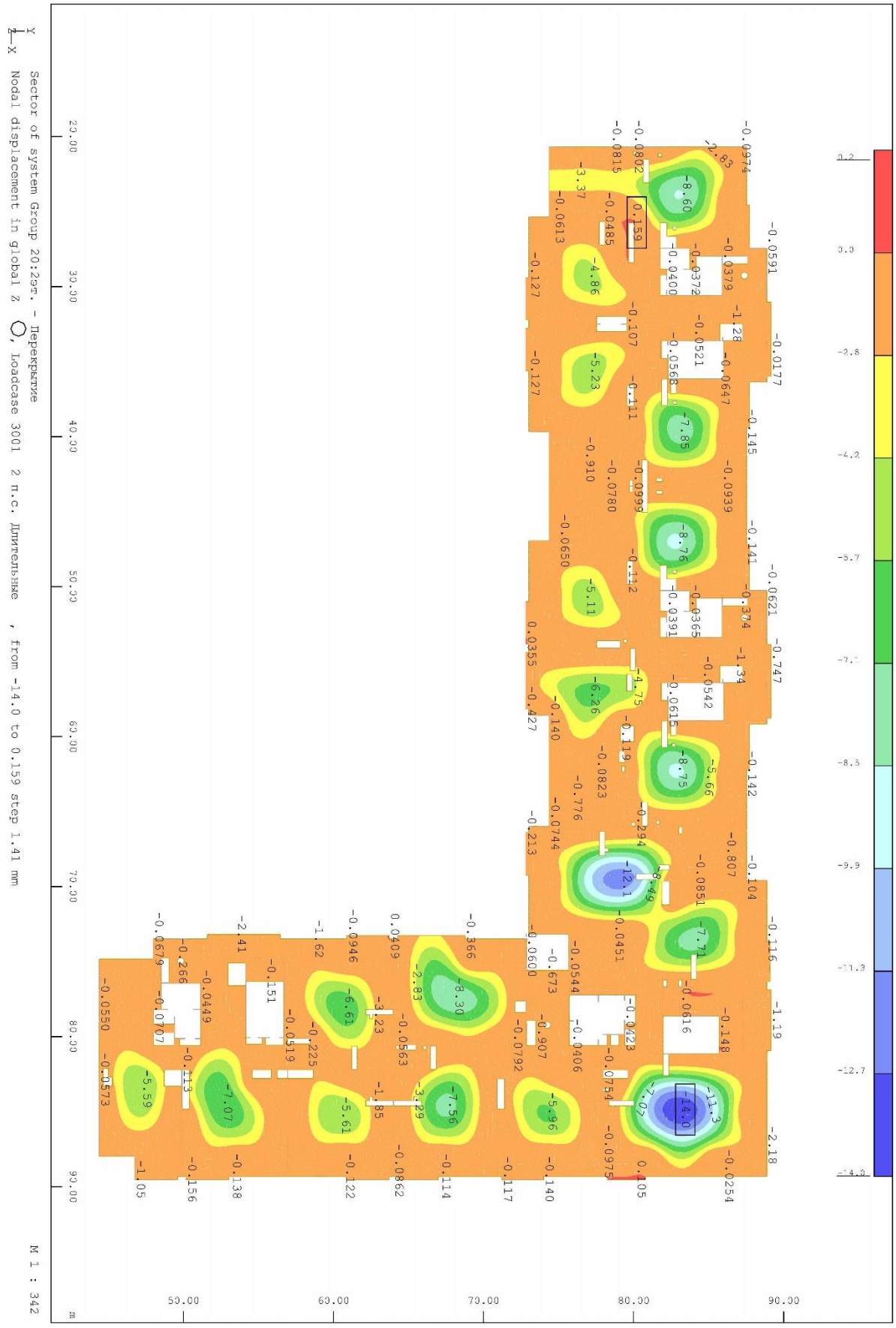
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата	1190-01-КР.Р4	Лист 37

4.5. ПРОГИБЫ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЯ

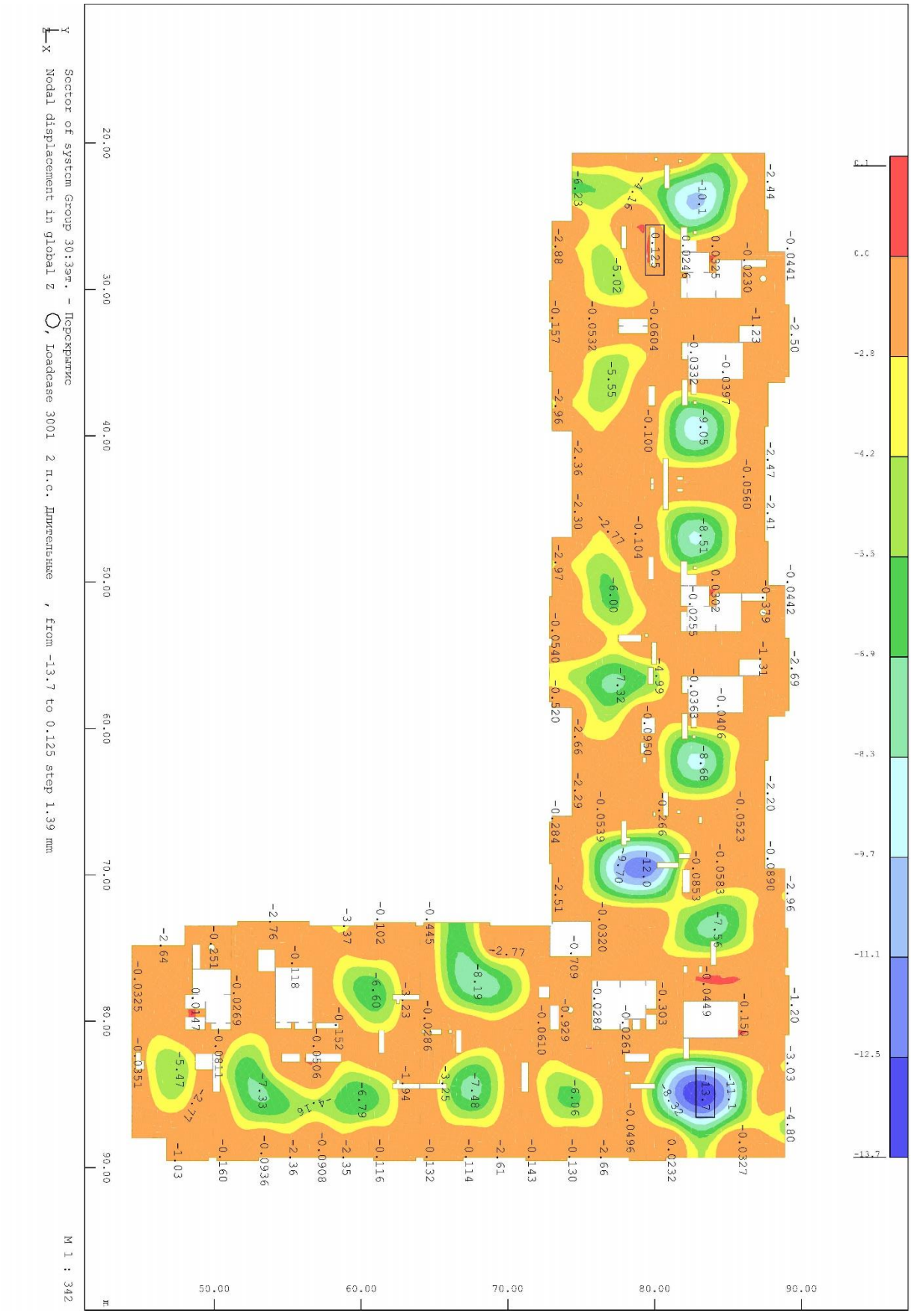
Прогибы плиты перекрытия над -1 этажом, мм



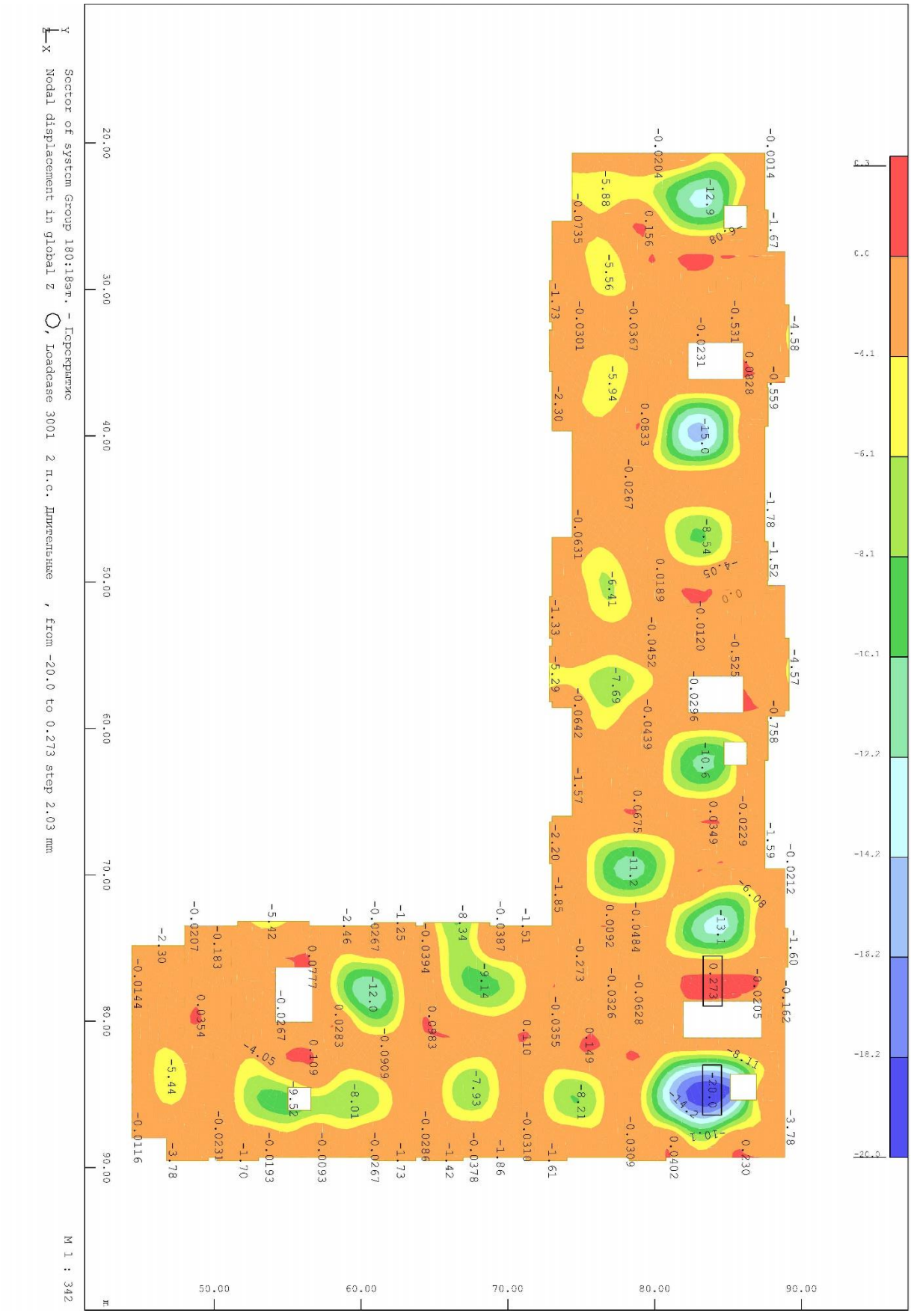
Прогибы плиты перекрытия над 1 этажом, мм



Прогибы плиты перекрытия над типовым этажом, мм

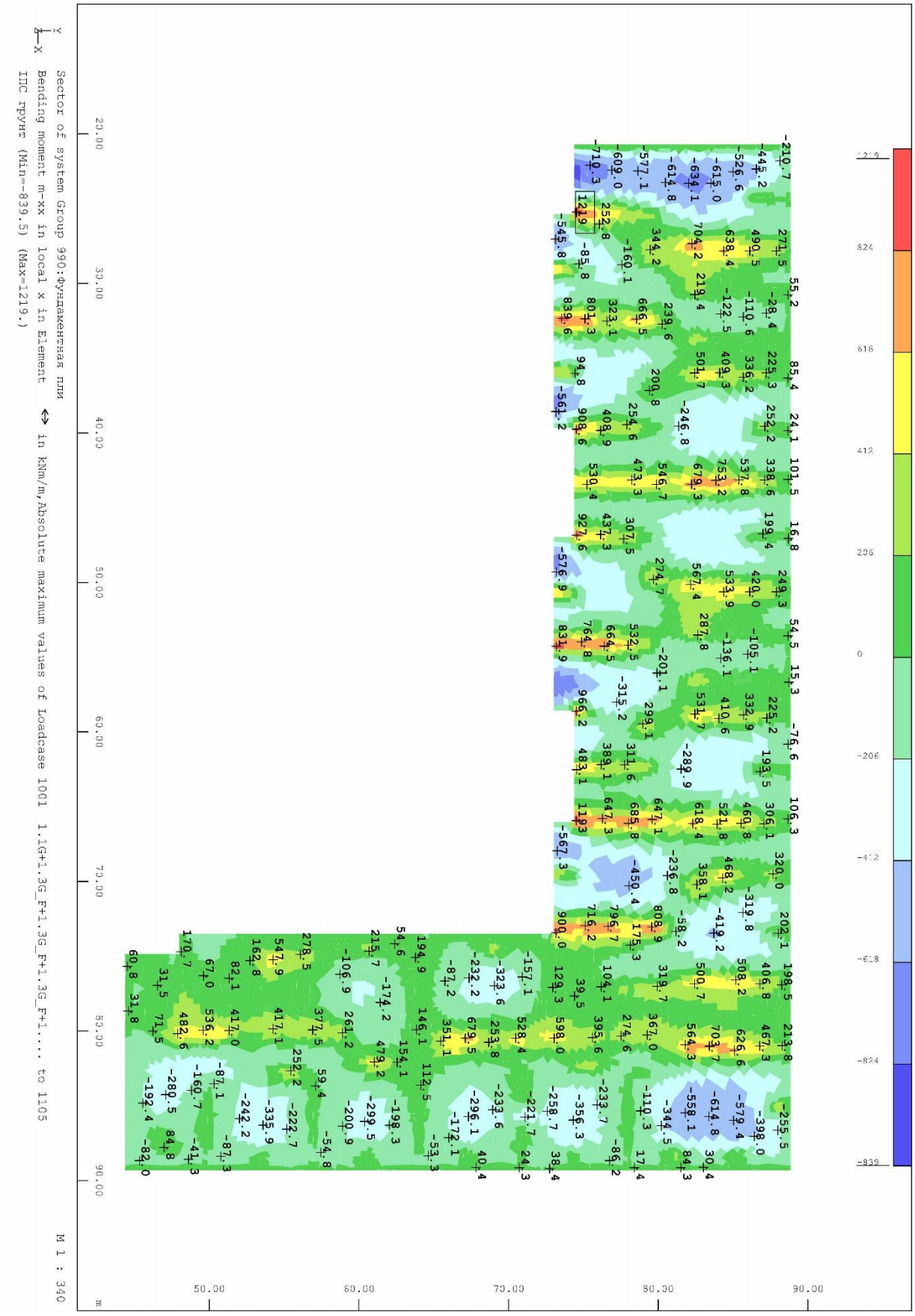


Прогибы плиты покрытия, мм

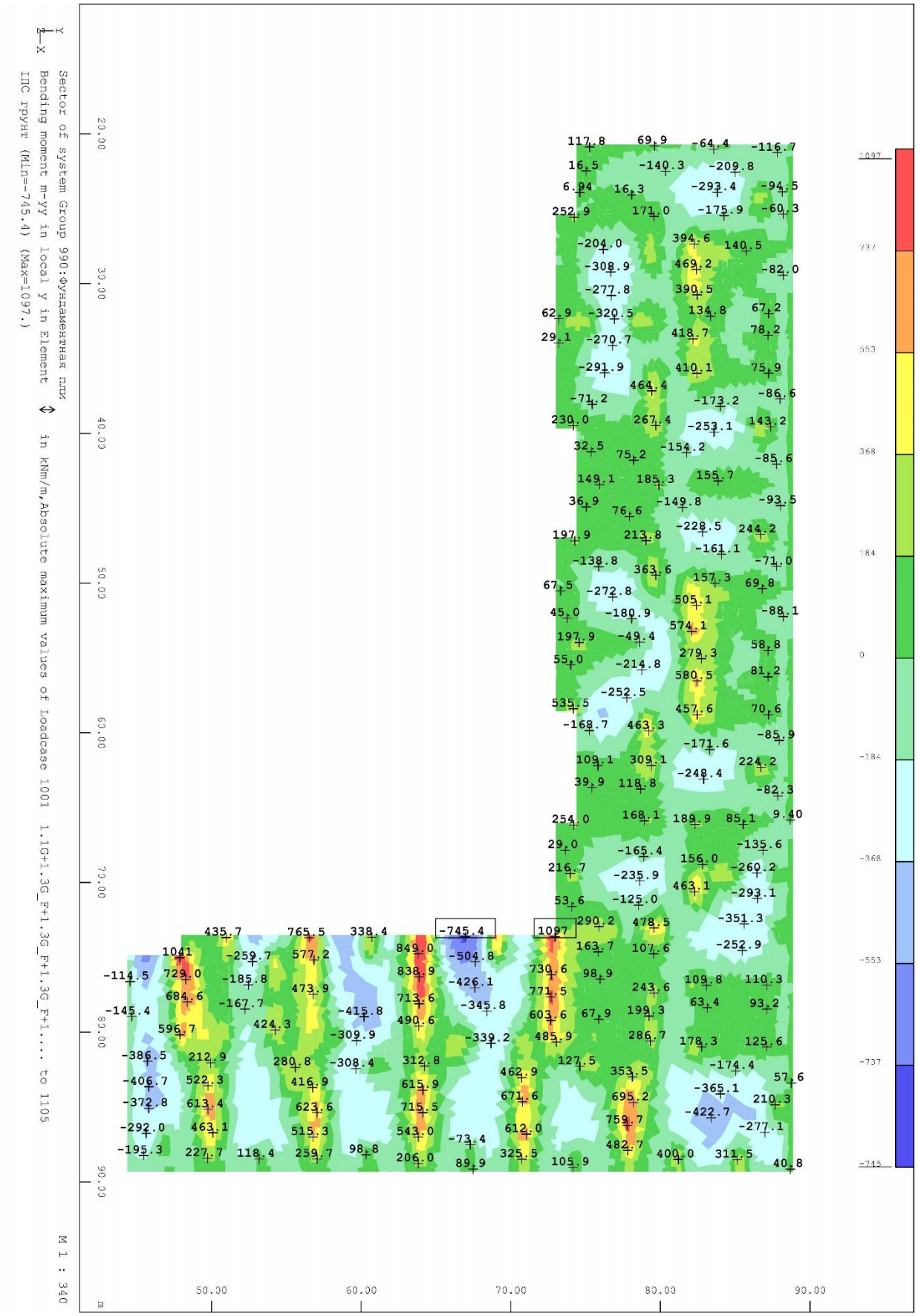


4.6. ФУНДАМЕНТНАЯ ПЛИТА

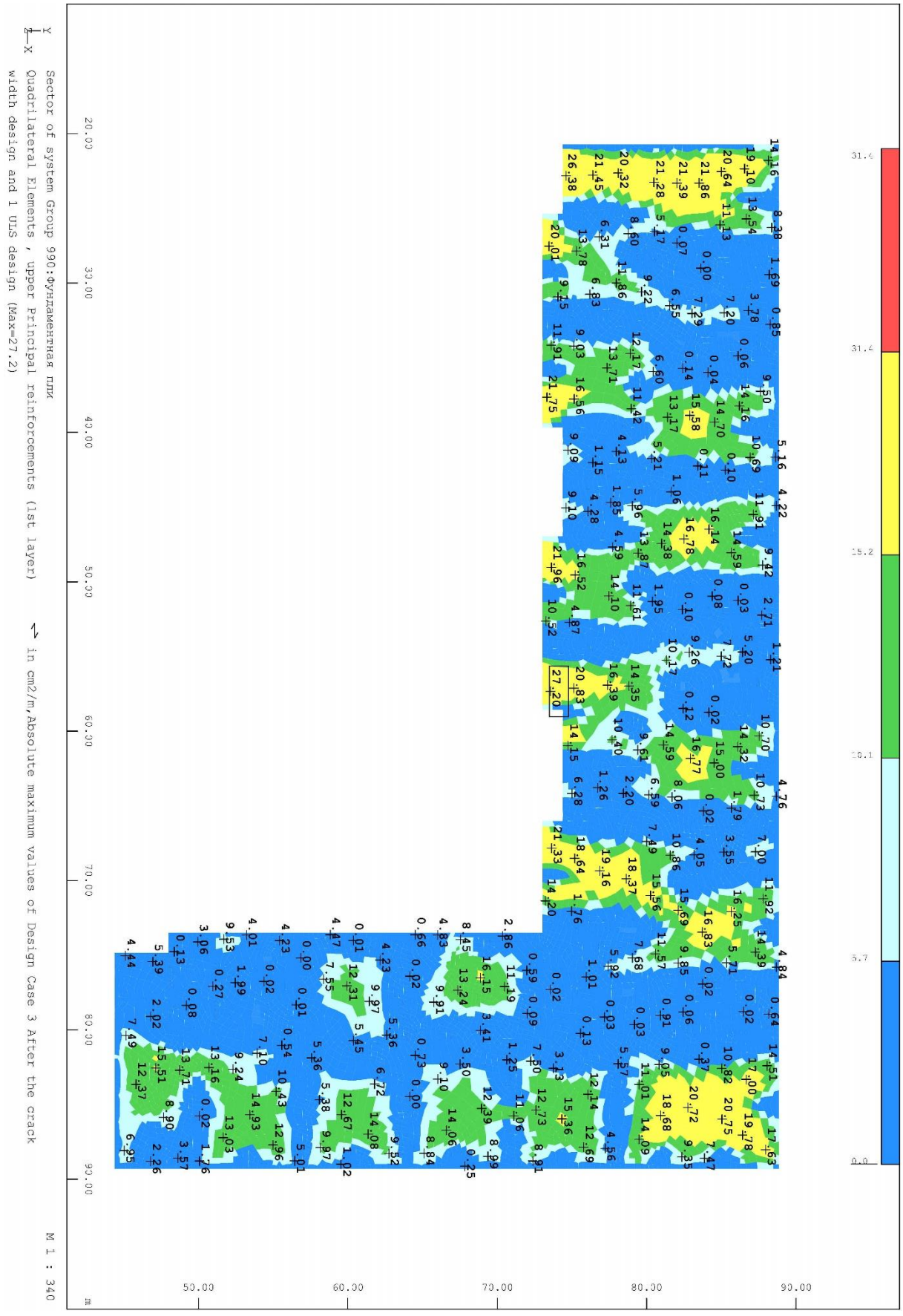
Момент M_x, кН·м/м



Момент M_y, кН·м/м

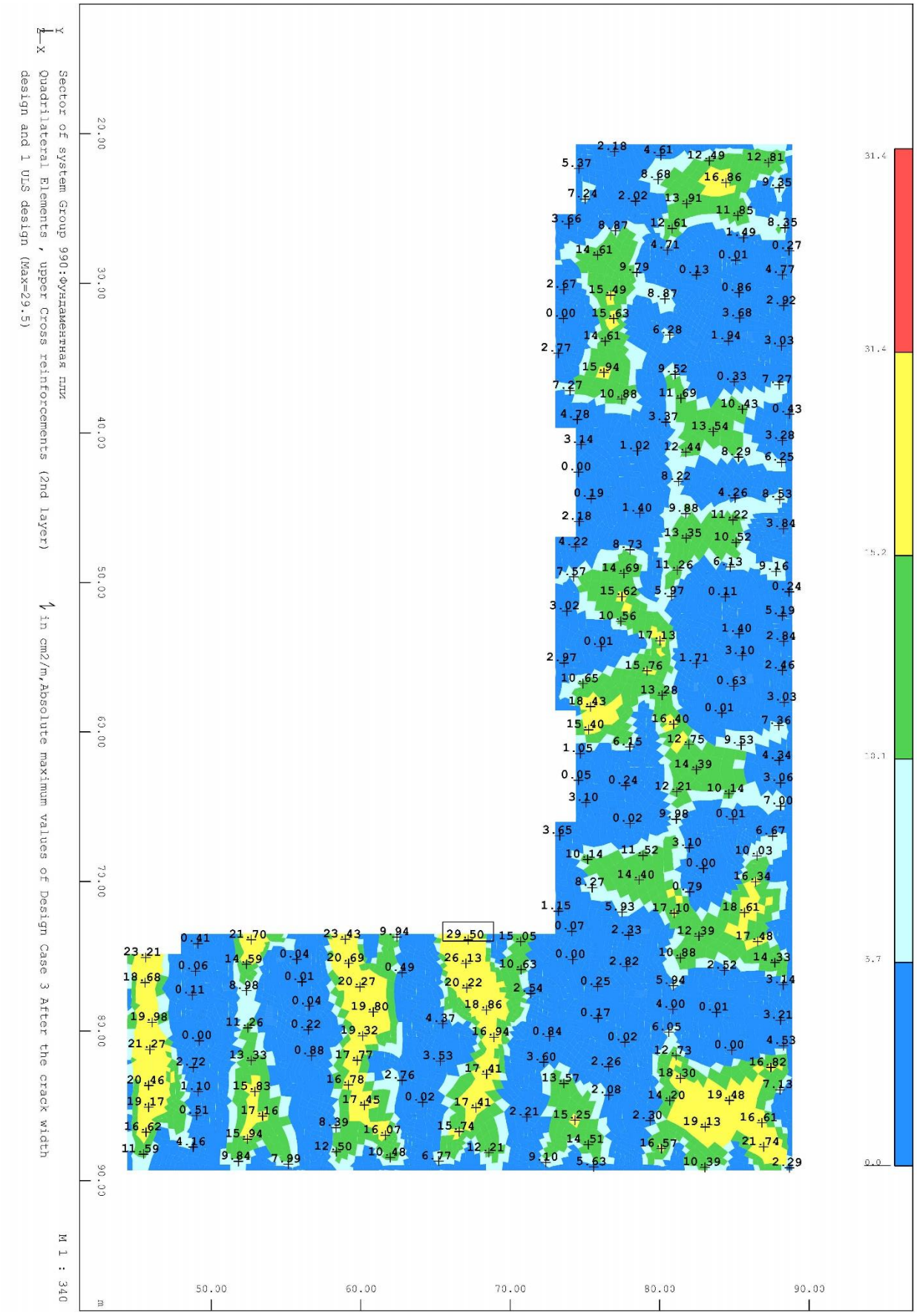


Верхнее армирование по оси X, см^2/м

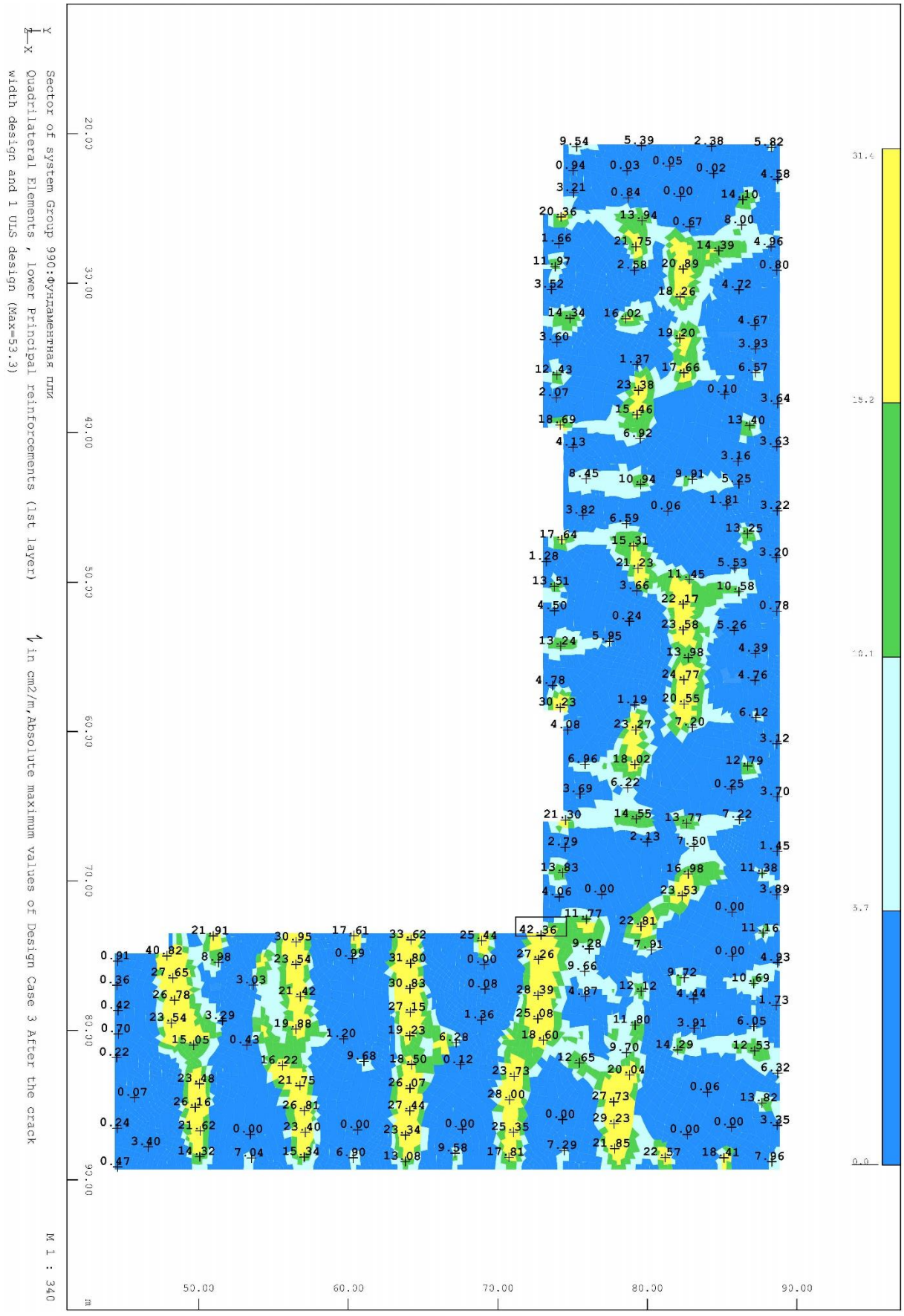


Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата	1190-01-КР.Р4	Лист 44

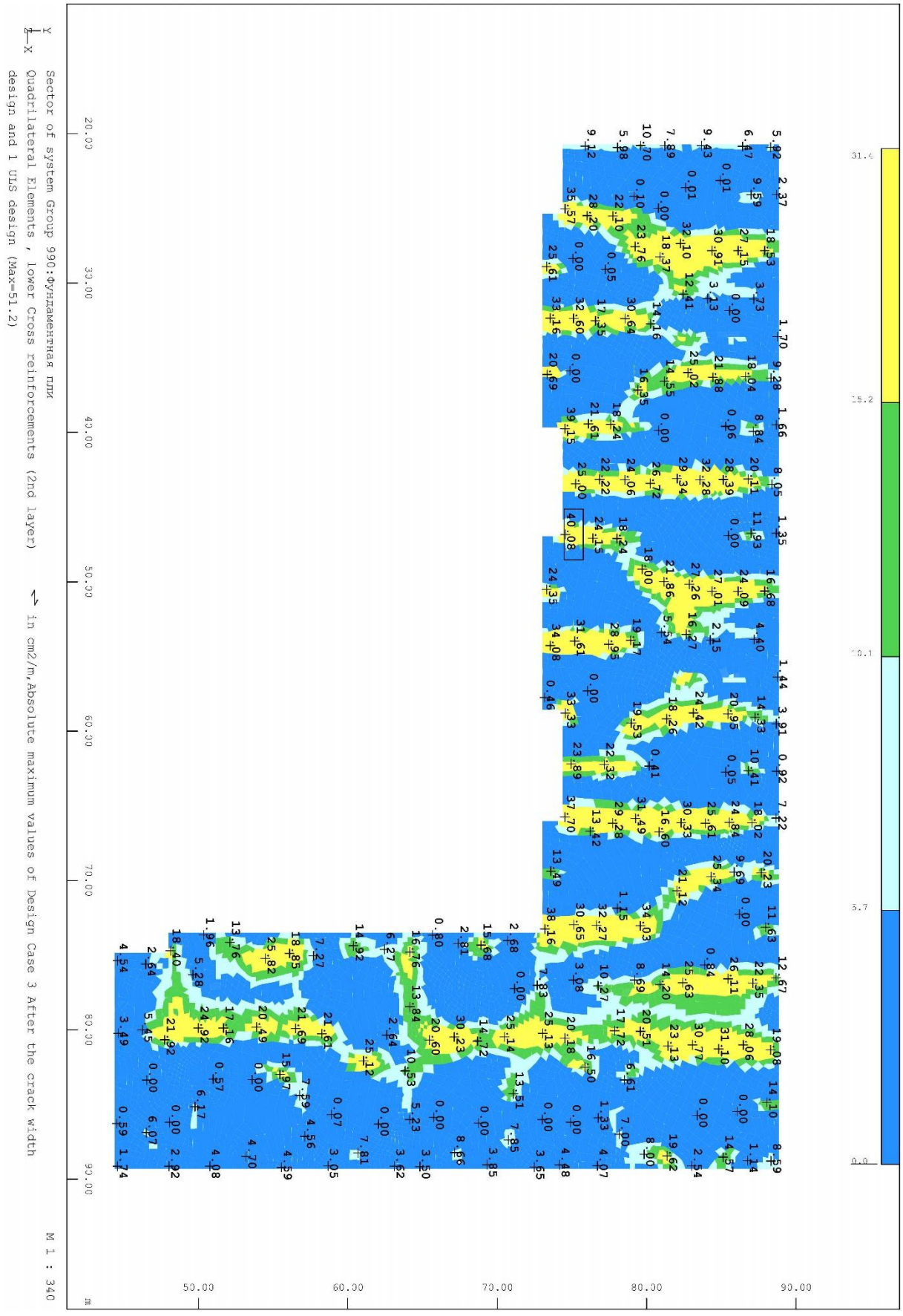
Верхнее армирование по оси Y, см^2/м



Нижнее армирование по оси X, см^2/м



Нижнее армирование по оси Y см^2/м



Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата	1190-01-КР.Р4	Лист 47

Проверка армирования фундаментной плиты толщиной 800 мм под опорой

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	156,0	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	10,6	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,9	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h= 800 мм -толщина плиты
a_x= 58 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси X)
a'_x= 54 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси X)
$h_{0,x}$= 742 мм -рабочая высота сечения(по оси X)
a_y= 74 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси Y)
a'_y= 38 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси Y)
$h_{0,y}$= 726 мм -рабочая высота сечения(по оси Y)

Армирование по X:

Растянутая арматура
$d_{s,ф}$= 20 мм -диаметр основной арматуры
$s_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d_{s,д}$= 25 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 15,7 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 24,5 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 40,3 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура
$d'_{s,ф}$= 20 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 15,7 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 15,7 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 7,34 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,10 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 124,8 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 90 тс· м
$M_{дл}$= 72 тс· м

M_{crc}= 25,425 тс· м -момент образования трещин
φ_2= 0,5
φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,33 мм -непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$= 0,28 мм -продолжительное раскрытие трещин

Армирование по Y:

Растянутая арматура
$d_{s,ф}$= 20 мм -диаметр основной арматуры
$s_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d_{s,д}$= 25 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 15,7 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 24,5 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 40,3 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура
$d'_{s,ф}$= 20 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 15,7 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 15,7 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 7,34 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,10 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 123,0 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 80 тс· м
$M_{дл}$= 72 тс· м

M_{crc}= 25,425 тс· м -момент образования трещин
φ_2= 0,5
φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,3 мм -непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$= 0,28 мм -продолжительное раскрытие трещин

Проверка армирования фундаментной плиты толщиной 800 мм в пролете

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	156,0	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	10,6	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,9	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h= 800 мм -толщина плиты
a_x= 54 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси X)
a'_x= 58 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси X)
$h_{0,x}$= 746 мм -рабочая высота сечения(по оси X)
a_y= 38 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси Y)
a'_y= 74 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси Y)
$h_{0,y}$= 762 мм -рабочая высота сечения(по оси Y)

Армирование по X:

Растянутая арматура
$d_{s,ф}$= 20 мм -диаметр основной арматуры
$s_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d_{s,д}$= 20 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 15,7 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 15,7 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 31,4 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура
$d'_{s,ф}$= 20 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 15,7 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 15,7 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 4,83 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,06 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 98,4 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 67 тс· м
$M_{дл}$= 63,0 тс· м

M_{crc}= 25,28 тс· м -момент образования трещин
φ_2= 0,5
φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,3 мм -непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$= 0,28 мм -продолжительное раскрытие трещин

Армирование по Y:

Растянутая арматура
$d_{s,ф}$= 20 мм -диаметр основной арматуры
$s_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d_{s,д}$= 20 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 15,7 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 15,7 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 31,4 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура
$d'_{s,ф}$= 20 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 15,7 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 15,7 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 4,83 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,06 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 99,6 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

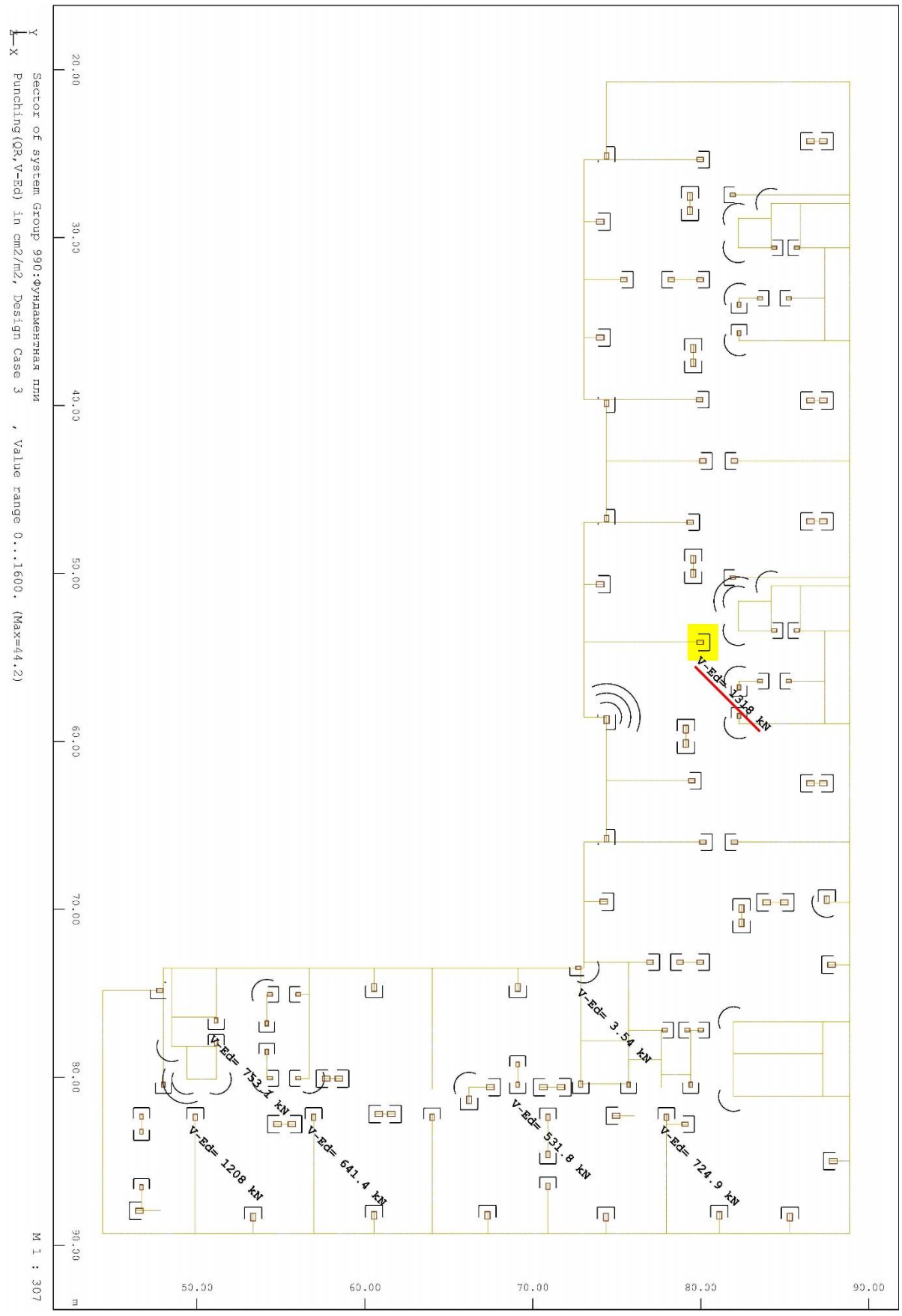
Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 63 тс· м
$M_{дл}$= 59,0 тс· м

M_{crc}= 25,28 тс· м -момент образования трещин
φ_2= 0,5
φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,26 мм -непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$= 0,25 мм -продолжительное раскрытие трещин

Продавливание, кН



						1190-01-КР.Р4	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		50

Фундаментная плита

Сечение колонны

b_1, мм	615
a_1, мм	250
c_x, мм	
c_y, мм	

Сечение плиты

h, мм	800
a_x, мм	60
a_y, мм	80
h_0, мм	730

Нагрузки у граней плиты

	над плитой	под плитой
F_i, т	130	0
M_{xi}, тм	0	0
M_{yi}, тм	5	0
q_i, т/м^2		30

Расчетный контур внутри площади плиты

l_x, м	1,345
l_y, м	0,980
u, м	2,940
x_0, м	
y_0, м	
x, м	
y, м	
e_{0x}, м	
e_{0y}, м	
A_{q1}, м^2	1,318
A_q, м^2	3,548
e_{qx}, м	
e_{qy}, м	

Нагрузки на расчетный контур

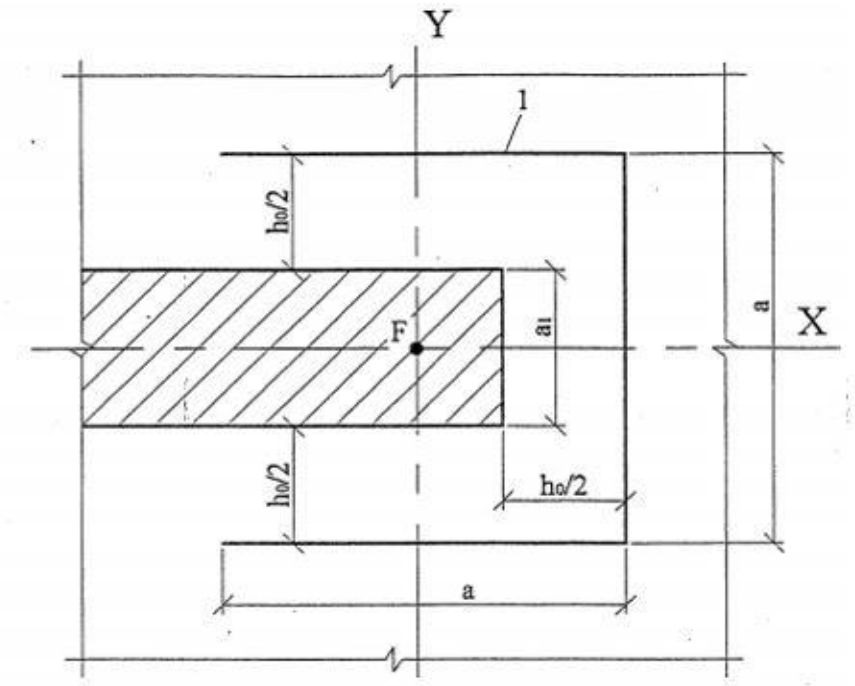
N_{sup}, т	130,000	$M_{x,sup+int}$, тм		$M_{y,sup+int}$, тм	5,000
N_{int}, т		$M_{x,q}$, тм		$M_{y,q}$, тм	
F_{q1}, т	2,158	$0.5 \cdot M_{x,loc}$, тм		$0.5 \cdot M_{y,loc}$, тм	2,500
F_q, т	106,448	$M_{x,F}$, тм		$M_{y,F}$, тм	
F, т	25,711	M_x, тм		M_y, тм	2,500

Несущая способность бетонного сечения без поперечной арматуры

Бетон		I_{bx1}, м^3	0,4055	I_{by1}, м^3	0,1569
Класс	B30	I_{bx2}, м^3	0,8864	I_{by2}, м^3	0,6459
R_{bt}, т/м^2	117	I_{bx}, м^3	1,2919	I_{by}, м^3	0,8027
γ_{b1}	0,9	W^-_{bx}, м^2	1,9211	W^-_{by}, м^2	1,6382
A_b, м^2	2,1462	W^+_{bx}, м^2	1,9211	W^+_{by}, м^2	1,6382
$F_{b,ult}$, т	225,995	$M_{bx,ult}$, тм	147,674	$M_{by,ult}$, тм	125,929
$F/F_{b,ult}$	0,114	$M_x/M_{bx,ult}$		$M_y/M_{by,ult}$	0,020

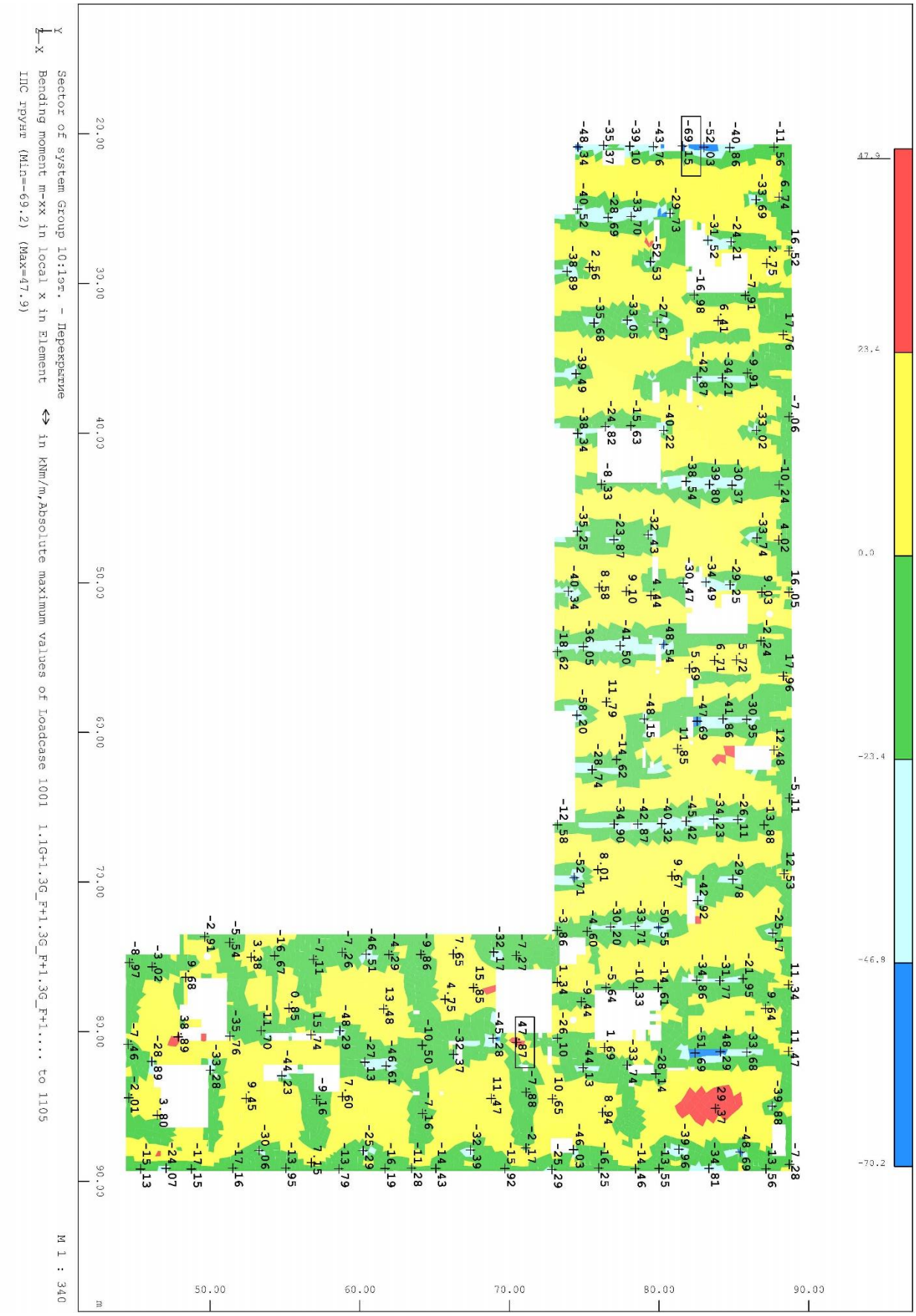
0,134 < 1 Условие прочности выполнено. Прочность обеспечена.

В установке поперечной арматуры нет необходимости.

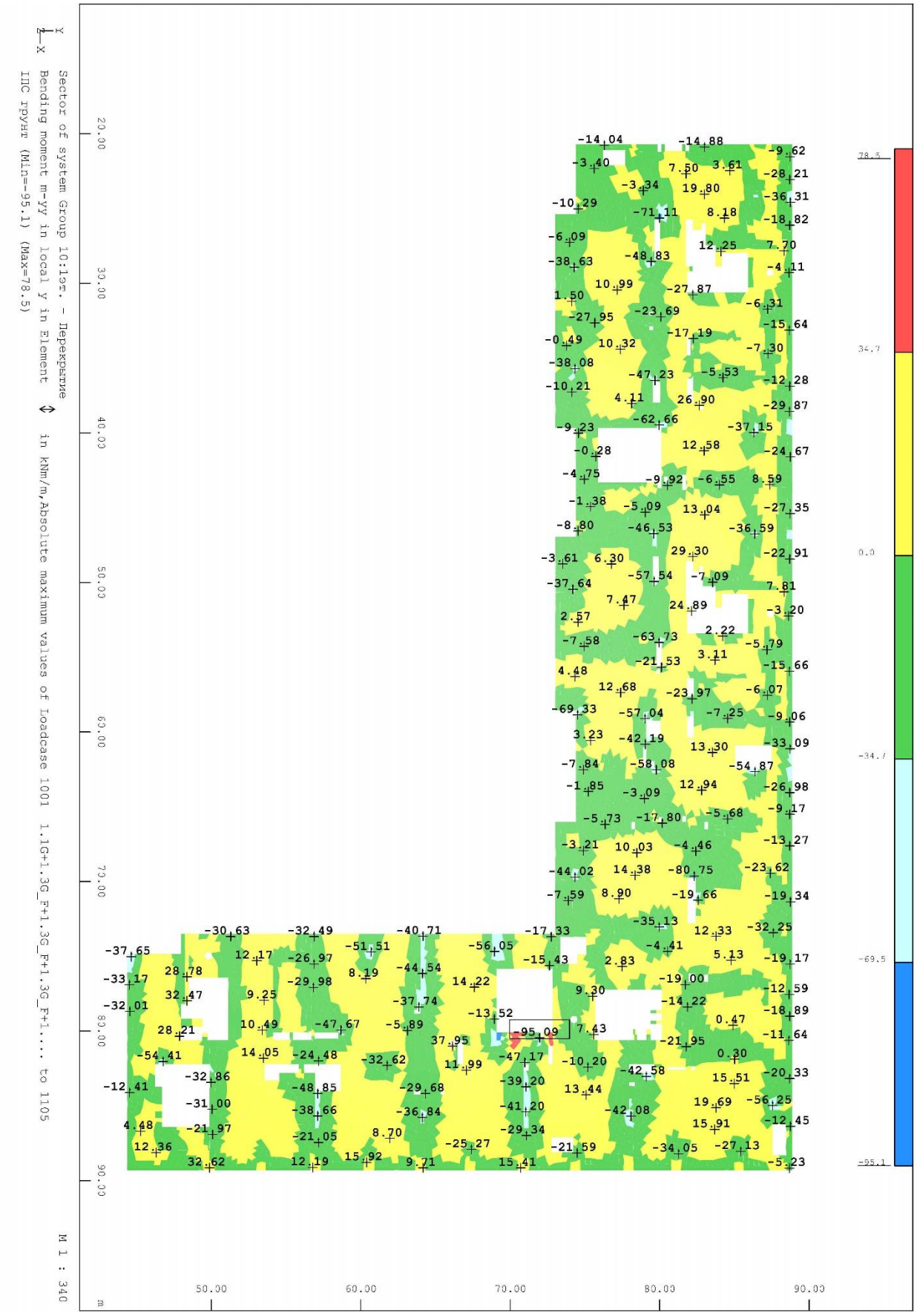


4.7. ПЛИТА ПЕРЕКРЫТИЯ НАД -1 ЭТАЖОМ

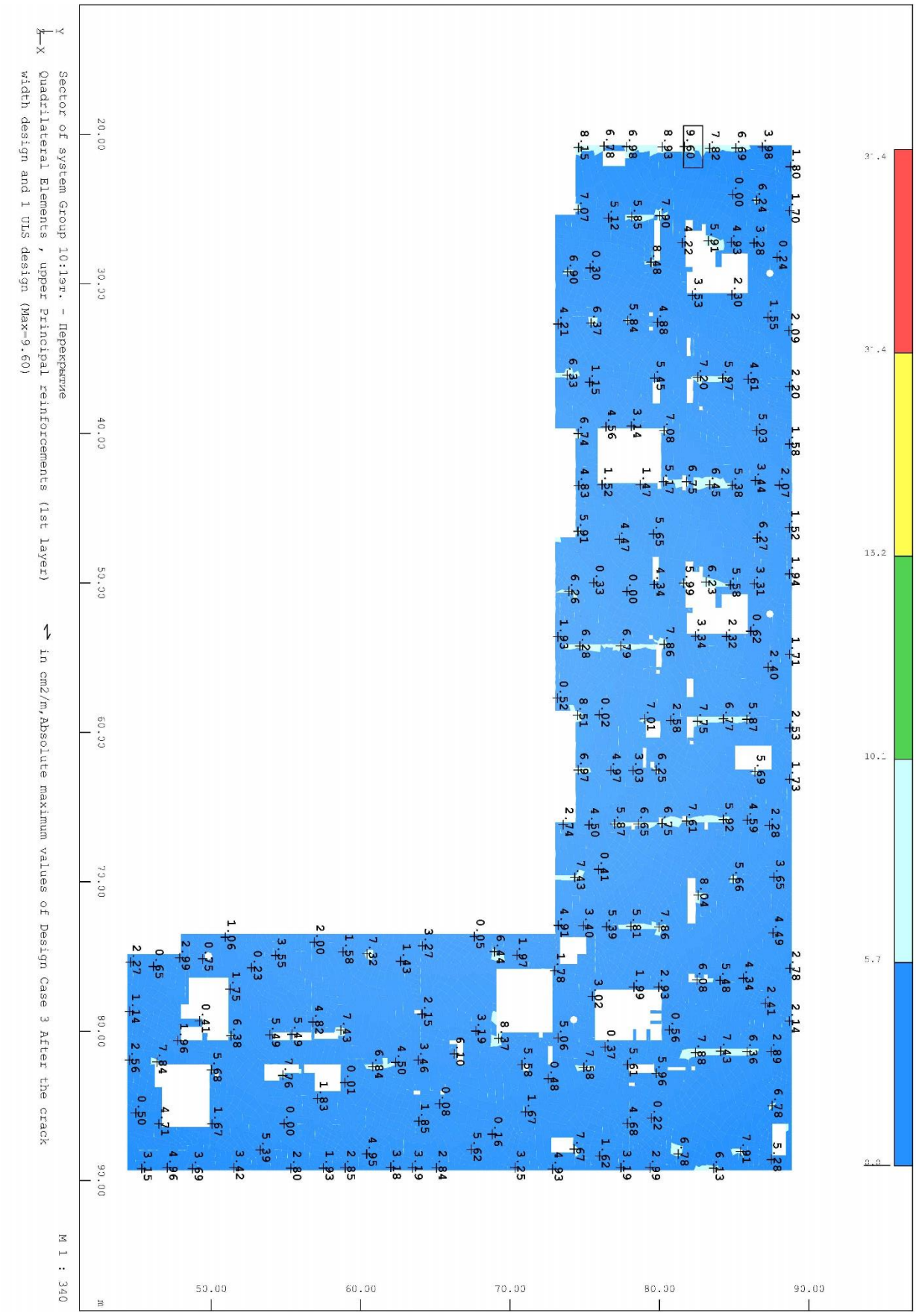
Момент M_x, кН·м/м



Момент M_y, кН·м/м

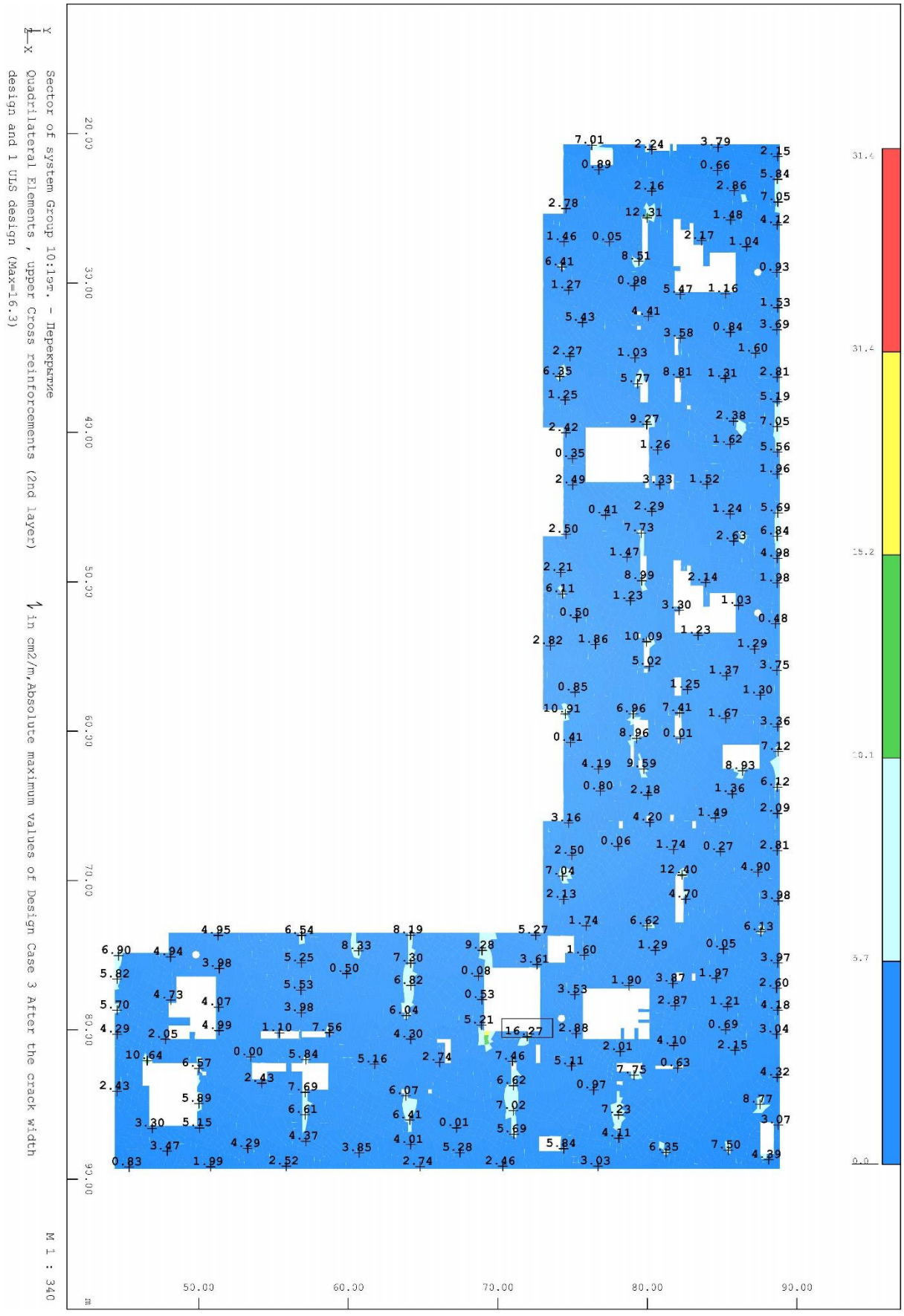


Верхнее армирование по оси X, см^2/м

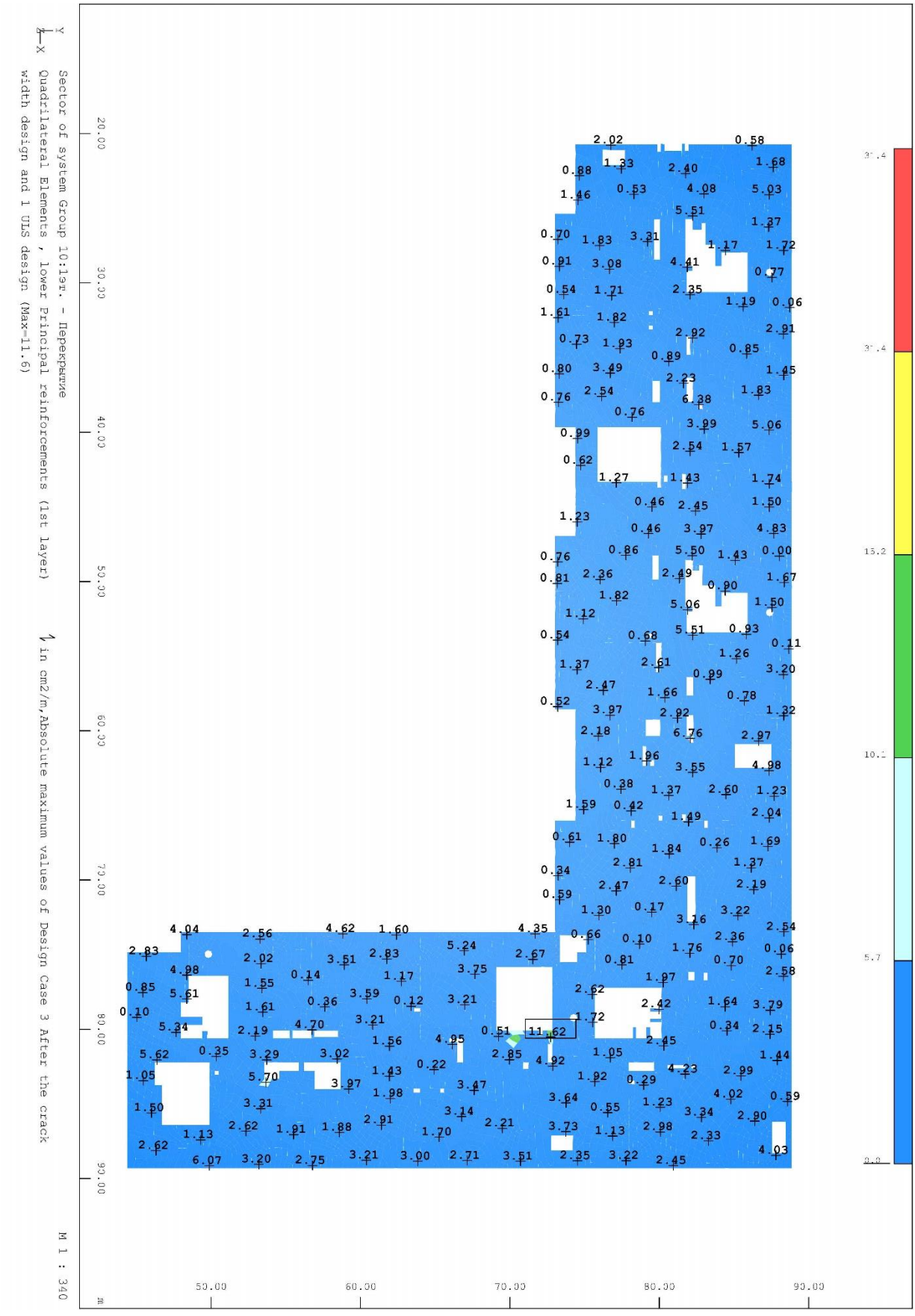


Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата	1190-01-КР.Р4	Лист 54

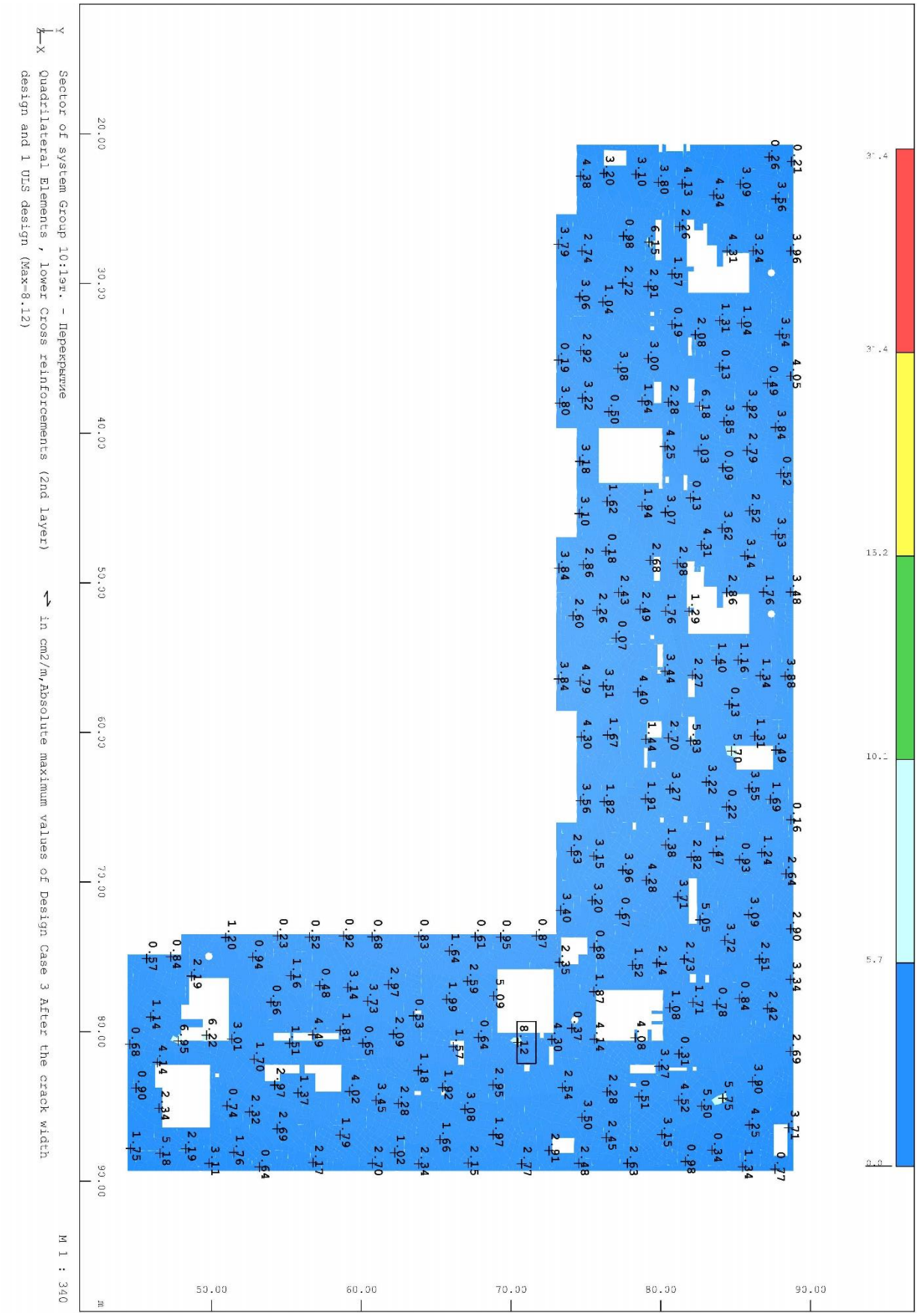
Верхнее армирование по оси Y, см^2/м



Нижнее армирование по оси X, см^2/м



Нижнее армирование по оси Y см^2/м



Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата	1190-01-КР.Р4	Лист 57

Проверка армирования плиты над -1 этажом толщиной 220 мм на опоре

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	156,0	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	10,6	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,9	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h= 220 мм -толщина плиты
a_x= 40 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси X)
a'_x= 30 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси X)
$h_{0,x}$= 180 мм -рабочая высота сечения(по оси X)
a_y= 40 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси Y)
a'_y= 50 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси Y)
$h_{0,y}$= 180 мм -рабочая высота сечения(по оси Y)

Армирование по X:

Растянутая арматура
$d_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d_{s,д}$= 12 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 5,65 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 9,58 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура
$d'_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 3,93 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,7 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,09 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 6,9 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 3,5 тс· м
$M_{дл}$= 3,2 тс· м

M_{crc}= 1,9011 тс· м -момент образования трещин
φ_2= 0,5
φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,17 мм -непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$= 0,16 мм -продолжительное раскрытие трещин

Армирование по Y:

Растянутая арматура
$d_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d_{s,д}$= 12 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 5,65 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 9,58 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура
$d'_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 3,93 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,7 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,09 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 6,6 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 3,1 тс· м
$M_{дл}$= 2,6 тс· м

M_{crc}= 1,9011 тс· м -момент образования трещин
φ_2= 0,5
φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,13 мм -непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$= 0,12 мм -продолжительное раскрытие трещин

Проверка армирования плиты над -1 этажом толщиной 220 мм в пролете

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	156,0	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	10,6	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,9	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h= 220 мм -толщина плиты
a_x= 30 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси X)
a'_x= 40 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси X)
$h_{0,x}$= 190 мм -рабочая высота сечения(по оси X)
a_y= 50 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси Y)
a'_y= 40 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси Y)
$h_{0,y}$= 170 мм -рабочая высота сечения(по оси Y)

Армирование по X:

Растянутая арматура
$d_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d_{s,д}$= 10 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 3,93 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 7,85 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура
$d'_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 3,93 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,21 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,06 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 5,9 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 3,4 тс· м
$M_{дл}$= 3,2 тс· м

M_{crc}= 1,9007 тс· м -момент образования трещин
φ_2= 0,5
φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,19 мм -непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$= 0,18 мм -продолжительное раскрытие трещин

Армирование по Y:

Растянутая арматура
$d_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d_{s,д}$= 10 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 3,93 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 7,85 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура
$d'_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 3,93 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,21 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,07 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 5,2 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

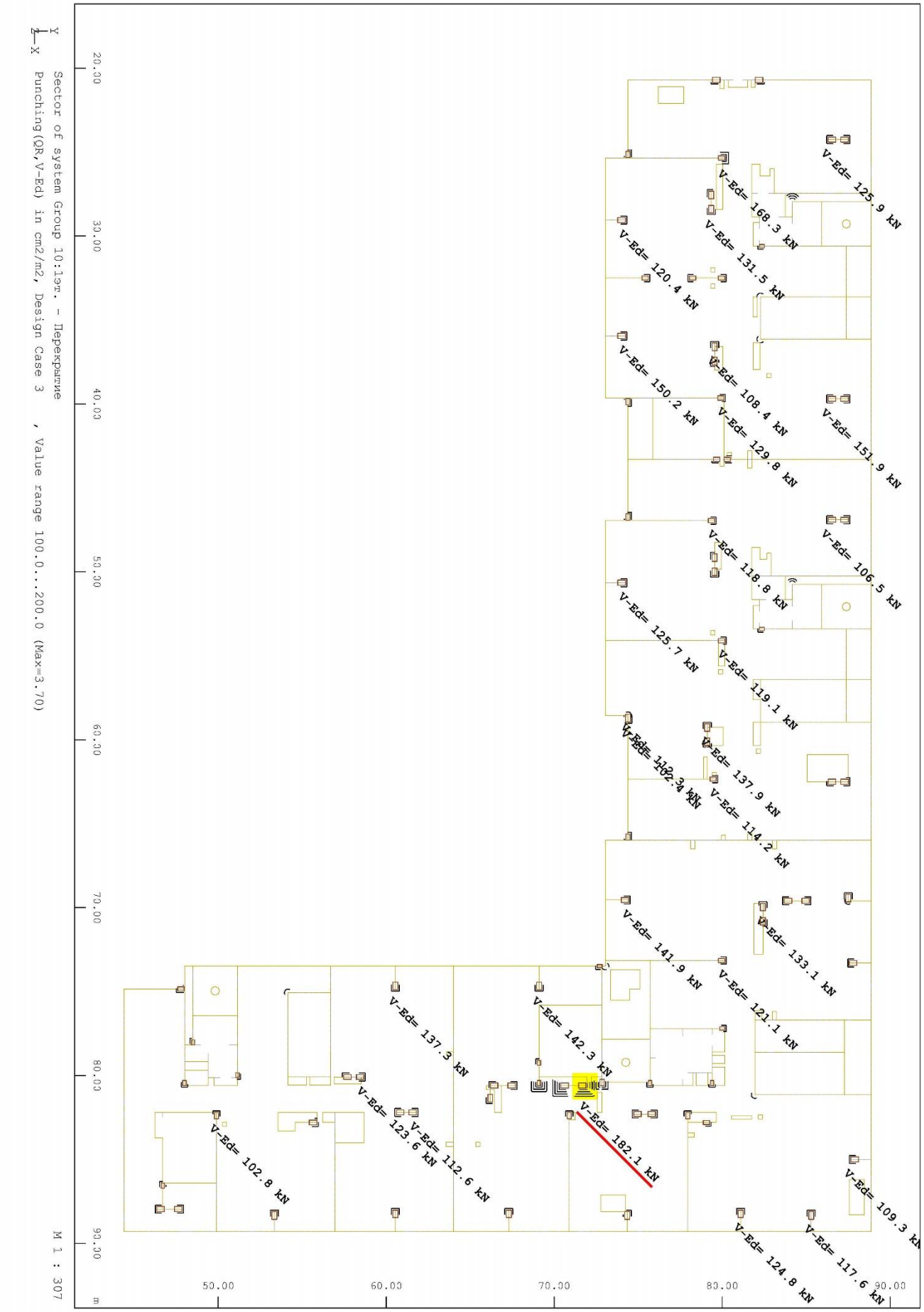
Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 2,2 тс· м
$M_{дл}$= 1,9 тс· м

M_{crc}= 1,9007 тс· м -момент образования трещин
φ_2= 0,5
φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,07 мм -непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$= 0,07 мм -продолжительное раскрытие трещин

Продавливание, кН



Плита перекрытия

Сечение колонны

b_1, мм	342,5
a_1, мм	250
c_x, мм	
c_y, мм	

Сечение плиты

h, мм	220
a_x, мм	30
a_y, мм	40
h_0, мм	185

Нагрузки у граней плиты

	над плитой	под плитой
F_i, т	250	268
M_{xi}, тм	0	0
M_{yi}, тм	-2	1
q_i, т/м^2	0	

Расчетный контур внутри площади плиты

l_x, м	0,528
l_y, м	0,435
u, м	0,685
x_0, м	
y_0, м	
x, м	
y, м	
e_{0x}, м	
e_{0y}, м	
A_{q1}, м^2	0,229
A_q, м^2	0,356
e_{qx}, м	
e_{qy}, м	

Нагрузки на расчетный контур

N_{sup}, т	250,000	$M_{x,sup+int}$, тм		$M_{y,sup+int}$, тм	-1,000
N_{int}, т	268,000	$M_{x,q}$, тм		$M_{y,q}$, тм	
F_{q1}, т	0,219	$0.5 \cdot M_{x,loc}$, тм		$0.5 \cdot M_{y,loc}$, тм	-0,500
F_q, т		$M_{x,F}$, тм		$M_{y,F}$, тм	
F, т	17,781	M_x, тм		M_y, тм	-0,500

Несущая способность бетонного сечения без поперечной арматуры

Бетон		I_{bx1}, м^3	0,0245	I_{by1}, м^3	0,0137
Класс	B30	I_{bx2}, м^3	0,0605	I_{by2}, м^3	0,0499
R_{bt}, т/м^2	117	I_{bx}, м^3	0,0850	I_{by}, м^3	0,0636
γ_{b1}	0,9	W^-_{bx}, м^2	0,3222	W^-_{by}, м^2	0,2925
A_b, м^2	0,1267	W^+_{bx}, м^2	0,3222	W^+_{by}, м^2	0,2925
$F_{b,ult}$, т	13,344	$M_{bx,ult}$, тм	6,277	$M_{by,ult}$, тм	5,699
$F/F_{b,ult}$	1,332	$M_x/M_{bx,ult}$		$M_y/M_{by,ult}$	0,088

1,420 > 1 Условие прочности не выполнено.

Сечение плиты достаточно. Необходимо установить поперечную арматуру:

$q_{sw}^{тр} =$

Арматура

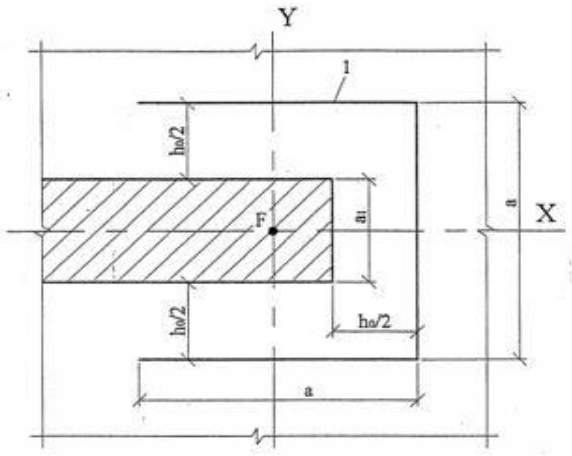
Класс	A500
R_{sw}, т/м^2	30600
Ø , мм	10
n, шт	2
A_{sw}, см^2	1,571
s_w, мм	50
q_{sw}, т/м	96,133

Несущая способность бетонного сечения с поперечной арматуры

$F_{sw,ult}$, т	52,681	$M_{swx,ult}$, тм	24,780	$M_{swy,ult}$, тм	22,498
F_{ult}, т	26,688	$M_{x,ult}$, тм	12,554	$M_{y,ult}$, тм	11,398
F/F_{ult}	0,666	$M_x/M_{x,ult}$		$M_y/M_{y,ult}$	0,044

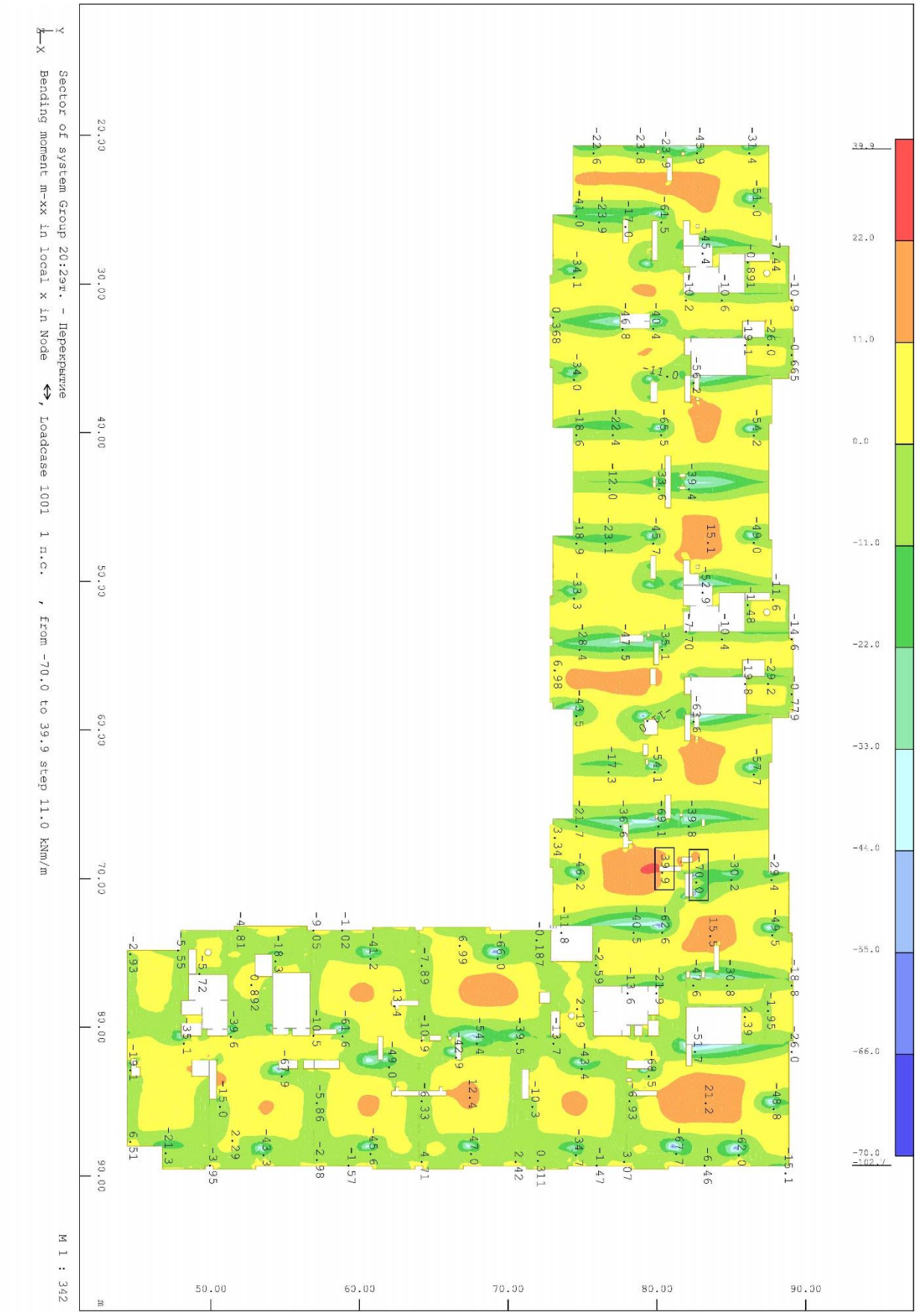
0,710 < 1 Условие прочности выполнено. Прочность обеспечена

Арматура установлена с избытком. Часть 'лишней' арматуры в расчете не учтена

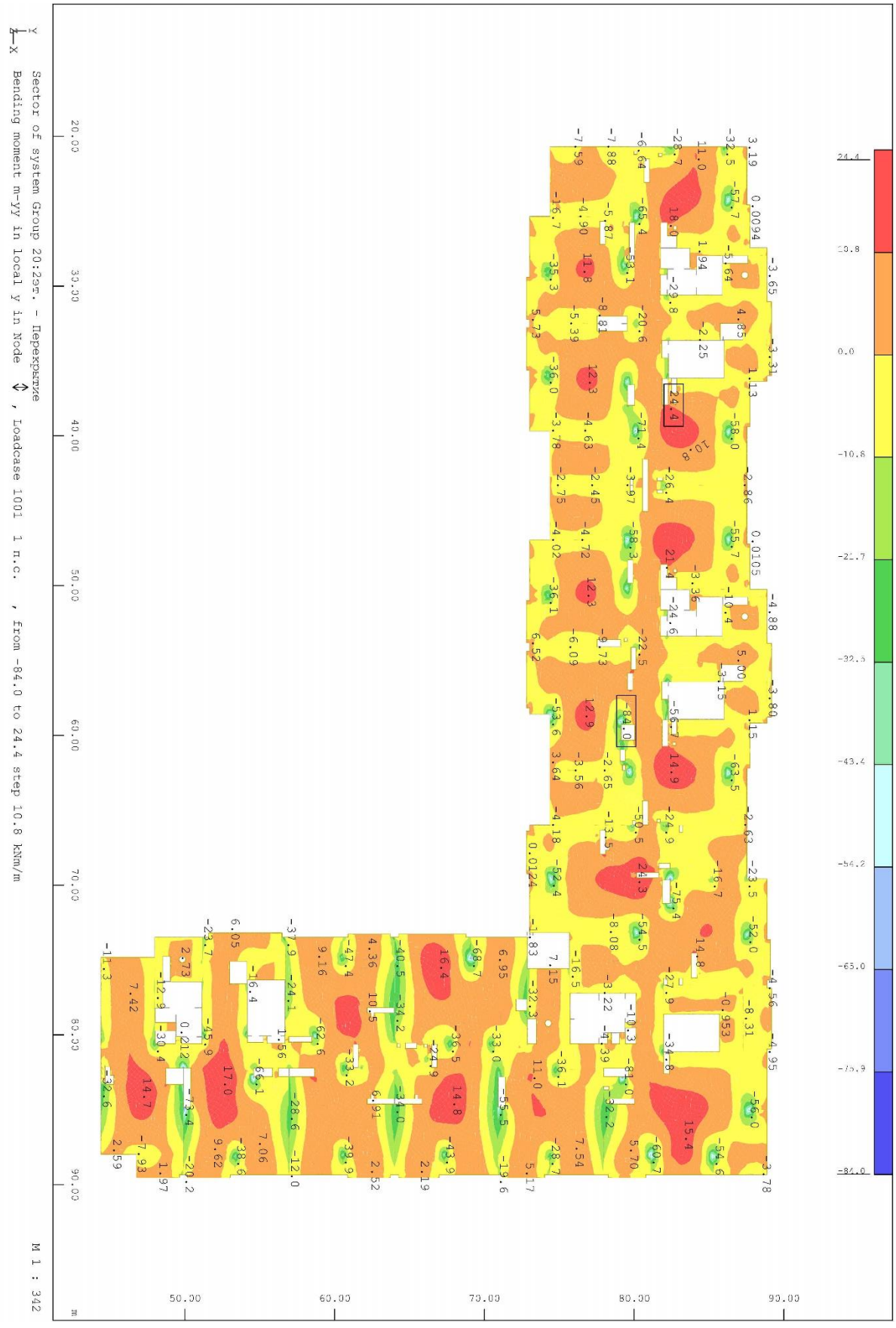


4.8. ПЛИТА ПЕРЕКРЫТИЯ НАД 1 ЭТАЖОМ

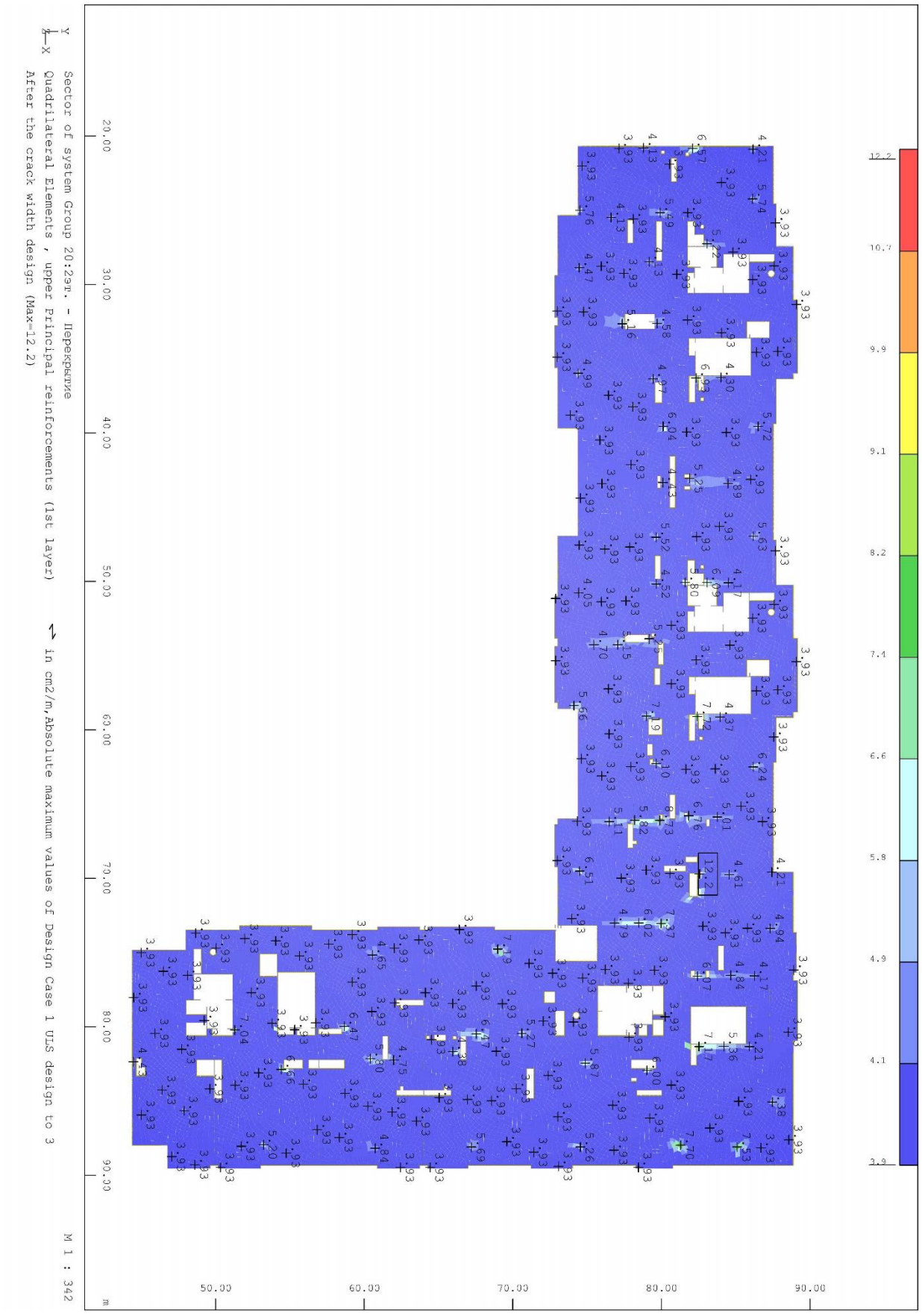
Момент M_x, кН·м/м



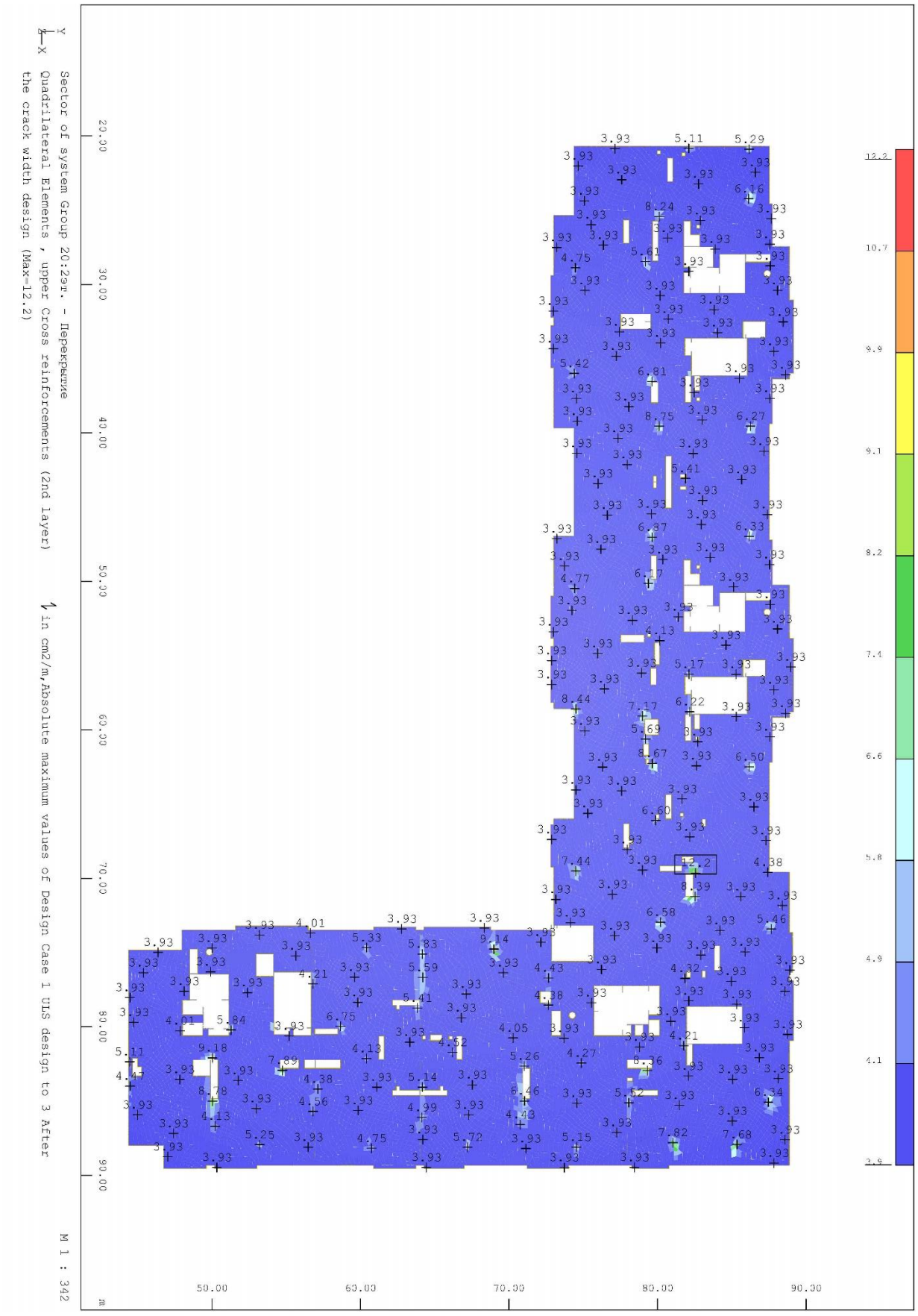
Момент M_y, кН·м/м



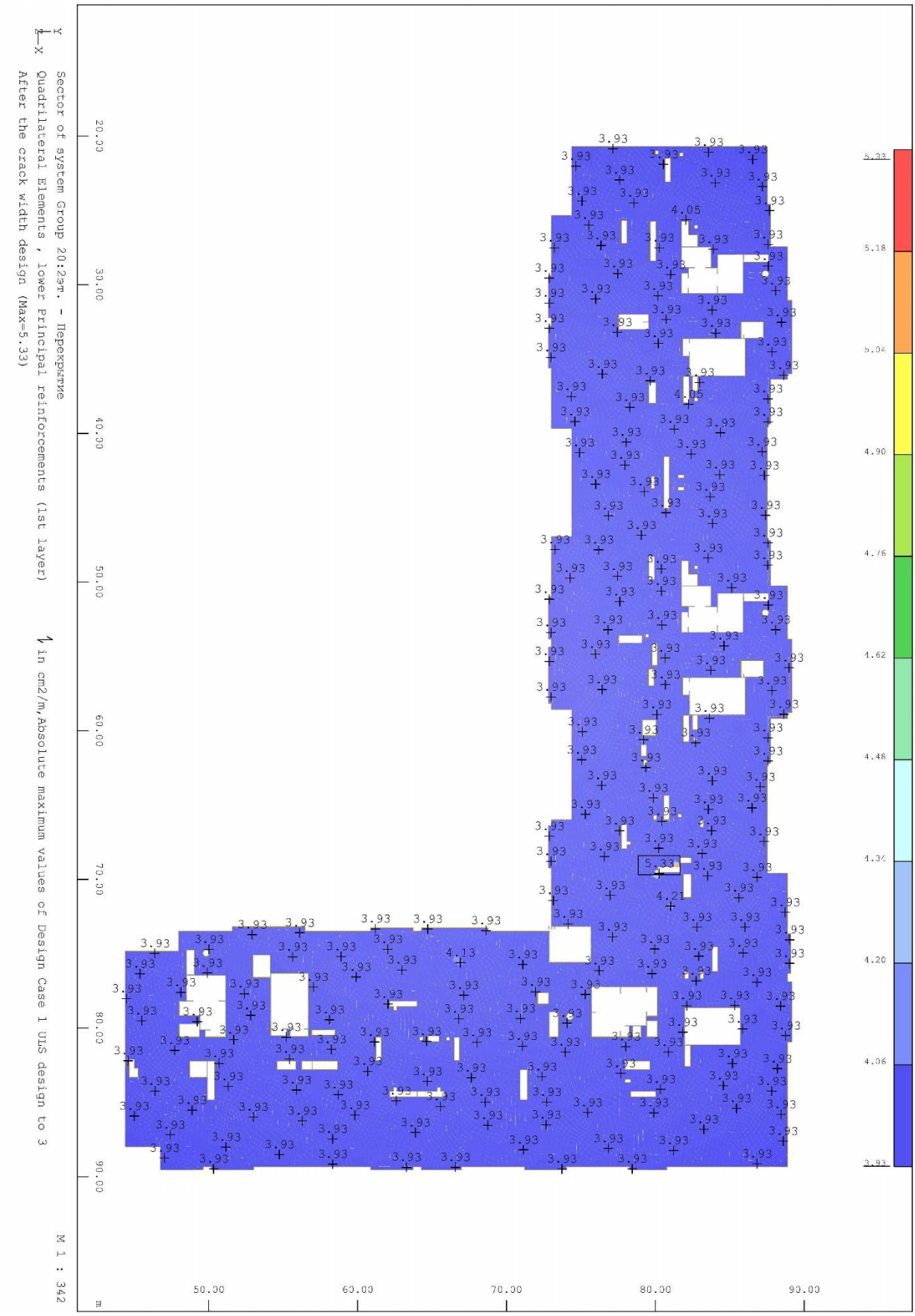
Верхнее армирование по оси X, см^2/м



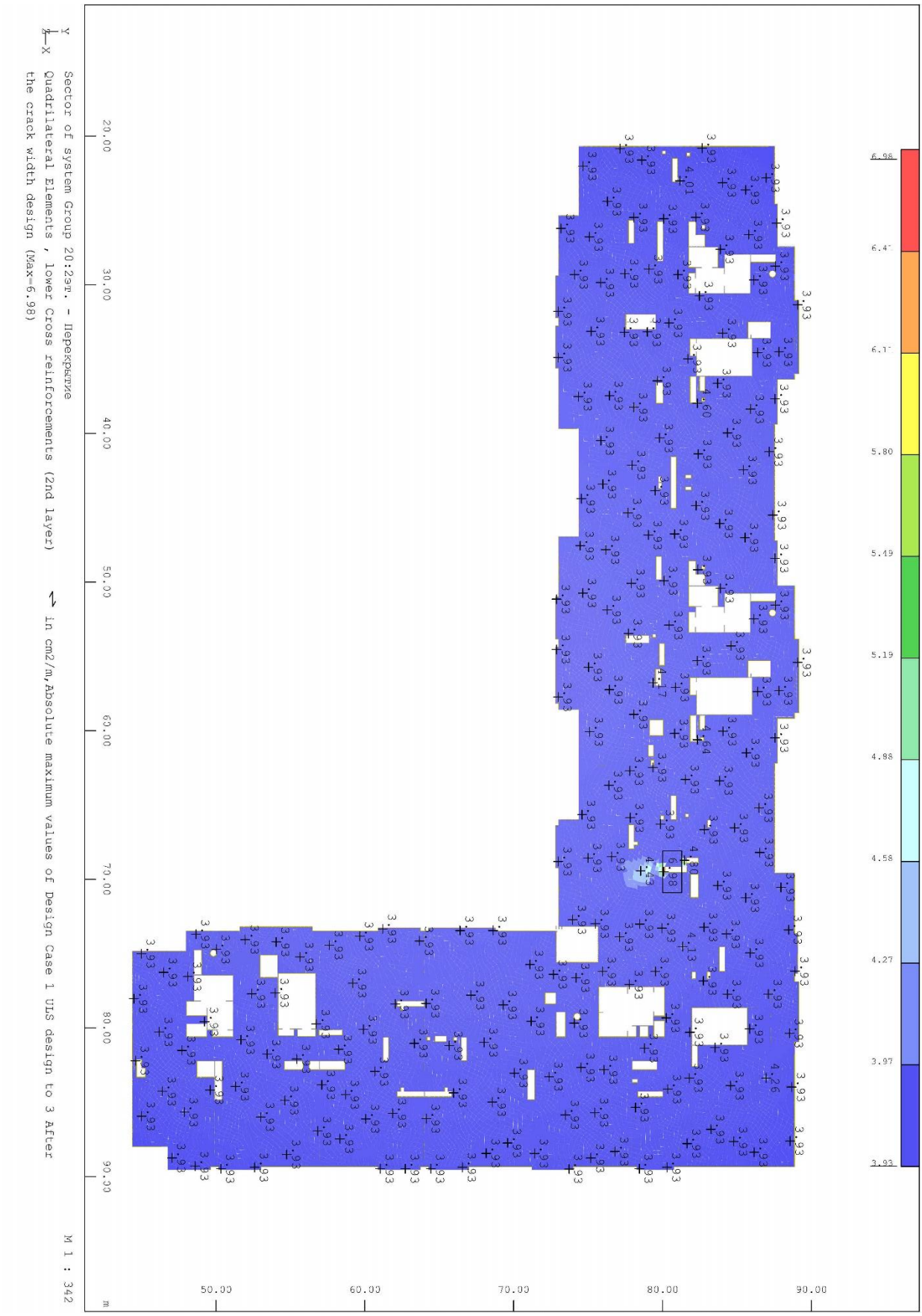
Верхнее армирование по оси Y, см^2/м



Нижнее армирование по оси X, см^2/м



Нижнее армирование по оси Y см^2/м



Проверка армирования плиты над 1 этажом толщиной 200 мм на опоре

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	156,0	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	10,6	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,9	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h= 200 мм -толщина плиты
a_x= 40 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси X)
a'_x= 30 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси X)
$h_{0,x}$= 160 мм -рабочая высота сечения(по оси X)
a_y= 40 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси Y)
a'_y= 50 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси Y)
$h_{0,y}$= 160 мм -рабочая высота сечения(по оси Y)

Армирование по X:

Растянутая арматура
$d_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d_{s,д}$= 12 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 5,65 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 9,58 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура
$d'_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 3,93 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,7 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,11 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 6,1 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 5,2 тс· м
$M_{дл}$= 3,8 тс· м

M_{crc}= 1,5715 тс· м -момент образования трещин
φ_2= 0,5
φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,37 мм -непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$= 0,29 мм -продолжительное раскрытие трещин

Армирование по Y:

Растянутая арматура
$d_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d_{s,д}$= 12 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 5,65 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 9,58 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура
$d'_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 3,93 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,7 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,11 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 5,8 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 3,4 тс· м
$M_{дл}$= 3,0 тс· м

M_{crc}= 1,5715 тс· м -момент образования трещин
φ_2= 0,5
φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,21 мм -непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$= 0,19 мм -продолжительное раскрытие трещин

Проверка армирования плиты над 1 этажом толщиной 200 мм в пролете

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	156,0	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	10,6	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,9	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h= 200 мм -толщина плиты
a_x= 30 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси X)
a'_x= 40 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси X)
$h_{0,x}$= 170 мм -рабочая высота сечения(по оси X)
a_y= 50 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси Y)
a'_y= 40 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси Y)
$h_{0,y}$= 150 мм -рабочая высота сечения(по оси Y)

Армирование по X:

Растянутая арматура
$d_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d_{s,д}$= 10 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 3,93 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 7,85 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура
$d'_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 3,93 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,21 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,07 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 5,2 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 2,9 тс· м
$M_{дл}$= 2,6 тс· м

M_{crc}= 1,572 тс· м -момент образования трещин
φ_2= 0,5
φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,18 мм -непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$= 0,17 мм -продолжительное раскрытие трещин

Армирование по Y:

Растянутая арматура
$d_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d_{s,д}$= 10 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 3,93 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 7,85 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура
$d'_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 3,93 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,21 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,08 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 4,5 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

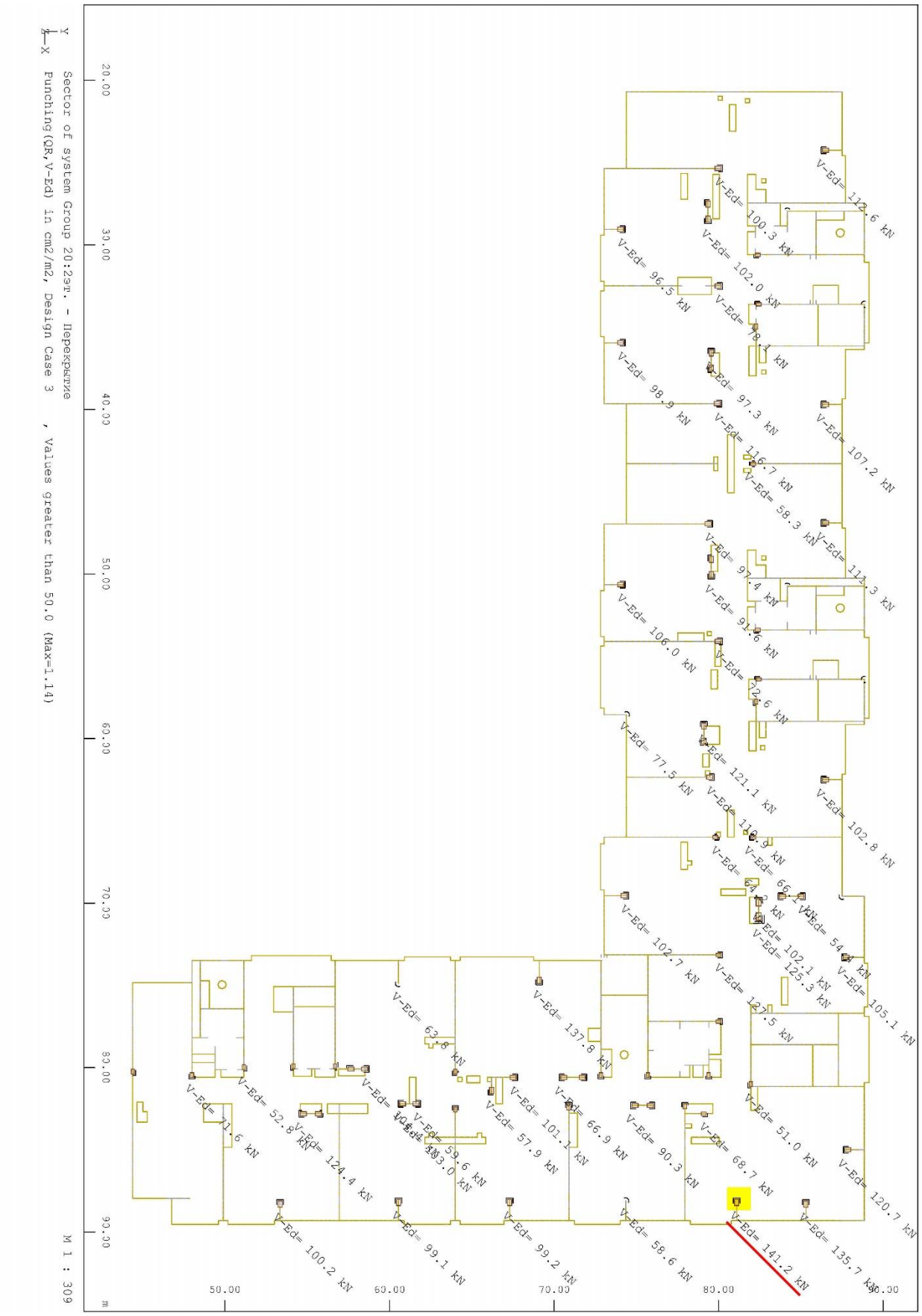
Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 2,2 тс· м
$M_{дл}$= 2,0 тс· м

M_{crc}= 1,572 тс· м -момент образования трещин
φ_2= 0,5
φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,03 мм -непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$= 0,03 мм -продолжительное раскрытие трещин

Продавливание, кН



						1190-01-КР.Р4	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		70

Плита перекрытия

Сечение колонны

b_1, мм	220
a_1, мм	220
c_x, мм	
c_y, мм	

Сечение плиты

h, мм	200
a_x, мм	30
a_y, мм	40
h_0, мм	165

Нагрузки у граней плиты

	над плитой	под плитой
F_i, т	452	464
M_{xi}, тм	0	0
M_{yi}, тм	-2	3
q_i, т/м^2	0	

Расчетный контур внутри площади плиты

l_x, м	0,385
l_y, м	0,385
u, м	1,155
x_0, м	
y_0, м	
x, м	
y, м	
e_{0x}, м	
e_{0y}, м	
A_{q1}, м^2	0,148
A_q, м^2	0,254
e_{qx}, м	
e_{qy}, м	

Нагрузки на расчетный контур

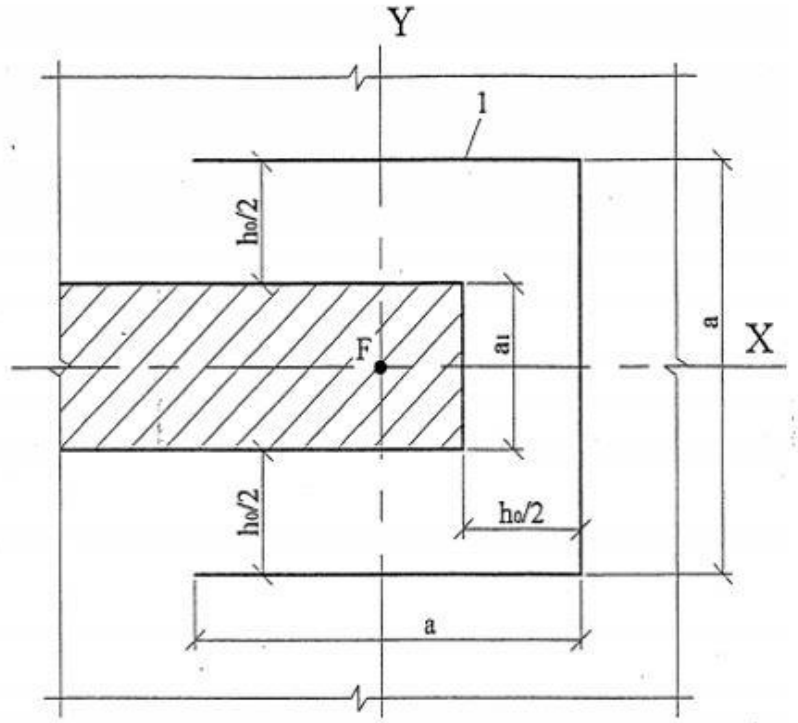
N_{sup}, т	452,000	$M_{x,sup+int}$, тм		$M_{y,sup+int}$, тм	1,000
N_{int}, т	464,000	$M_{x,q}$, тм		$M_{y,q}$, тм	
F_{q1}, т	0,061	0.5·$M_{x,loc}$, тм		0.5·$M_{y,loc}$, тм	0,500
F_q, т		$M_{x,F}$, тм		$M_{y,F}$, тм	
F, т	11,939	M_x, тм		M_y, тм	0,500

Несущая способность бетонного сечения без поперечной арматуры

Бетон		I_{bx1}, м^3	0,0095	I_{by1}, м^3	0,0095
Класс	B30	I_{bx2}, м^3	0,0285	I_{by2}, м^3	0,0285
R_{bt}, т/м^2	117	I_{bx}, м^3	0,0380	I_{by}, м^3	0,0380
γ_{b1}	0,9	W^-_{bx}, м^2	0,1976	W^-_{by}, м^2	0,1976
A_b, м^2	0,1906	W^+_{bx}, м^2	0,1976	W^+_{by}, м^2	0,1976
$F_{b,ult}$, т	20,068	$M_{bx,ult}$, тм	3,434	$M_{by,ult}$, тм	3,434
$F/F_{b,ult}$	0,595	$M_x/M_{bx,ult}$		$M_y/M_{by,ult}$	0,146

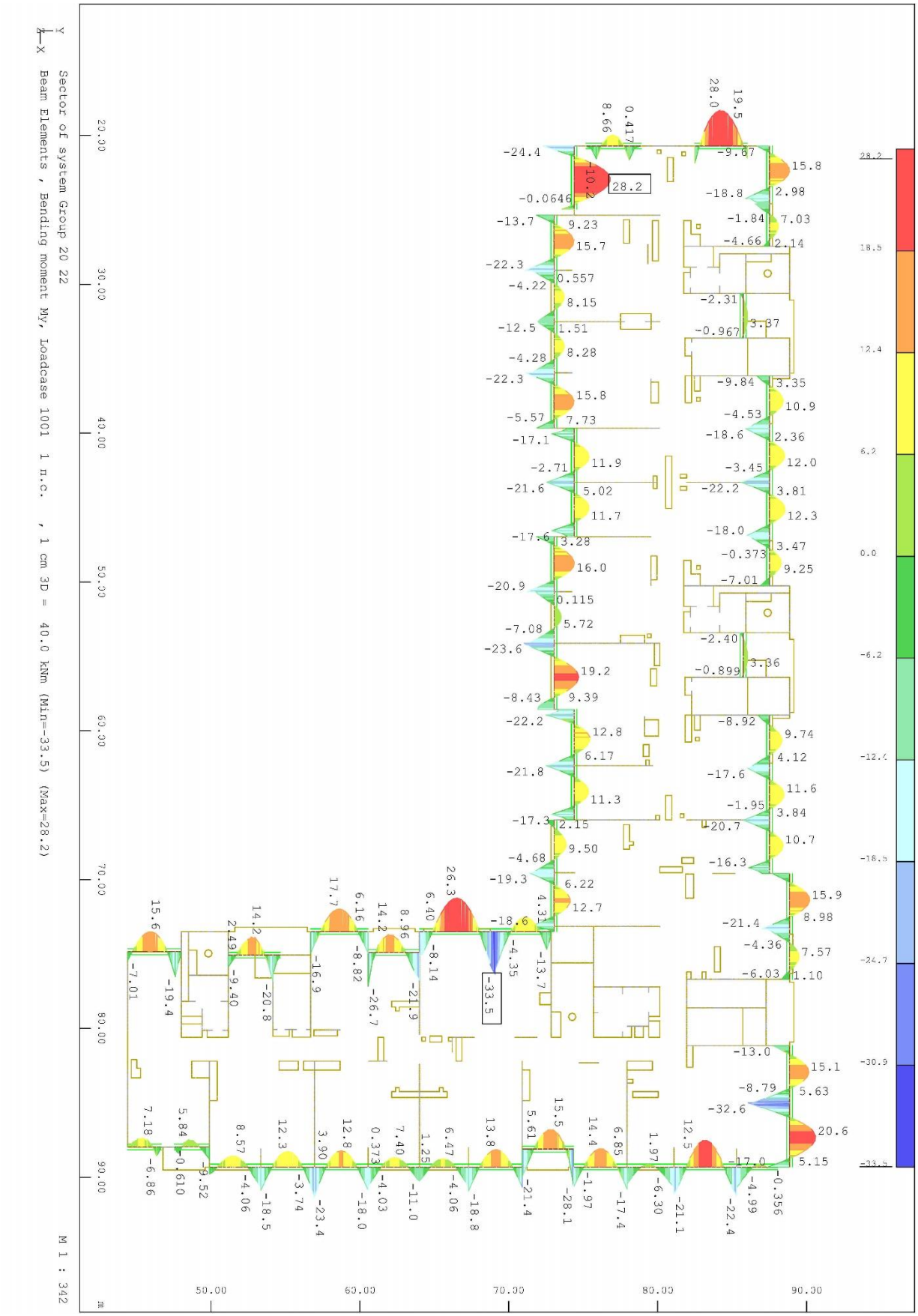
0,741 < 1 Условие прочности выполнено. Прочность обеспечена.

В установке поперечной арматуры нет необходимости.

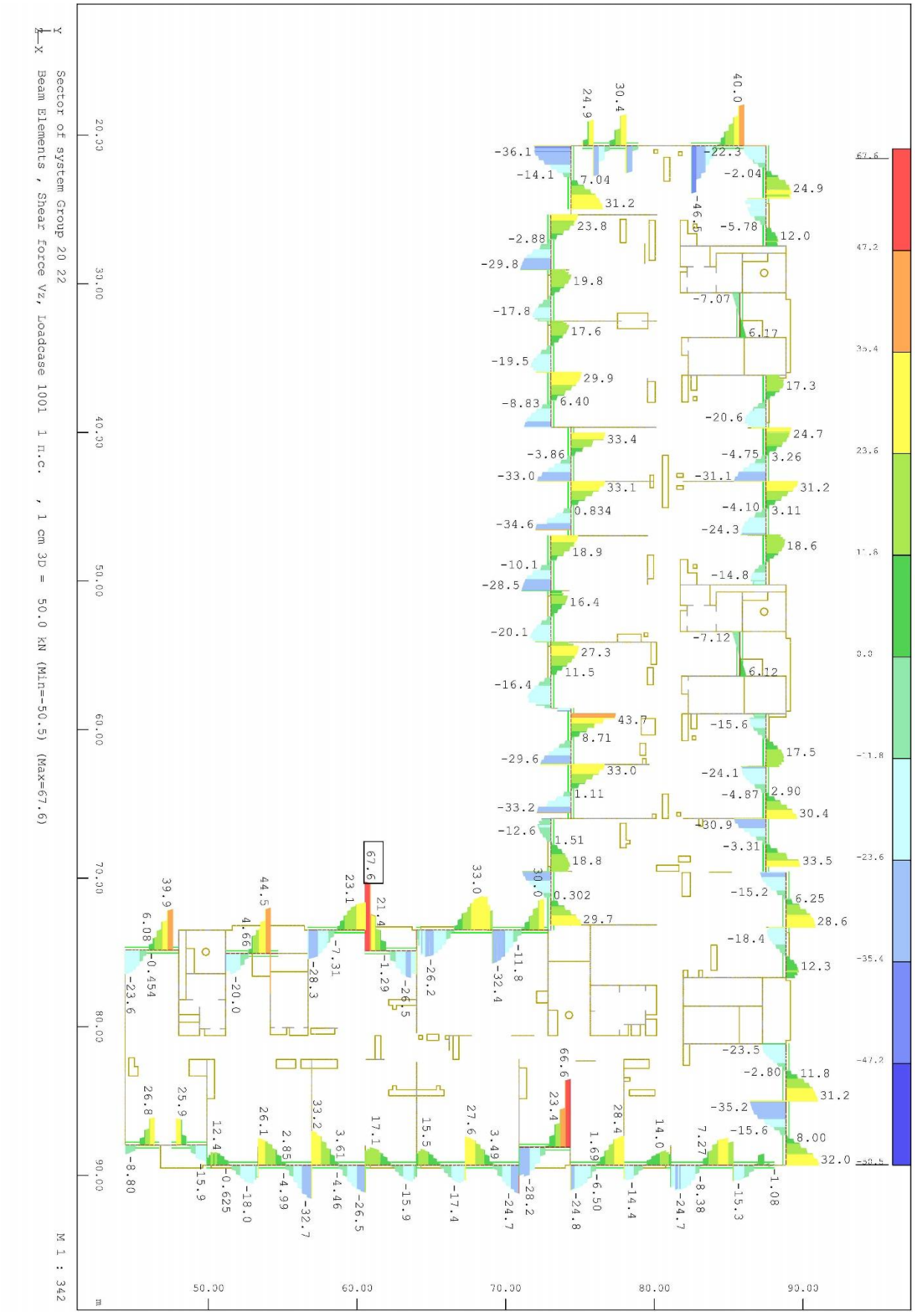


Балки в плите над 1 этажом

Момент My, кН·м/м



Поперечная сила Q, кН



ПРОВЕРКА АРМИРОВАНИЯ БАЛКИ 200Х400(Н). ОПОРНОЕ СЕЧЕНИЕ.

Расчет выполнен по СП 63.13330.2018

Коэффициент надежности по ответственности $\gamma_n = 1$

Коэффициент надежности по ответственности (2-е предельное состояние) = 1

Длина элемента 5,2 м

Коэффициент расчетной длины в плоскости XoY 0,8

Коэффициент расчетной длины в плоскости XoZ 0,8

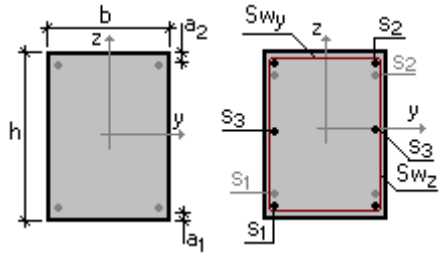
Случайный эксцентриситет по Z принят по СП 63.13330.2018

Случайный эксцентриситет по Y принят по СП 63.13330.2018

Конструкция статически неопределимая

Предельная гибкость - 200

СЕЧЕНИЕ

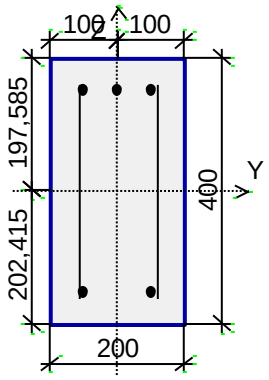


b = 200 мм

h = 400 мм

a_1 = 40 мм

a_2 = 40 мм



S_1 - 2∅16

S_2 - 3∅16

Поперечная арматура вдоль оси Z 2∅10, шаг поперечной арматуры 100 мм

Поперечная арматура вдоль оси Y 2∅10, шаг поперечной арматуры 100 мм

Арматура	Класс	Коэффициент условий работы
Продольная	A500	1
Поперечная	A240	1

БЕТОН

Вид бетона: Тяжелый

Класс бетона: B30

Коэффициенты условий работы бетона		
γ_{b1}	учет нагрузок длительного действия	0,9
γ_{b2}	учет характера разрушения	1
γ_{b3}	учет вертикального положения при бетонировании	1
γ_{b5}	учет замораживания/оттаивания и отрицательных температур	1

Влажность воздуха окружающей среды - 40-75%

ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ

Ограниченная ширина раскрытия трещин

Требования к ширине раскрытия трещин выбираются из условия сохранности арматуры

Допустимая ширина раскрытия трещин:

Непродолжительное раскрытие 0,4 мм

Продолжительное раскрытие 0,3 мм

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ПО КОМБИНАЦИЯМ ЗАГРУЖЕНИЙ

	N	M_y	Q_z	M_z	Q_y	T	Коэффициент надежности по нагрузке	Коэффициент длительной части	Кратковременная	Сейсмика
	T	T*м	T	T*м	T	T*м				
1	0	-3,4	-3,2	0	0	0	1	1	+	

Проверено по СНиП	Проверка	Коэффициент использования
п.п. 8.1.8-8.1.14	Прочность по предельному моменту сечения	0,397
пп. 8.1.20-8.1.30	Деформации в сжатом бетоне	0,147
пп. 8.1.20-8.1.30	Деформации в растянутой арматуре	0,036
пп. 8.2.15, 8.2.16, 8.2.6	Ширина раскрытия трещин (кратковременная)	0,567
пп. 8.2.6, 8.2.15, 8.2.16	Ширина раскрытия трещин (длительная)	0,756
пп. 8.1.32, 8.1.34	Прочность по бетонной полосе между наклонными сечениями	0,079
пп. 8.1.33, 8.1.34	Прочность по наклонному сечению	0,169

Коэффициент использования 0,756 - Ширина раскрытия трещин (длительная)

ПРОВЕРКА АРМИРОВАНИЯ БАЛКИ 200Х400(Н). СЕЧЕНИЕ В СЕРЕДИНЕ ПРОЛЕТА.

Расчет выполнен по СП 63.13330.2018

Коэффициент надежности по ответственности $\gamma_n = 1$

Коэффициент надежности по ответственности (2-е предельное состояние) = 1

Длина элемента 5,2 м

Коэффициент расчетной длины в плоскости XoY 0,8

Коэффициент расчетной длины в плоскости XoZ 0,8

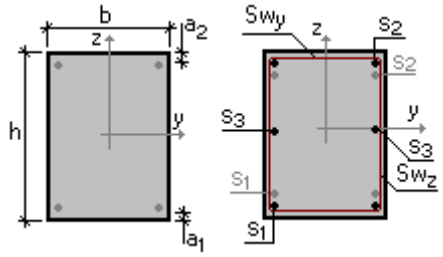
Случайный эксцентриситет по Z принят по СП 63.13330.2018

Случайный эксцентриситет по Y принят по СП 63.13330.2018

Конструкция статически неопределимая

Предельная гибкость - 200

СЕЧЕНИЕ

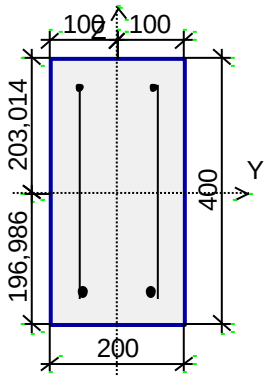


b = 200 мм

h = 400 мм

a_1 = 40 мм

a_2 = 40 мм



S_1 - 2∅16

S_2 - 2∅10

Поперечная арматура вдоль оси Z 2∅10, шаг поперечной арматуры 100 мм

Поперечная арматура вдоль оси Y 2∅10, шаг поперечной арматуры 100 мм

Арматура	Класс	Коэффициент условий работы
Продольная	A500	1
Поперечная	A240	1

БЕТОН

Вид бетона: Тяжелый

Класс бетона: B30

Коэффициенты условий работы бетона		
γ_{b1}	учет нагрузок длительного действия	0,9
γ_{b2}	учет характера разрушения	1
γ_{b3}	учет вертикального положения при бетонировании	1
γ_{b5}	учет замораживания/оттаивания и отрицательных температур	1

Влажность воздуха окружающей среды - 40-75%

ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ

Ограниченная ширина раскрытия трещин

Требования к ширине раскрытия трещин выбираются из условия сохранности арматуры

Допустимая ширина раскрытия трещин:

Непродолжительное раскрытие 0,4 мм

Продолжительное раскрытие 0,3 мм

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ПО КОМБИНАЦИЯМ ЗАГРУЖЕНИЙ

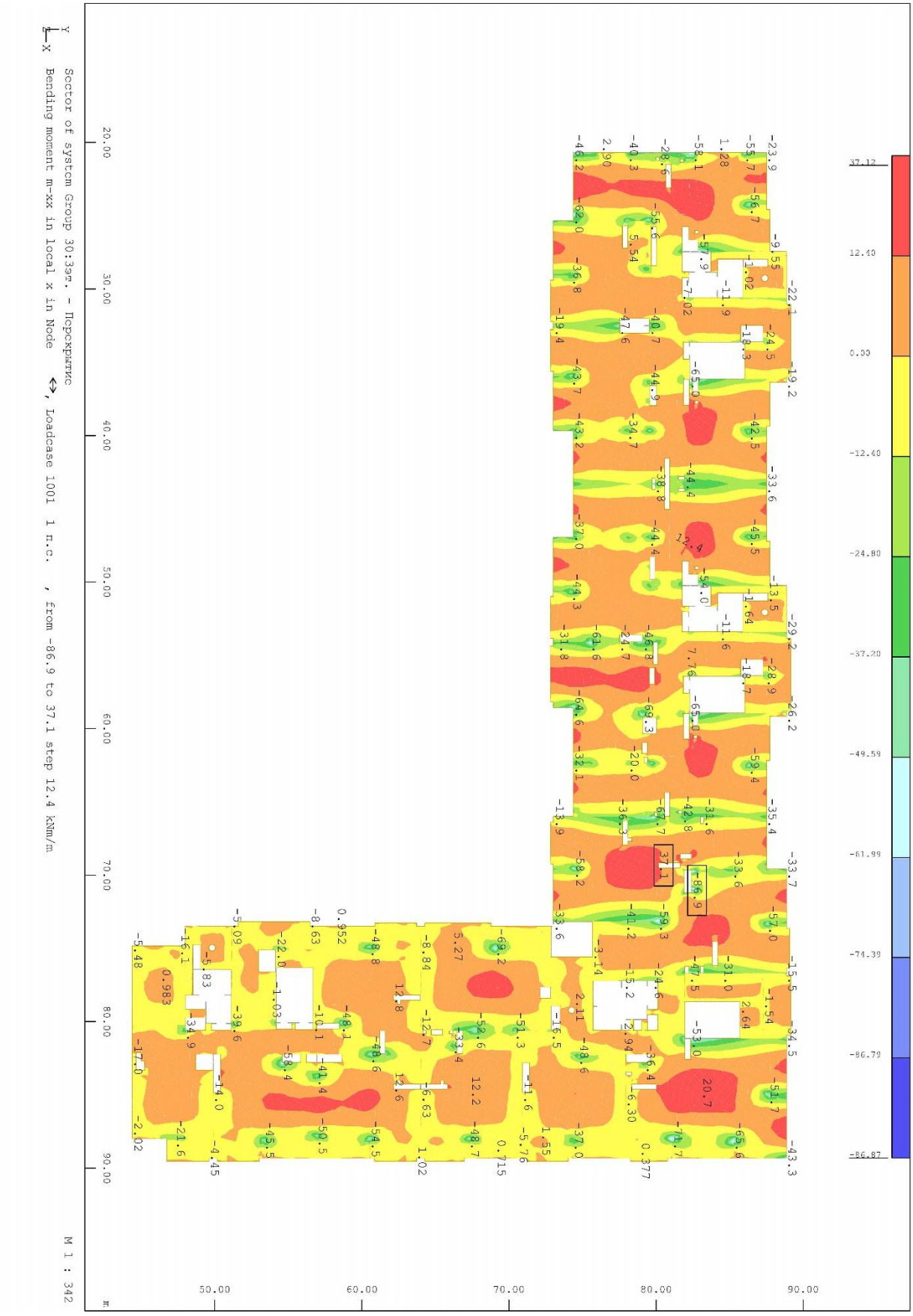
	N	M_y	Q_z	M_z	Q_y	T	Коэффициент надежности по нагрузке	Коэффициент длительной части	Кратковременная	Сейсмика
	T	T*м	T	T*м	T	T*м				
1	0	3	0	0	0	0	1	1	+	

Проверено по СНиП	Проверка	Коэффициент использования
п.п. 8.1.8-8.1.14	Прочность по предельному моменту сечения	0,513
пп. 8.1.20-8.1.30	Деформации в сжатом бетоне	0,164
пп. 8.1.20-8.1.30	Деформации в растянутой арматуре	0,047
пп. 8.2.15, 8.2.16, 8.2.6	Ширина раскрытия трещин (кратковременная)	0,735
пп. 8.2.6, 8.2.15, 8.2.16	Ширина раскрытия трещин (длительная)	0,98

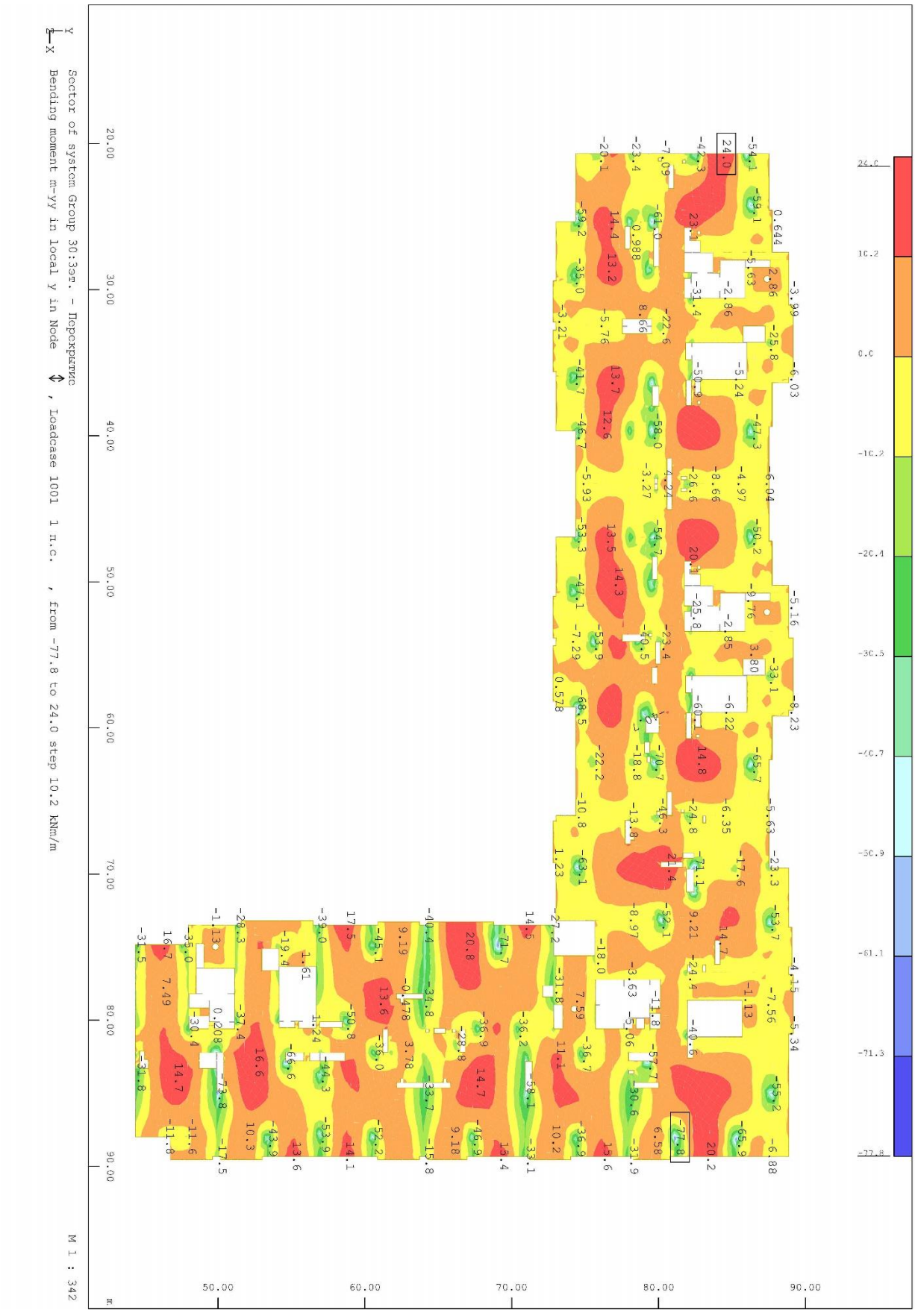
Коэффициент использования 0,98 - Ширина раскрытия трещин (длительная)

4.9. ПЛИТЫ ПЕРЕКРЫТИЯ ТИПОВЫХ ЭТАЖЕЙ

Момент M_x, кН·м/м

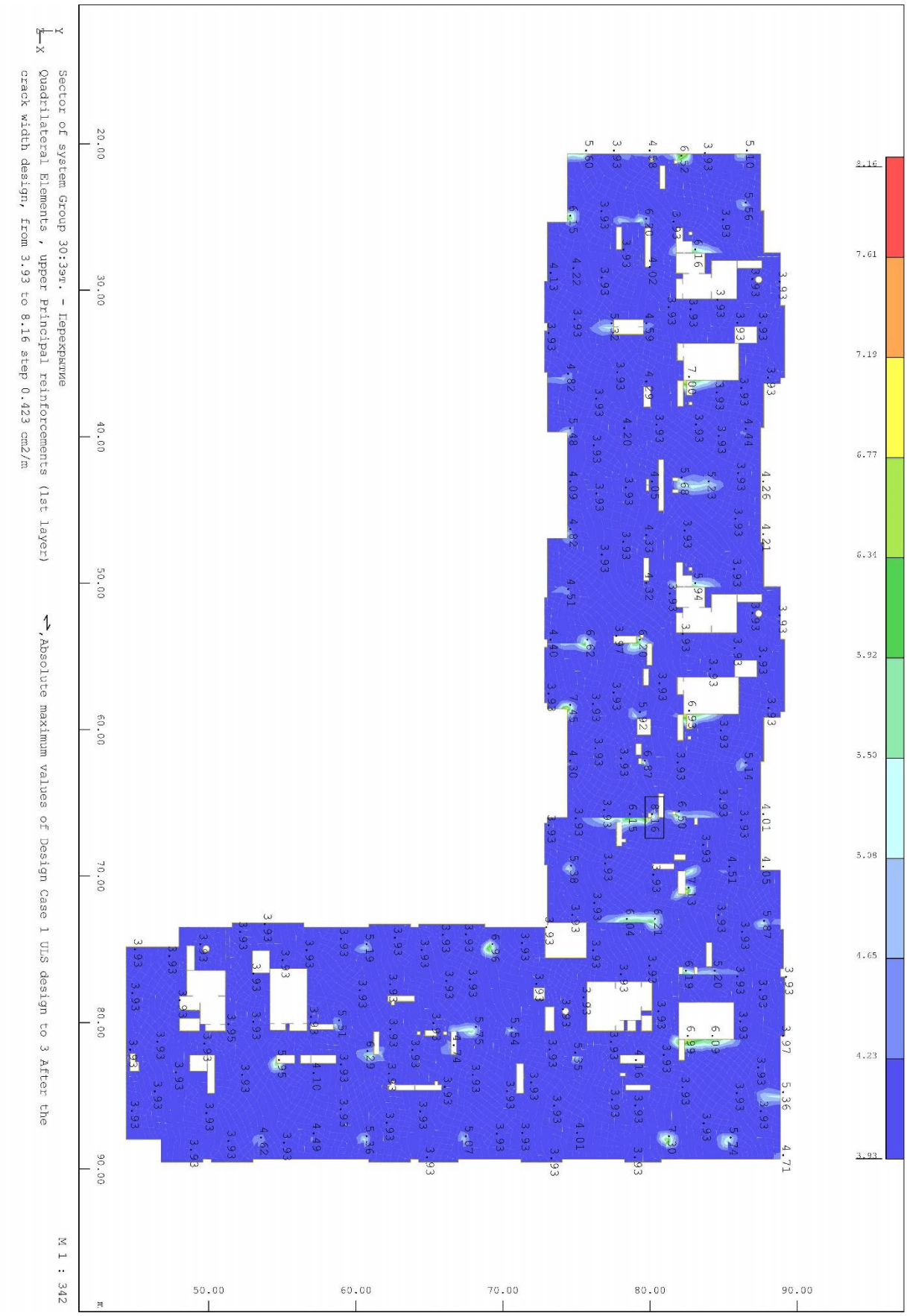


Момент M_y, кН·м/м

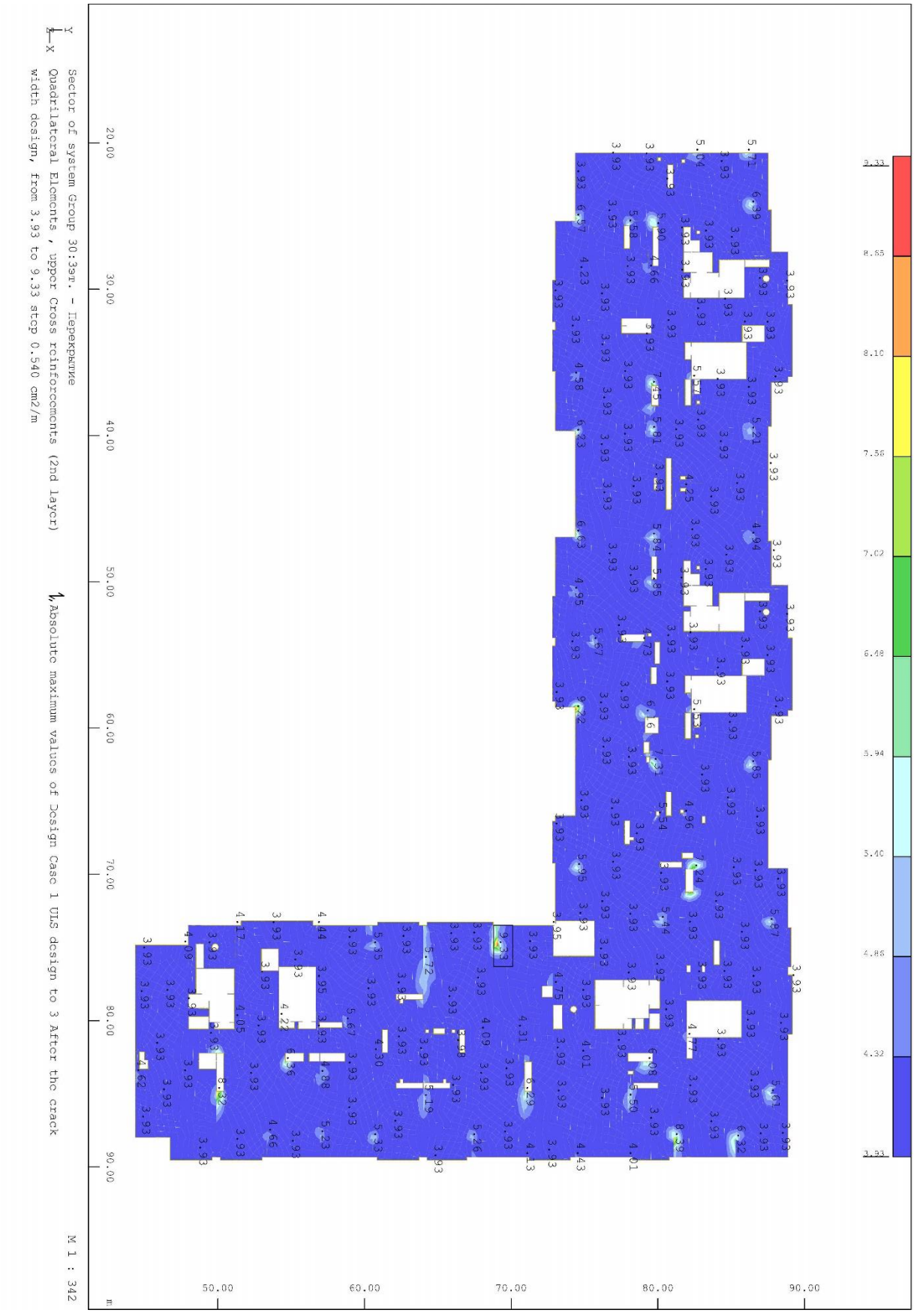


						1190-01-КР.Р4	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		79

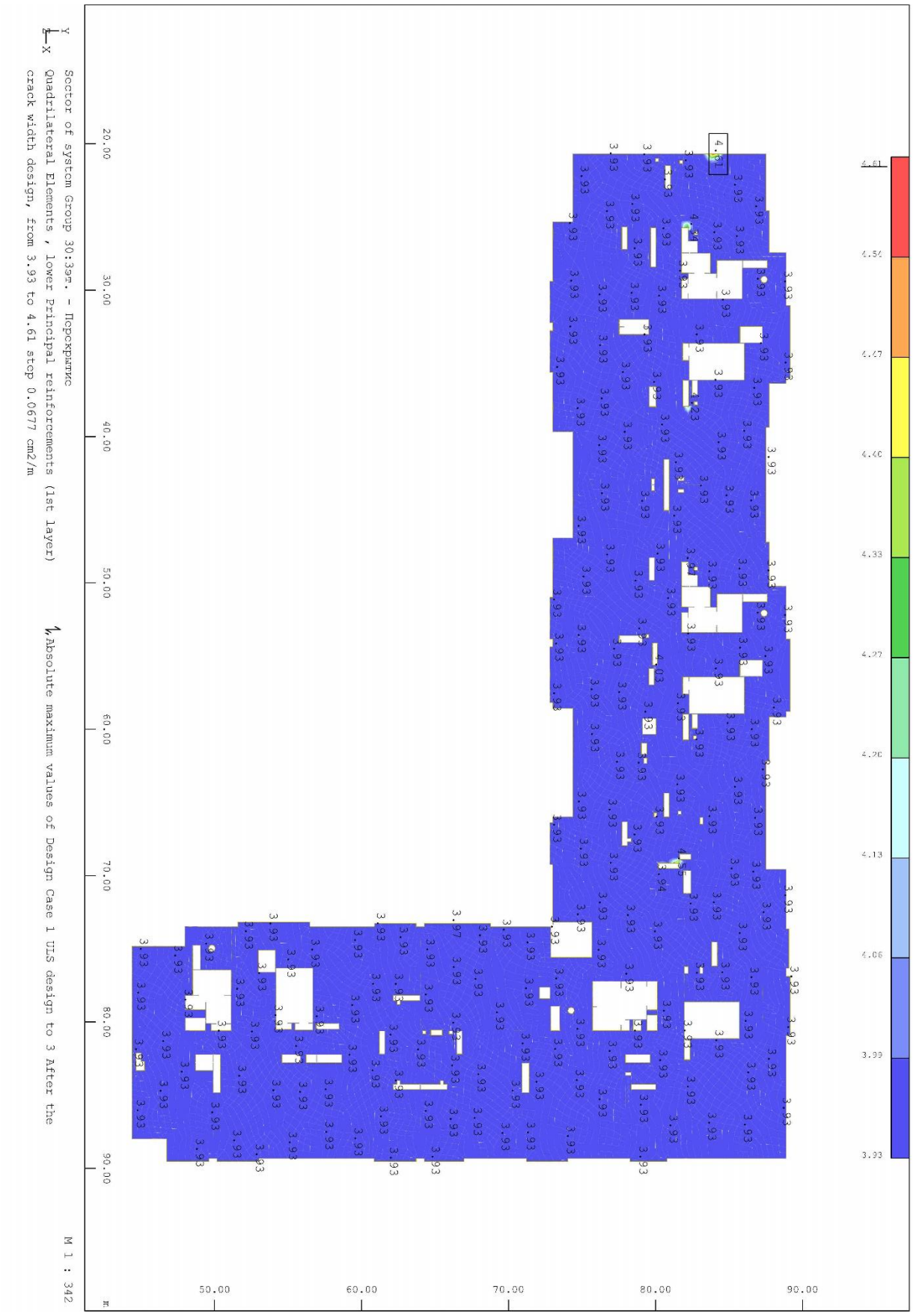
Верхнее армирование по оси X, см^2/м



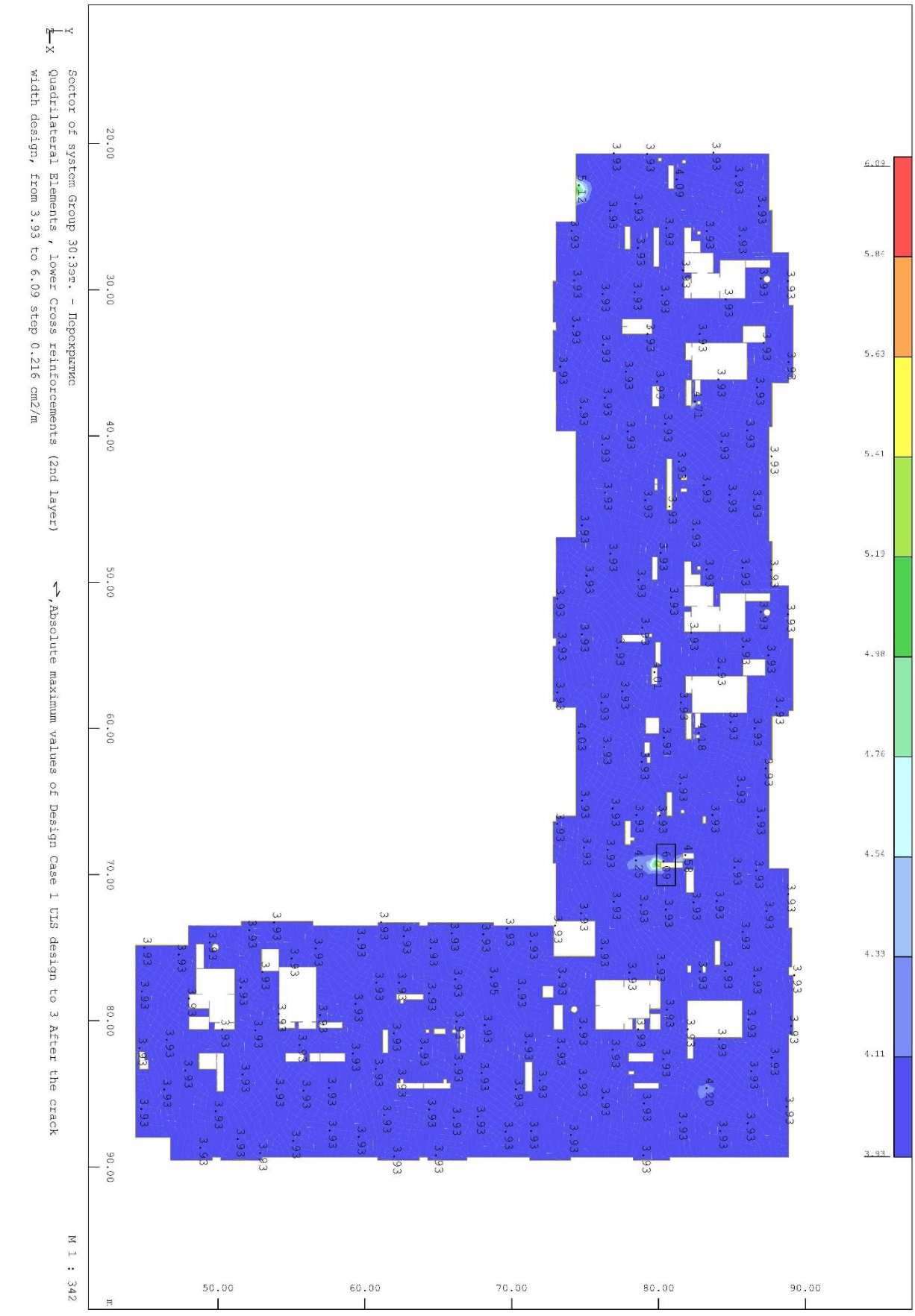
Верхнее армирование по оси Y, см^2/м



Нижнее армирование по оси X, см^2/м



Нижнее армирование по оси Y, см^2/м



Проверка армирования плиты над 2 этажом толщиной 200 мм на опоре

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	156,0	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	10,6	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,9	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h= 200 мм -толщина плиты
a_x= 40 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси X)
a'_x= 30 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси X)
$h_{0,x}$= 160 мм -рабочая высота сечения(по оси X)
a_y= 40 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси Y)
a'_y= 50 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси Y)
$h_{0,y}$= 160 мм -рабочая высота сечения(по оси Y)

Армирование по X:

Растянутая арматура
$d_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d_{s,д}$= 12 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 5,65 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 9,58 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура
$d'_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 3,93 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,7 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,11 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 6,1 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 4,3 тс· м
$M_{дл}$= 3,8 тс· м

M_{crc}= 1,5715 тс· м -момент образования трещин
φ_2= 0,5
φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,3 мм -непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$= 0,27 мм -продолжительное раскрытие трещин

Армирование по Y:

Растянутая арматура
$d_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d_{s,д}$= 12 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 5,65 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 9,58 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура
$d'_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 3,93 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,7 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,11 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 5,8 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 3 тс· м
$M_{дл}$= 2,7 тс· м

M_{crc}= 1,5715 тс· м -момент образования трещин
φ_2= 0,5
φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,17 мм -непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$= 0,16 мм -продолжительное раскрытие трещин

Проверка армирования плиты над 2 этажом толщиной 200 мм в пролете

Класс бетона: B30 — Класс арматуры: A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	156,0	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	10,6	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,9	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h=	200	мм	-толщина плиты
a_x=	30	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси X)
a'_x=	40	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси X)
$h_{0,x}$=	170	мм	-рабочая высота сечения(по оси X)
a_y=	50	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси Y)
a'_y=	40	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси Y)
$h_{0,y}$=	150	мм	-рабочая высота сечения(по оси Y)

Армирование по X:

Растянутая арматура

$d_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d_{s,д}$=	10	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	3,93	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	7,85	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s'_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$=	0	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	3,93	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,21 см -высота сжатой зоны бетона

ξ= 0,07 -относительная высота сжатой зоны бетона

M_{ult}= 5,2 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 3 тс· м

$M_{дл}$= 2,5 тс· м

M_{crc}= 1,572 тс· м -момент образования трещин

φ_2= 0,5

φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,19 мм -непродолжительное раскрытие трещин

$a_{длит}$= 0,17 мм -продолжительное раскрытие трещин

Армирование по Y:

Растянутая арматура

$d_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d_{s,д}$=	10	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	3,93	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	7,85	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s'_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$=	0	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	3,93	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,21 см -высота сжатой зоны бетона

ξ= 0,08 -относительная высота сжатой зоны бетона

M_{ult}= 4,5 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 2 тс· м

$M_{дл}$= 1,8 тс· м

M_{crc}= 1,572 тс· м -момент образования трещин

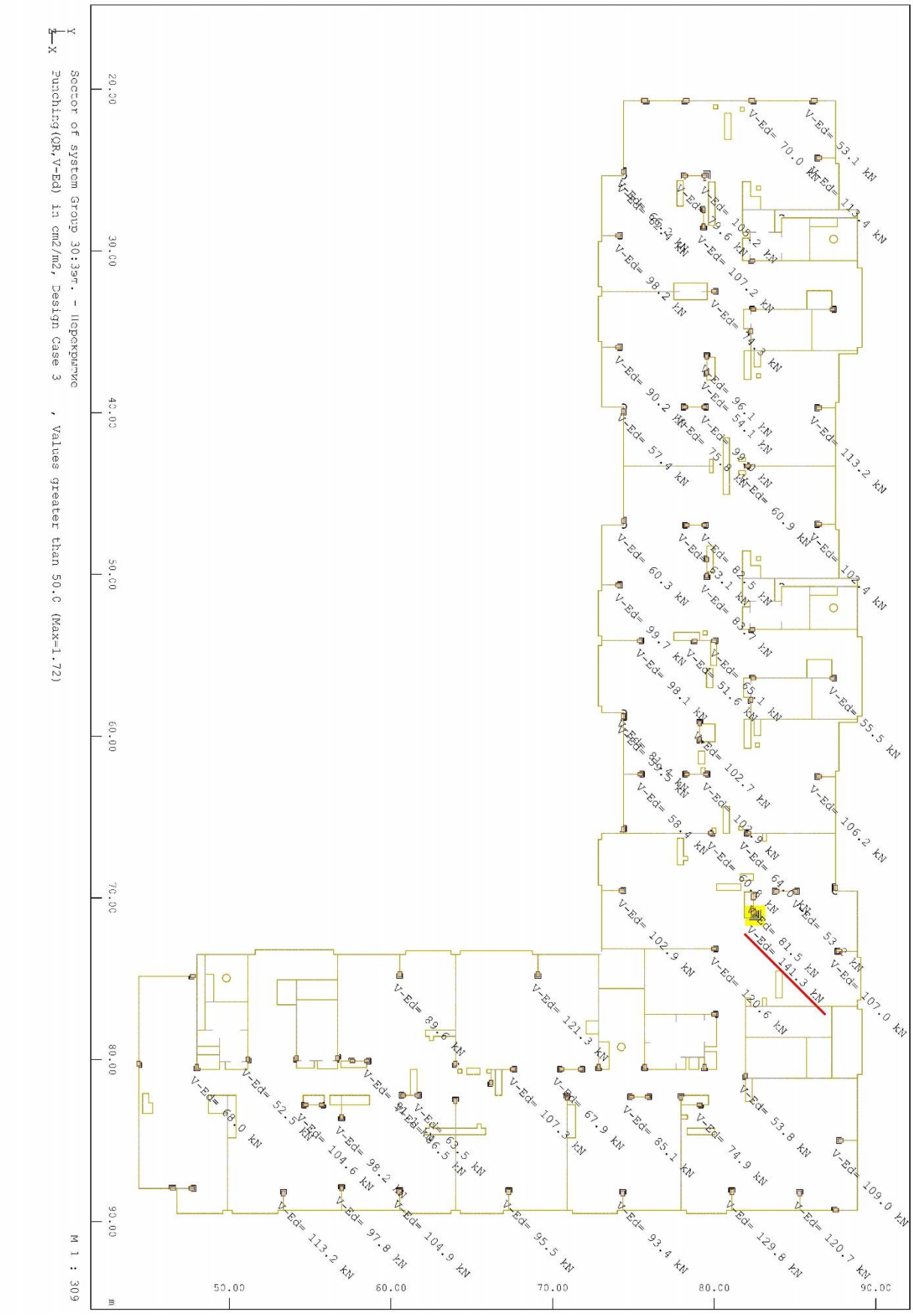
φ_2= 0,5

φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,02 мм -непродолжительное раскрытие трещин

$a_{длит}$= 0,02 мм -продолжительное раскрытие трещин

Продавливание, кН



Плита перекрытия

Сечение колонны

b_1, мм	332,5
a_1, мм	250
c_x, мм	
c_y, мм	

Сечение плиты

h, мм	200
a_x, мм	30
a_y, мм	40
h_0, мм	165

Нагрузки у граней плиты

	над плитой	под плитой
F_i, т	388	402
M_{xi}, тм	0	0
M_{yi}, тм	-0,6	0,7
q_i, т/м^2	0	

Расчетный контур внутри площади плиты

l_x, м	0,498
l_y, м	0,415
u, м	0,623
x_0, м	
y_0, м	
x, м	
y, м	
e_{0x}, м	
e_{0y}, м	
A_{q1}, м^2	0,206
A_q, м^2	0,301
e_{qx}, м	
e_{qy}, м	

Нагрузки на расчетный контур

N_{sup}, т	388,000	$M_{x,sup+int}$, тм		$M_{y,sup+int}$, тм	0,100
N_{int}, т	402,000	$M_{x,q}$, тм		$M_{y,q}$, тм	
F_{q1}, т	0,102	$0.5 \cdot M_{x,loc}$, тм		$0.5 \cdot M_{y,loc}$, тм	0,050
F_q, т		$M_{x,F}$, тм		$M_{y,F}$, тм	
F, т	13,898	M_x, тм		M_y, тм	0,050

Несущая способность бетонного сечения без поперечной арматуры

Бетон		I_{bx1}, м^3	0,0205	I_{by1}, м^3	0,0119
Класс	B30	I_{bx2}, м^3	0,0514	I_{by2}, м^3	0,0428
R_{bt}, т/м^2	117	I_{bx}, м^3	0,0719	I_{by}, м^3	0,0548
γ_{b1}	0,9	W^-_{bx}, м^2	0,2890	W^-_{by}, м^2	0,2639
A_b, м^2	0,1027	W^+_{bx}, м^2	0,2890	W^+_{by}, м^2	0,2639
$F_{b,ult}$, т	10,816	$M_{bx,ult}$, тм	5,021	$M_{by,ult}$, тм	4,585
$F/F_{b,ult}$	1,285	$M_x/M_{bx,ult}$		$M_y/M_{by,ult}$	0,011

1,296 > 1 Условие прочности не выполнено.

Сечение плиты достаточно. Необходимо установить поперечную арматуру:

$q_{sw}^{тр} =$

Арматура

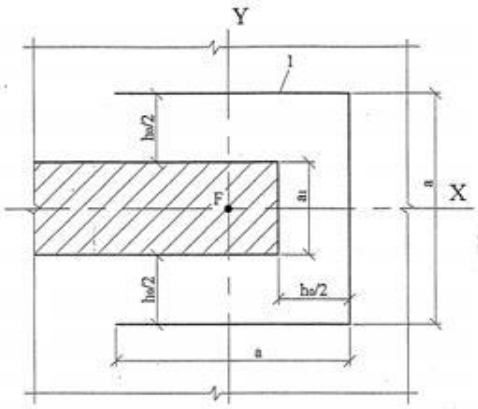
Класс	A500
R_{sw}, т/м^2	30600
Ø , мм	10
n, шт	2
A_{sw}, см^2	1,571
s_w, мм	50
q_{sw}, т/м	96,133

Несущая способность бетонного сечения с поперечной арматуры

$F_{sw,ult}$, т	47,874	$M_{swx,ult}$, тм	22,223	$M_{swy,ult}$, тм	20,293
F_{ult}, т	21,631	$M_{x,ult}$, тм	10,041	$M_{y,ult}$, тм	9,169
F/F_{ult}	0,642	$M_x/M_{x,ult}$		$M_y/M_{y,ult}$	0,005

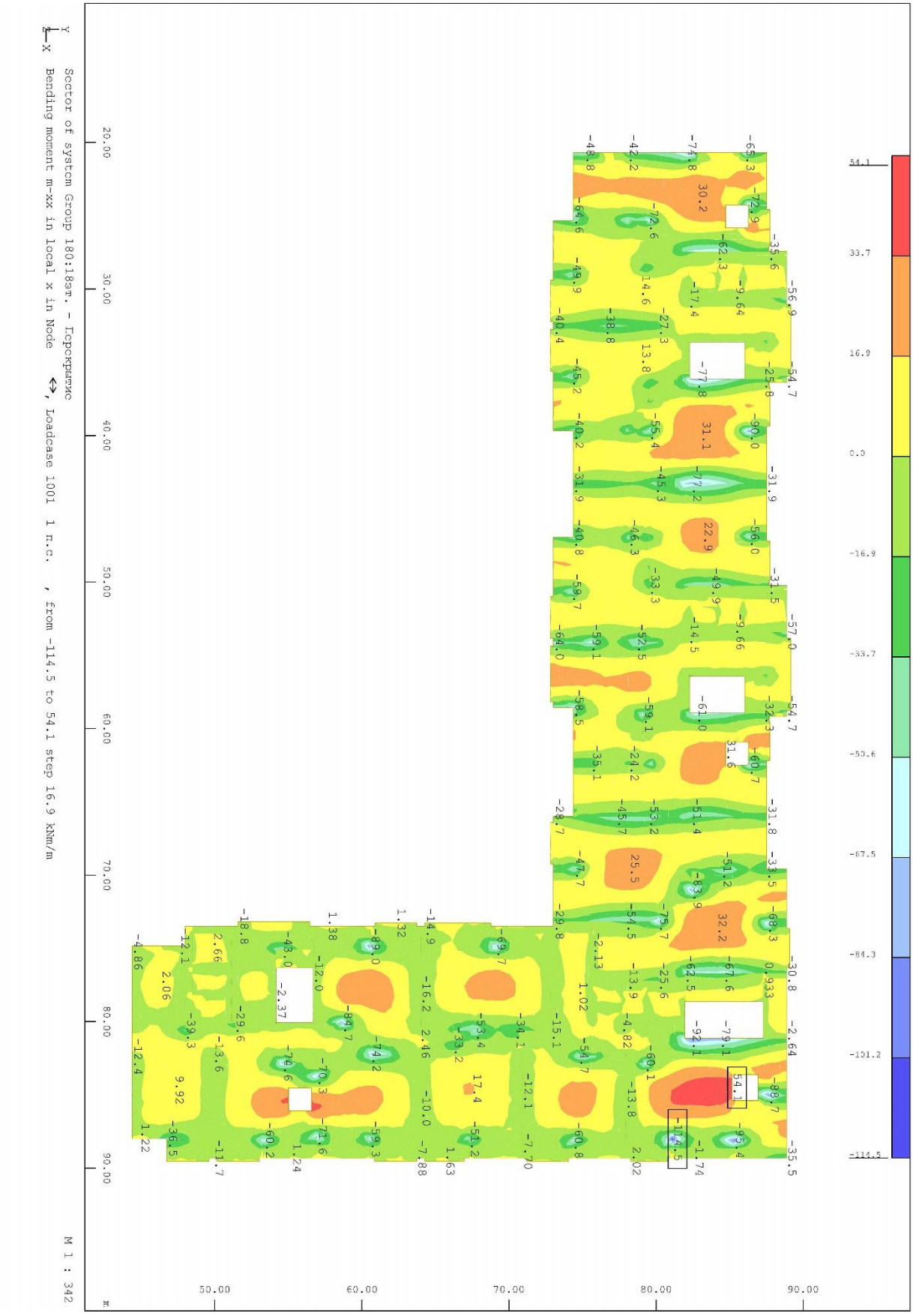
0,648 < 1 Условие прочности выполнено. Прочность обеспечена

Арматура установлена с избытком. Часть 'лишней' арматуры в расчете не учтена

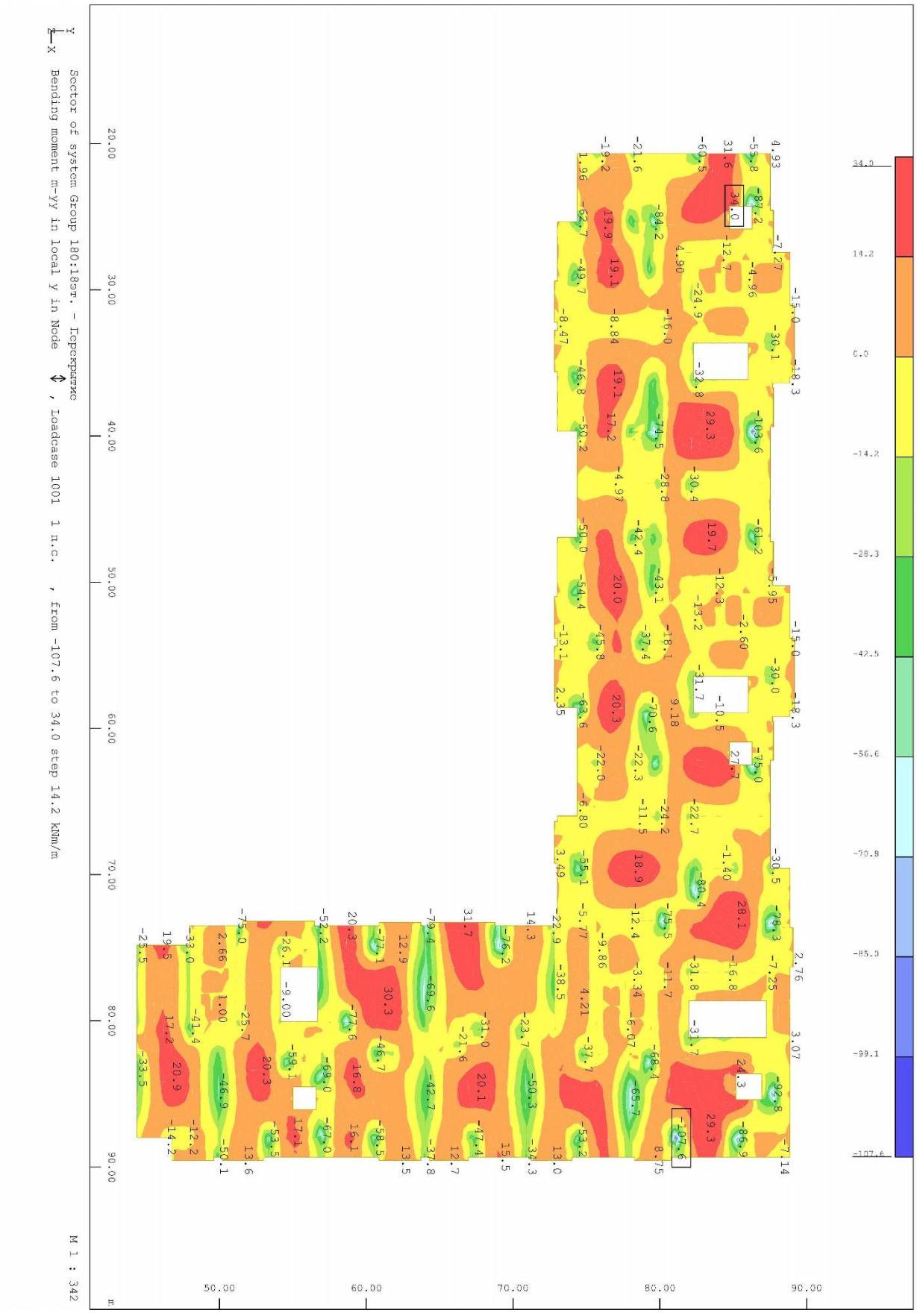


4.10. ПЛИТА ПОКРЫТИЯ

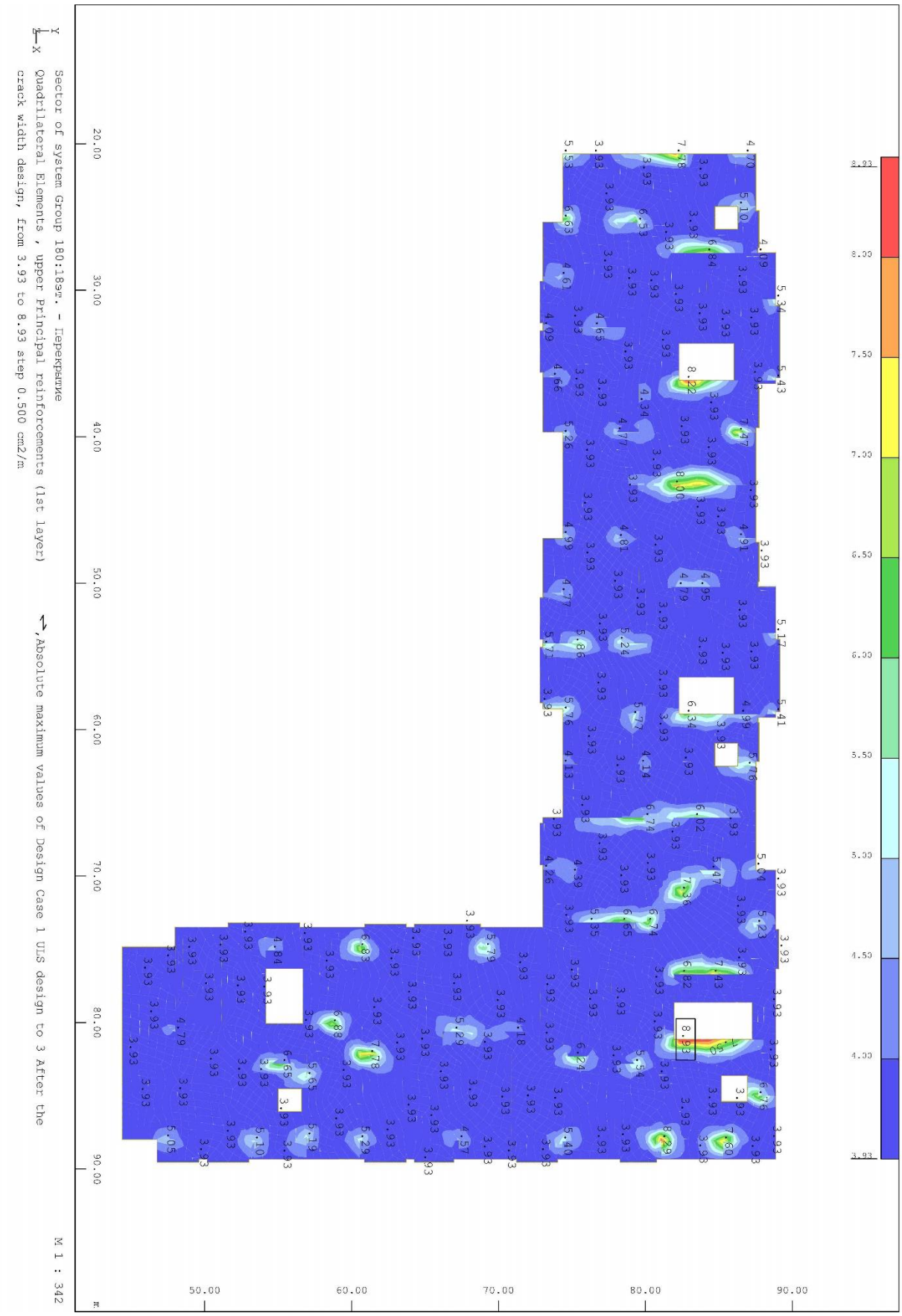
Момент M_x, кН·м/м



Момент M_y, кН·м/м

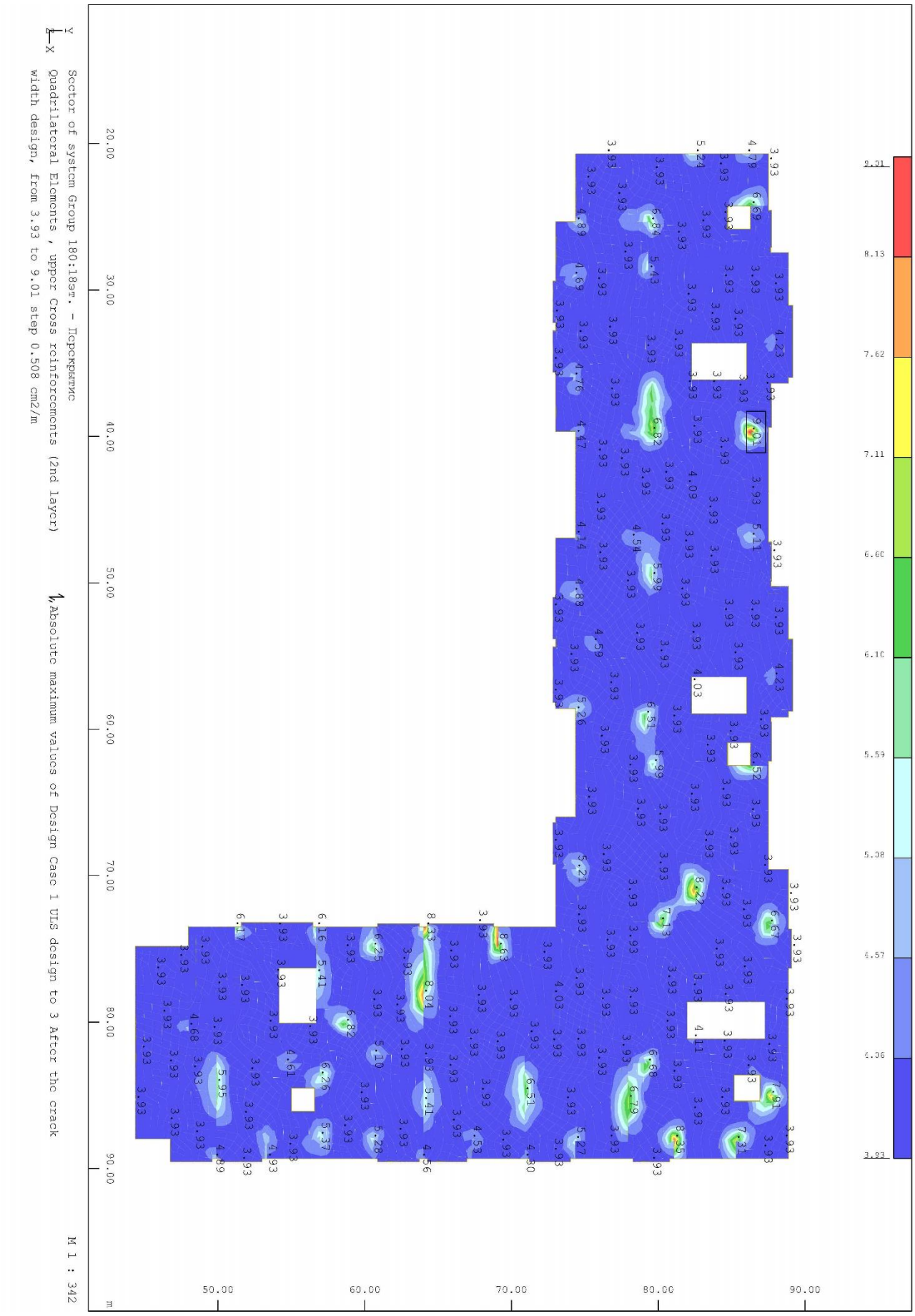


Верхнее армирование по оси X, см^2/м

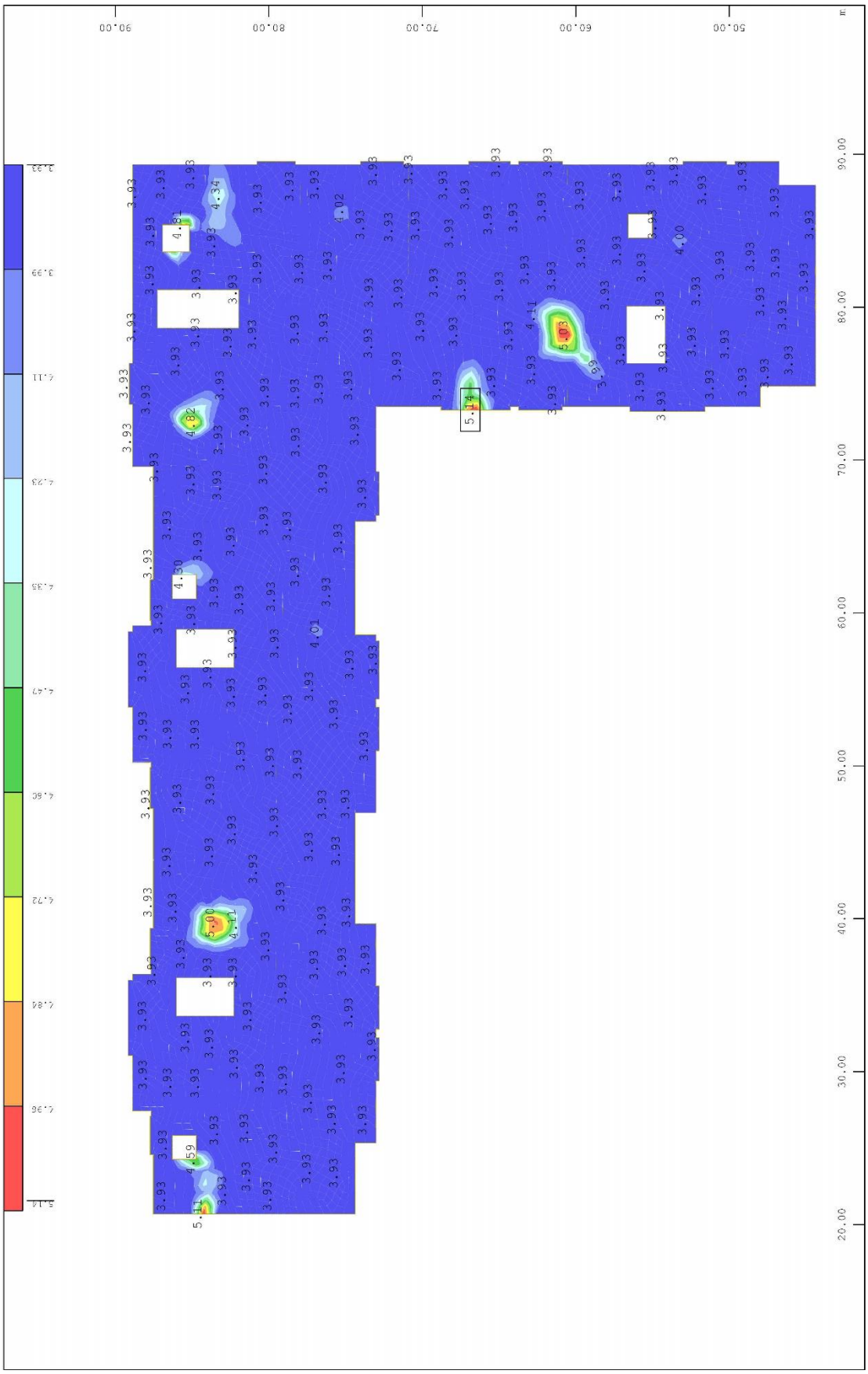


						1190-01-КР.Р4	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		90

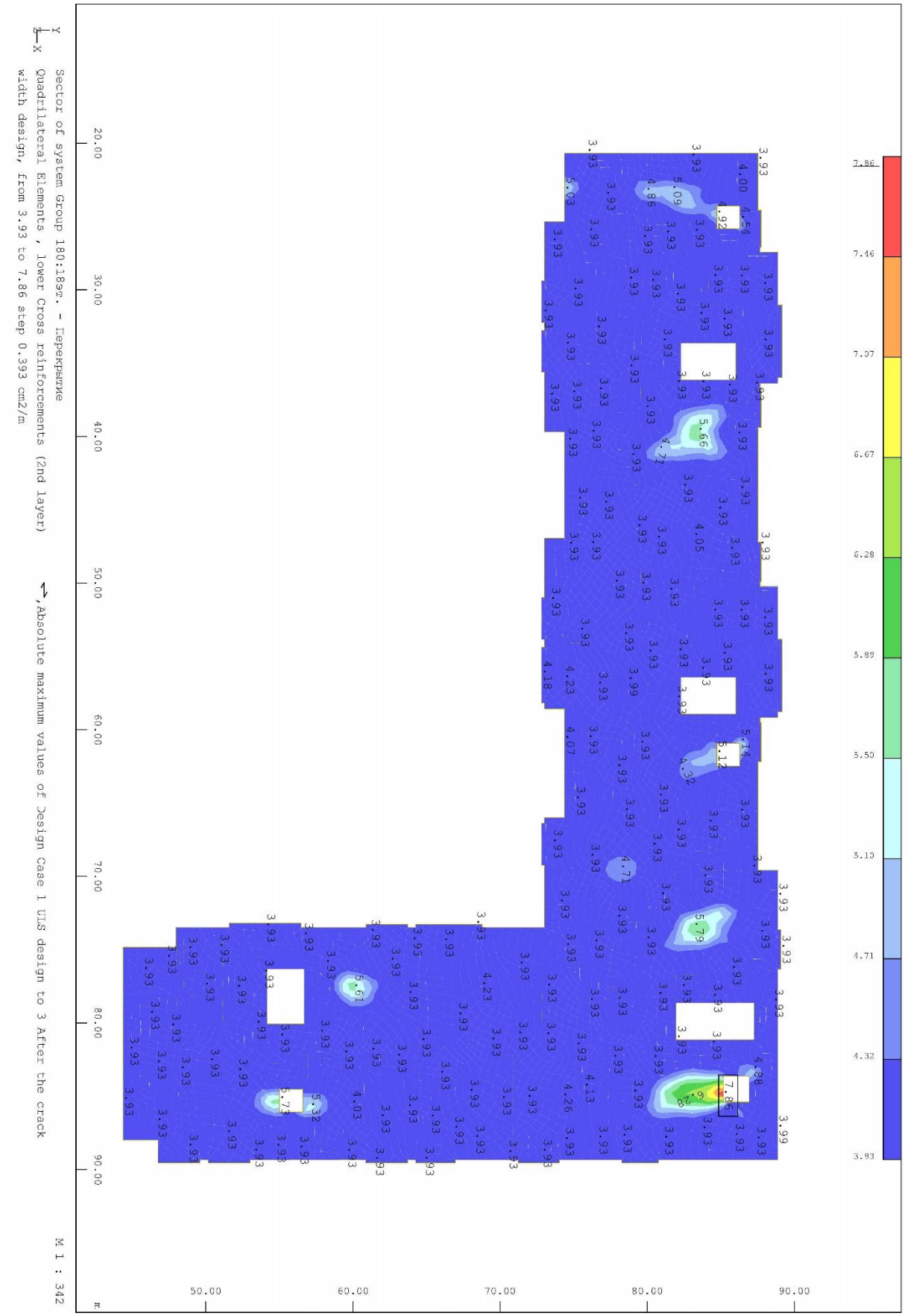
Верхнее армирование по оси Y, см^2/м



Нижнее армирование по оси X, см^2/м



Нижнее армирование по оси Y см^2/м



Проверка армирования плиты покрытия толщиной 220 мм на опоре

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	156,0	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	10,6	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,9	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h=	220	мм	-толщина плиты
a_x=	40	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси X)
a'_x=	30	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси X)
$h_{0,x}$=	180	мм	-рабочая высота сечения(по оси X)
a_y=	40	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси Y)
a'_y=	50	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси Y)
$h_{0,y}$=	180	мм	-рабочая высота сечения(по оси Y)

Армирование по X:

Растянутая арматура

$d_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d_{s,д}$=	14	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	7,7	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	11,6	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s'_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$=	0	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	3,93	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 2,28 см -высота сжатой зоны бетона

ξ= 0,13 -относительная высота сжатой зоны бетона

M_{ult}= 8,4 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 4,9 тс· м

$M_{дл}$= 4,4 тс· м

M_{crc}= 1,9085 тс· м -момент образования трещин

φ_2= 0,5

φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,24 мм -непродолжительное раскрытие трещин

$a_{длит}$= 0,22 мм -продолжительное раскрытие трещин

Армирование по Y:

Растянутая арматура

$d_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d_{s,д}$=	14	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	7,7	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	11,6	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s'_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$=	0	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	3,93	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 2,28 см -высота сжатой зоны бетона

ξ= 0,13 -относительная высота сжатой зоны бетона

M_{ult}= 8,1 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 4,8 тс· м

$M_{дл}$= 4,5 тс· м

M_{crc}= 1,9085 тс· м -момент образования трещин

φ_2= 0,5

φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,24 мм -непродолжительное раскрытие трещин

$a_{длит}$= 0,23 мм -продолжительное раскрытие трещин

Проверка армирования плиты покрытия толщиной 220 мм в пролете

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	156,0	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	10,6	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,9	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h= 220 мм -толщина плиты
a_x= 30 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси X)
a'_x= 40 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси X)
$h_{0,x}$= 190 мм -рабочая высота сечения(по оси X)
a_y= 50 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси Y)
a'_y= 40 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси Y)
$h_{0,y}$= 170 мм -рабочая высота сечения(по оси Y)

Армирование по X:

Растянутая арматура
$d_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d_{s,д}$= 10 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 3,93 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 7,85 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура
$d'_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 3,93 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,21 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,06 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 5,9 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 3 тс· м
$M_{дл}$= 2,9 тс· м

M_{crc}= 1,9007 тс· м -момент образования трещин
φ_2= 0,5
φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,15 мм -непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$= 0,15 мм -продолжительное раскрытие трещин

Армирование по Y:

Растянутая арматура
$d_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d_{s,д}$= 10 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 3,93 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 7,85 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура
$d'_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 3,93 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,21 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,07 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 5,2 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

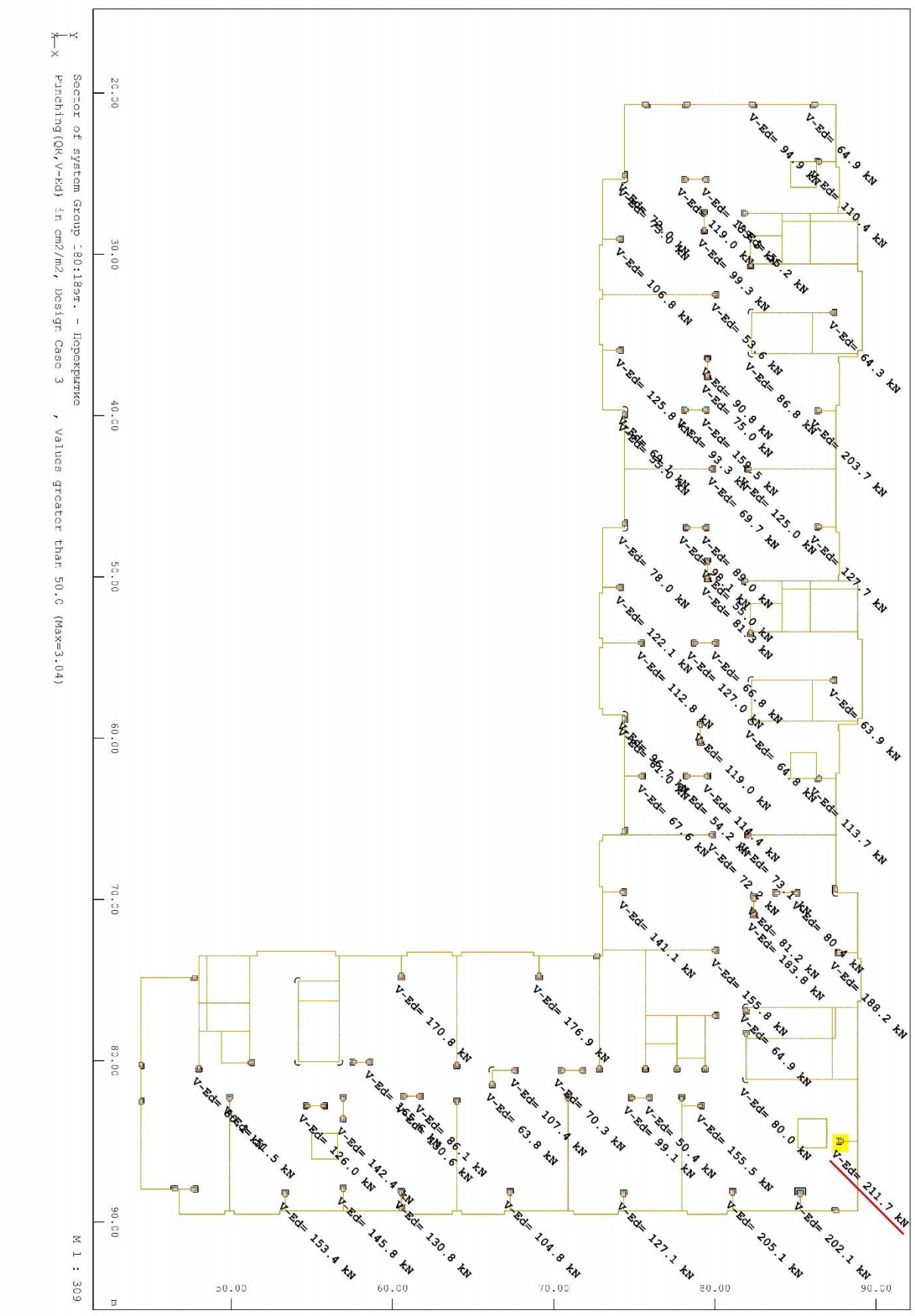
Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 2,8 тс· м
$M_{дл}$= 2,7 тс· м

M_{crc}= 1,9007 тс· м -момент образования трещин
φ_2= 0,5
φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,15 мм -непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$= 0,14 мм -продолжительное раскрытие трещин

Продавливание, кН



Плита покрытия

Сечение колонны

b_1, мм	292,5
a_1, мм	200
c_x, мм	
c_y, мм	

Сечение плиты

h, мм	220
a_x, мм	30
a_y, мм	40
h_0, мм	185

Нагрузки у граней плиты

	над плитой	под плитой
F_i, т	0	21
M_{xi}, тм	0	0
M_{yi}, тм	0	2
q_i, т/м^2	0	

Расчетный контур внутри площади плиты

l_x, м	0,478
l_y, м	0,385
u, м	0,770
x_0, м	
y_0, м	
x, м	
y, м	
e_{0x}, м	
e_{0y}, м	
A_{ql}, м^2	0,184
A_q, м^2	0,378
e_{qx}, м	
e_{qy}, м	

Нагрузки на расчетный контур

N_{sup}, т		$M_{x,sup+int}$, тм		$M_{y,sup+int}$, тм	2,000
N_{int}, т	21,000	$M_{x,q}$, тм		$M_{y,q}$, тм	
F_{ql}, т	0,187	$0.5 \cdot M_{x,loc}$, тм		$0.5 \cdot M_{y,loc}$, тм	1,000
F_q, т		$M_{x,F}$, тм		$M_{y,F}$, тм	
F, т	20,813	M_x, тм		M_y, тм	1,000

Несущая способность бетонного сечения без поперечной арматуры

Бетон		I_{bx1}, м^3	0,0181	I_{by1}, м^3	0,0095
Класс	B30	I_{bx2}, м^3	0,0439	I_{by2}, м^3	0,0354
R_{bt}, т/м^2	117	I_{bx}, м^3	0,0620	I_{by}, м^3	0,0449
γ_{b1}	0,9	W^-_{bx}, м^2	0,2598	W^-_{by}, м^2	0,2332
A_b, м^2	0,1425	W^+_{bx}, м^2	0,2598	W^+_{by}, м^2	0,2332
$F_{b,ult}$, т	15,000	$M_{bx,ult}$, тм	5,062	$M_{by,ult}$, тм	4,544
$F/F_{b,ult}$	1,388	$M_x/M_{bx,ult}$		$M_y/M_{by,ult}$	0,220

1,608 > 1 Условие прочности не выполнено.

Сечение плиты достаточно. Необходимо установить поперечную арматуру:

$q_{sw}^{тр} =$

Арматура

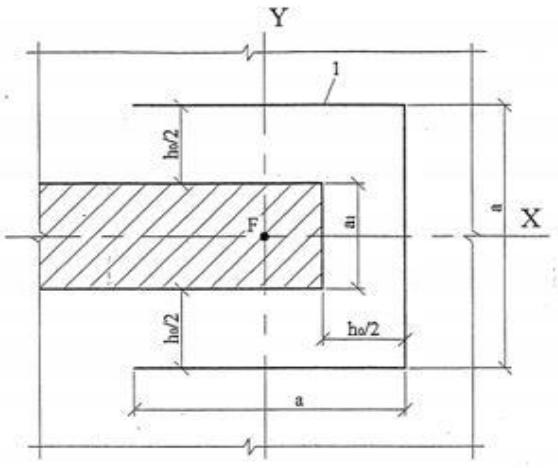
Класс	A500
R_{sw}, т/м^2	30600
Ø , мм	10
n, шт	2
A_{sw}, см^2	1,571
s_w, мм	50
q_{sw}, т/м	96,133

Несущая способность бетонного сечения с поперечной арматуры

$F_{sw,ult}$, т	59,218	$M_{swx,ult}$, тм	19,983	$M_{swy,ult}$, тм	17,938
F_{ult}, т	30,000	$M_{x,ult}$, тм	10,124	$M_{y,ult}$, тм	9,087
F/F_{ult}	0,694	$M_x/M_{x,ult}$		$M_y/M_{y,ult}$	0,110

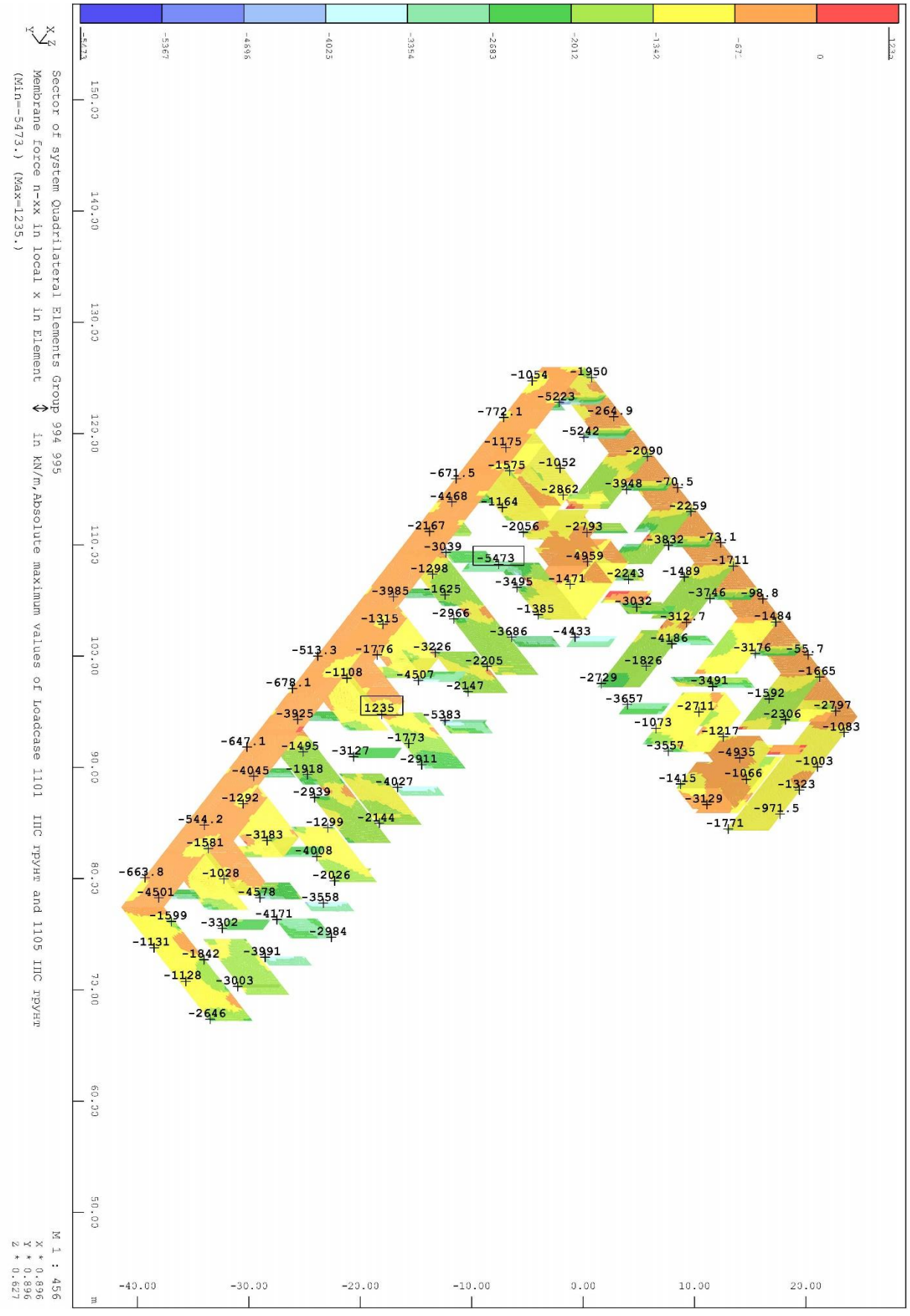
0,804 < 1 Условие прочности выполнено. Прочность обеспечена

Арматура установлена с избытком. Часть 'лишней' арматуры в расчете не учтена

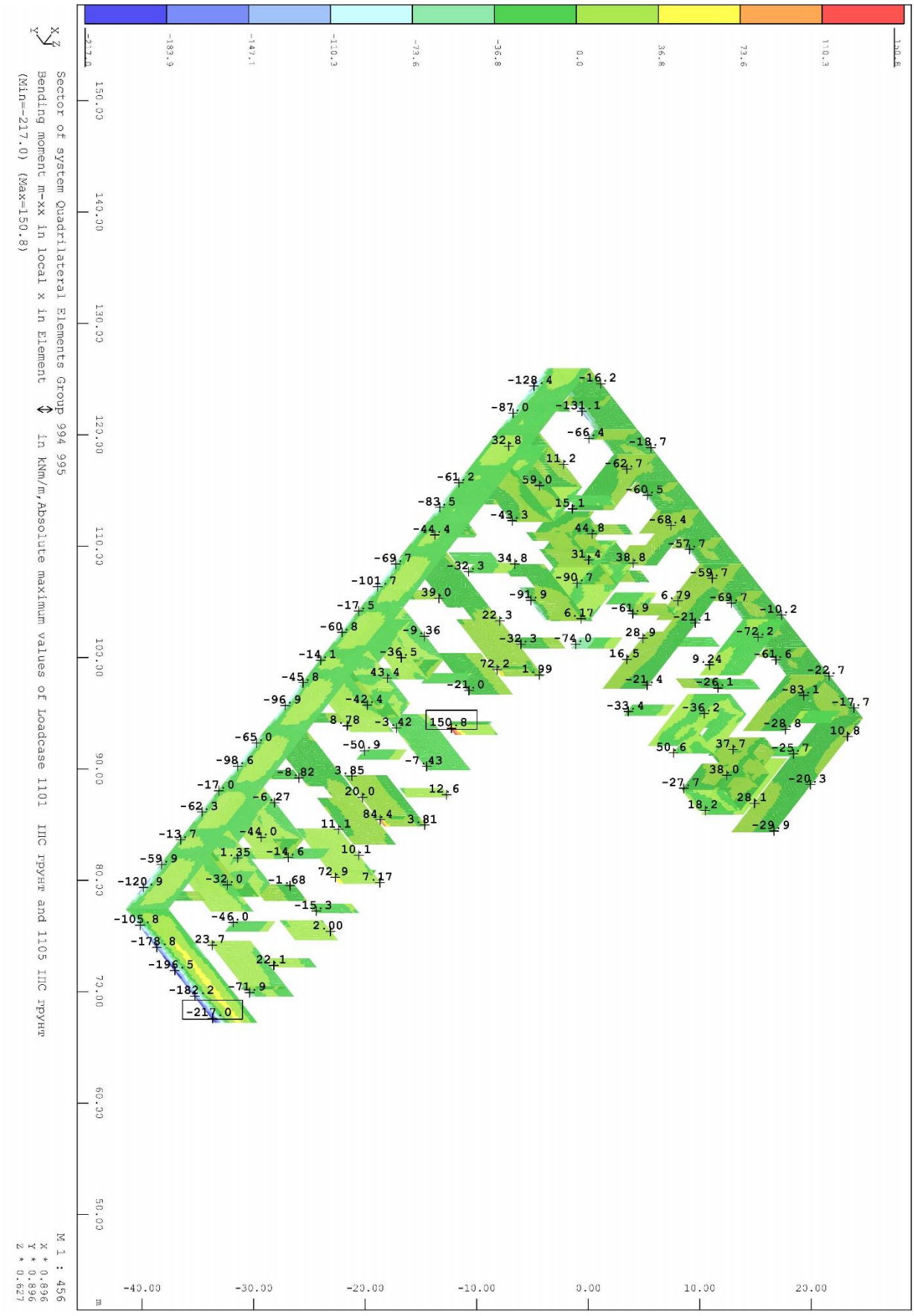


4.11. НЕСУЩИЕ СТЕНЫ И ПИЛОНЫ ПОДЗЕМНОЙ ЧАСТИ

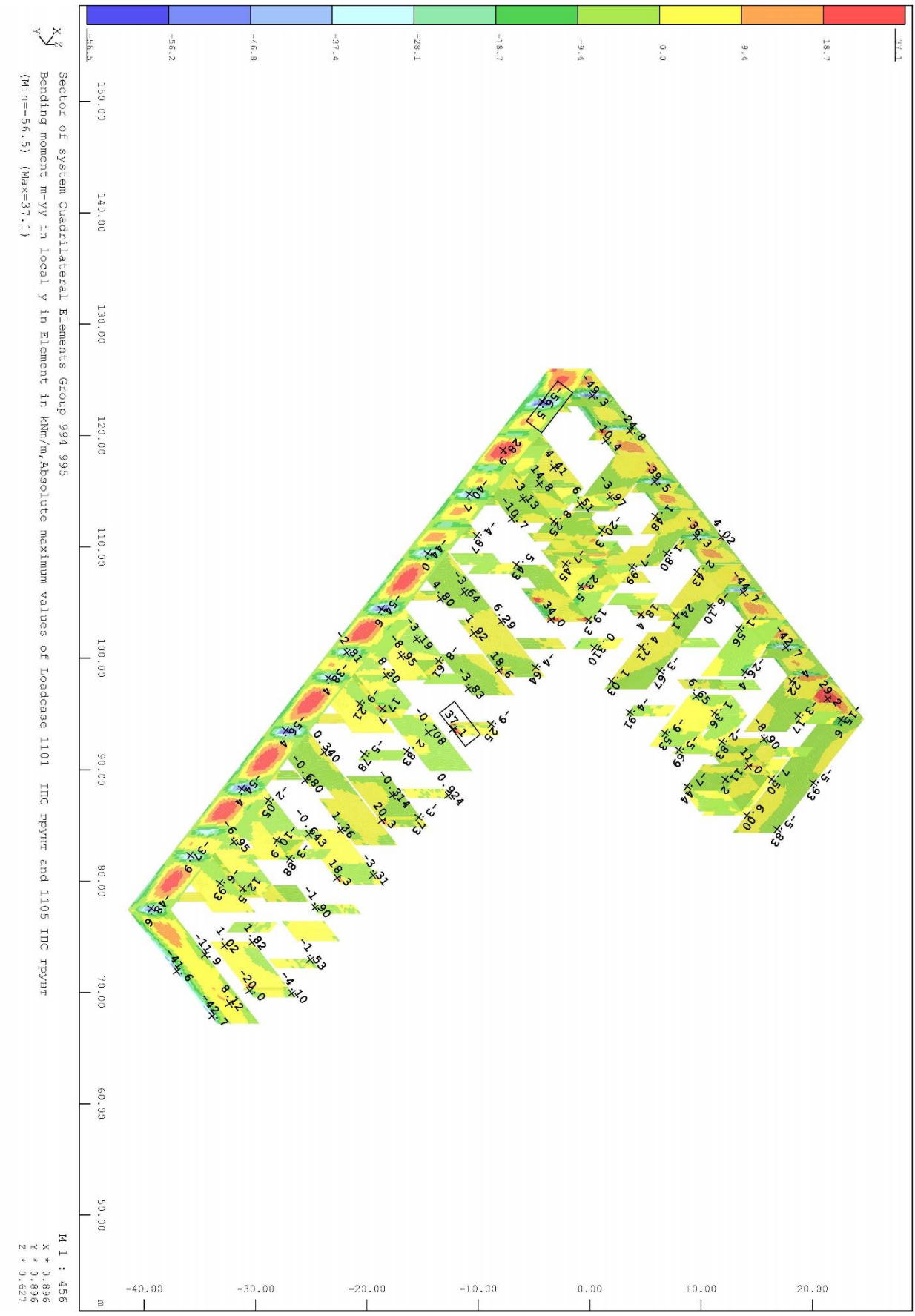
Вертикальные усилия (N) в стенах и пилонах -1 этажа, кН/м



Изгибающие моменты (Mx) в стенах и пилонах -1 этажа, кН*м/м

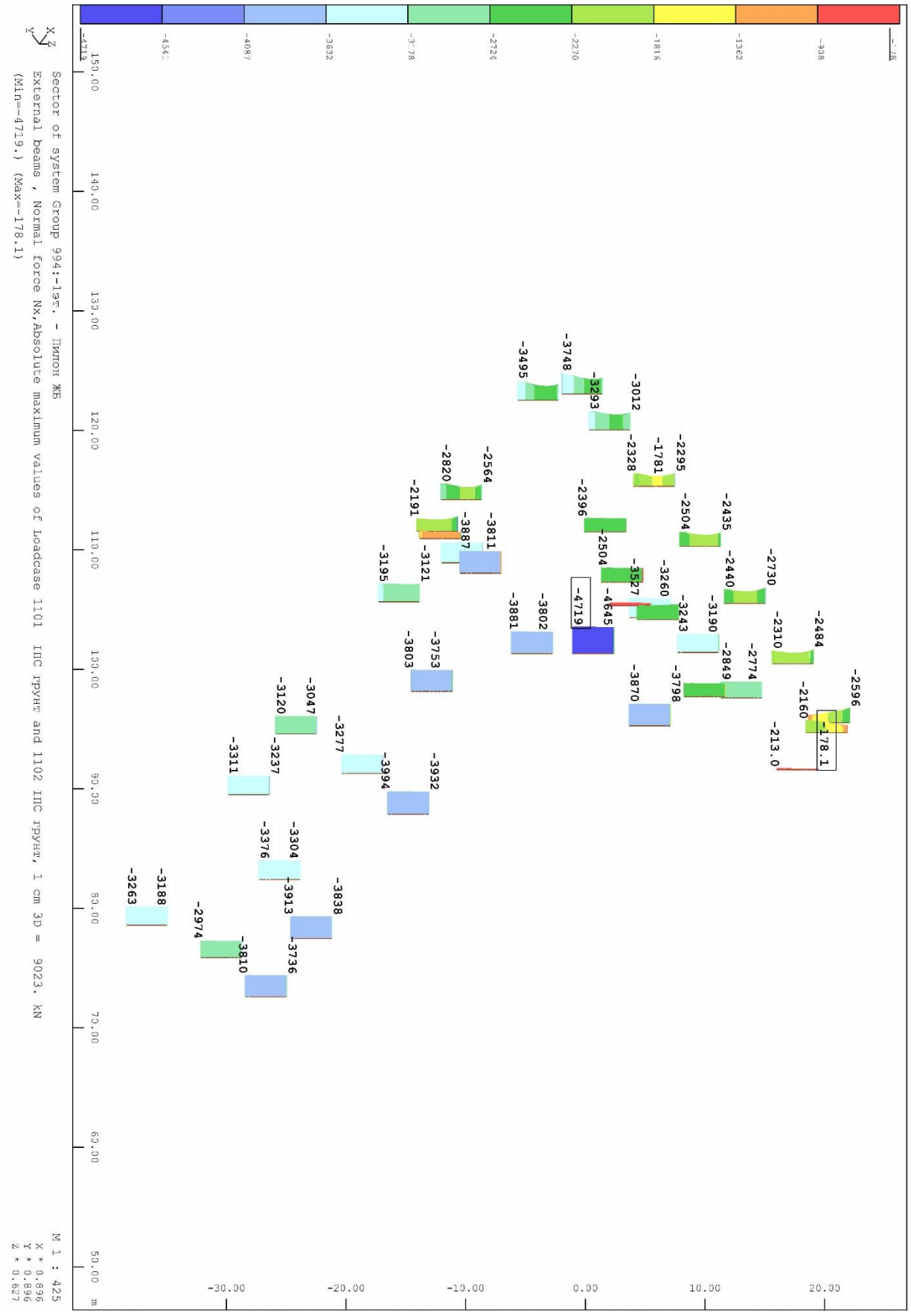


Изгибающие моменты (My) в стенах и пилонах -1 этажа, кН*м/м

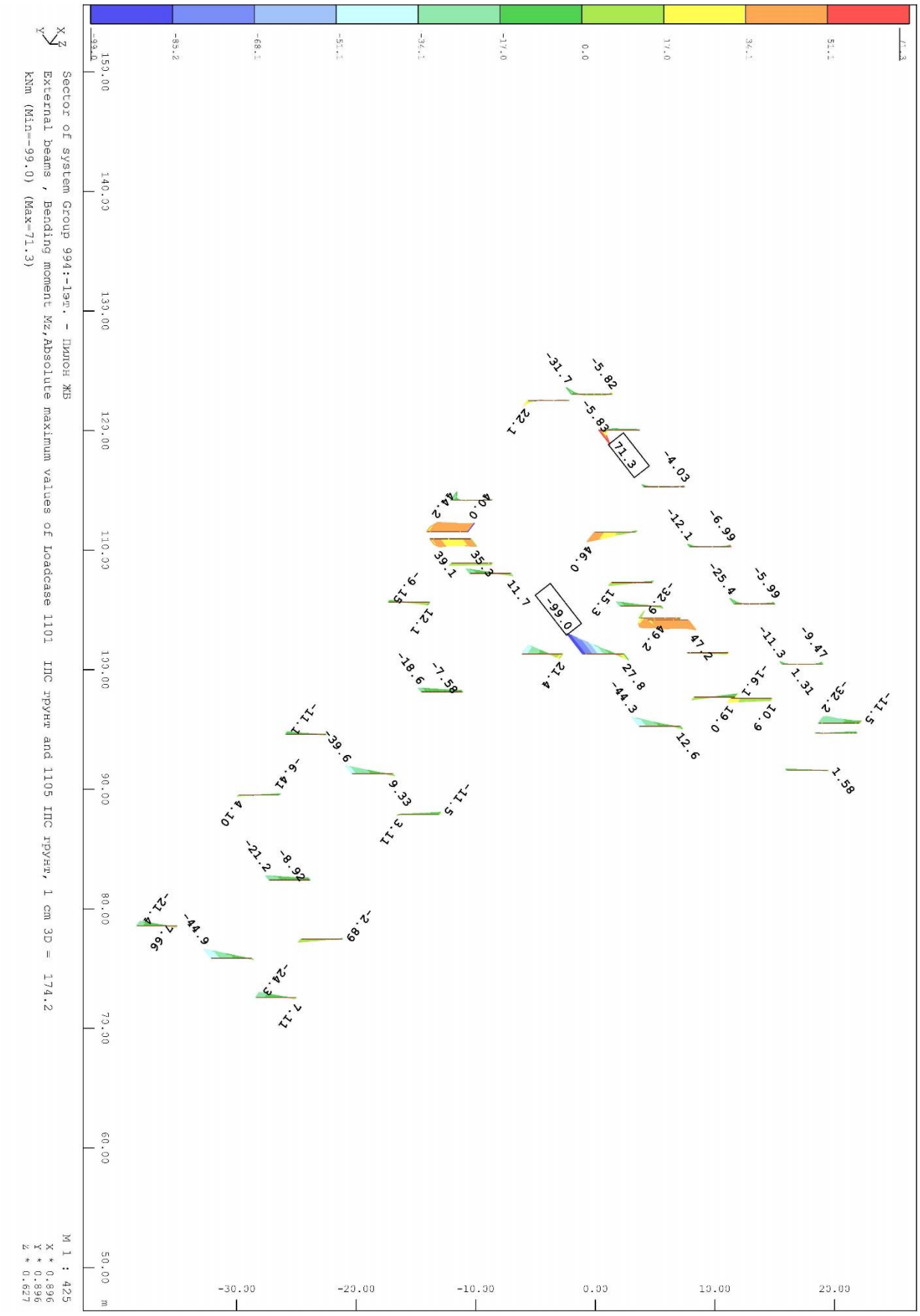


						1190-01-КР.Р4	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		100

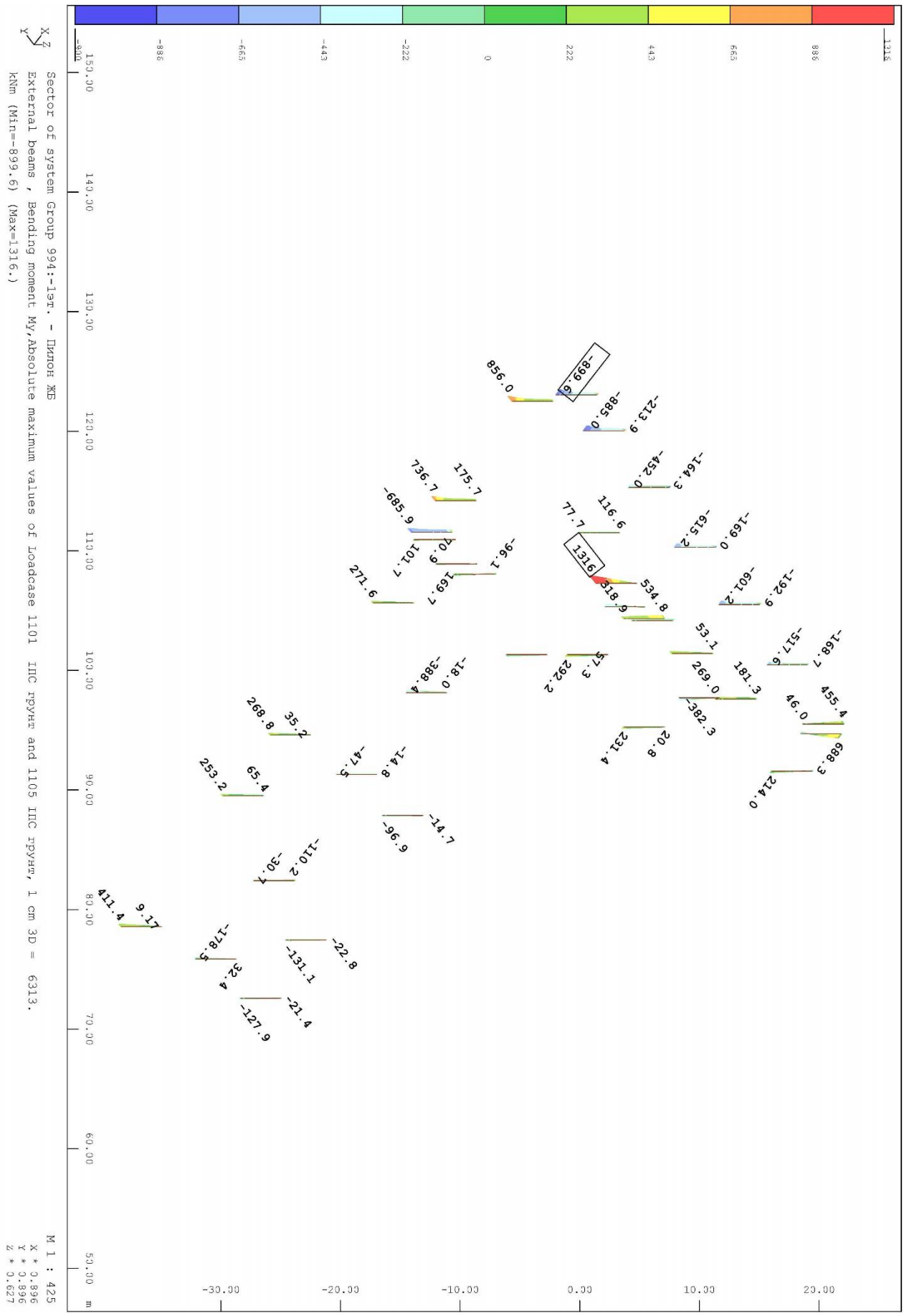
Вертикальные усилия (N) в пилонах -1 этажа, кН



Изгибающие моменты (Mz) из плоскости пилонов -1 этажа, кН*м



Изгибающие моменты (My) в плоскости пилонов -1 этажа, кН*м



Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата	1190-01-КР.Р4	Лист 103

ПИЛОН 300Х1200 В ОСЯХ 2.НН-2.ЛЛ / 2.16-2.20 НА -1 ЭТАЖЕ

1.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 4100$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 3895$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 20$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 19$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 30$ см $= 0.3$м
- Ширина сечения $b = 120$ см $= 1.2$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.3 - 0.05 = 0.25$м
- Диаметр стержней $d_s = 20$мм $= 0.02$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 14)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 21.99$ см^2 $= 2.1991E - 003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 21.99$ см^2 $= 2.1991E - 003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\% \frac{A_s + A'_s}{b h_0} = 100\% \frac{2.1991E-003 + 2.1991E-003}{1.2 \cdot 0.25} = 1.47\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.77$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.77 = 13.09$МПа $= 13090$кН/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_{b2} = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_{sc} = 400$МПа $= 400000$ кН/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 588$ см $= 5.88$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 5.88 \cdot 0.8 = 4.704$м
- Конструкция статически неопределимая

1.2. РАСЧЕТ

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$\frac{L}{600} = \frac{5.88}{600} = 0.01\text{м}$$

$$\frac{h}{30} = \frac{0.3}{30} = 0.01\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01\text{м}$

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{20}{4100} = 0.005\text{м}$$

Так как $e_0 = 0.005\text{м} < e_a = 0.01\text{м}$, то расчетный эксцентриситет принимается равным случайному $e_0 = 0.01\text{м}$

$$\delta_e = \frac{e_0}{h} = \frac{0.01}{0.3} = 0.033$$

Так как $\delta_e = 0.033 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N\left(\frac{h}{2} - a\right) = 20 + 4100 \cdot \left(\frac{0.3}{2} - 0.05\right) = 430\text{кНм}$$

$$M_{l1} = M_l + N_l\left(\frac{h}{2} - a\right) = 19 + 3895 \cdot \left(\frac{0.3}{2} - 0.05\right) = 408.5\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + \frac{M_{l1}}{M_1} = \frac{408.5}{430} = 1.95$$

$$k_b = \frac{0.15}{\varphi_l(0.3 + \delta_e)} = \frac{0.15}{1.95(0.3 + 0.15)} = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{1.2 \cdot 0.3^3}{12} = 2.70000E - 003\text{м}^4$$

$$I_s = A_s\left(\frac{h}{2} - a\right)^2 + A'_s\left(\frac{h}{2} - a'\right)^2$$

$$= 2.1991E - 003\left(\frac{0.3}{2} - 0.05\right)^2 + 2.1991E - 003\left(\frac{0.3}{2} - 0.05\right)^2$$
$$= 4.3982E - 005\text{м}^4$$

$$D = k_b E_b I + k_s E_s I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 2.70000E - 003 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 4.39823E - 005$$
$$= 21157.52\text{кНм}^2$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 D}{l_0^2} = \frac{3.14^2 \cdot 21157.52}{4.704^2} = 9436.91\text{кН}$$

Условие $N = 4100\text{кН} \leq N_{cr} = 9436.91\text{кН}$ выполняется.

Согласно п. 8.1.16, при выполнении условий $e_0 \leq \frac{h}{30}$ и $\frac{l_0}{h} \leq 20$ расчет внецентренно нагруженного элемента допускается выполнять по формуле:

$$N \leq N_{ult}$$

$$N_{ult} = \varphi\left(R_b A + R_{sc} A_{s,tot}\right)$$

$$A_{s,tot} = A_s + A'_s = 4.3982E - 003\text{см}^2$$

$$\frac{l_0}{h} = \frac{4.704}{0.3} = 15.68$$

При кратковременном действии нагрузки коэффициент ф определяется по линейному закону $\varphi = 0.90$ при $\frac{l_0}{h} = 10$ и $\varphi = 0.85$ при $\frac{l_0}{h} = 20$

$$\varphi = 0.87$$

$$N_{ult} = 0.87(13090 \cdot 0.36 + 400000 \cdot 4.3982E-003) = 5640.7\text{кН}$$

Условие 8.16 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.7475

ПИЛОН 300Х1300 В ОСЯХ 2.ЛЛ-2.НН / 2.40-2.42 НА -1 ЭТАЖЕ

1.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 3800\text{кН}$
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 3610\text{кН}$
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 50\text{кНм}$
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 47.5\text{кНм}$
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 30\text{ см} = 0.3\text{м}$
- Ширина сечения $b = 130\text{ см} = 1.3\text{м}$
- Расстояние до центра арматуры $a = 5\text{ см} = 0.05\text{м}$
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5\text{ см} = 0.05\text{м}$
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.3 - 0.05 = 0.25\text{м}$
- Диаметр стержней $d_s = 20\text{мм} = 0.02\text{м}$
- Количество стержней в сечении $n_s = 14)\text{ шт}$
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 21.99\text{ см}^2 = 2.1991E - 003\text{м}^2$
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 21.99\text{ см}^2 = 2.1991E - 003\text{м}^2$
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%\frac{A_s + A'_s}{bh_0} = 100\%\frac{2.1991E{-}003 + 2.1991E{-}003}{1.3 \cdot 0.25} = 1.35\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона B30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.77$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.77 = 13.09\text{МПа} = 13090\text{кН/м}^2$
- Модуль упругости $E_b = 32500\text{МПа} = 32500000\text{ кН/м}^2$
- Относительные деформации $\varepsilon_{b2} = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры A500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435\text{МПа} = 435000\text{ кН/м}^2$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_{sc} = 400\text{МПа} = 400000\text{ кН/м}^2$
- Модуль упругости $E_s = 200000\text{МПа} = 200000000\text{ кН/м}^2$

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 588\text{ см} = 5.88\text{м}$
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 5.88 \cdot 0.8 = 4.704\text{м}$
- Конструкция статически неопределимая

1.2. РАСЧЕТ

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$\frac{L}{600} = \frac{5.88}{600} = 0.01\text{м}$$

$$\frac{h}{30} = \frac{0.3}{30} = 0.01\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01\text{м}$

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{50}{3800} = 0.013\text{м}$$

$$\delta_e = \frac{e_0}{h} = \frac{0.013}{0.3} = 0.044$$

Так как $\delta_e = 0.044 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N\left(\frac{h}{2} - a\right) = 50 + 3800 \cdot \left(\frac{0.3}{2} - 0.05\right) = 430\text{кНм}$$

$$M_{l1} = M_l + N_l\left(\frac{h}{2} - a\right) = 47.5 + 3610 \cdot \left(\frac{0.3}{2} - 0.05\right) = 408.5\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + \frac{M_{l1}}{M_1} = \frac{408.5}{430} = 1.95$$

$$k_b = \frac{0.15}{\varphi_l(0.3 + \delta_e)} = \frac{0.15}{1.95(0.3 + 0.15)} = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{1.3 \cdot 0.3^3}{12} = 2.92500E - 003\text{м}^4$$

$$I_s = A_s\left(\frac{h}{2} - a\right)^2 + A_s'\left(\frac{h}{2} - a'\right)^2$$

$$= 2.1991E - 003\left(\frac{0.3}{2} - 0.05\right)^2 + 2.1991E - 003\left(\frac{0.3}{2} - 0.05\right)^2$$

$$= 4.3982E - 005\text{м}^4$$

$$D = k_b E_b I + k_s E_s I_s$$

$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 2.92500E - 003 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 4.39823E - 005$$

$$= 22407.52\text{кНм}^2$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 D}{l_0^2} = \frac{3.14^2 \cdot 22407.52}{4.704^2} = 9994.45\text{кН}$$

Условие $N = 3800\text{кН} \leq N_{cr} = 9994.45\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{3800}{9994.45}} = 1.613$$

$$e = e_0\eta + \frac{h_0 - a'}{2} = 0.013 \cdot 1.613 + \frac{0.25 - 0.05}{2} = 0.121\text{м}$$

$$\varepsilon_{sel} = \frac{R_s}{E_s} = \frac{435000}{200000000} = 0.002175$$

$$\xi_R = \frac{0.8}{1 + \frac{\varepsilon_{sel}}{\varepsilon_{bult}}} = \frac{0.8}{1 + \frac{0.002175}{0.0042}} = 0.527$$

$$x = \frac{N + R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_b b} = \frac{3800 + 435000 \cdot 2.1991E-003 - 400000 \cdot 2.1991E-003}{13090 \cdot 1.3} = 0.228\text{м}$$

$$\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{0.228}{0.25} = 0.911 > \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x = \frac{N + R_s A_s \frac{1+\xi_R}{1-\xi_R} - R_{sc} A'_s}{R_b b + \frac{2R_s A_s}{h_0(1-\xi_R)}} = \frac{3800 + 435000 \cdot 2.1991E-003 \frac{1+0.527}{1-0.527} - 400000 \cdot 2.1991E-003}{13090 \cdot 1.3 + \frac{2 \cdot 435000 \cdot 2.1991E-003}{0.25(1-0.527)}} = 0.181\text{м}$$

$$Ne \leq R_b b x(h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s(h_0 - a')$$

$$Ne = 3800 \cdot 0.121 = 460.67\text{кНм}$$

$$R_b b x(h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s(h_0 - a') = 13090 \cdot 1.3 \cdot 0.181(0.25 - 0.5 \cdot 0.181) + 400000 \cdot 2.1991E - 003(0.25 - 0.05) = 667.21\text{кНм}$$

$$Ne = 460.67\text{кНм} \leq R_b b x(h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s(h_0 - a') = 667.21\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.6904

ПИЛОН 300Х1400 В ОСЯХ 2.КК-2.КК' / 2.37-2.38 НА -1 ЭТАЖЕ

1.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 4800$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 4560$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 100$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 95$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 30$ см $= 0.3$м
- Ширина сечения $b = 140$ см $= 1.4$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.3 - 0.05 = 0.25$м
- Диаметр стержней $d_s = 25$мм $= 0.025$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 16)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 39.27$ см^2 $= 3.9270E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 39.27$ см^2 $= 3.9270E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\% \frac{A_s + A'_s}{bh_0} = 100\% \frac{3.9270E-003 + 3.9270E-003}{1.4 \cdot 0.25} = 2.24\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.77$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.77 = 13.09$МПа $= 13090$кН/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_{b2} = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_{sc} = 400$МПа $= 400000$ кН/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 588$ см $= 5.88$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 5.88 \cdot 0.8 = 4.704$м
- Конструкция статически неопределимая

1.2. РАСЧЕТ

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$\frac{L}{600} = \frac{5.88}{600} = 0.01\text{м}$$

$$\frac{h}{30} = \frac{0.3}{30} = 0.01\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01\text{м}$

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{100}{4800} = 0.021\text{м}$$

$$\delta_e = \frac{e_0}{h} = \frac{0.021}{0.3} = 0.069$$

Так как $\delta_e = 0.069 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N\left(\frac{h}{2} - a\right) = 100 + 4800 \cdot \left(\frac{0.3}{2} - 0.05\right) = 580\text{кНм}$$

$$M_{l1} = M_l + N_l\left(\frac{h}{2} - a\right) = 95 + 4560 \cdot \left(\frac{0.3}{2} - 0.05\right) = 551\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + \frac{M_{l1}}{M_1} = \frac{551}{580} = 1.95$$

$$k_b = \frac{0.15}{\varphi_l(0.3 + \delta_e)} = \frac{0.15}{1.95(0.3 + 0.15)} = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{1.4 \cdot 0.3^3}{12} = 3.15000E - 003\text{м}^4$$

$$I_s = A_s\left(\frac{h}{2} - a\right)^2 + A'_s\left(\frac{h}{2} - a'\right)^2$$

$$= 3.9270E - 003\left(\frac{0.3}{2} - 0.05\right)^2 + 3.9270E - 003\left(\frac{0.3}{2} - 0.05\right)^2$$

$$= 7.8540E - 005\text{м}^4$$

$$D = k_b E_b I + k_s E_s I_s$$

$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 3.15000E - 003 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 7.85398E - 005$$

$$= 28495.57\text{кНм}^2$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 D}{l_0^2} = \frac{3.14^2 \cdot 28495.57}{4.704^2} = 12709.91\text{кН}$$

Условие $N = 4800\text{кН} \leq N_{cr} = 12709.91\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{4800}{12709.91}} = 1.607$$

$$e = e_0\eta + \frac{h_0 - a'}{2} = 0.021 \cdot 1.607 + \frac{0.25 - 0.05}{2} = 0.133\text{м}$$

$$\varepsilon_{sel} = \frac{R_s}{E_s} = \frac{435000}{200000000} = 0.002175$$

$$\xi_R = \frac{0.8}{1 + \frac{\varepsilon_{sel}}{\varepsilon_{bult}}} = \frac{0.8}{1 + \frac{0.002175}{0.0042}} = 0.527$$

$$x = \frac{N + R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_b b} = \frac{4800 + 435000 \cdot 3.9270E-003 - 400000 \cdot 3.9270E-003}{13090 \cdot 1.4} = 0.269\text{м}$$

$$\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{0.269}{0.25} = 1.078 > \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x = \frac{N + R_s A_s \frac{1 + \xi_R}{1 - \xi_R} - R_{sc} A'_s}{R_b b + \frac{2 R_s A_s}{h_0 (1 - \xi_R)}}$$

$$= \frac{4800 + 435000 \cdot 3.9270E-003 \frac{1 + 0.527}{1 - 0.527} - 400000 \cdot 3.9270E-003}{13090 \cdot 1.4 + \frac{2 \cdot 435000 \cdot 3.9270E-003}{0.25(1 - 0.527)}}$$

$$= 0.185\text{м}$$

$$Ne \leq R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a')$$

$$Ne = 4800 \cdot 0.133 = 640.68\text{кНм}$$

$$R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') = 13090 \cdot 1.4 \cdot 0.185(0.25 - 0.5 \cdot 0.185) + 400000 \cdot 3.9270E-003(0.25 - 0.05) = 848.36\text{кНм}$$

$$Ne = 640.68\text{кНм} \leq R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') = 848.36\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.7552

ПИЛОН 300Х1500 В ОСЯХ 2.СС-2.УУ / 2.34-2.37 НА -1 ЭТАЖЕ

1.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 3800\text{кН}$
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 3610\text{кН}$
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 60\text{кНм}$
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 57\text{кНм}$
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 30\text{ см} = 0.3\text{м}$
- Ширина сечения $b = 150\text{ см} = 1.5\text{м}$
- Расстояние до центра арматуры $a = 5\text{ см} = 0.05\text{м}$
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5\text{ см} = 0.05\text{м}$
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.3 - 0.05 = 0.25\text{м}$
- Диаметр стержней $d_s = 20\text{мм} = 0.02\text{м}$
- Количество стержней в сечении $n_s = 16)\text{ шт}$
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 25.13\text{ см}^2 = 2.5133E - 003\text{м}^2$
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 25.13\text{ см}^2 = 2.5133E - 003\text{м}^2$
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%\frac{A_s + A'_s}{bh_0} = 100\%\frac{2.5133E-003 + 2.5133E-003}{1.5 \cdot 0.25} = 1.34\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона B30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.77$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.77 = 13.09\text{МПа} = 13090\text{кН/м}^2$
- Модуль упругости $E_b = 32500\text{МПа} = 32500000\text{ кН/м}^2$
- Относительные деформации $\varepsilon_{b2} = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры A500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435\text{МПа} = 435000\text{ кН/м}^2$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_{sc} = 400\text{МПа} = 400000\text{ кН/м}^2$
- Модуль упругости $E_s = 200000\text{МПа} = 200000000\text{ кН/м}^2$

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 588\text{ см} = 5.88\text{м}$
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 5.88 \cdot 0.8 = 4.704\text{м}$
- Конструкция статически неопределимая

1.2. РАСЧЕТ

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$\frac{L}{600} = \frac{5.88}{600} = 0.01\text{м}$$

$$\frac{h}{30} = \frac{0.3}{30} = 0.01\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01\text{м}$

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{60}{3800} = 0.016\text{м}$$

$$\delta_e = \frac{e_0}{h} = \frac{0.016}{0.3} = 0.053$$

Так как $\delta_e = 0.053 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N\left(\frac{h}{2} - a\right) = 60 + 3800 \cdot \left(\frac{0.3}{2} - 0.05\right) = 440\text{кНм}$$

$$M_{l1} = M_l + N_l\left(\frac{h}{2} - a\right) = 57 + 3610 \cdot \left(\frac{0.3}{2} - 0.05\right) = 418\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + \frac{M_{l1}}{M_1} = \frac{418}{440} = 1.95$$

$$k_b = \frac{0.15}{\varphi_l(0.3 + \delta_e)} = \frac{0.15}{1.95(0.3 + 0.15)} = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{1.5 \cdot 0.3^3}{12} = 3.37500E - 003\text{м}^4$$

$$I_s = A_s\left(\frac{h}{2} - a\right)^2 + A'_s\left(\frac{h}{2} - a'\right)^2$$

$$= 2.5133E - 003\left(\frac{0.3}{2} - 0.05\right)^2 + 2.5133E - 003\left(\frac{0.3}{2} - 0.05\right)^2$$
$$= 5.0265E - 005\text{м}^4$$

$$D = k_b E_b I + k_s E_s I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 3.37500E - 003 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 5.02655E - 005$$
$$= 25787.17\text{кНм}^2$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 D}{l_0^2} = \frac{3.14^2 \cdot 25787.17}{4.704^2} = 11501.88\text{кН}$$

Условие $N = 3800\text{кН} \leq N_{cr} = 11501.88\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{3800}{11501.88}} = 1.493$$

$$e = e_0\eta + \frac{h_0 - a'}{2} = 0.016 \cdot 1.493 + \frac{0.25 - 0.05}{2} = 0.124\text{м}$$

$$\varepsilon_{sel} = \frac{R_s}{E_s} = \frac{435000}{200000000} = 0.002175$$

$$\xi_R = \frac{0.8}{1 + \frac{\varepsilon_{sel}}{\varepsilon_{bult}}} = \frac{0.8}{1 + \frac{0.002175}{0.0042}} = 0.527$$

$$x = \frac{N + R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_b b} = \frac{3800 + 435000 \cdot 2.5133E-003 - 400000 \cdot 2.5133E-003}{13090 \cdot 1.5}$$
$$= 0.198\text{м}$$

$$\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{0.198}{0.25} = 0.792 > \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x = \frac{N + R_s A_s \frac{1 + \xi_R}{1 - \xi_R} - R_{sc} A'_s}{R_b b + \frac{2 R_s A_s}{h_0 (1 - \xi_R)}}$$

$$= \frac{3800 + 435000 \cdot 2.5133E-003 \frac{1 + 0.527}{1 - 0.527} - 400000 \cdot 2.5133E-003}{13090 \cdot 1.5 + \frac{2 \cdot 435000 \cdot 2.5133E-003}{0.25(1 - 0.527)}}$$
$$= 0.166\text{м}$$

$$Ne \leq R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a')$$

$$Ne = 3800 \cdot 0.124 = 469.6\text{кНм}$$

$$R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a')$$
$$= 13090 \cdot 1.5 \cdot 0.166(0.25 - 0.5 \cdot 0.166) + 400000 \cdot 2.5133E$$
$$-003(0.25 - 0.05) = 745.19\text{кНм}$$

$$Ne = 469.6\text{кНм} \leq R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') = 745.19\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.6302

Проверка армирования стены -1 этажа толщиной 200 мм

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	132,6	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	9,0	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,77		γ_s	1,0	
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h= 200 мм -высота сечения колонны
b= 1000 мм -ширина сечения колонны
a= 50 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона
a'= 50 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона
L= 5880 мм -высота колонны
μ= 0,8 -коэффициент расчетной длины
h_0= 150 мм -рабочая высота сечения
L_0= 470 см -расчетная высота колонны

Усилия:

N= 100 тс -продольная сила
M= 2 тс· м -момент от полной нагрузки
M_l= 1,6 тс· м -момент от длительных нагрузок

Армирование:

Растянутая арматура

$d_{s,ф}$= 16 мм -диаметр основной арматуры
$n_ф$= 5 шт -количество основной арматуры
$d_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$n_д$= 0 шт -количество дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 10,1 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 10,1 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,ф}$= 16 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 5 шт -колчество основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 0 шт -количество дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 10,1 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 10,1 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 0,27 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,02 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 4,6 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет:

e_0= 2 см -эксцентриситет приложения продольной силы к сечению
x= 7,62 см -высота сжатой зоны бетона
I= 66666,667 см⁴ -момент инерции площади бетона
I_s= 505,93162 см⁴ -момент инерции площади арматуры
δ_e= 0,15 -относительное значение эксцентриситета продольной силы
φ_l= 1,8 -коэффициент, учитывающий влияние длительности нагрузки
k_b= 0,19
k_s= 0,7
D= 4,814E+09 кгс· см² -жесткость железобетонного элемента в предельной по прочности стадии
N_{cr}= 214,71 тс -условная критическая сила
η= 1,87 -коэффициент, учитывающий влияние продольного изгиба
e= 8,74 см -расстояние от точки приложения продольной силы N до центра тяжести сечения растянутой или наименее сжатой арматуры

$N \cdot e \le R_b \cdot b \cdot x(h_0 - 0,5x) + R_{sc} \cdot A'_s \cdot (h_0 - a')$ = 15,407 тс· м

1 условие прочности выполнено

$N \cdot e$ = 8,7436 тс· м

Проверка армирования стены -1 этажа толщиной 220 мм

Класс бетона: B30 | Класс арматуры: A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	132,6	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	9,0	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,77		γ_s	1,0	
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h=	220	мм	-высота сечения колонны
b=	1000	мм	-ширина сечения колонны
a=	50	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона
a'=	50	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона
L=	5880	мм	-высота колонны
μ=	0,8		-коэффициент расчетной длины
h_0=	170	мм	-рабочая высота сечения
L_0=	470	см	-расчетная высота колонны

Усилия:

N=	140	тс	-продольная сила
M=	2	тс· м	-момент от полной нагрузки
M_l=	1,6	тс· м	-момент от длительных нагрузок

Армирование:

Растянутая арматура

$d_{s,\phi}$=	16	мм	-диаметр основной арматуры
n_ϕ=	5	шт	-количество основной арматуры
$d_{s,д}$=	0	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$n_д$=	0	шт	-количество дополнительной арматуры
$A_{s,\phi}$=	10,1	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	10,1	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,\phi}$=	16	мм	-диаметр основной арматуры
s'_ϕ=	5	шт	-колчество основной арматуры
$d'_{s,д}$=	0	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=	0	шт	-количество дополнительной арматуры
$A'_{s,\phi}$=	10,1	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	10,1	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x=	0,27	см	-высота сжатой зоны бетона
ξ=	0,02		-относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}=	5,5	тс· м	-предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет:

e_0=	1,43	см	-эксцентриситет приложения продольной силы к сечению
x=	9,76	см	-высота сжатой зоны бетона
I=	88733,333	см⁴	-момент инерции площади бетона
I_s=	727,09975	см⁴	-момент инерции площади арматуры
δ_e=	0,15		-относительное значение эксцентриситета продольной силы
φ_l=	1,8		-коэффициент, учитывающий влияние длительности нагрузки
k_b=	0,19		
k_s=	0,7		
D=	6,484E+09	кгс· см²	-жесткость железобетонного элемента в предельной по прочности стадии
N_{cr}=	289,19	тс	-условная критическая сила
η=	1,94		-коэффициент, учитывающий влияние продольного изгиба
e=	8,77	см	-расстояние от точки приложения продольной силы N до центра тяжести сечения растянутой или наименее сжатой арматуры

$$N \cdot e \le R_b \cdot b \cdot x(h_0 - 0,5x) + R_{sc} \cdot A'_s \cdot (h_0 - a') = 20,605 \text{ тс· м}$$

1 условие прочности выполнено

$$N \cdot e = 12,277 \text{ тс· м}$$

Проверка армирования стены -1 этажа толщиной 250 мм

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	132,6	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	9,0	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,77		γ_s	1,0	
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h= 250 мм -высота сечения колонны
b= 1000 мм -ширина сечения колонны
a= 50 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона
a'= 50 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона
L= 5880 мм -высота колонны
μ= 0,8 -коэффициент расчетной длины
h_0= 200 мм -рабочая высота сечения
L_0= 470 см -расчетная высота колонны

Усилия:

N= 210 тс -продольная сила
M= 2 тс· м -момент от полной нагрузки
M_l= 1,6 тс· м -момент от длительных нагрузок

Армирование:

Растянутая арматура

$d_{s,ф}$= 16 мм -диаметр основной арматуры
$n_ф$= 5 шт -количество основной арматуры
$d_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$n_д$= 0 шт -количество дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 10,1 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 10,1 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,ф}$= 16 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 5 шт -колчество основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 0 шт -количество дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 10,1 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 10,1 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 0,27 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,01 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 6,9 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет:

e_0= 1 см -эксцентриситет приложения продольной силы к сечению
x= 13,6 см -высота сжатой зоны бетона
I= 130208,33 см⁴ -момент инерции площади бетона
I_s= 1134,2502 см⁴ -момент инерции площади арматуры
δ_e= 0,15 -относительное значение эксцентриситета продольной силы
φ_l= 1,8 -коэффициент, учитывающий влияние длительности нагрузки
k_b= 0,19
k_s= 0,7
D= 9,61E+09 кгс· см² -жесткость железобетонного элемента в предельной по прочности стадии
N_{cr}= 428,65 тс -условная критическая сила
η= 1,96 -коэффициент, учитывающий влияние продольного изгиба
e= 9,46 см -расстояние от точки приложения продольной силы N до центра тяжести сечения растянутой или наименее сжатой арматуры

$N \cdot e \le R_b \cdot b \cdot x(h_0 - 0{,}5x) + R_{sc} \cdot A'_s \cdot (h_0 - a')$ = 29,972 тс· м

1 условие прочности выполнено

$N \cdot e$ = 19,867 тс· м

Проверка армирования стены -1 этажа толщиной 300 мм

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	132,6	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	9,0	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,77		γ_s	1,0	
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h= 300 мм -высота сечения колонны
b= 1000 мм -ширина сечения колонны
a= 50 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона
a'= 50 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона
L= 5880 мм -высота колонны
μ= 0,8 -коэффициент расчетной длины
h_0= 250 мм -рабочая высота сечения
L_0= 470 см -расчетная высота колонны

Усилия:

N= 110 тс -продольная сила
M= 14 тс· м -момент от полной нагрузки
M_l= 11,2 тс· м -момент от длительных нагрузок

Армирование:

Растянутая арматура
$d_{s,\phi}$= 16 мм -диаметр основной арматуры
n_ϕ= 5 шт -количество основной арматуры
$d_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$n_д$= 0 шт -количество дополнительной арматуры
$A_{s,\phi}$= 10,1 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 10,1 см² -суммарная площадь растянутой арматуры
Сжатая арматура
$d'_{s,\phi}$= 16 мм -диаметр основной арматуры
s'_ϕ= 5 шт -колчество основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 0 шт -количество дополнительной арматуры
$A'_{s,\phi}$= 10,1 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 10,1 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 0,27 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,01 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 9,1 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет:

e_0= 12,7 см -эксцентриситет приложения продольной силы к сечению
x= 8,57 см -высота сжатой зоны бетона
I= 225000 см⁴ -момент инерции площади бетона
I_s= 2013,8961 см⁴ -момент инерции площади арматуры
δ_e= 0,42 -относительное значение эксцентриситета продольной силы
φ_l= 1,8 -коэффициент, учитывающий влияние длительности нагрузки
k_b= 0,12
k_s= 0,7
D= 1,145E+10 кгс· см² -жесткость железобетонного элемента в предельной по прочности стадии
N_{cr}= 510,92 тс -условная критическая сила
η= 1,27 -коэффициент, учитывающий влияние продольного изгиба
e= 26,2 см -расстояние от точки приложения продольной силы N до центра тяжести сечения растянутой или наименее сжатой арматуры

$N \cdot e \le R_b \cdot b \cdot x(h_0 - 0,5x) + R_{sc} \cdot A'_s \cdot (h_0 - a')$ = 31,733 тс· м

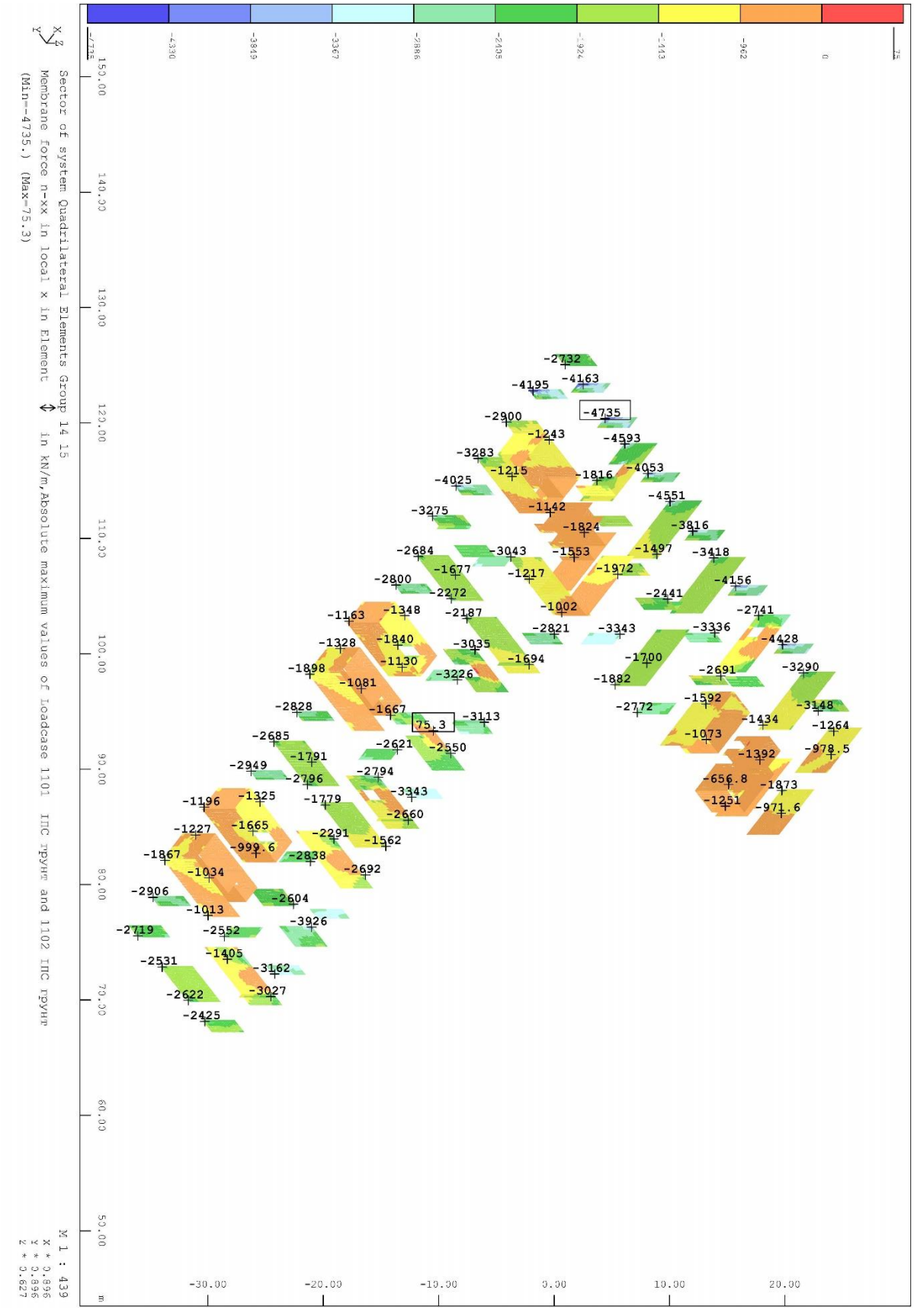
1 условие прочности выполнено

$N \cdot e$ = 28,841 тс· м

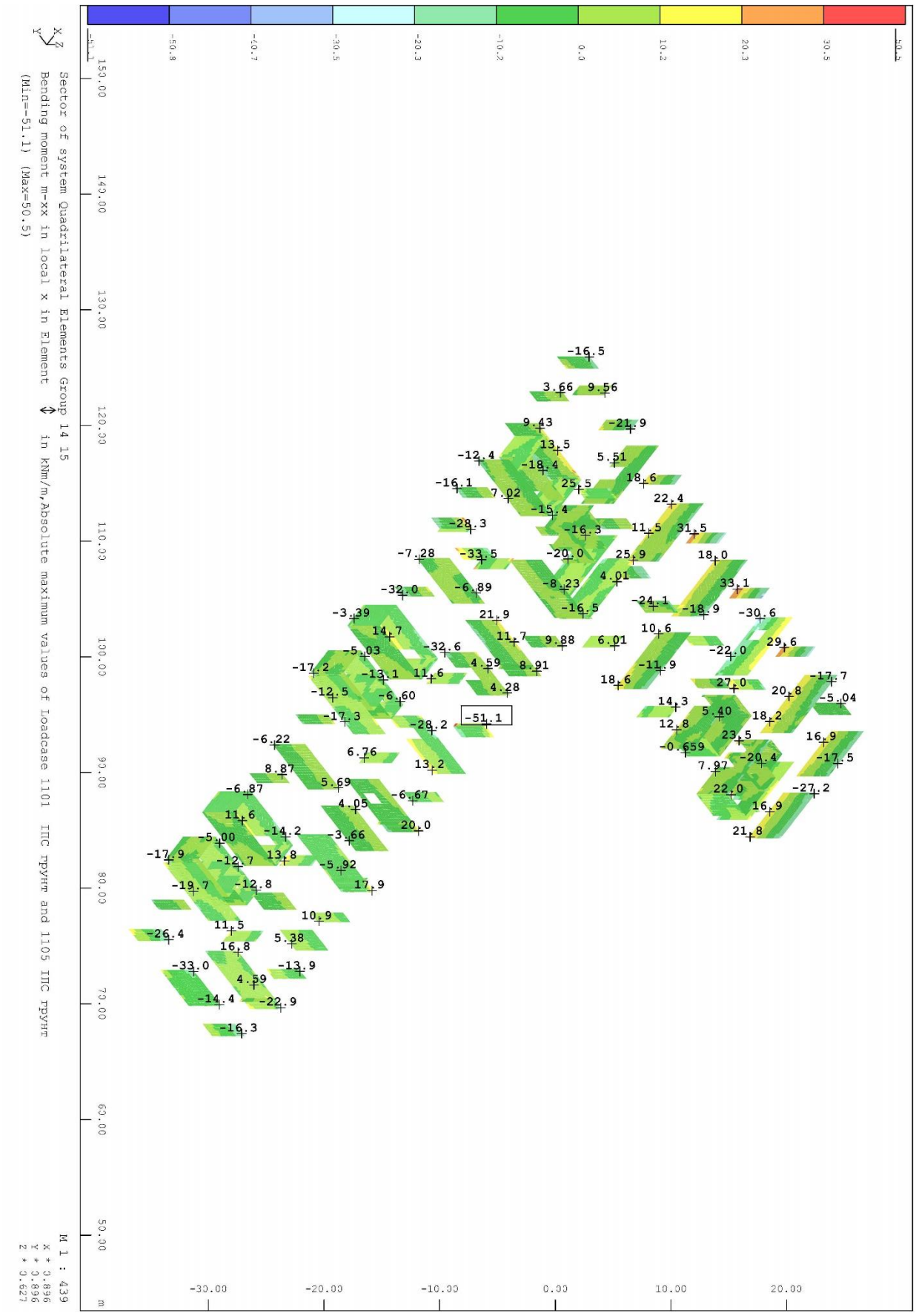
4.12. НЕСУЩИЕ СТЕНЫ И ПИЛОНЫ НАДЗЕМНОЙ ЧАСТИ

4.12.1 НЕСУЩИЕ СТЕНЫ И ПИЛОНЫ 1 ЭТАЖА

Вертикальные усилия (N) в стенах и пилонах 1 этажа, кН/м

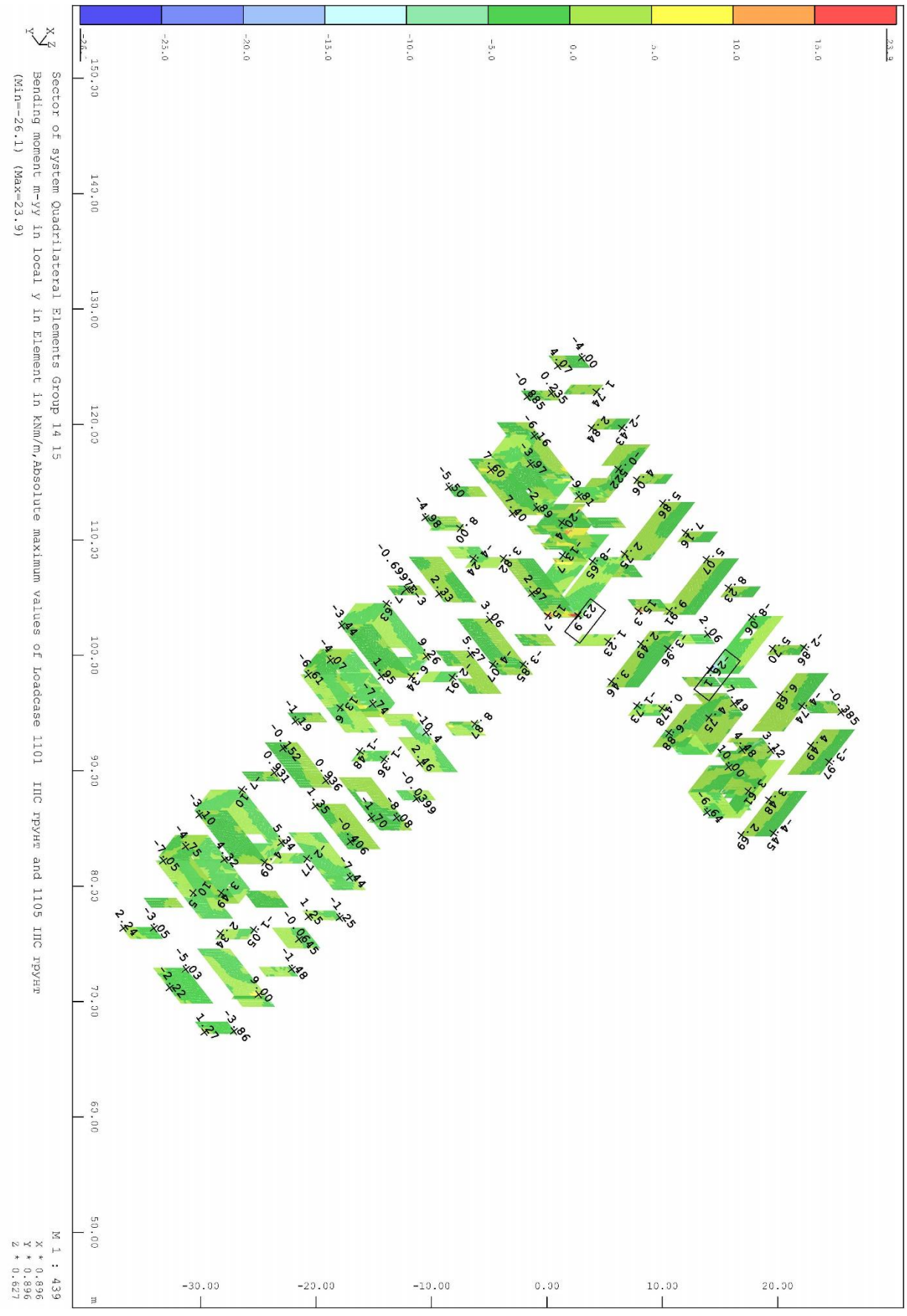


Изгибающие моменты (Mx) в стенах и пилонах 1 этажа, кН*м/м

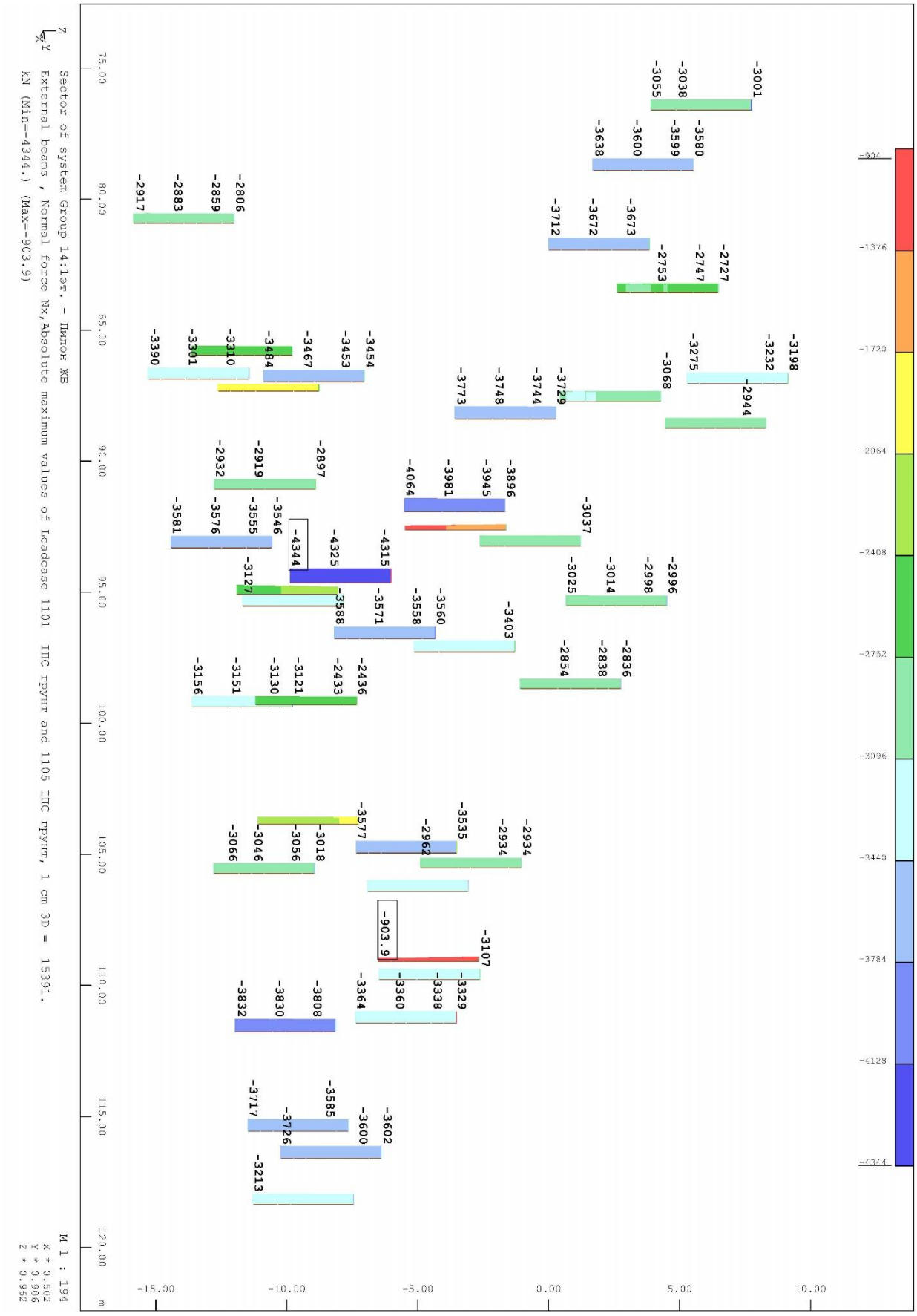


						1190-01-КР.Р4	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		121

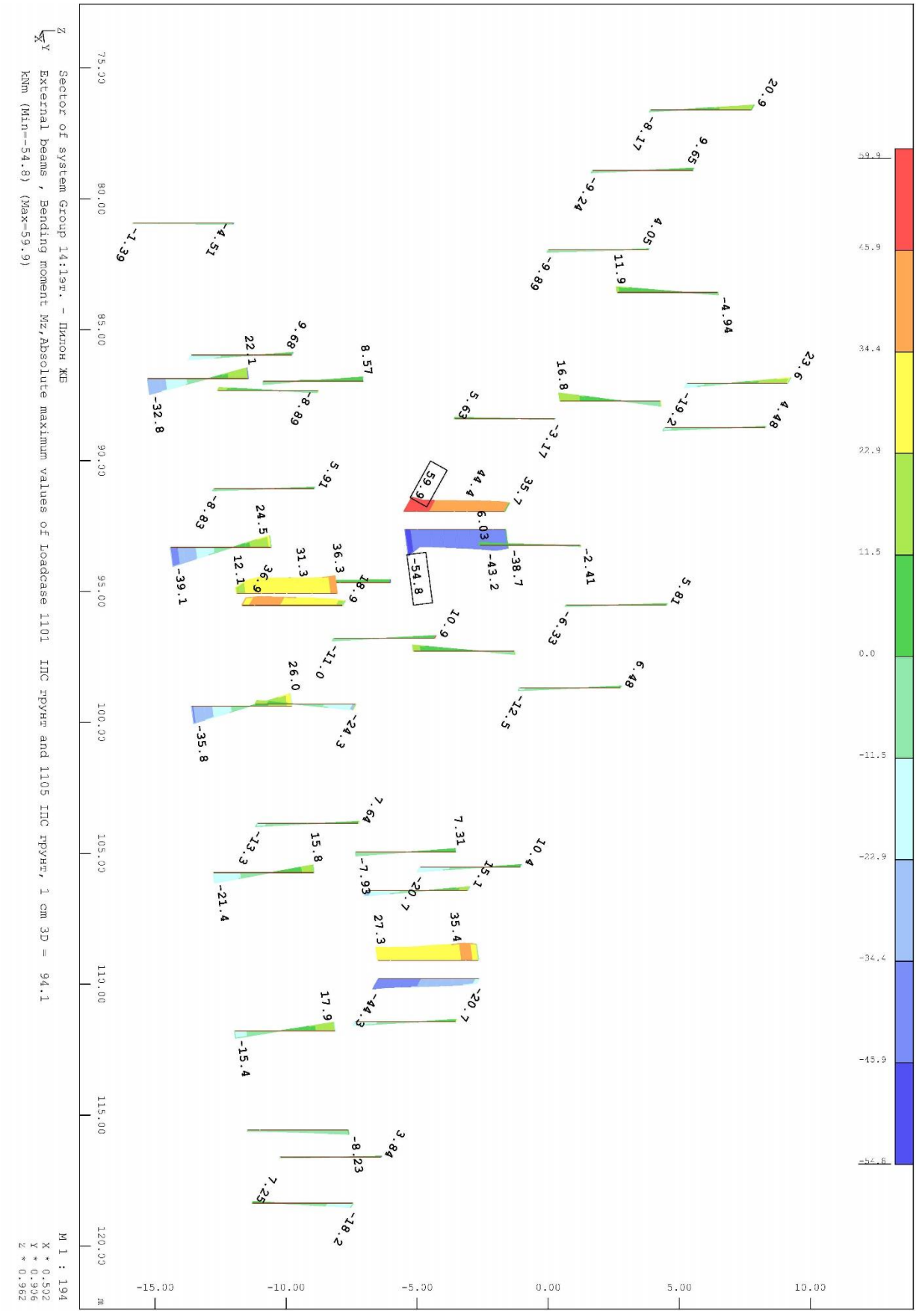
Изгибающие моменты (My) в стенах и пилонах 1 этажа, кН*м/м



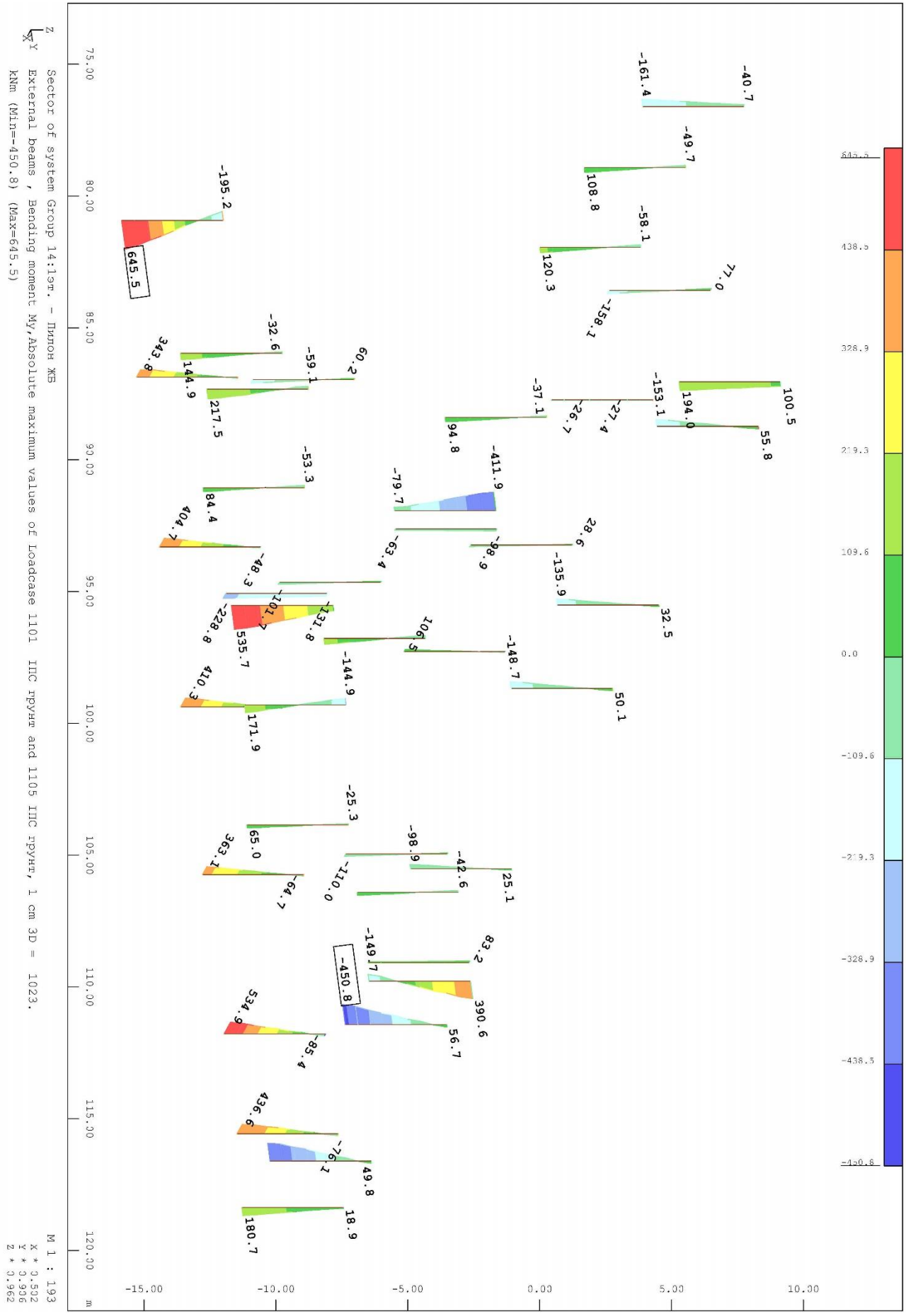
Вертикальные усилия (N) в пилонах 1 этажа, кН



Изгибающие моменты (Mz) из плоскости пилонов 1 этажа, кН*м



Изгибающие моменты (My) в плоскости пилонов 1 этажа, кН*м



ПИЛОН 250Х1200 В ОСЯХ 2.ТТ-2.УУ / 2.34-2.44 НА 1 ЭТАЖЕ

1.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 3800\text{кН}$
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 3610\text{кН}$
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 20\text{кНм}$
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 19\text{кНм}$
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 25\text{ см} = 0.25\text{м}$
- Ширина сечения $b = 120\text{ см} = 1.2\text{м}$
- Расстояние до центра арматуры $a = 5\text{ см} = 0.05\text{м}$
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5\text{ см} = 0.05\text{м}$
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.25 - 0.05 = 0.2\text{м}$
- Диаметр стержней $d_s = 20\text{мм} = 0.02\text{м}$
- Количество стержней в сечении $n_s = 14)\text{ шт}$
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 21.99\text{ см}^2 = 2.1991E-003\text{м}^2$
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 21.99\text{ см}^2 = 2.1991E-003\text{м}^2$
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%\frac{A_s+A'_s}{bh_0} = 100\%\frac{2.1991E-003 + 2.1991E-003}{1.2 \cdot 0.2} = 1.83\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона B30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.77$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.77 = 13.09\text{МПа} = 13090\text{кН/м}^2$
- Модуль упругости $E_b = 32500\text{МПа} = 32500000\text{ кН/м}^2$
- Относительные деформации $\varepsilon_{b2} = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры A500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435\text{МПа} = 435000\text{ кН/м}^2$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_{sc} = 400\text{МПа} = 400000\text{ кН/м}^2$
- Модуль упругости $E_s = 200000\text{МПа} = 200000000\text{ кН/м}^2$

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 430\text{ см} = 4.3\text{м}$
- Коэффициент приведения длины $\mu = 1$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 4.3 \cdot 1 = 4.3\text{м}$
- Конструкция статически неопределимая

1.2. РАСЧЕТ

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$\frac{L}{600} = \frac{4.3}{600} = 0.007\text{м}$$

$$\frac{h}{30} = \frac{0.25}{30} = 0.008\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01\text{м}$

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{20}{3800} = 0.005\text{м}$$

Так как $e_0 = 0.005\text{м} < e_a = 0.01\text{м}$, то расчетный эксцентриситет принимается равным случайному $e_0 = 0.01\text{м}$

$$\delta_e = \frac{e_0}{h} = \frac{0.01}{0.25} = 0.04$$

Так как $\delta_e = 0.04 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N\left(\frac{h}{2} - a\right) = 20 + 3800 \cdot \left(\frac{0.25}{2} - 0.05\right) = 305\text{кНм}$$

$$M_{l1} = M_l + N_l\left(\frac{h}{2} - a\right) = 19 + 3610 \cdot \left(\frac{0.25}{2} - 0.05\right) = 289.75\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + \frac{M_{l1}}{M_1} = \frac{289.75}{305} = 1.95$$

$$k_b = \frac{0.15}{\varphi_l(0.3 + \delta_e)} = \frac{0.15}{1.95(0.3 + 0.15)} = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{1.2 \cdot 0.25^3}{12} = 1.56250E - 003\text{м}^4$$

$$I_s = A_s\left(\frac{h}{2} - a\right)^2 + A'_s\left(\frac{h}{2} - a'\right)^2$$

$$= 2.1991E - 003\left(\frac{0.25}{2} - 0.05\right)^2 + 2.1991E - 003\left(\frac{0.25}{2} - 0.05\right)^2$$

$$= 2.4740E - 005\text{м}^4$$

$$D = k_b E_b I + k_s E_s I_s$$

$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 1.56250E - 003 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 2.47400E - 005$$

$$= 12144.16\text{кНм}^2$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 D}{l_0^2} = \frac{3.14^2 \cdot 12144.16}{4.3^2} = 6482.32\text{кН}$$

Условие $N = 3800\text{кН} \leq N_{cr} = 6482.32\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{3800}{6482.32}} = 2.417$$

$$e = e_0\eta + \frac{h_0 - a'}{2} = 0.01 \cdot 2.417 + \frac{0.2 - 0.05}{2} = 0.099\text{м}$$

$$\varepsilon_{sel} = \frac{R_s}{E_s} = \frac{435000}{200000000} = 0.002175$$

$$\xi_R = \frac{0.8}{1 + \frac{\varepsilon_{sel}}{\varepsilon_{bult}}} = \frac{0.8}{1 + \frac{0.002175}{0.0042}} = 0.527$$

$$x = \frac{N + R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_b b} = \frac{3800 + 435000 \cdot 2.1991E-003 - 400000 \cdot 2.1991E-003}{13090 \cdot 1.2} = 0.247\text{м}$$

$$\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{0.247}{0.2} = 1.234 > \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x = \frac{N + R_s A_s \frac{1+\xi_R}{1-\xi_R} - R_{sc} A'_s}{R_b b + \frac{2 R_s A_s}{h_0 (1-\xi_R)}}$$

$$= \frac{3800 + 435000 \cdot 2.1991E-003 \frac{1+0.527}{1-0.527} - 400000 \cdot 2.1991E-003}{13090 \cdot 1.2 + \frac{2 \cdot 435000 \cdot 2.1991E-003}{0.2(1-0.527)}}$$

$$= 0.167\text{м}$$

$$Ne \leq R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a')$$

$$Ne = 3800 \cdot 0.099 = 376.83\text{кНм}$$

$$R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') = 13090 \cdot 1.2 \cdot 0.167(0.2 - 0.5 \cdot 0.167) + 400000 \cdot 2.1991E - 003(0.2 - 0.05) = 437.67\text{кНм}$$

$$Ne = 376.83\text{кНм} \leq R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') = 437.67\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.861

ПИЛОН 250Х1300 В ОСЯХ 2.СС-2.РР / 2.43-2.44 НА 1 ЭТАЖЕ

1.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 4000$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 3800$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 40$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 38$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 25$ см $= 0.25$м
- Ширина сечения $b = 130$ см $= 1.3$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.25 - 0.05 = 0.2$м
- Диаметр стержней $d_s = 20$мм $= 0.02$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 14)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 21.99$ см^2 $= 2.1991E - 003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 21.99$ см^2 $= 2.1991E - 003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\% \frac{A_s + A'_s}{bh_0} = 100\% \frac{2.1991E-003 + 2.1991E-003}{1.3 \cdot 0.2} = 1.69\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.77$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.77 = 13.09$МПа $= 13090$кН/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_{b2} = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_{sc} = 400$МПа $= 400000$ кН/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 430$ см $= 4.3$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 1$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 4.3 \cdot 1 = 4.3$м
- Конструкция статически неопределимая

1.2. РАСЧЕТ

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$\frac{L}{600} = \frac{4.3}{600} = 0.007\text{м}$$

$$\frac{h}{30} = \frac{0.25}{30} = 0.008\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01\text{м}$

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{40}{4000} = 0.01\text{м}$$

$$\delta_e = \frac{e_0}{h} = \frac{0.01}{0.25} = 0.04$$

Так как $\delta_e = 0.04 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N\left(\frac{h}{2} - a\right) = 40 + 4000 \cdot \left(\frac{0.25}{2} - 0.05\right) = 340\text{кНм}$$

$$M_{l1} = M_l + N_l\left(\frac{h}{2} - a\right) = 38 + 3800 \cdot \left(\frac{0.25}{2} - 0.05\right) = 323\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + \frac{M_{l1}}{M_1} = \frac{323}{340} = 1.95$$

$$k_b = \frac{0.15}{\varphi_l(0.3 + \delta_e)} = \frac{0.15}{1.95(0.3 + 0.15)} = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{1.3 \cdot 0.25^3}{12} = 1.69271E - 003\text{м}^4$$

$$I_s = A_s\left(\frac{h}{2} - a\right)^2 + A'_s\left(\frac{h}{2} - a'\right)^2$$

$$= 2.1991E - 003\left(\frac{0.25}{2} - 0.05\right)^2 + 2.1991E - 003\left(\frac{0.25}{2} - 0.05\right)^2$$
$$= 2.4740E - 005\text{м}^4$$

$$D = k_b E_b I + k_s E_s I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 1.69271E - 003 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 2.47400E - 005$$
$$= 12867.54\text{кНм}^2$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 D}{l_0^2} = \frac{3.14^2 \cdot 12867.54}{4.3^2} = 6868.44\text{кН}$$

Условие $N = 4000\text{кН} \leq N_{cr} = 6868.44\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{4000}{6868.44}} = 2.394$$

$$e = e_0\eta + \frac{h_0 - a'}{2} = 0.01 \cdot 2.394 + \frac{0.2 - 0.05}{2} = 0.099\text{м}$$

$$\varepsilon_{sel} = \frac{R_s}{E_s} = \frac{435000}{200000000} = 0.002175$$

$$\xi_R = \frac{0.8}{1 + \frac{\varepsilon_{sel}}{\varepsilon_{bult}}} = \frac{0.8}{1 + \frac{0.002175}{0.0042}} = 0.527$$

$$x = \frac{N + R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_b b} = \frac{4000 + 435000 \cdot 2.1991E-003 - 400000 \cdot 2.1991E-003}{13090 \cdot 1.3} = 0.24\text{м}$$

$$\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{0.24}{0.2} = 1.198 > \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x = \frac{N + R_s A_s \frac{1 + \xi_R}{1 - \xi_R} - R_{sc} A'_s}{R_b b + \frac{2 R_s A_s}{h_0 (1 - \xi_R)}}$$

$$= \frac{4000 + 435000 \cdot 2.1991E-003 \frac{1 + 0.527}{1 - 0.527} - 400000 \cdot 2.1991E-003}{13090 \cdot 1.3 + \frac{2 \cdot 435000 \cdot 2.1991E-003}{0.2(1 - 0.527)}}$$

$$= 0.167\text{м}$$

$$Ne \leq R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a')$$

$$Ne = 4000 \cdot 0.099 = 395.78\text{кНм}$$

$$R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a')$$
$$= 13090 \cdot 1.3 \cdot 0.167(0.2 - 0.5 \cdot 0.167) + 400000 \cdot 2.1991E-003(0.2 - 0.05) = 462.86\text{кНм}$$

$$Ne = 395.78\text{кНм} \leq R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') = 462.86\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.8551

ПИЛОН 250Х1400 В ОСЯХ 2.ИИ-2.ЕЕ / 2.37-2.38 НА 1 ЭТАЖЕ

1.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 4400$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 4180$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 20$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 19$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 25$ см $= 0.25$м
- Ширина сечения $b = 140$ см $= 1.4$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.25 - 0.05 = 0.2$м
- Диаметр стержней $d_s = 20$мм $= 0.02$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 16)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 25.13$ см$^2 = 2.5133E - 003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 25.13$ см$^2 = 2.5133E - 003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\% \frac{A_s + A'_s}{bh_0} = 100\% \frac{2.5133E-003 + 2.5133E-003}{1.4 \cdot 0.2} = 1.8\,\%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.77$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.77 = 13.09$МПа $= 13090$кН/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_{b2} = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_{sc} = 400$МПа $= 400000$ кН/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 430$ см $= 4.3$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 1$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 4.3 \cdot 1 = 4.3$м
- Конструкция статически неопределимая

1.2. РАСЧЕТ

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$\frac{L}{600} = \frac{4.3}{600} = 0.007\text{м}$$

$$\frac{h}{30} = \frac{0.25}{30} = 0.008\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01\text{м}$

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{20}{4400} = 0.005\text{м}$$

Так как $e_0 = 0.005\text{м} < e_a = 0.01\text{м}$, то расчетный эксцентриситет принимается равным случайному $e_0 = 0.01\text{м}$

$$\delta_e = \frac{e_0}{h} = \frac{0.01}{0.25} = 0.04$$

Так как $\delta_e = 0.04 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N\left(\frac{h}{2} - a\right) = 20 + 4400 \cdot \left(\frac{0.25}{2} - 0.05\right) = 350\text{кНм}$$

$$M_{l1} = M_l + N_l\left(\frac{h}{2} - a\right) = 19 + 4180 \cdot \left(\frac{0.25}{2} - 0.05\right) = 332.5\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + \frac{M_{l1}}{M_1} = \frac{332.5}{350} = 1.95$$

$$k_b = \frac{0.15}{\varphi_l(0.3 + \delta_e)} = \frac{0.15}{1.95(0.3 + 0.15)} = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{1.4 \cdot 0.25^3}{12} = 1.82292E - 003\text{м}^4$$

$$I_s = A_s\left(\frac{h}{2} - a\right)^2 + A'_s\left(\frac{h}{2} - a'\right)^2$$

$$= 2.5133E - 003\left(\frac{0.25}{2} - 0.05\right)^2 + 2.5133E - 003\left(\frac{0.25}{2} - 0.05\right)^2$$

$$= 2.8274E - 005\text{м}^4$$

$$D = k_b E_b I + k_s E_s I_s$$

$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 1.82292E - 003 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 2.82743E - 005$$

$$= 14085.72\text{кНм}^2$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 D}{l_0^2} = \frac{3.14^2 \cdot 14085.72}{4.3^2} = 7518.69\text{кН}$$

Условие $N = 4400\text{кН} \leq N_{cr} = 7518.69\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{4400}{7518.69}} = 2.411$$

$$e = e_0\eta + \frac{h_0 - a'}{2} = 0.01 \cdot 2.411 + \frac{0.2 - 0.05}{2} = 0.099\text{м}$$

$$\varepsilon_{sel} = \frac{R_s}{E_s} = \frac{435000}{200000000} = 0.002175$$

$$\xi_R = \frac{0.8}{1 + \frac{\varepsilon_{sel}}{\varepsilon_{bult}}} = \frac{0.8}{1 + \frac{0.002175}{0.0042}} = 0.527$$

$$x = \frac{N + R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_b b} = \frac{4400 + 435000 \cdot 2.5133E-003 - 400000 \cdot 2.5133E-003}{13090 \cdot 1.4} = 0.245\text{м}$$

$$\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{0.245}{0.2} = 1.224 > \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x = \frac{N + R_s A_s \frac{1 + \xi_R}{1 - \xi_R} - R_{sc} A'_s}{R_b b + \frac{2 R_s A_s}{h_0 (1 - \xi_R)}}$$

$$= \frac{4400 + 435000 \cdot 2.5133E-003 \frac{1 + 0.527}{1 - 0.527} - 400000 \cdot 2.5133E-003}{13090 \cdot 1.4 + \frac{2 \cdot 435000 \cdot 2.5133E-003}{0.2(1 - 0.527)}}$$

$$= 0.167\text{м}$$

$$Ne \leq R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a')$$

$$Ne = 4400 \cdot 0.099 = 436.08\text{кНм}$$

$$R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') = 13090 \cdot 1.4 \cdot 0.167(0.2 - 0.5 \cdot 0.167) + 400000 \cdot 2.5133E - 003(0.2 - 0.05) = 507.39\text{кНм}$$

$$Ne = 436.08\text{кНм} \leq R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') = 507.39\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.8594

ПИЛОН 250Х1500 В ОСЯХ 2.ТТ-2.УУ / 2.10-2.12 НА 1 ЭТАЖЕ

1.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 3400\text{кН}$
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 3230\text{кН}$
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 30\text{кНм}$
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 28.5\text{кНм}$
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 25\text{ см} = 0.25\text{м}$
- Ширина сечения $b = 150\text{ см} = 1.5\text{м}$
- Расстояние до центра арматуры $a = 5\text{ см} = 0.05\text{м}$
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5\text{ см} = 0.05\text{м}$
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.25 - 0.05 = 0.2\text{м}$
- Диаметр стержней $d_s = 20\text{мм} = 0.02\text{м}$
- Количество стержней в сечении $n_s = 16)\text{ шт}$
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 25.13\text{ см}^2 = 2.5133E-003\text{м}^2$
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 25.13\text{ см}^2 = 2.5133E-003\text{м}^2$
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%\frac{A_s+A'_s}{bh_0} = 100\%\frac{2.5133E-003 + 2.5133E-003}{1.5\cdot 0.2} = 1.68\,\%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона B30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.77$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.77 = 13.09\text{МПа} = 13090\text{кН/м}^2$
- Модуль упругости $E_b = 32500\text{МПа} = 32500000\text{ кН/м}^2$
- Относительные деформации $\varepsilon_{b2} = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры A500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435\text{МПа} = 435000\text{ кН/м}^2$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_{sc} = 400\text{МПа} = 400000\text{ кН/м}^2$
- Модуль упругости $E_s = 200000\text{МПа} = 200000000\text{ кН/м}^2$

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 430\text{ см} = 4.3\text{м}$
- Коэффициент приведения длины $\mu = 1$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 4.3 \cdot 1 = 4.3\text{м}$
- Конструкция статически неопределимая

1.2. РАСЧЕТ

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$\frac{L}{600} = \frac{4.3}{600} = 0.007\text{м}$$

$$\frac{h}{30} = \frac{0.25}{30} = 0.008\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01\text{м}$

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{30}{3400} = 0.009\text{м}$$

Так как $e_0 = 0.009\text{м} < e_a = 0.01\text{м}$, то расчетный эксцентриситет принимается равным случайному $e_0 = 0.01\text{м}$

$$\delta_e = \frac{e_0}{h} = \frac{0.01}{0.25} = 0.04$$

Так как $\delta_e = 0.04 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N\left(\frac{h}{2} - a\right) = 30 + 3400 \cdot \left(\frac{0.25}{2} - 0.05\right) = 285\text{кНм}$$

$$M_{l1} = M_l + N_l\left(\frac{h}{2} - a\right) = 28.5 + 3230 \cdot \left(\frac{0.25}{2} - 0.05\right) = 270.75\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + \frac{M_{l1}}{M_1} = \frac{270.75}{285} = 1.95$$

$$k_b = \frac{0.15}{\varphi_l(0.3 + \delta_e)} = \frac{0.15}{1.95(0.3 + 0.15)} = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{1.5 \cdot 0.25^3}{12} = 1.95313E - 003\text{м}^4$$

$$I_s = A_s\left(\frac{h}{2} - a\right)^2 + A_s'\left(\frac{h}{2} - a'\right)^2$$

$$= 2.5133E - 003\left(\frac{0.25}{2} - 0.05\right)^2 + 2.5133E - 003\left(\frac{0.25}{2} - 0.05\right)^2$$

$$= 2.8274E - 005\text{м}^4$$

$$D = k_b E_b I + k_s E_s I_s$$

$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 1.95313E - 003 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 2.82743E - 005$$

$$= 14809.1\text{кНм}^2$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 D}{l_0^2} = \frac{3.14^2 \cdot 14809.1}{4.3^2} = 7904.81\text{кН}$$

Условие $N = 3400\text{кН} \leq N_{cr} = 7904.81\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{3400}{7904.81}} = 1.755$$

$$e = e_0\eta + \frac{h_0 - a'}{2} = 0.01 \cdot 1.755 + \frac{0.2 - 0.05}{2} = 0.093\text{м}$$

$$\varepsilon_{sel} = \frac{R_s}{E_s} = \frac{435000}{200000000} = 0.002175$$

$$\xi_R = \frac{0.8}{1 + \frac{\varepsilon_{sel}}{\varepsilon_{bult}}} = \frac{0.8}{1 + \frac{0.002175}{0.0042}} = 0.527$$

$$x = \frac{N + R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_b b} = \frac{3400 + 435000 \cdot 2.5133E-003 - 400000 \cdot 2.5133E-003}{13090 \cdot 1.5} = 0.178\text{м}$$

$$\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{0.178}{0.2} = 0.888 > \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x = \frac{N + R_s A_s \frac{1 + \xi_R}{1 - \xi_R} - R_{sc} A'_s}{R_b b + \frac{2 R_s A_s}{h_0 (1 - \xi_R)}}$$

$$= \frac{3400 + 435000 \cdot 2.5133E-003 \frac{1 + 0.527}{1 - 0.527} - 400000 \cdot 2.5133E-003}{13090 \cdot 1.5 + \frac{2 \cdot 435000 \cdot 2.5133E-003}{0.2(1 - 0.527)}}$$

$$= 0.139\text{м}$$

$$Ne \leq R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a')$$

$$Ne = 3400 \cdot 0.093 = 314.66\text{кНм}$$

$$R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') = 13090 \cdot 1.5 \cdot 0.139(0.2 - 0.5 \cdot 0.139) + 400000 \cdot 2.5133E-003(0.2 - 0.05) = 506.47\text{кНм}$$

$$Ne = 314.66\text{кНм} \leq R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') = 506.47\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.6213

Проверка армирования стены 1 этажа толщиной 200 мм

Класс бетона: B30 | Класс арматуры: A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	132,6	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	9,0	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,77		γ_s	1,0	
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h=	200	мм	-высота сечения колонны
b=	1000	мм	-ширина сечения колонны
a=	50	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона
a'=	50	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона
L=	4300	мм	-высота колонны
μ=	1		-коэффициент расчетной длины
h_0=	150	мм	-рабочая высота сечения
L_0=	430	см	-расчетная высота колонны

Усилия:

N=	170	тс	-продольная сила
M=	2	тс· м	-момент от полной нагрузки
M_l=	1,6	тс· м	-момент от длительных нагрузок

Армирование:

Растянутая арматура

$d_{s,ф}$=	16	мм	-диаметр основной арматуры
$n_ф$=	5	шт	-количество основной арматуры
$d_{s,д}$=	0	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$n_д$=	0	шт	-количество дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$=	10,1	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	10,1	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,ф}$=	16	мм	-диаметр основной арматуры
$s'_ф$=	5	шт	-колчество основной арматуры
$d'_{s,д}$=	0	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=	0	шт	-количество дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$=	10,1	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	10,1	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x=	0,27	см	-высота сжатой зоны бетона
ξ=	0,02		-относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}=	4,6	тс· м	-предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет:

e_0=	1,18	см	-эксцентриситет приложения продольной силы к сечению
x=	10,4	см	-высота сжатой зоны бетона
I=	66666,667	см⁴	-момент инерции площади бетона
I_s=	505,93162	см⁴	-момент инерции площади арматуры
δ_e=	0,15		-относительное значение эксцентриситета продольной силы
φ_l=	1,8		-коэффициент, учитывающий влияние длительности нагрузки
k_b=	0,19		
k_s=	0,7		
D=	4,814E+09	кгс· см²	-жесткость железобетонного элемента в предельной по прочности стадии
N_{cr}=	256,95	тс	-условная критическая сила
η=	2,96		-коэффициент, учитывающий влияние продольного изгиба
e=	8,48	см	-расстояние от точки приложения продольной силы N до центра тяжести сечения растянутой или наименее сжатой арматуры

$$N \cdot e \le R_b \cdot b \cdot x(h_0 - 0{,}5x) + R_{sc} \cdot A'_s \cdot (h_0 - a') = 17{,}628 \text{ тс· м}$$

1 условие прочности выполнено

$$N \cdot e = 14{,}41 \text{ тс· м}$$

Проверка армирования стены 1 этажа толщиной 250 мм

Класс бетона: B30 | Класс арматуры: A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	132,6	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	9,0	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,77		γ_s	1,0	
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h=	250	мм	-высота сечения колонны
b=	1000	мм	-ширина сечения колонны
a=	50	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона
a'=	50	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона
L=	4300	мм	-высота колонны
μ=	1		-коэффициент расчетной длины
h_0=	200	мм	-рабочая высота сечения
L_0=	430	см	-расчетная высота колонны

Усилия:

N=	270	тс	-продольная сила
M=	2	тс· м	-момент от полной нагрузки
M_l=	1,6	тс· м	-момент от длительных нагрузок

Армирование:

Растянутая арматура

$d_{s,ф}$=	16	мм	-диаметр основной арматуры
$n_ф$=	5	шт	-количество основной арматуры
$d_{s,д}$=	0	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$n_д$=	0	шт	-количество дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$=	10,1	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	10,1	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,ф}$=	16	мм	-диаметр основной арматуры
$s'_ф$=	5	шт	-колчество основной арматуры
$d'_{s,д}$=	0	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=	0	шт	-количество дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$=	10,1	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	10,1	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x=	0,27	см	-высота сжатой зоны бетона
ξ=	0,01		-относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}=	6,9	тс· м	-предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет:

e_0=	1	см	-эксцентриситет приложения продольной силы к сечению
x=	16,3	см	-высота сжатой зоны бетона
I=	130208,33	см⁴	-момент инерции площади бетона
I_s=	1134,2502	см⁴	-момент инерции площади арматуры
δ_e=	0,15		-относительное значение эксцентриситета продольной силы
φ_l=	1,8		-коэффициент, учитывающий влияние длительности нагрузки
k_b=	0,19		
k_s=	0,7		
D=	9,61E+09	кгс· см²	-жесткость железобетонного элемента в предельной по прочности стадии
N_{cr}=	512,98	тс	✓ -условная критическая сила
η=	2,11		-коэффициент, учитывающий влияние продольного изгиба
e=	9,61	см	-расстояние от точки приложения продольной силы N до центра тяжести сечения растянутой или наименее сжатой арматуры

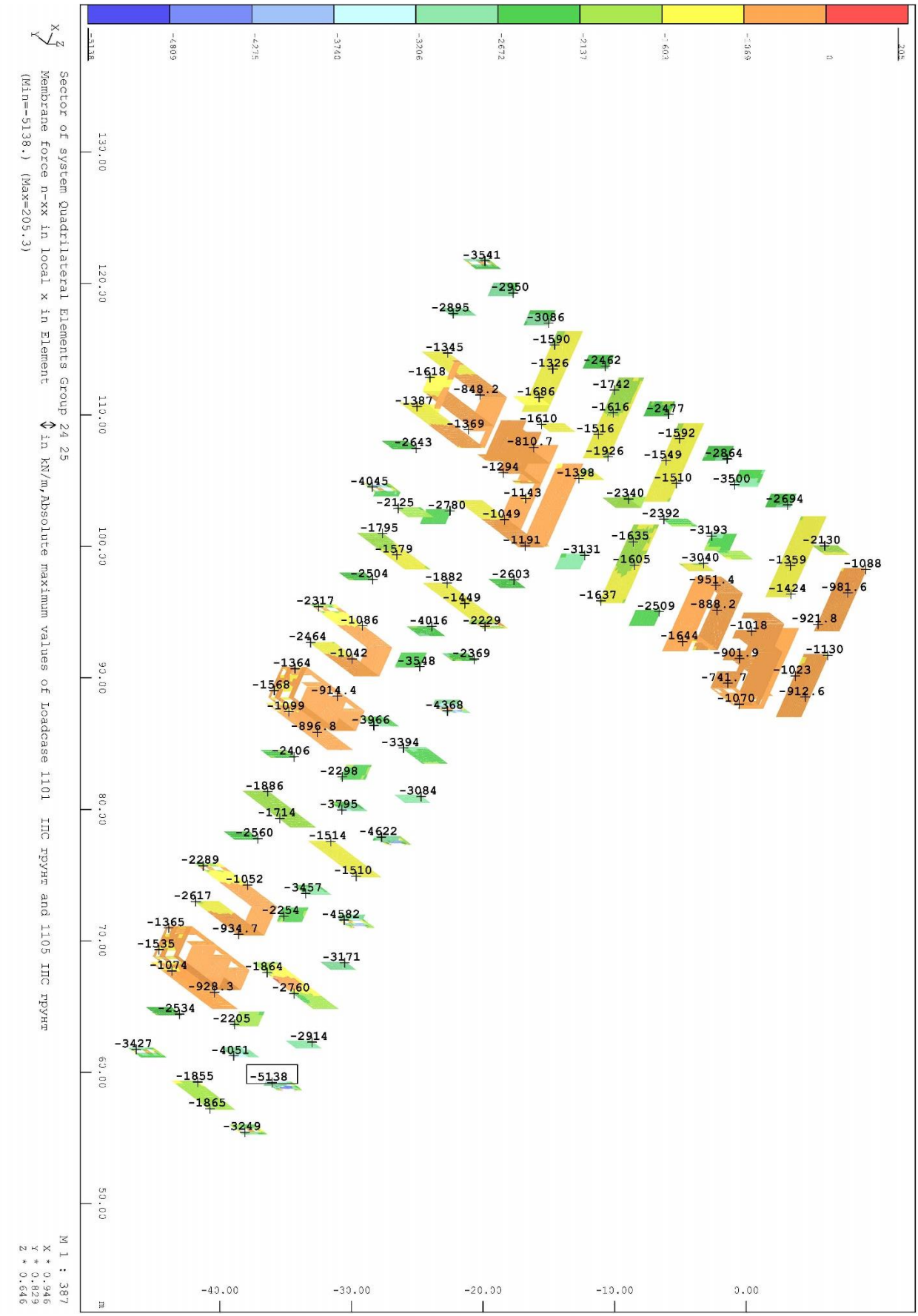
$$N \cdot e \le R_b \cdot b \cdot x(h_0 - 0{,}5x) + R_{sc} \cdot A'_s \cdot (h_0 - a') = 31{,}784 \text{ тс· м}$$

✓ 1 условие прочности выполнено

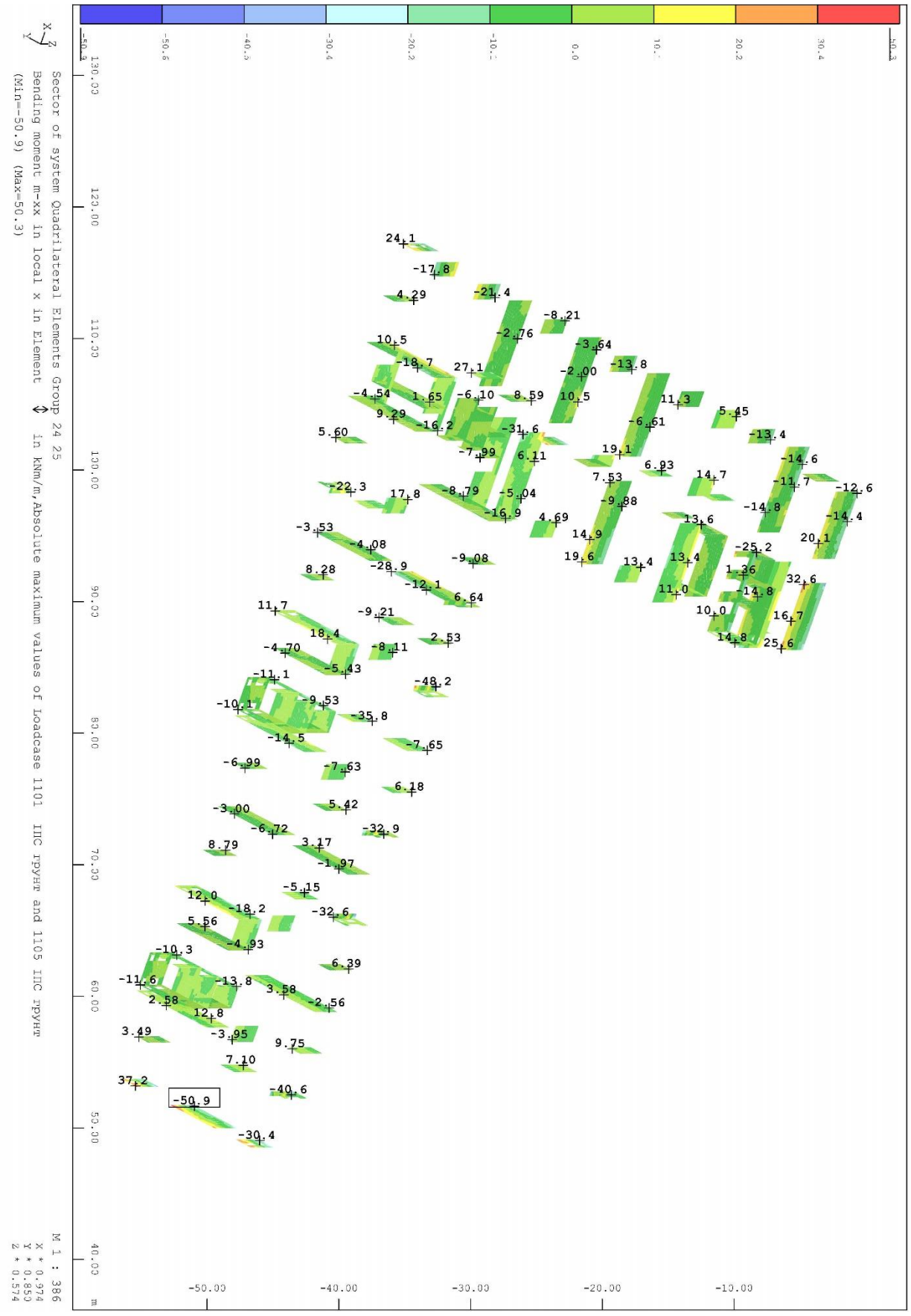
$$N \cdot e = 25{,}95 \text{ тс· м}$$

4.12.2. НЕСУЩИЕ СТЕНЫ И ПИЛОНЫ 2 ЭТАЖА

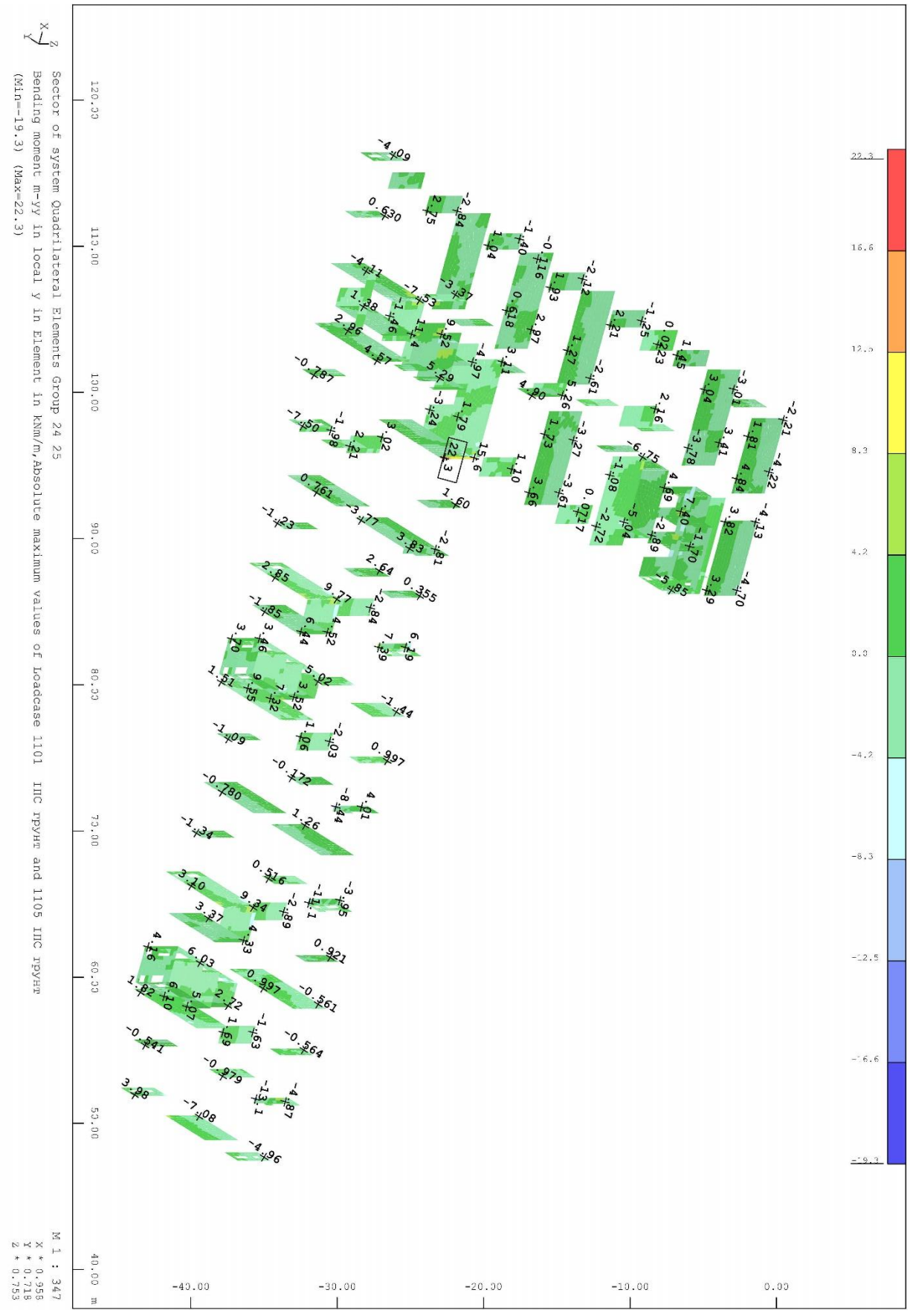
Вертикальные усилия (N) в стенах и пилонах 2 этажа, кН/м



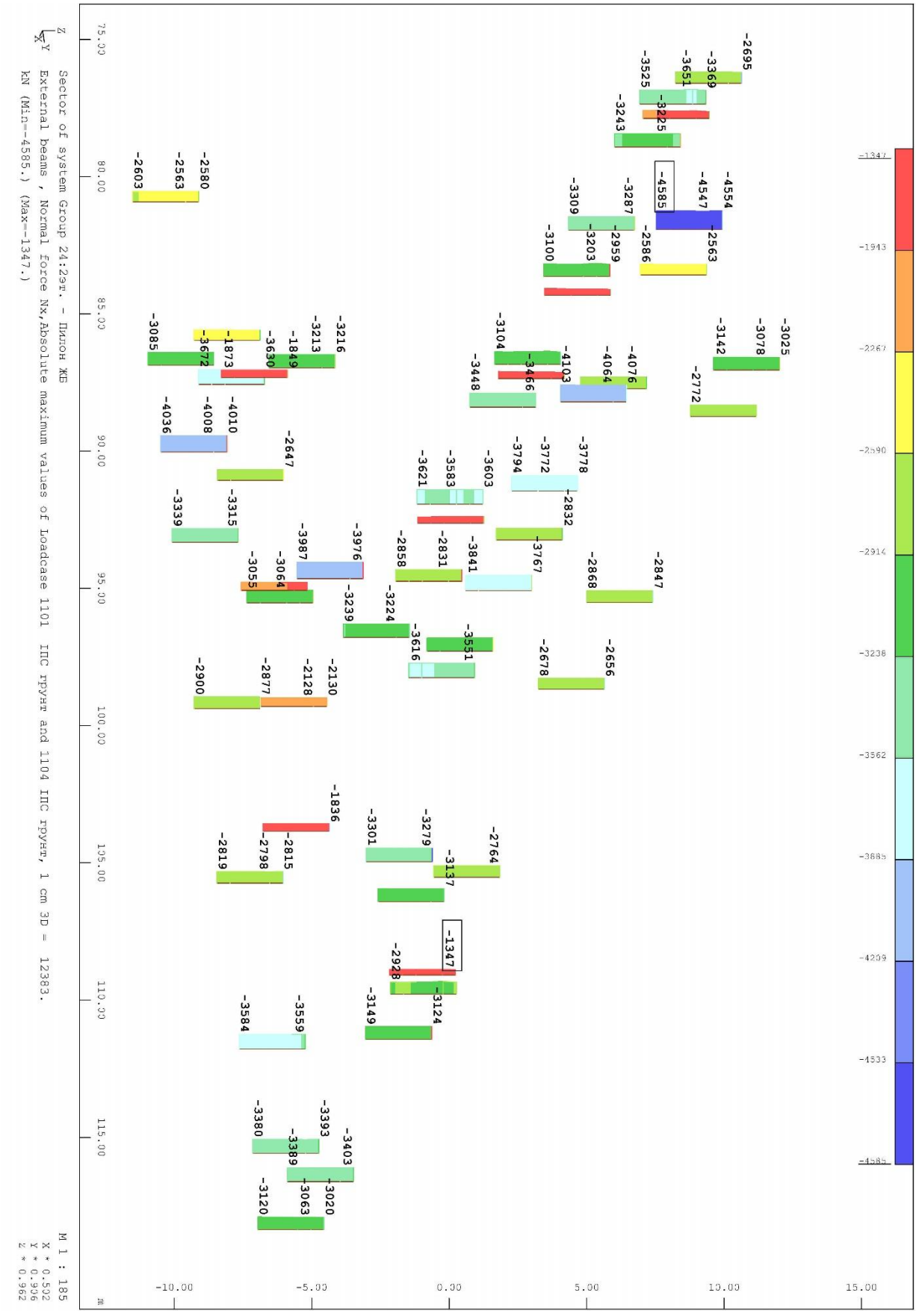
Изгибающие моменты (Mx) в стенах и пилонах 2 этажа, кН*м/м



Изгибающие моменты (My) в стенах и пилонах 2 этажа, кН*м/м

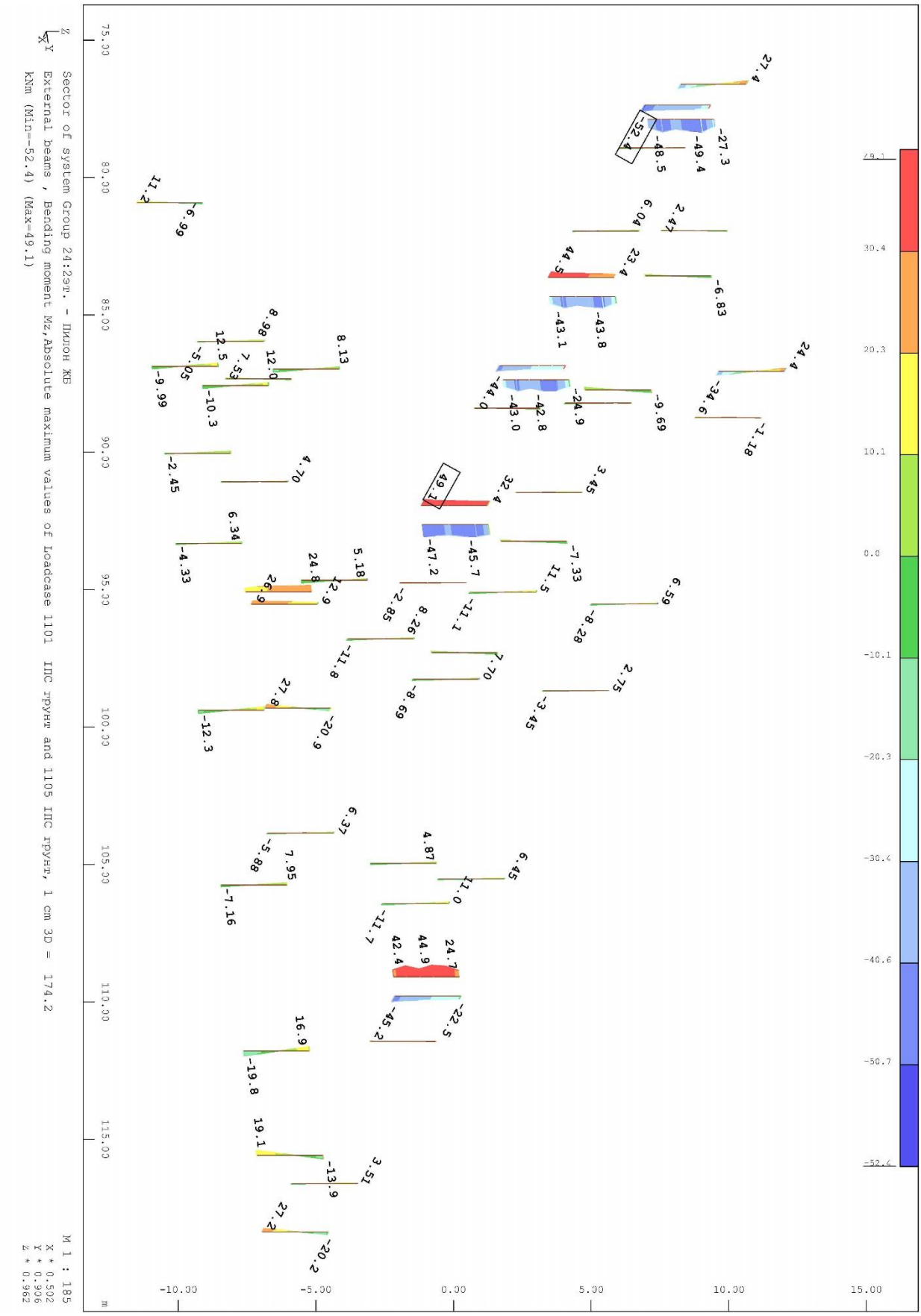


Вертикальные усилия (N) в пилонах 2 этажа, кН

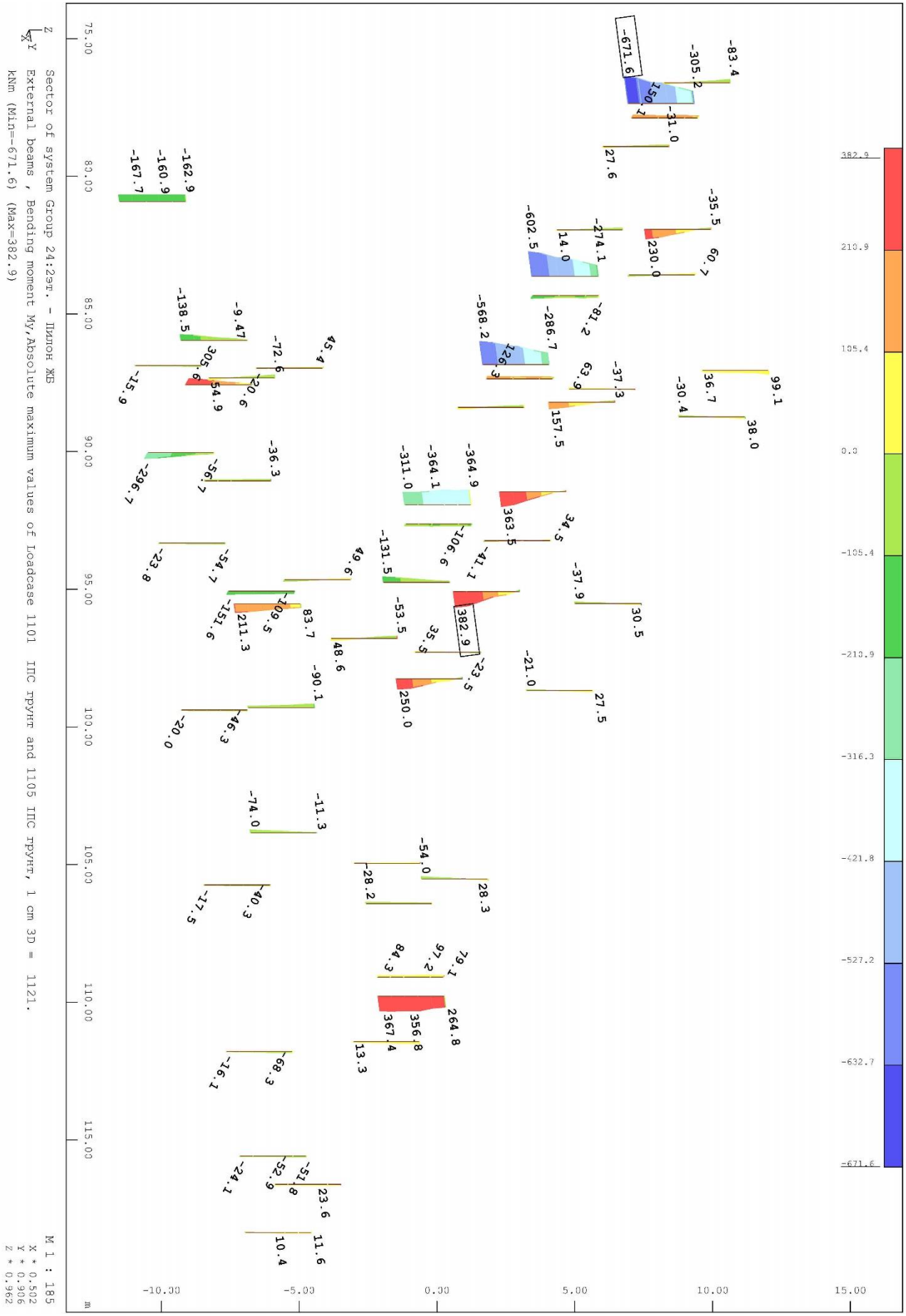


						1190-01-КР.Р4	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		143

Изгибающие моменты (Mz) из плоскости пилонов 2 этажа, кН*м



Изгибающие моменты (My) в плоскости пилонов 2 этажа, кН*м



						1190-01-КР.Р4	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		145

ПИЛОН 200X1200 В ОСЯХ 2.НН-2.ММ / 2.30-2.34 НА 2 ЭТАЖЕ

1.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 3600$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 3420$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 26$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 24.7$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 20$ см $= 0.2$м
- Ширина сечения $b = 120$ см $= 1.2$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.2 - 0.05 = 0.15$м
- Диаметр стержней $d_s = 20$мм $= 0.02$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 14)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 21.99$ см^2 $= 2.1991E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 21.99$ см^2 $= 2.1991E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\% \frac{A_s + A'_s}{bh_0} = 100\% \frac{2.1991E-003 + 2.1991E-003}{1.2 \cdot 0.15} = 2.44\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона B30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.77$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.77 = 13.09$МПа $= 13090$кН/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_{b2} = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры A500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_{sc} = 400$МПа $= 400000$ кН/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 280$ см $= 2.8$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 1$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 2.8 \cdot 1 = 2.8$м
- Конструкция статически неопределимая

1.2. РАСЧЕТ

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$\frac{L}{600} = \frac{2.8}{600} = 0.005\text{м}$$

$$\frac{h}{30} = \frac{0.2}{30} = 0.007\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01\text{м}$

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{26}{3600} = 0.007\text{м}$$

Так как $e_0 = 0.007\text{м} < e_a = 0.01\text{м}$, то расчетный эксцентриситет принимается равным случайному $e_0 = 0.01\text{м}$

$$\delta_e = \frac{e_0}{h} = \frac{0.01}{0.2} = 0.05$$

Так как $\delta_e = 0.05 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N\left(\frac{h}{2} - a\right) = 26 + 3600 \cdot \left(\frac{0.2}{2} - 0.05\right) = 206\text{кНм}$$

$$M_{l1} = M_l + N_l\left(\frac{h}{2} - a\right) = 24.7 + 3420 \cdot \left(\frac{0.2}{2} - 0.05\right) = 195.7\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + \frac{M_{l1}}{M_1} = \frac{195.7}{206} = 1.95$$

$$k_b = \frac{0.15}{\varphi_l(0.3 + \delta_e)} = \frac{0.15}{1.95(0.3 + 0.15)} = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{1.2 \cdot 0.2^3}{12} = 8.00000E - 004\text{м}^4$$

$$I_s = A_s\left(\frac{h}{2} - a\right)^2 + A'_s\left(\frac{h}{2} - a'\right)^2$$

$$= 2.1991E - 003\left(\frac{0.2}{2} - 0.05\right)^2 + 2.1991E - 003\left(\frac{0.2}{2} - 0.05\right)^2$$
$$= 1.0996E - 005\text{м}^4$$

$$D = k_b E_b I + k_s E_s I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 8.00000E - 004 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 1.09956E - 005$$
$$= 5983.82\text{кНм}^2$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 D}{l_0^2} = \frac{3.14^2 \cdot 5983.82}{2.8^2} = 7532.91\text{кН}$$

Условие $N = 3600\text{кН} \leq N_{cr} = 7532.91\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{3600}{7532.91}} = 1.915$$

$$e = e_0\eta + \frac{h_0 - a'}{2} = 0.01 \cdot 1.915 + \frac{0.15 - 0.05}{2} = 0.069\text{м}$$

$$\varepsilon_{sel} = \frac{R_s}{E_s} = \frac{435000}{200000000} = 0.002175$$

$$\xi_R = \frac{0.8}{1 + \frac{\varepsilon_{sel}}{\varepsilon_{bult}}} = \frac{0.8}{1 + \frac{0.002175}{0.0042}} = 0.527$$

$$x = \frac{N + R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_b b} = \frac{3600 + 435000 \cdot 2.1991E-003 - 400000 \cdot 2.1991E-003}{13090 \cdot 1.2} = 0.234\text{м}$$

$$\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{0.234}{0.15} = 1.561 > \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x = \frac{N + R_s A_s \frac{1 + \xi_R}{1 - \xi_R} - R_{sc} A'_s}{R_b b + \frac{2 R_s A_s}{h_0 (1 - \xi_R)}}$$

$$= \frac{3600 + 435000 \cdot 2.1991E-003 \frac{1 + 0.527}{1 - 0.527} - 400000 \cdot 2.1991E-003}{13090 \cdot 1.2 + \frac{2 \cdot 435000 \cdot 2.1991E-003}{0.15(1 - 0.527)}}$$

$$= 0.136\text{м}$$

$$Ne \leq R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a')$$

$$Ne = 3600 \cdot 0.069 = 248.95\text{кНм}$$

$$R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') = 13090 \cdot 1.2 \cdot 0.136(0.15 - 0.5 \cdot 0.136) + 400000 \cdot 2.1991E-003(0.15 - 0.05) = 263.17\text{кНм}$$

$$Ne = 248.95\text{кНм} \leq R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') = 263.17\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.946

ПИЛОН 200Х1300 В ОСЯХ 2.ПП-2.НН / 2.30-2.32 НА 2 ЭТАЖЕ

1.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 3200$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 3040$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 20$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 19$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 20$ см $= 0.2$м
- Ширина сечения $b = 130$ см $= 1.3$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.2 - 0.05 = 0.15$м
- Диаметр стержней $d_s = 20$мм $= 0.02$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 14)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 21.99$ см^2 $= 2.1991E - 003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 21.99$ см^2 $= 2.1991E - 003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\% \frac{A_s + A'_s}{bh_0} = 100\% \frac{2.1991E-003 + 2.1991E-003}{1.3 \cdot 0.15} = 2.26\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.77$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.77 = 13.09$МПа $= 13090$кН/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_{b2} = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_{sc} = 400$МПа $= 400000$ кН/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 280$ см $= 2.8$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 1$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 2.8 \cdot 1 = 2.8$м
- Конструкция статически неопределимая

1.2. РАСЧЕТ

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$\frac{L}{600} = \frac{2.8}{600} = 0.005\text{м}$$

$$\frac{h}{30} = \frac{0.2}{30} = 0.007\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01\text{м}$

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{20}{3200} = 0.006\text{м}$$

Так как $e_0 = 0.006\text{м} < e_a = 0.01\text{м}$, то расчетный эксцентриситет принимается равным случайному $e_0 = 0.01\text{м}$

$$\delta_e = \frac{e_0}{h} = \frac{0.01}{0.2} = 0.05$$

Так как $\delta_e = 0.05 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N\left(\frac{h}{2} - a\right) = 20 + 3200 \cdot \left(\frac{0.2}{2} - 0.05\right) = 180\text{кНм}$$

$$M_{l1} = M_l + N_l\left(\frac{h}{2} - a\right) = 19 + 3040 \cdot \left(\frac{0.2}{2} - 0.05\right) = 171\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + \frac{M_{l1}}{M_1} = \frac{171}{180} = 1.95$$

$$k_b = \frac{0.15}{\varphi_l(0.3 + \delta_e)} = \frac{0.15}{1.95(0.3 + 0.15)} = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{1.3 \cdot 0.2^3}{12} = 8.66667E-004\text{м}^4$$

$$I_s = A_s\left(\frac{h}{2} - a\right)^2 + A'_s\left(\frac{h}{2} - a'\right)^2$$

$$= 2.1991E-003\left(\frac{0.2}{2} - 0.05\right)^2 + 2.1991E-003\left(\frac{0.2}{2} - 0.05\right)^2$$

$$= 1.0996E-005\text{м}^4$$

$$D = k_b E_b I + k_s E_s I_s$$

$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 8.66667E-004 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 1.09956E-005$$

$$= 6354.2\text{кНм}^2$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 D}{l_0^2} = \frac{3.14^2 \cdot 6354.2}{2.8^2} = 7999.16\text{кН}$$

Условие $N = 3200\text{кН} \leq N_{cr} = 7999.16\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{3200}{7999.16}} = 1.667$$

$$e = e_0\eta + \frac{h_0 - a'}{2} = 0.01 \cdot 1.667 + \frac{0.15 - 0.05}{2} = 0.067\text{м}$$

$$\varepsilon_{sel} = \frac{R_s}{E_s} = \frac{435000}{200000000} = 0.002175$$

$$\xi_R = \frac{0.8}{1 + \frac{\varepsilon_{sel}}{\varepsilon_{bult}}} = \frac{0.8}{1 + \frac{0.002175}{0.0042}} = 0.527$$

$$x = \frac{N + R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_b b} = \frac{3200 + 435000 \cdot 2.1991E-003 - 400000 \cdot 2.1991E-003}{13090 \cdot 1.3} = 0.193\text{м}$$

$$\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{0.193}{0.15} = 1.284 > \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x = \frac{N + R_s A_s \frac{1 + \xi_R}{1 - \xi_R} - R_{sc} A'_s}{R_b b + \frac{2 R_s A_s}{h_0 (1 - \xi_R)}}$$

$$= \frac{3200 + 435000 \cdot 2.1991E-003 \frac{1 + 0.527}{1 - 0.527} - 400000 \cdot 2.1991E-003}{13090 \cdot 1.3 + \frac{2 \cdot 435000 \cdot 2.1991E-003}{0.15(1 - 0.527)}}$$

$$= 0.123\text{м}$$

$$Ne \leq R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a')$$

$$Ne = 3200 \cdot 0.067 = 213.34\text{кНм}$$

$$R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a')$$

$$= 13090 \cdot 1.3 \cdot 0.123(0.15 - 0.5 \cdot 0.123) + 400000 \cdot 2.1991E - 003(0.15 - 0.05) = 273.19\text{кНм}$$

$$Ne = 213.34\text{кНм} \leq R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') = 273.19\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.7809

ПИЛОН 200Х1400 В ОСЯХ 2.ПП-2.НН / 2.22'-2.25 НА 2 ЭТАЖЕ

1.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 4000$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 3800$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 20$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 19$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 20$ см $= 0.2$м
- Ширина сечения $b = 140$ см $= 1.4$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.2 - 0.05 = 0.15$м
- Диаметр стержней $d_s = 20$мм $= 0.02$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 16)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 25.13$ см^2 $= 2.5133E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 25.13$ см^2 $= 2.5133E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\% \frac{A_s + A'_s}{bh_0} = 100\% \frac{2.5133E-003 + 2.5133E-003}{1.4 \cdot 0.15} = 2.39\,\%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.77$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.77 = 13.09$МПа $= 13090$кН/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_{b2} = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_{sc} = 400$МПа $= 400000$ кН/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 280$ см $= 2.8$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 1$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 2.8 \cdot 1 = 2.8$м
- Конструкция статически неопределимая

1.2. РАСЧЕТ

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$\frac{L}{600} = \frac{2.8}{600} = 0.005\text{м}$$

$$\frac{h}{30} = \frac{0.2}{30} = 0.007\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01\text{м}$

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{20}{4000} = 0.005\text{м}$$

Так как $e_0 = 0.005\text{м} < e_a = 0.01\text{м}$, то расчетный эксцентриситет принимается равным случайному $e_0 = 0.01\text{м}$

$$\delta_e = \frac{e_0}{h} = \frac{0.01}{0.2} = 0.05$$

Так как $\delta_e = 0.05 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N\left(\frac{h}{2} - a\right) = 20 + 4000 \cdot \left(\frac{0.2}{2} - 0.05\right) = 220\text{кНм}$$

$$M_{l1} = M_l + N_l\left(\frac{h}{2} - a\right) = 19 + 3800 \cdot \left(\frac{0.2}{2} - 0.05\right) = 209\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + \frac{M_{l1}}{M_1} = \frac{209}{220} = 1.95$$

$$k_b = \frac{0.15}{\varphi_l(0.3 + \delta_e)} = \frac{0.15}{1.95(0.3 + 0.15)} = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{1.4 \cdot 0.2^3}{12} = 9.33333E - 004\text{м}^4$$

$$I_s = A_s\left(\frac{h}{2} - a\right)^2 + A'_s\left(\frac{h}{2} - a'\right)^2$$

$$= 2.5133E - 003\left(\frac{0.2}{2} - 0.05\right)^2 + 2.5133E - 003\left(\frac{0.2}{2} - 0.05\right)^2$$

$$= 1.2566E - 005\text{м}^4$$

$$D = k_b E_b I + k_s E_s I_s$$

$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 9.33333E - 004 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 1.25664E - 005$$

$$= 6944.48\text{кНм}^2$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 D}{l_0^2} = \frac{3.14^2 \cdot 6944.48}{2.8^2} = 8742.25\text{кН}$$

Условие $N = 4000\text{кН} \leq N_{cr} = 8742.25\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{4000}{8742.25}} = 1.843$$

$$e = e_0\eta + \frac{h_0 - a'}{2} = 0.01 \cdot 1.843 + \frac{0.15 - 0.05}{2} = 0.068\text{м}$$

$$\varepsilon_{sel} = \frac{R_s}{E_s} = \frac{435000}{200000000} = 0.002175$$

$$\xi_R = \frac{0.8}{1 + \frac{\varepsilon_{sel}}{\varepsilon_{bult}}} = \frac{0.8}{1 + \frac{0.002175}{0.0042}} = 0.527$$

$$x = \frac{N + R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_b b} = \frac{4000 + 435000 \cdot 2.5133E-003 - 400000 \cdot 2.5133E-003}{13090 \cdot 1.4} = 0.223\text{м}$$

$$\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{0.223}{0.15} = 1.487 > \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x = \frac{N + R_s A_s \frac{1 + \xi_R}{1 - \xi_R} - R_{sc} A'_s}{R_b b + \frac{2 R_s A_s}{h_0 (1 - \xi_R)}}$$

$$= \frac{4000 + 435000 \cdot 2.5133E-003 \frac{1 + 0.527}{1 - 0.527} - 400000 \cdot 2.5133E-003}{13090 \cdot 1.4 + \frac{2 \cdot 435000 \cdot 2.5133E-003}{0.15(1 - 0.527)}}$$

$$= 0.133\text{м}$$

$$Ne \leq R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a')$$

$$Ne = 4000 \cdot 0.068 = 273.74\text{кНм}$$

$$R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a')$$

$$= 13090 \cdot 1.4 \cdot 0.133(0.15 - 0.5 \cdot 0.133) + 400000 \cdot 2.5133E - 003(0.15 - 0.05) = 303.97\text{кНм}$$

$$Ne = 273.74\text{кНм} \leq R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') = 303.97\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.9005

ПИЛОН 200Х1500 В ОСЯХ 2.ПП-2.НН / 2.10-2.12 НА 2 ЭТАЖЕ

1.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 4700$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 4465$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 20$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 19$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 20$ см $= 0.2$м
- Ширина сечения $b = 150$ см $= 1.5$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.2 - 0.05 = 0.15$м
- Диаметр стержней $d_s = 25$мм $= 0.025$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 16)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 39.27$ см^2 $= 3.9270E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A_s' = 39.27$ см^2 $= 3.9270E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\% \frac{A_s + A_s'}{bh_0} = 100\% \frac{3.9270E-003 + 3.9270E-003}{1.5 \cdot 0.15} = 3.49\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.77$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.77 = 13.09$МПа $= 13090$кН/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_{b2} = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_{sc} = 400$МПа $= 400000$ кН/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 280$ см $= 2.8$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 1$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 2.8 \cdot 1 = 2.8$м
- Конструкция статически неопределимая

1.2. РАСЧЕТ

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$\frac{L}{600} = \frac{2.8}{600} = 0.005\text{м}$$

$$\frac{h}{30} = \frac{0.2}{30} = 0.007\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01\text{м}$

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{20}{4700} = 0.004\text{м}$$

Так как $e_0 = 0.004\text{м} < e_a = 0.01\text{м}$, то расчетный эксцентриситет принимается равным случайному $e_0 = 0.01\text{м}$

$$\delta_e = \frac{e_0}{h} = \frac{0.01}{0.2} = 0.05$$

Так как $\delta_e = 0.05 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N\left(\frac{h}{2} - a\right) = 20 + 4700 \cdot \left(\frac{0.2}{2} - 0.05\right) = 255\text{кНм}$$

$$M_{l1} = M_l + N_l\left(\frac{h}{2} - a\right) = 19 + 4465 \cdot \left(\frac{0.2}{2} - 0.05\right) = 242.25\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + \frac{M_{l1}}{M_1} = \frac{242.25}{255} = 1.95$$

$$k_b = \frac{0.15}{\varphi_l(0.3 + \delta_e)} = \frac{0.15}{1.95(0.3 + 0.15)} = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{1.5 \cdot 0.2^3}{12} = 1.00000E - 003\text{м}^4$$

$$I_s = A_s\left(\frac{h}{2} - a\right)^2 + A'_s\left(\frac{h}{2} - a'\right)^2$$

$$= 3.9270E - 003\left(\frac{0.2}{2} - 0.05\right)^2 + 3.9270E - 003\left(\frac{0.2}{2} - 0.05\right)^2$$
$$= 1.9635E - 005\text{м}^4$$

$$D = k_b E_b I + k_s E_s I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 1.00000E - 003 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 1.96350E - 005$$
$$= 8304.45\text{кНм}^2$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 D}{l_0^2} = \frac{3.14^2 \cdot 8304.45}{2.8^2} = 10454.29\text{кН}$$

Условие $N = 4700\text{кН} \leq N_{cr} = 10454.29\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{4700}{10454.29}} = 1.817$$

$$e = e_0\eta + \frac{h_0 - a'}{2} = 0.01 \cdot 1.817 + \frac{0.15 - 0.05}{2} = 0.068\text{м}$$

$$\varepsilon_{sel} = \frac{R_s}{E_s} = \frac{435000}{200000000} = 0.002175$$

$$\xi_R = \frac{0.8}{1 + \frac{\varepsilon_{sel}}{\varepsilon_{bult}}} = \frac{0.8}{1 + \frac{0.002175}{0.0042}} = 0.527$$

$$x = \frac{N + R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_b b} = \frac{4700 + 435000 \cdot 3.9270E-003 - 400000 \cdot 3.9270E-003}{13090 \cdot 1.5} = 0.246\text{м}$$

$$\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{0.246}{0.15} = 1.642 > \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x = \frac{N + R_s A_s \frac{1 + \xi_R}{1 - \xi_R} - R_{sc} A'_s}{R_b b + \frac{2 R_s A_s}{h_0 (1 - \xi_R)}}$$

$$= \frac{4700 + 435000 \cdot 3.9270E-003 \frac{1 + 0.527}{1 - 0.527} - 400000 \cdot 3.9270E-003}{13090 \cdot 1.5 + \frac{2 \cdot 435000 \cdot 3.9270E-003}{0.15(1 - 0.527)}}$$

$$= 0.128\text{м}$$

$$Ne \leq R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a')$$

$$Ne = 4700 \cdot 0.068 = 320.39\text{кНм}$$

$$R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a')$$

$$= 13090 \cdot 1.5 \cdot 0.128(0.15 - 0.5 \cdot 0.128) + 400000 \cdot 3.9270E-003(0.15 - 0.05) = 373.01\text{кНм}$$

$$Ne = 320.39\text{кНм} \leq R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') = 373.01\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.8589

ПИЛОН 220Х1200 В ОСЯХ 2.ТТ-2.УУ / 2.41-2.43 НА 2 ЭТАЖЕ

1.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 3600$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 3420$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 50$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 47.5$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 22$ см $= 0.22$м
- Ширина сечения $b = 120$ см $= 1.2$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.22 - 0.05 = 0.17$м
- Диаметр стержней $d_s = 20$мм $= 0.02$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 14)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 21.99$ см$^2 = 2.1991E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 21.99$ см$^2 = 2.1991E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\% \frac{A_s + A'_s}{bh_0} = 100\% \frac{2.1991E-003 + 2.1991E-003}{1.2 \cdot 0.17} = 2.16\,\%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.77$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.77 = 13.09$МПа $= 13090$кН/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_{b2} = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_{sc} = 400$МПа $= 400000$ кН/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 280$ см $= 2.8$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 1$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 2.8 \cdot 1 = 2.8$м
- Конструкция статически неопределимая

1.2. РАСЧЕТ

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$\frac{L}{600} = \frac{2.8}{600} = 0.005\text{м}$$

$$\frac{h}{30} = \frac{0.22}{30} = 0.007\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01\text{м}$

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{50}{3600} = 0.014\text{м}$$

$$\delta_e = \frac{e_0}{h} = \frac{0.014}{0.22} = 0.063$$

Так как $\delta_e = 0.063 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N\left(\frac{h}{2} - a\right) = 50 + 3600 \cdot \left(\frac{0.22}{2} - 0.05\right) = 266\text{кНм}$$

$$M_{l1} = M_l + N_l\left(\frac{h}{2} - a\right) = 47.5 + 3420 \cdot \left(\frac{0.22}{2} - 0.05\right) = 252.7\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + \frac{M_{l1}}{M_1} = \frac{252.7}{266} = 1.95$$

$$k_b = \frac{0.15}{\varphi_l(0.3 + \delta_e)} = \frac{0.15}{1.95(0.3 + 0.15)} = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{1.2 \cdot 0.22^3}{12} = 1.06480E - 003\text{м}^4$$

$$I_s = A_s\left(\frac{h}{2} - a\right)^2 + A'_s\left(\frac{h}{2} - a'\right)^2$$

$$= 2.1991E - 003\left(\frac{0.22}{2} - 0.05\right)^2 + 2.1991E - 003\left(\frac{0.22}{2} - 0.05\right)^2$$
$$= 1.5834E - 005\text{м}^4$$

$$D = k_b E_b I + k_s E_s I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 1.06480E - 003 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 1.58336E - 005$$
$$= 8132.26\text{кНм}^2$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 D}{l_0^2} = \frac{3.14^2 \cdot 8132.26}{2.8^2} = 10237.53\text{кН}$$

Условие $N = 3600\text{кН} \leq N_{cr} = 10237.53\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{3600}{10237.53}} = 1.542$$

$$e = e_0\eta + \frac{h_0 - a'}{2} = 0.014 \cdot 1.542 + \frac{0.17 - 0.05}{2} = 0.081\text{м}$$

$$\varepsilon_{sel} = \frac{R_s}{E_s} = \frac{435000}{200000000} = 0.002175$$

$$\xi_R = \frac{0.8}{1 + \frac{\varepsilon_{sel}}{\varepsilon_{bult}}} = \frac{0.8}{1 + \frac{0.002175}{0.0042}} = 0.527$$

$$x = \frac{N + R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_b b} = \frac{3600 + 435000 \cdot 2.1991E-003 - 400000 \cdot 2.1991E-003}{13090 \cdot 1.2} = 0.234\text{м}$$

$$\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{0.234}{0.17} = 1.377 > \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x = \frac{N + R_s A_s \frac{1 + \xi_R}{1 - \xi_R} - R_{sc} A'_s}{R_b b + \frac{2 R_s A_s}{h_0 (1 - \xi_R)}}$$

$$= \frac{3600 + 435000 \cdot 2.1991E-003 \frac{1 + 0.527}{1 - 0.527} - 400000 \cdot 2.1991E-003}{13090 \cdot 1.2 + \frac{2 \cdot 435000 \cdot 2.1991E-003}{0.17(1 - 0.527)}}$$

$$= 0.147\text{м}$$

$$Ne \leq R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a')$$

$$Ne = 3600 \cdot 0.081 = 293.12\text{кНм}$$

$$R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a')$$
$$= 13090 \cdot 1.2 \cdot 0.147(0.17 - 0.5 \cdot 0.147) + 400000 \cdot 2.1991E - 003(0.17 - 0.05) = 328.4\text{кНм}$$

$$Ne = 293.12\text{кНм} \leq R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') = 328.4\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.8926

ПИЛОН 220Х1300 В ОСЯХ 2.ИИ-2.ЕЕ / 2.43-2.44 НА 2 ЭТАЖЕ

1.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 3700\text{кН}$
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 3515\text{кН}$
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 20\text{кНм}$
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 19\text{кНм}$
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 22\text{ см} = 0.22\text{м}$
- Ширина сечения $b = 130\text{ см} = 1.3\text{м}$
- Расстояние до центра арматуры $a = 5\text{ см} = 0.05\text{м}$
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5\text{ см} = 0.05\text{м}$
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.22 - 0.05 = 0.17\text{м}$
- Диаметр стержней $d_s = 20\text{мм} = 0.02\text{м}$
- Количество стержней в сечении $n_s = 14)\text{ шт}$
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 21.99\text{ см}^2 = 2.1991E-003\text{м}^2$
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 21.99\text{ см}^2 = 2.1991E-003\text{м}^2$
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%\frac{A_s+A'_s}{bh_0} = 100\%\frac{2.1991E-003 + 2.1991E-003}{1.3 \cdot 0.17} = 1.99\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.77$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.77 = 13.09\text{МПа} = 13090\text{кН/м}^2$
- Модуль упругости $E_b = 32500\text{МПа} = 32500000\text{ кН/м}^2$
- Относительные деформации $\varepsilon_{b2} = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435\text{МПа} = 435000\text{ кН/м}^2$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_{sc} = 400\text{МПа} = 400000\text{ кН/м}^2$
- Модуль упругости $E_s = 200000\text{МПа} = 200000000\text{ кН/м}^2$

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 280\text{ см} = 2.8\text{м}$
- Коэффициент приведения длины $\mu = 1$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 2.8 \cdot 1 = 2.8\text{м}$
- Конструкция статически неопределимая

1.2. РАСЧЕТ

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$\frac{L}{600} = \frac{2.8}{600} = 0.005\text{м}$$

$$\frac{h}{30} = \frac{0.22}{30} = 0.007\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01\text{м}$

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{20}{3700} = 0.005\text{м}$$

Так как $e_0 = 0.005\text{м} < e_a = 0.01\text{м}$, то расчетный эксцентриситет принимается равным случайному $e_0 = 0.01\text{м}$

$$\delta_e = \frac{e_0}{h} = \frac{0.01}{0.22} = 0.045$$

Так как $\delta_e = 0.045 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N\left(\frac{h}{2} - a\right) = 20 + 3700 \cdot \left(\frac{0.22}{2} - 0.05\right) = 242\text{кНм}$$

$$M_{l1} = M_l + N_l\left(\frac{h}{2} - a\right) = 19 + 3515 \cdot \left(\frac{0.22}{2} - 0.05\right) = 229.9\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + \frac{M_{l1}}{M_1} = \frac{229.9}{242} = 1.95$$

$$k_b = \frac{0.15}{\varphi_l(0.3 + \delta_e)} = \frac{0.15}{1.95(0.3 + 0.15)} = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{1.3 \cdot 0.22^3}{12} = 1.15353E - 003\text{м}^4$$

$$I_s = A_s\left(\frac{h}{2} - a\right)^2 + A_s'\left(\frac{h}{2} - a'\right)^2$$

$$= 2.1991E - 003\left(\frac{0.22}{2} - 0.05\right)^2 + 2.1991E - 003\left(\frac{0.22}{2} - 0.05\right)^2$$

$$= 1.5834E - 005\text{м}^4$$

$$D = k_b E_b I + k_s E_s I_s$$

$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 1.15353E - 003 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 1.58336E - 005$$

$$= 8625.23\text{кНм}^2$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 D}{l_0^2} = \frac{3.14^2 \cdot 8625.23}{2.8^2} = 10858.11\text{кН}$$

Условие $N = 3700\text{кН} \leq N_{cr} = 10858.11\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{3700}{10858.11}} = 1.517$$

$$e = e_0\eta + \frac{h_0 - a'}{2} = 0.01 \cdot 1.517 + \frac{0.17 - 0.05}{2} = 0.075\text{м}$$

$$\varepsilon_{sel} = \frac{R_s}{E_s} = \frac{435000}{200000000} = 0.002175$$

$$\xi_R = \frac{0.8}{1 + \frac{\varepsilon_{sel}}{\varepsilon_{bult}}} = \frac{0.8}{1 + \frac{0.002175}{0.0042}} = 0.527$$

$$x = \frac{N + R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_b b} = \frac{3700 + 435000 \cdot 2.1991E-003 - 400000 \cdot 2.1991E-003}{13090 \cdot 1.3} = 0.222\text{м}$$

$$\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{0.222}{0.17} = 1.306 > \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x = \frac{N + R_s A_s \frac{1+\xi_R}{1-\xi_R} - R_{sc} A'_s}{R_b b + \frac{2R_s A_s}{h_0(1-\xi_R)}}$$

$$= \frac{3700 + 435000 \cdot 2.1991E-003 \frac{1+0.527}{1-0.527} - 400000 \cdot 2.1991E-003}{13090 \cdot 1.3 + \frac{2 \cdot 435000 \cdot 2.1991E-003}{0.17(1-0.527)}}$$

$$= 0.145\text{м}$$

$$Ne \leq R_b b x(h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a')$$

$$Ne = 3700 \cdot 0.075 = 278.13\text{кНм}$$

$$R_b b x(h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') = 13090 \cdot 1.3 \cdot 0.145(0.17 - 0.5 \cdot 0.145) + 400000 \cdot 2.1991E - 003(0.17 - 0.05) = 346.04\text{кНм}$$

$$Ne = 278.13\text{кНм} \leq R_b b x(h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') = 346.04\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.8037

ПИЛОН 220Х1400 В ОСЯХ 2.ИИ-2.ЕЕ / 2.37-2.38 НА 2 ЭТАЖЕ

1.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 4100\text{кН}$
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 3895\text{кН}$
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 20\text{кНм}$
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 19\text{кНм}$
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 22\text{ см} = 0.22\text{м}$
- Ширина сечения $b = 140\text{ см} = 1.4\text{м}$
- Расстояние до центра арматуры $a = 5\text{ см} = 0.05\text{м}$
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5\text{ см} = 0.05\text{м}$
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.22 - 0.05 = 0.17\text{м}$
- Диаметр стержней $d_s = 20\text{мм} = 0.02\text{м}$
- Количество стержней в сечении $n_s = 16)\text{ шт}$
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 25.13\text{ см}^2 = 2.5133E-003\text{м}^2$
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 25.13\text{ см}^2 = 2.5133E-003\text{м}^2$
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%\frac{A_s+A'_s}{bh_0} = 100\%\frac{2.5133E-003 + 2.5133E-003}{1.4 \cdot 0.17} = 2.11\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.77$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.77 = 13.09\text{МПа} = 13090\text{кН/м}^2$
- Модуль упругости $E_b = 32500\text{МПа} = 32500000\text{ кН/м}^2$
- Относительные деформации $\varepsilon_{b2} = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435\text{МПа} = 435000\text{ кН/м}^2$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_{sc} = 400\text{МПа} = 400000\text{ кН/м}^2$
- Модуль упругости $E_s = 200000\text{МПа} = 200000000\text{ кН/м}^2$

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 280\text{ см} = 2.8\text{м}$
- Коэффициент приведения длины $\mu = 1$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 2.8 \cdot 1 = 2.8\text{м}$
- Конструкция статически неопределимая

1.2. РАСЧЕТ

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$\frac{L}{600} = \frac{2.8}{600} = 0.005\text{м}$$

$$\frac{h}{30} = \frac{0.22}{30} = 0.007\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01\text{м}$

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{20}{4100} = 0.005\text{м}$$

Так как $e_0 = 0.005\text{м} < e_a = 0.01\text{м}$, то расчетный эксцентриситет принимается равным случайному $e_0 = 0.01\text{м}$

$$\delta_e = \frac{e_0}{h} = \frac{0.01}{0.22} = 0.045$$

Так как $\delta_e = 0.045 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N\left(\frac{h}{2} - a\right) = 20 + 4100 \cdot \left(\frac{0.22}{2} - 0.05\right) = 266\text{кНм}$$

$$M_{l1} = M_l + N_l\left(\frac{h}{2} - a\right) = 19 + 3895 \cdot \left(\frac{0.22}{2} - 0.05\right) = 252.7\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + \frac{M_{l1}}{M_1} = \frac{252.7}{266} = 1.95$$

$$k_b = \frac{0.15}{\varphi_l(0.3 + \delta_e)} = \frac{0.15}{1.95(0.3 + 0.15)} = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{1.4 \cdot 0.22^3}{12} = 1.24227E - 003\text{м}^4$$

$$I_s = A_s\left(\frac{h}{2} - a\right)^2 + A'_s\left(\frac{h}{2} - a'\right)^2$$

$$= 2.5133E - 003\left(\frac{0.22}{2} - 0.05\right)^2 + 2.5133E - 003\left(\frac{0.22}{2} - 0.05\right)^2$$
$$= 1.8096E - 005\text{м}^4$$

$$D = k_b E_b I + k_s E_s I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 1.24227E - 003 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 1.80956E - 005$$
$$= 9434.86\text{кНм}^2$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 D}{l_0^2} = \frac{3.14^2 \cdot 9434.86}{2.8^2} = 11877.34\text{кН}$$

Условие $N = 4100\text{кН} \leq N_{cr} = 11877.34\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{4100}{11877.34}} = 1.527$$

$$e = e_0\eta + \frac{h_0 - a'}{2} = 0.01 \cdot 1.527 + \frac{0.17 - 0.05}{2} = 0.075\text{м}$$

$$\varepsilon_{sel} = \frac{R_s}{E_s} = \frac{435000}{200000000} = 0.002175$$

$$\xi_R = \frac{0.8}{1 + \frac{\varepsilon_{sel}}{\varepsilon_{bult}}} = \frac{0.8}{1 + \frac{0.002175}{0.0042}} = 0.527$$

$$x = \frac{N + R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_b b} = \frac{4100 + 435000 \cdot 2.5133E-003 - 400000 \cdot 2.5133E-003}{13090 \cdot 1.4} = 0.229\text{м}$$

$$\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{0.229}{0.17} = 1.344 > \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x = \frac{N + R_s A_s \frac{1 + \xi_R}{1 - \xi_R} - R_{sc} A'_s}{R_b b + \frac{2 R_s A_s}{h_0 (1 - \xi_R)}}$$

$$= \frac{4100 + 435000 \cdot 2.5133E-003 \frac{1 + 0.527}{1 - 0.527} - 400000 \cdot 2.5133E-003}{13090 \cdot 1.4 + \frac{2 \cdot 435000 \cdot 2.5133E-003}{0.17(1 - 0.527)}}$$

$$= 0.146\text{м}$$

$$Ne \leq R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a')$$

$$Ne = 4100 \cdot 0.075 = 308.61\text{кНм}$$

$$R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') = 13090 \cdot 1.4 \cdot 0.146(0.17 - 0.5 \cdot 0.146) + 400000 \cdot 2.5133E-003(0.17 - 0.05) = 379.96\text{кНм}$$

$$Ne = 308.61\text{кНм} \leq R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') = 379.96\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.8122

ПИЛОН 220Х1500 В ОСЯХ 2.ТТ-2.УУ / 2.36-2.37 НА 2 ЭТАЖЕ

1.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 3100$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 2945$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 20$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 19$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 22$ см $= 0.22$м
- Ширина сечения $b = 150$ см $= 1.5$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.22 - 0.05 = 0.17$м
- Диаметр стержней $d_s = 20$мм $= 0.02$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 16)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 25.13$ см^2 $= 2.5133E - 003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 25.13$ см^2 $= 2.5133E - 003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\% \frac{A_s + A'_s}{bh_0} = 100\% \frac{2.5133E-003 + 2.5133E-003}{1.5 \cdot 0.17} = 1.97\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.77$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.77 = 13.09$МПа $= 13090$кН/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_{b2} = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_{sc} = 400$МПа $= 400000$ кН/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 280$ см $= 2.8$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 1$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 2.8 \cdot 1 = 2.8$м
- Конструкция статически неопределимая

1.2. РАСЧЕТ

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$\frac{L}{600} = \frac{2.8}{600} = 0.005\text{м}$$

$$\frac{h}{30} = \frac{0.22}{30} = 0.007\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01\text{м}$

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{20}{3100} = 0.006\text{м}$$

Так как $e_0 = 0.006\text{м} < e_a = 0.01\text{м}$, то расчетный эксцентриситет принимается равным случайному $e_0 = 0.01\text{м}$

$$\delta_e = \frac{e_0}{h} = \frac{0.01}{0.22} = 0.045$$

Так как $\delta_e = 0.045 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N\left(\frac{h}{2} - a\right) = 20 + 3100 \cdot \left(\frac{0.22}{2} - 0.05\right) = 206\text{кНм}$$

$$M_{l1} = M_l + N_l\left(\frac{h}{2} - a\right) = 19 + 2945 \cdot \left(\frac{0.22}{2} - 0.05\right) = 195.7\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + \frac{M_{l1}}{M_1} = \frac{195.7}{206} = 1.95$$

$$k_b = \frac{0.15}{\varphi_l(0.3 + \delta_e)} = \frac{0.15}{1.95(0.3 + 0.15)} = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{1.5 \cdot 0.22^3}{12} = 1.33100E - 003\text{м}^4$$

$$I_s = A_s\left(\frac{h}{2} - a\right)^2 + A'_s\left(\frac{h}{2} - a'\right)^2$$

$$= 2.5133E - 003\left(\frac{0.22}{2} - 0.05\right)^2 + 2.5133E - 003\left(\frac{0.22}{2} - 0.05\right)^2$$
$$= 1.8096E - 005\text{м}^4$$

$$D = k_b E_b I + k_s E_s I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 1.33100E - 003 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 1.80956E - 005$$
$$= 9927.82\text{кНм}^2$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 D}{l_0^2} = \frac{3.14^2 \cdot 9927.82}{2.8^2} = 12497.92\text{кН}$$

Условие $N = 3100\text{кН} \leq N_{cr} = 12497.92\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{3100}{12497.92}} = 1.33$$

$$e = e_0\eta + \frac{h_0 - a'}{2} = 0.01 \cdot 1.33 + \frac{0.17 - 0.05}{2} = 0.073\text{м}$$

$$\varepsilon_{sel} = \frac{R_s}{E_s} = \frac{435000}{200000000} = 0.002175$$

$$\xi_R = \frac{0.8}{1 + \frac{\varepsilon_{sel}}{\varepsilon_{bult}}} = \frac{0.8}{1 + \frac{0.002175}{0.0042}} = 0.527$$

$$x = \frac{N + R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_b b} = \frac{3100 + 435000 \cdot 2.5133E-003 - 400000 \cdot 2.5133E-003}{13090 \cdot 1.5} = 0.162\text{м}$$

$$\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{0.162}{0.17} = 0.955 > \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x = \frac{N + R_s A_s \frac{1 + \xi_R}{1 - \xi_R} - R_{sc} A'_s}{R_b b + \frac{2 R_s A_s}{h_0 (1 - \xi_R)}}$$

$$= \frac{3100 + 435000 \cdot 2.5133E-003 \frac{1 + 0.527}{1 - 0.527} - 400000 \cdot 2.5133E-003}{13090 \cdot 1.5 + \frac{2 \cdot 435000 \cdot 2.5133E-003}{0.17(1 - 0.527)}}$$

$$= 0.12\text{м}$$

$$Ne \leq R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a')$$

$$Ne = 3100 \cdot 0.073 = 227.23\text{кНм}$$

$$R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') = 13090 \cdot 1.5 \cdot 0.12(0.17 - 0.5 \cdot 0.12) + 400000 \cdot 2.5133E - 003(0.17 - 0.05) = 379.92\text{кНм}$$

$$Ne = 227.23\text{кНм} \leq R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') = 379.92\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.5981

Проверка армирования стены 2 этажа толщиной 200 мм

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	132,6	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	9,0	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,77		γ_s	1,0	
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h= 200 мм -высота сечения колонны
b= 1000 мм -ширина сечения колонны
a= 50 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона
a'= 50 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона
L= 2800 мм -высота колонны
μ= 1 -коэффициент расчетной длины
h_0= 150 мм -рабочая высота сечения
L_0= 280 см -расчетная высота колонны

Усилия:

N= 210 тс -продольная сила
M= 2 тс· м -момент от полной нагрузки
M_l= 1,6 тс· м -момент от длительных нагрузок

Армирование:

Растянутая арматура
$d_{s,ф}$= 12 мм -диаметр основной арматуры
$n_ф$= 5 шт -количество основной арматуры
$d_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$n_д$= 0 шт -количество дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 5,65 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 5,65 см² -суммарная площадь растянутой арматуры
Сжатая арматура
$d'_{s,ф}$= 12 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 5 шт -колчество основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 0 шт -количество дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 5,65 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 5,65 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 0,15 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,01 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 2,6 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет:

e_0= 1 см -эксцентриситет приложения продольной силы к сечению
x= 13,1 см -высота сжатой зоны бетона
I= 66666,667 см⁴ -момент инерции площади бетона
I_s= 283,78014 см⁴ -момент инерции площади арматуры
δ_e= 0,15 -относительное значение эксцентриситета продольной силы
φ_l= 1,8 -коэффициент, учитывающий влияние длительности нагрузки
k_b= 0,19
k_s= 0,7
D= 4,497E+09 кгс· см² -жесткость железобетонного элемента в предельной по прочности стадии
N_{cr}= 566,06 тс -условная критическая сила
η= 1,59 -коэффициент, учитывающий влияние продольного изгиба
e= 6,59 см -расстояние от точки приложения продольной силы N до центра тяжести сечения растянутой или наименее сжатой арматуры

$N \cdot e \le R_b \cdot b \cdot x(h_0 - 0{,}5x) + R_{sc} \cdot A'_s \cdot (h_0 - a')$ = 16,995 тс· м

1 условие прочности выполнено

$N \cdot e$ = 13,839 тс· м

Проверка армирования стены 2 этажа толщиной 250 мм

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	132,6	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	9,0	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,77		γ_s	1,0	
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h= 250 мм -высота сечения колонны
b= 1000 мм -ширина сечения колонны
a= 50 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона
a'= 50 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона
L= 2800 мм -высота колонны
μ= 1 -коэффициент расчетной длины
h_0= 200 мм -рабочая высота сечения
L_0= 280 см -расчетная высота колонны

Усилия:

N= 270 тс -продольная сила
M= 2 тс· м -момент от полной нагрузки
M_l= 1,6 тс· м -момент от длительных нагрузок

Армирование:

Растянутая арматура
$d_{s,\phi}$= 12 мм -диаметр основной арматуры
n_ϕ= 5 шт -количество основной арматуры
$d_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$n_д$= 0 шт -количество дополнительной арматуры
$A_{s,\phi}$= 5,65 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 5,65 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура
$d'_{s,\phi}$= 12 мм -диаметр основной арматуры
s'_ϕ= 5 шт -колчество основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 0 шт -количество дополнительной арматуры
$A'_{s,\phi}$= 5,65 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 5,65 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 0,15 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,01 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 3,9 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет:

e_0= 1 см -эксцентриситет приложения продольной силы к сечению
x= 17,6 см -высота сжатой зоны бетона
I= 130208,33 см⁴ -момент инерции площади бетона
I_s= 637,20931 см⁴ -момент инерции площади арматуры
δ_e= 0,15 -относительное значение эксцентриситета продольной силы
φ_l= 1,8 -коэффициент, учитывающий влияние длительности нагрузки
k_b= 0,19
k_s= 0,7
D= 8,901E+09 кгс· см² -жесткость железобетонного элемента в предельной по прочности стадии
N_{cr}= 1120,5 тс -условная критическая сила
η= 1,32 -коэффициент, учитывающий влияние продольного изгиба
e= 8,82 см -расстояние от точки приложения продольной силы N до центра тяжести сечения растянутой или наименее сжатой арматуры

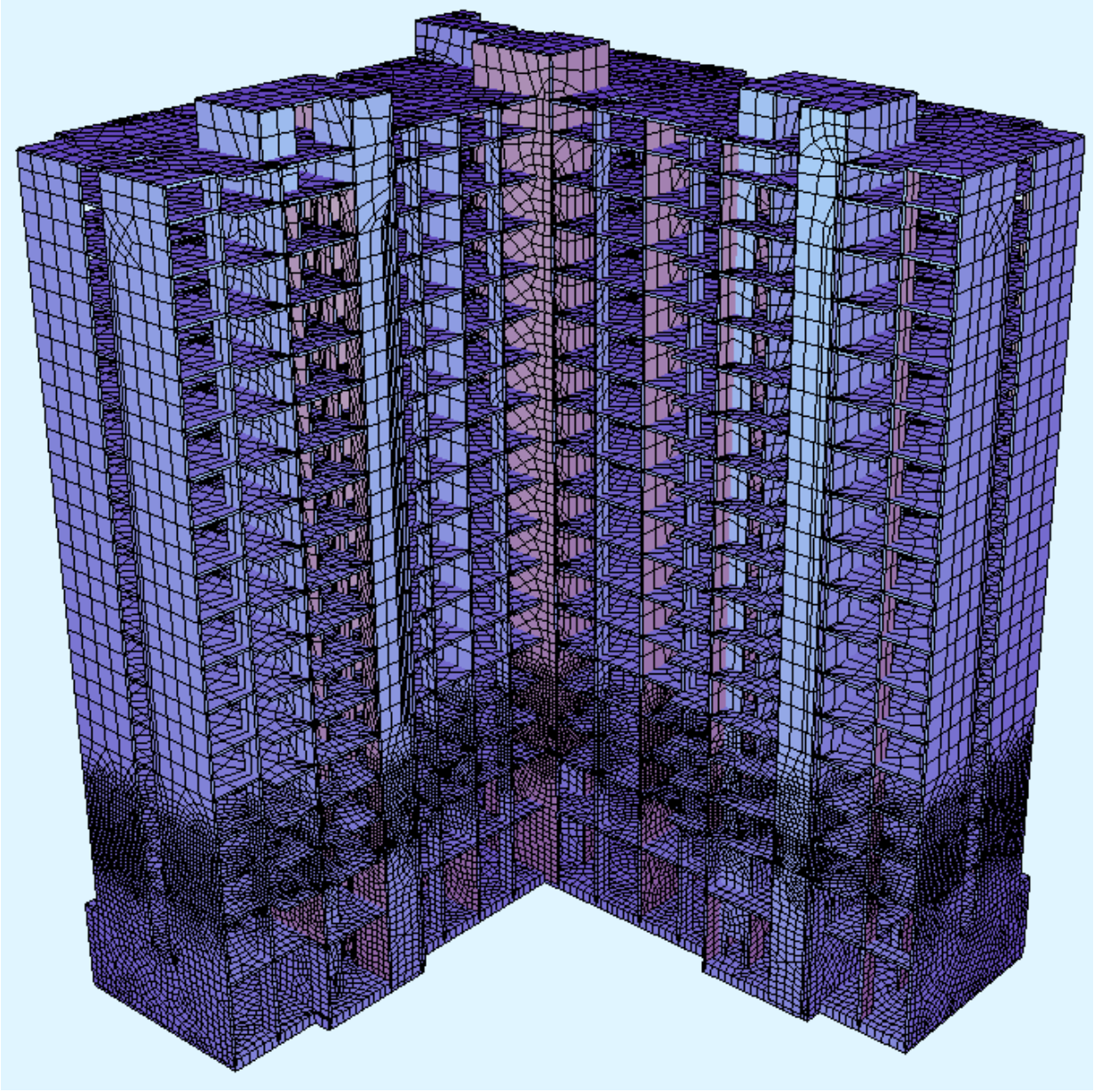
$N \cdot e \le R_b \cdot b \cdot x(h_0 - 0,5x) + R_{sc} \cdot A'_s \cdot (h_0 - a')$ = 29,607 тс· м

1 условие прочности выполнено

$N \cdot e$ = 23,807 тс· м

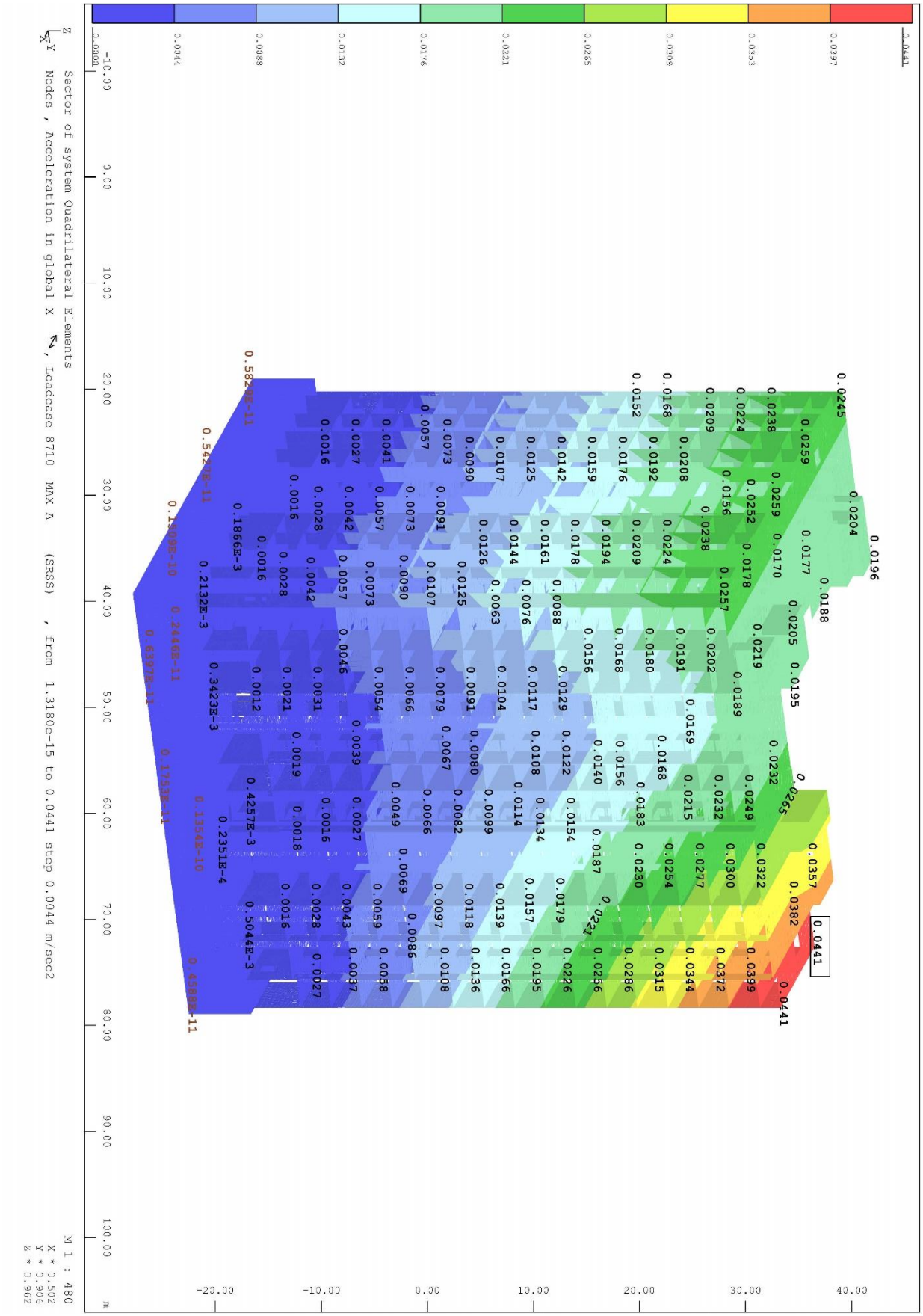
5. РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА СЕКЦИИ 13-15

5.1. ОБЩИЙ ВИД РАСЧЕТНОЙ СХЕМЫ

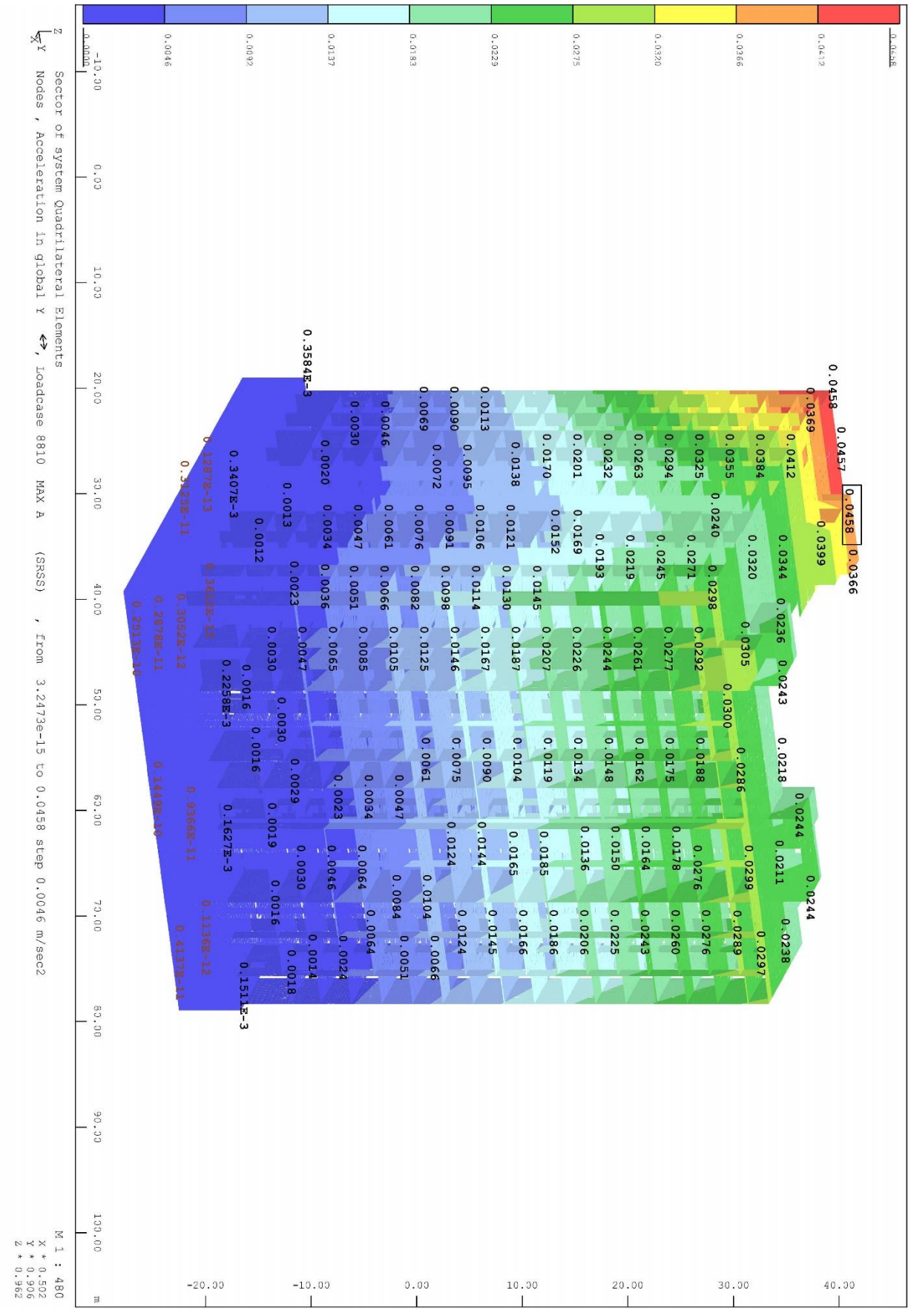


5.2. МАКСИМАЛЬНОЕ УСКОРЕНИЕ

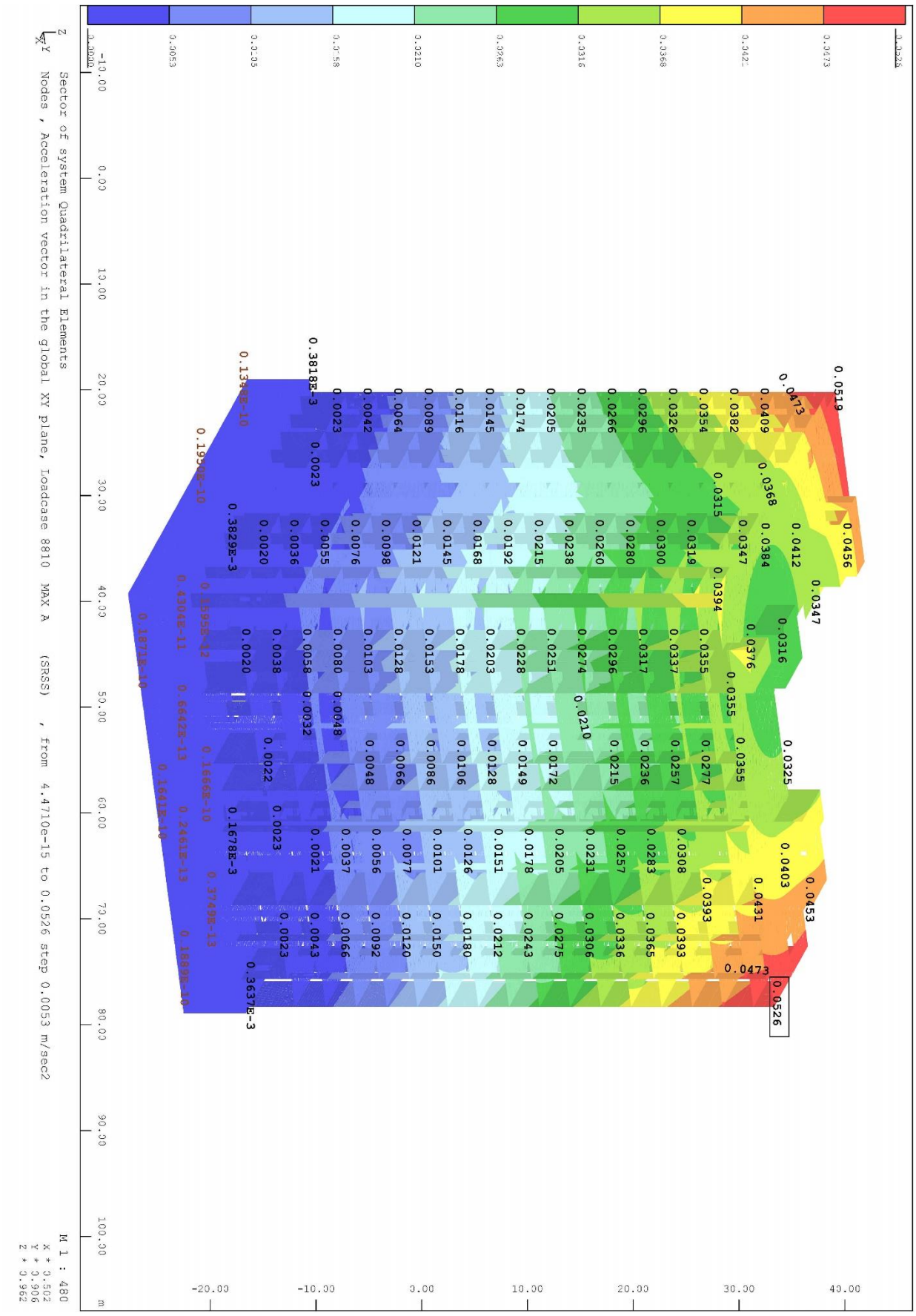
Максимальное ускорение этажей по X, м/с²



Максимальное ускорение этажей по Y, м/с²

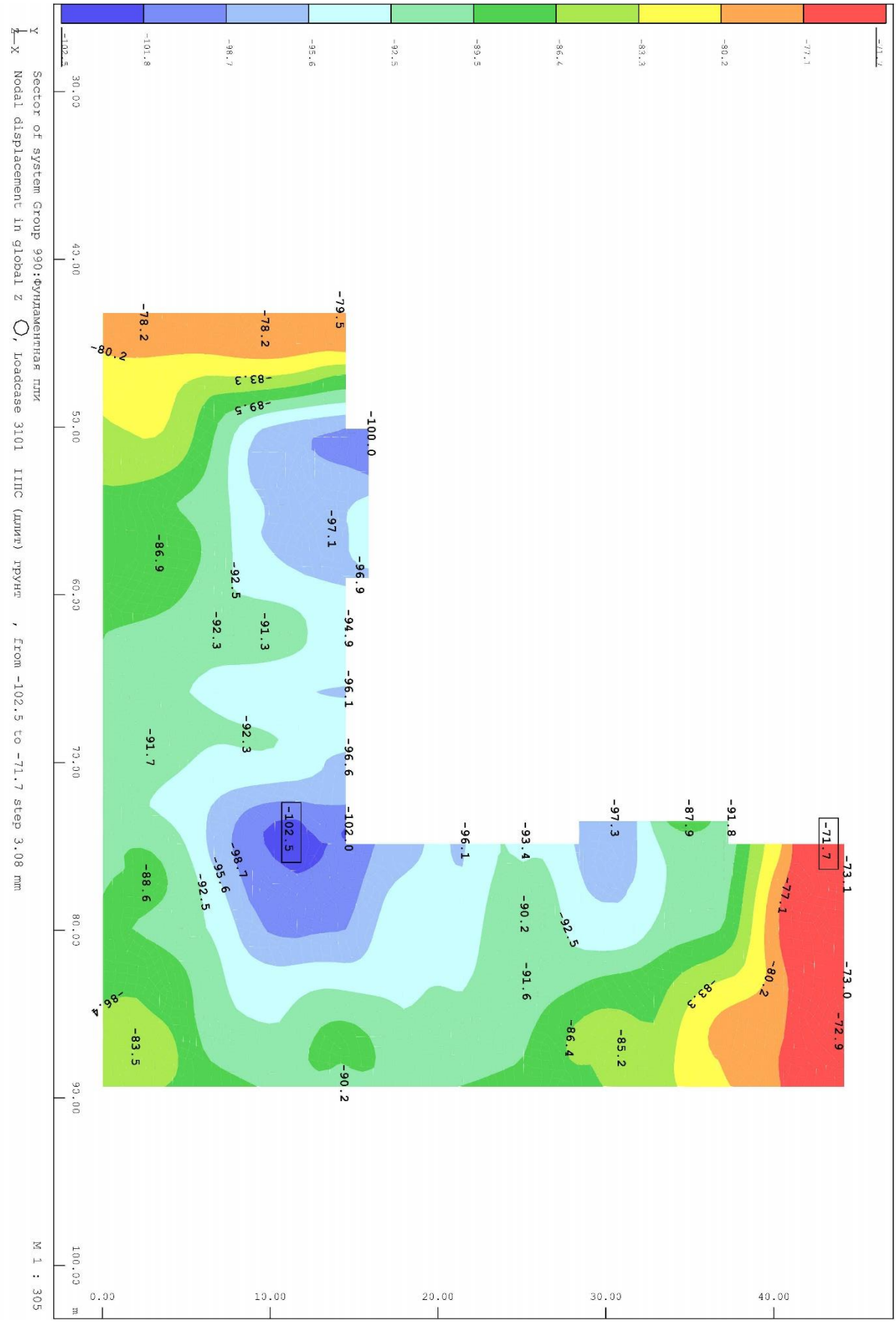


Максимальное ускорение этажей по XY, м/с²



5.3. ОСАДКА И ДАВЛЕНИЕ ПОД ПОДОШВОЙ ФУНДАМЕНТА

Осадка, мм



Расчет осадки корпуса К2 секции 1-3 в осях 2.21-2.44/2.А-2.Я

Допущения и предпосылки. Расчет выполняется согласно СП 22.13330.2016 п.п. 5.6.31.

Исходные данные. Среднее давление под подошвой фундамента $p = 3.30$ кг/см^2; глубина заложения $d_n = 7.15$ м; фундамент прямоугольный; ширина подошвы $b = 15.00$ м; длина подошвы $l = 68.00$ м; объемный вес грунта выше подошвы $\gamma'_{\text{II}} = 1.86$ т/м^3; имеются грунтовые воды на расстоянии 0.00 м от подшвы мощностью 3.40 м; $s_u = 15.0$ см.

Расчет. Вертикальное напряжение от собственного веса грунта на уровне подошвы

$$\sigma_{zg0} = \gamma'_{\text{II}} d_n = 1.86 \cdot 7.15 = 13.299 \text{ т/м}^2 = 1.330 \text{ кг/см}^2$$

Согласно требованиям методики расчета, сжимаемая толща грунта под подошвой разбивается на слои. Необходимые величины для каждого слоя вычисляются в табличной форме по формулам

$$\sigma_{zp,i} = \alpha_i p, \quad \sigma_{z\gamma,i} = \alpha_i \sigma_{zg0}, \quad \sigma_{zg,i} = \sigma_{zg0} + \sum_{i=1}^{n} h_i \gamma_i$$

Минимальная глубина сжимаемой толщи для $10 \leqslant b < 60$ м составляет $H_{min} = 4 + 0.1b = 4 + 0.1 \cdot$ $\cdot 15.00 = 5.50$ м.

Т.к. $p > \sigma_{zg,0}$ то осадка определяется по формуле (5.16)

$$\Delta s_i = \beta \frac{(\sigma_{zp,i} - \sigma_{z\gamma,i}) h_i}{E_i} + \beta \frac{\sigma_{z\gamma,i} h_i}{E_{e,i}}, \quad \beta = 0.8$$

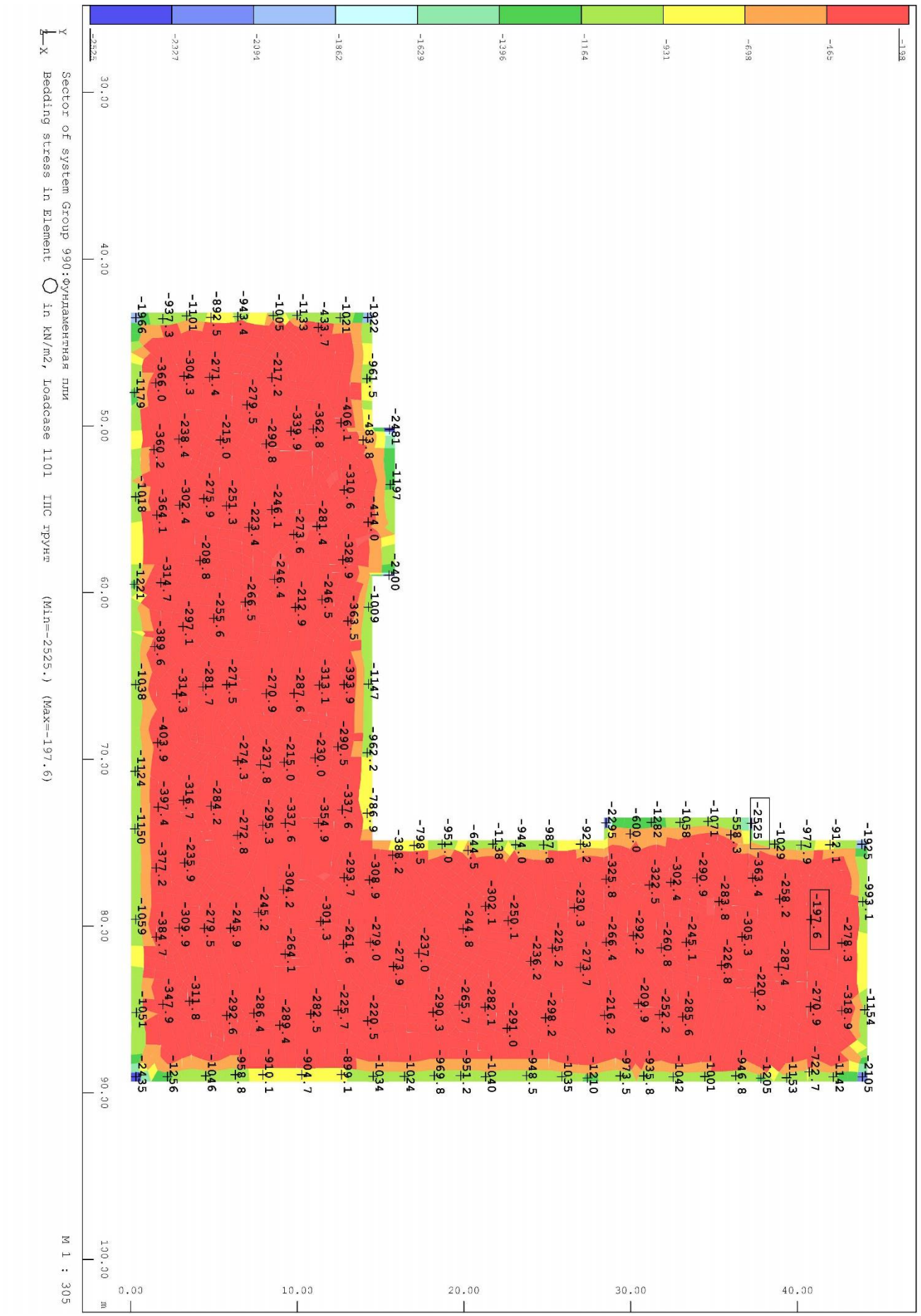
№	Э	h	z	α	σ_{zp}	$\sigma_{z\gamma}$	γ	σ_{zg}	$0.5\sigma_{zg}$	E	E_e	Δs
		м	м	–	кг/см^2	кг/см^2	т/м^3	кг/см^2	кг/см^2	кг/см^2	кг/см^2	см
–	–	–	0.00	1.000	3.300	1.330	–	1.330	0.665	–	–	–
1	5	0.40	0.20	1.000	3.300	1.330	1.05	1.351	0.675	334	1670	0.214
2	5	0.40	0.60	1.000	3.299	1.330	1.05	1.393	0.696	334	1670	0.214
3	5	0.40	1.00	0.999	3.297	1.329	1.05	1.435	0.717	334	1670	0.214
4	5	0.40	1.40	0.997	3.291	1.326	1.05	1.477	0.738	334	1670	0.214
5	5	0.40	1.80	0.994	3.282	1.323	1.05	1.519	0.759	334	1670	0.213
6	5	0.40	2.20	0.990	3.268	1.317	1.05	1.561	0.780	334	1670	0.212
7	5	0.40	2.60	0.985	3.249	1.309	1.05	1.603	0.801	334	1670	0.211
8	5	0.40	3.00	0.977	3.225	1.300	1.05	1.645	0.822	334	1670	0.209
9	5	0.20	3.30	0.971	3.203	1.291	1.05	1.676	0.838	334	1670	0.104
10	7	0.40	3.60	0.963	3.179	1.281	1.99	2.066	1.033	249	1245	0.277
11	7	0.40	4.00	0.952	3.142	1.266	1.99	2.146	1.073	249	1245	0.274
12	7	0.40	4.40	0.940	3.102	1.250	1.99	2.226	1.113	249	1245	0.270
13	7	0.40	4.80	0.926	3.057	1.232	1.99	2.305	1.153	249	1245	0.266
14	7	0.40	5.20	0.912	3.009	1.213	1.99	2.385	1.192	249	1245	0.262
15	7	0.40	5.60	0.896	2.958	1.192	1.99	2.464	1.232	249	1245	0.258
16	7	0.40	6.00	0.880	2.906	1.171	1.99	2.544	1.272	249	1245	0.253
17	7	0.20	6.30	0.868	2.865	1.155	1.99	2.604	1.302	249	1245	0.125
18	8	0.40	6.60	0.856	2.823	1.138	1.97	2.663	1.332	137	685	0.447
19	8	0.40	7.00	0.839	2.768	1.115	1.97	2.742	1.371	137	685	0.438
20	8	0.40	7.40	0.822	2.711	1.093	1.97	2.821	1.410	137	685	0.429
21	8	0.40	7.80	0.804	2.655	1.070	1.97	2.899	1.450	137	685	0.420
22	8	0.40	8.20	0.787	2.598	1.047	1.97	2.978	1.489	137	685	0.411
23	8	0.10	8.45	0.777	2.563	1.033	1.97	3.028	1.514	137	685	0.101
24	9	0.40	8.70	0.766	2.529	1.019	2.02	3.078	1.539	270	1350	0.203
25	9	0.40	9.10	0.750	2.473	0.997	2.02	3.159	1.579	270	1350	0.199
26	9	0.40	9.50	0.733	2.419	0.975	2.02	3.239	1.620	270	1350	0.194

27	8	0.40	9.90	0.717	2.366	0.953	1.97	3.319	1.660	137	685	0.374
28	8	0.40	10.30	0.701	2.314	0.932	1.97	3.398	1.699	137	685	0.366
29	8	0.40	10.70	0.686	2.263	0.912	1.97	3.477	1.738	137	685	0.358
30	8	0.40	11.10	0.671	2.213	0.892	1.97	3.556	1.778	137	685	0.350
31	9	0.40	11.50	0.656	2.164	0.872	2.02	3.635	1.818	270	1350	0.174
32	9	0.40	11.90	0.642	2.117	0.853	2.02	3.716	1.858	270	1350	0.170
33	9	0.40	12.30	0.628	2.071	0.835	2.02	3.797	1.898	270	1350	0.166
34	9	0.40	12.70	0.614	2.026	0.817	2.02	3.878	1.939	270	1350	0.163
35	9	0.40	13.10	0.601	1.983	0.799	2.02	3.959	1.979	270	1350	0.159
36	9	0.40	13.50	0.588	1.941	0.782	2.02	4.039	2.020	270	1350	0.156

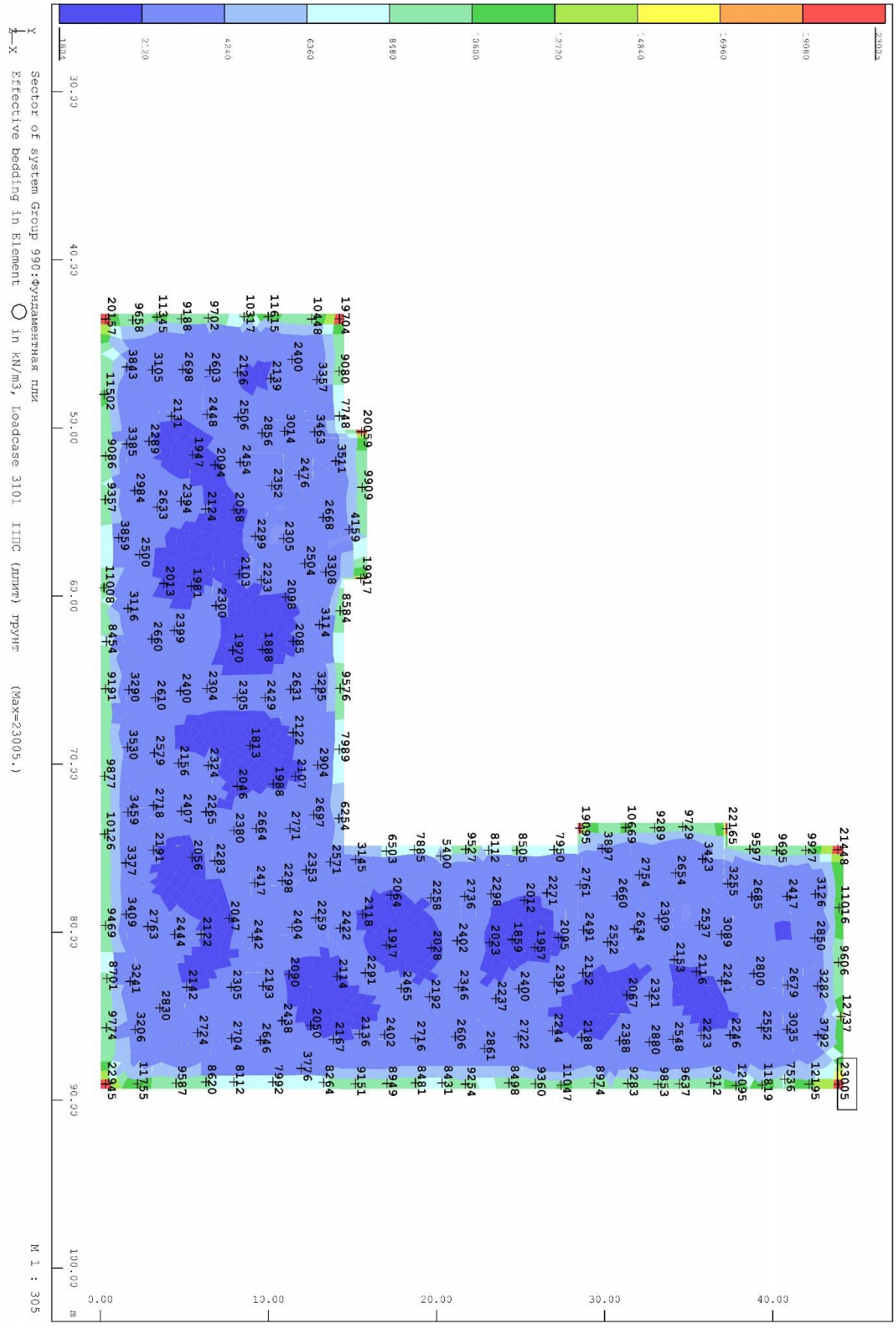
$$s = \sum_{i=1}^{n} \Delta s_i = 9.070 \text{ см}$$

Вывод. Осадка составляет $s = 9.070$ см $\leqslant s_u = 15.0$ см, что не превышает предельно допустимой осадки. Требование выполняется. Глубина сжимаемой толщи определенная по условию $0.5\sigma_{zg}$ составляет $H_c = 13.70$ м.

Давление под подошвой фундамента R_z , кН/м²



Коэффициент постели С1, кН/м³

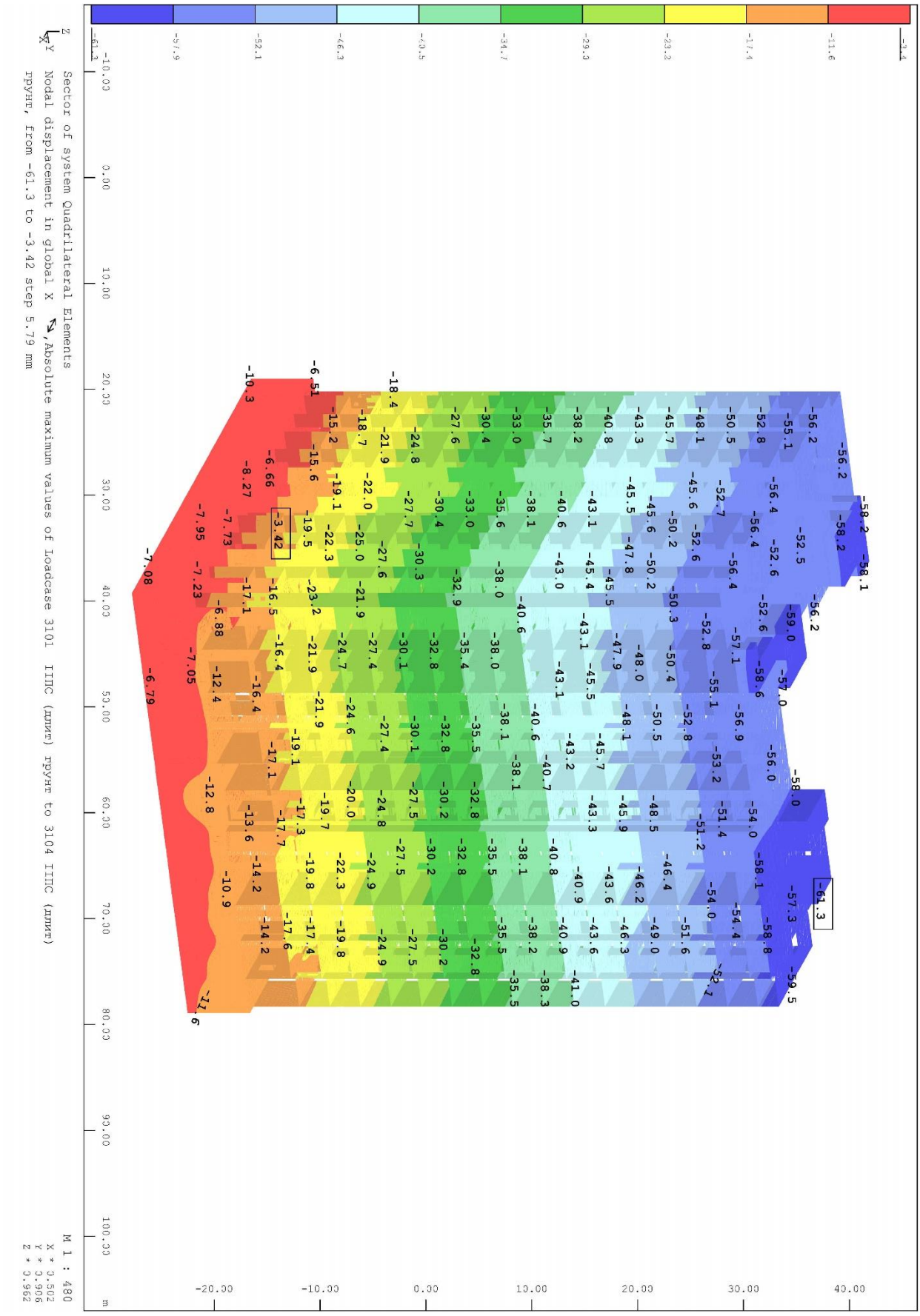


Среднее давление под подошвой фундамента (от нагрузок для расчета основания по деформациям) (R_z) – 330 кН/м² не превышает расчетного сопротивления грунта основание ИГЭ-5 (R) – 1010 кН/м².

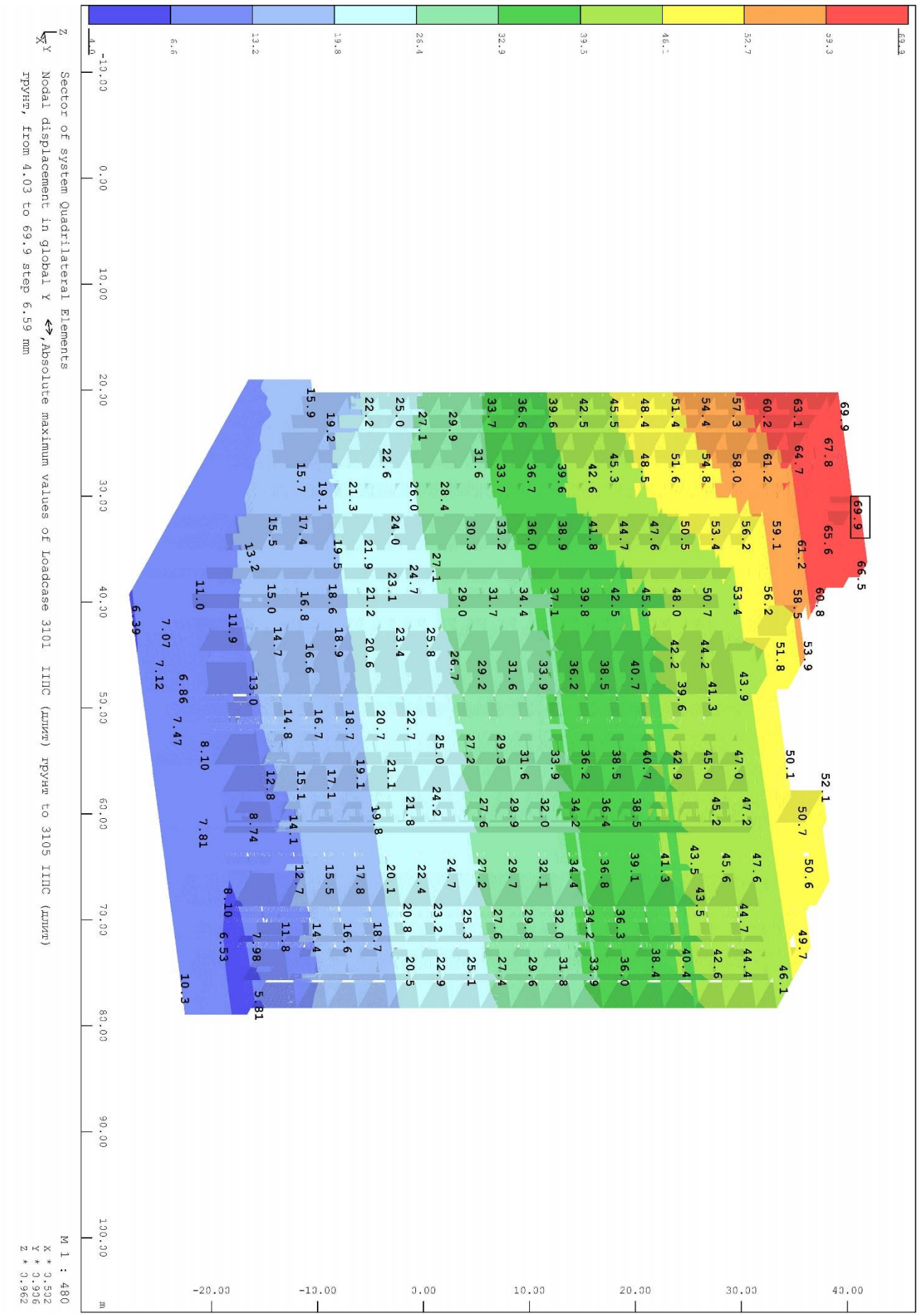
Значение расчетного сопротивления грунта основания (R) вычислено по формуле 5.7из СП 22.13330.2016.

5.4. ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЗДАНИЯ

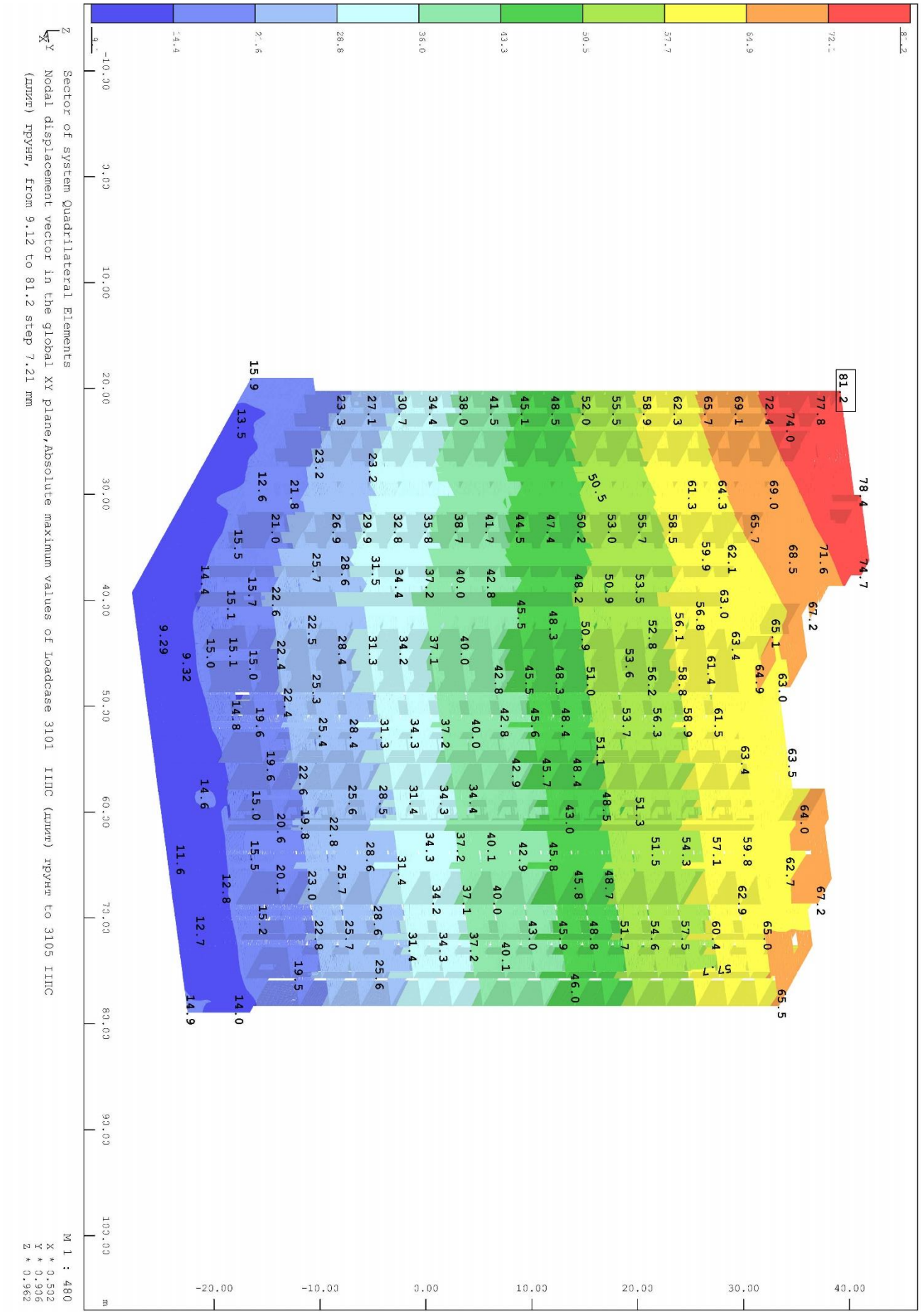
Перемещения по оси X, мм



Перемещения по оси Y, мм

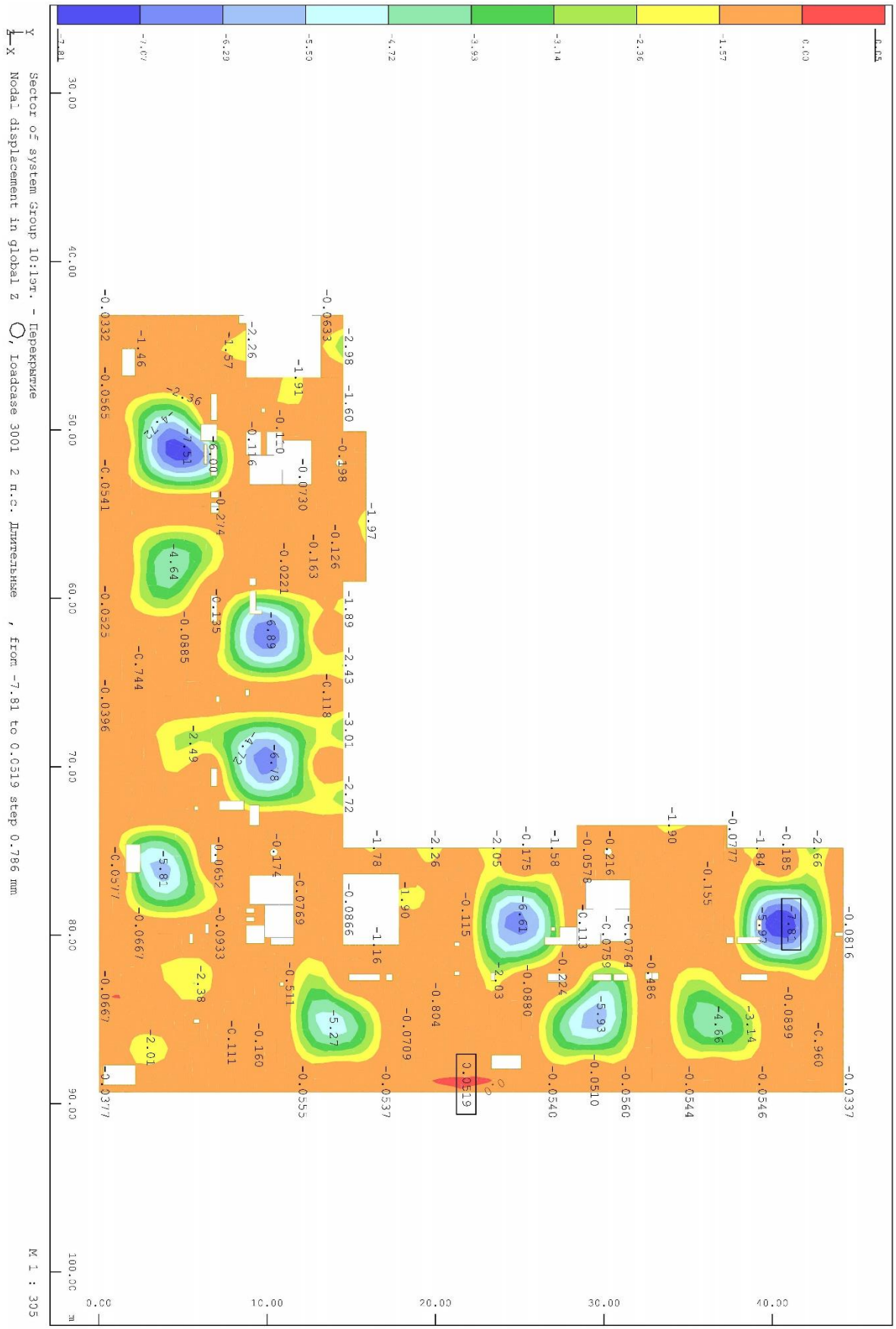


Перемещения по оси XY, мм

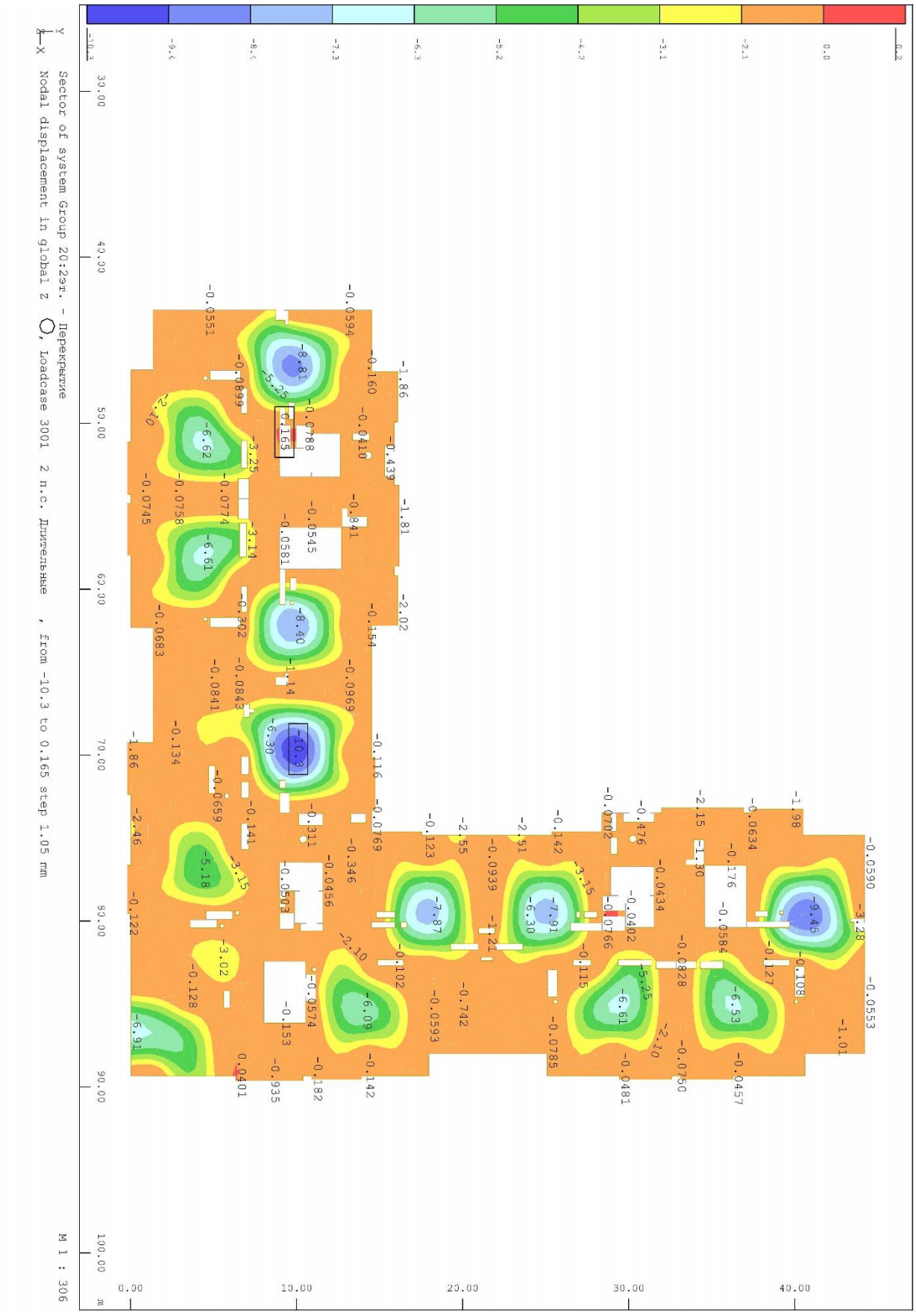


5.5. ПРОГИБЫ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЯ

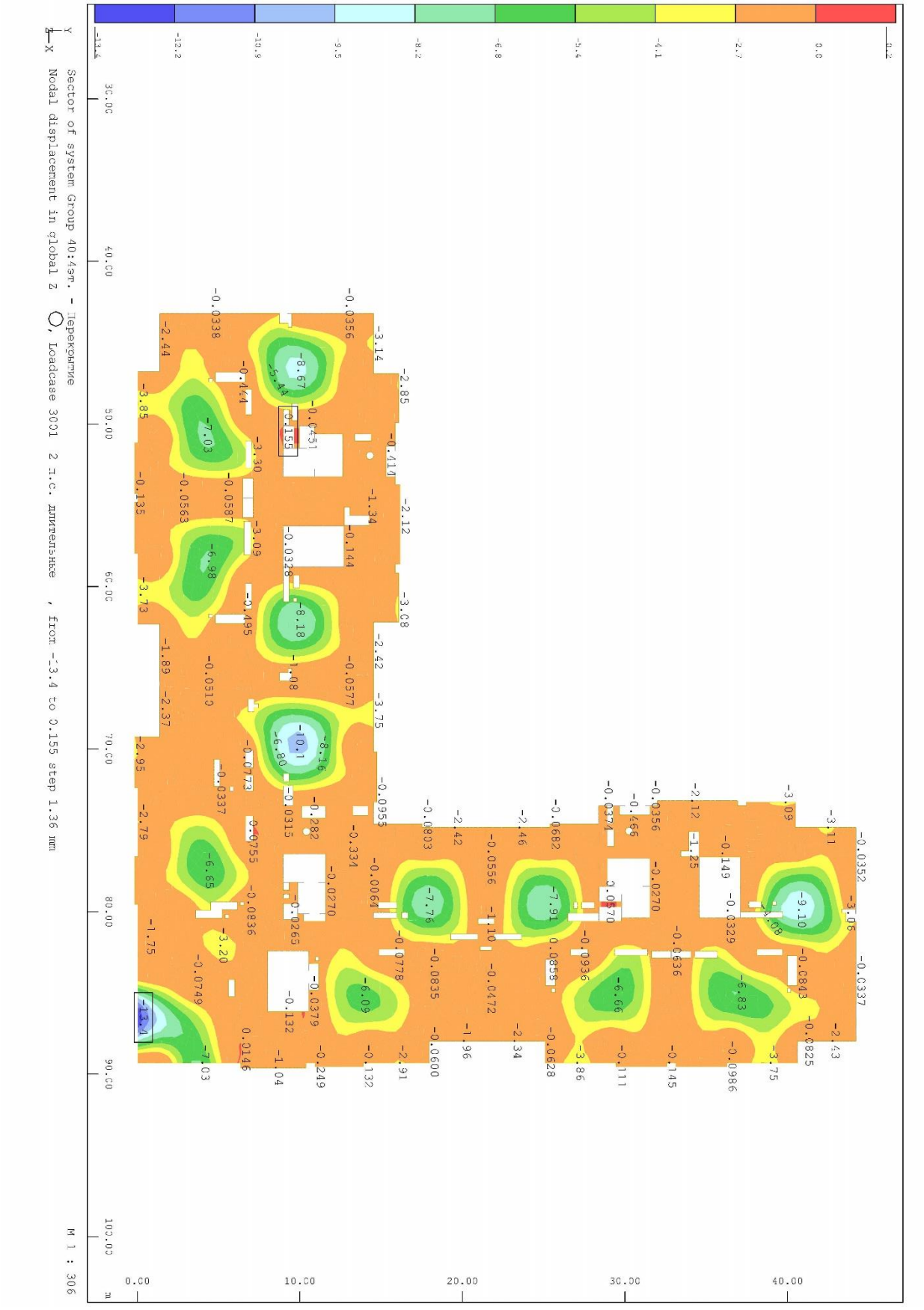
Прогибы плиты перекрытия над -1 этажом, мм



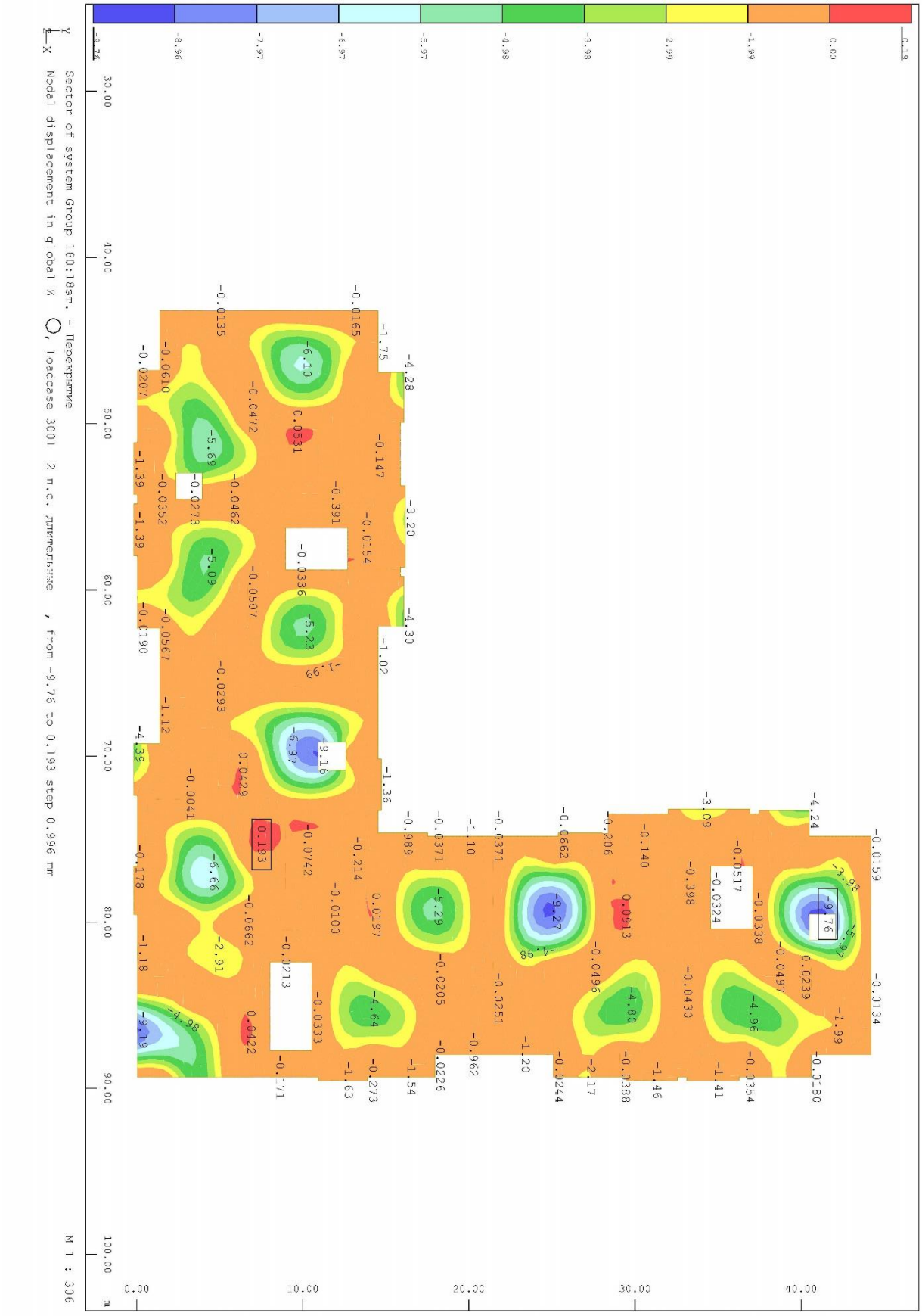
Прогибы плиты перекрытия над 1 этажом, мм



Прогибы плиты перекрытия над типовым этажом, мм

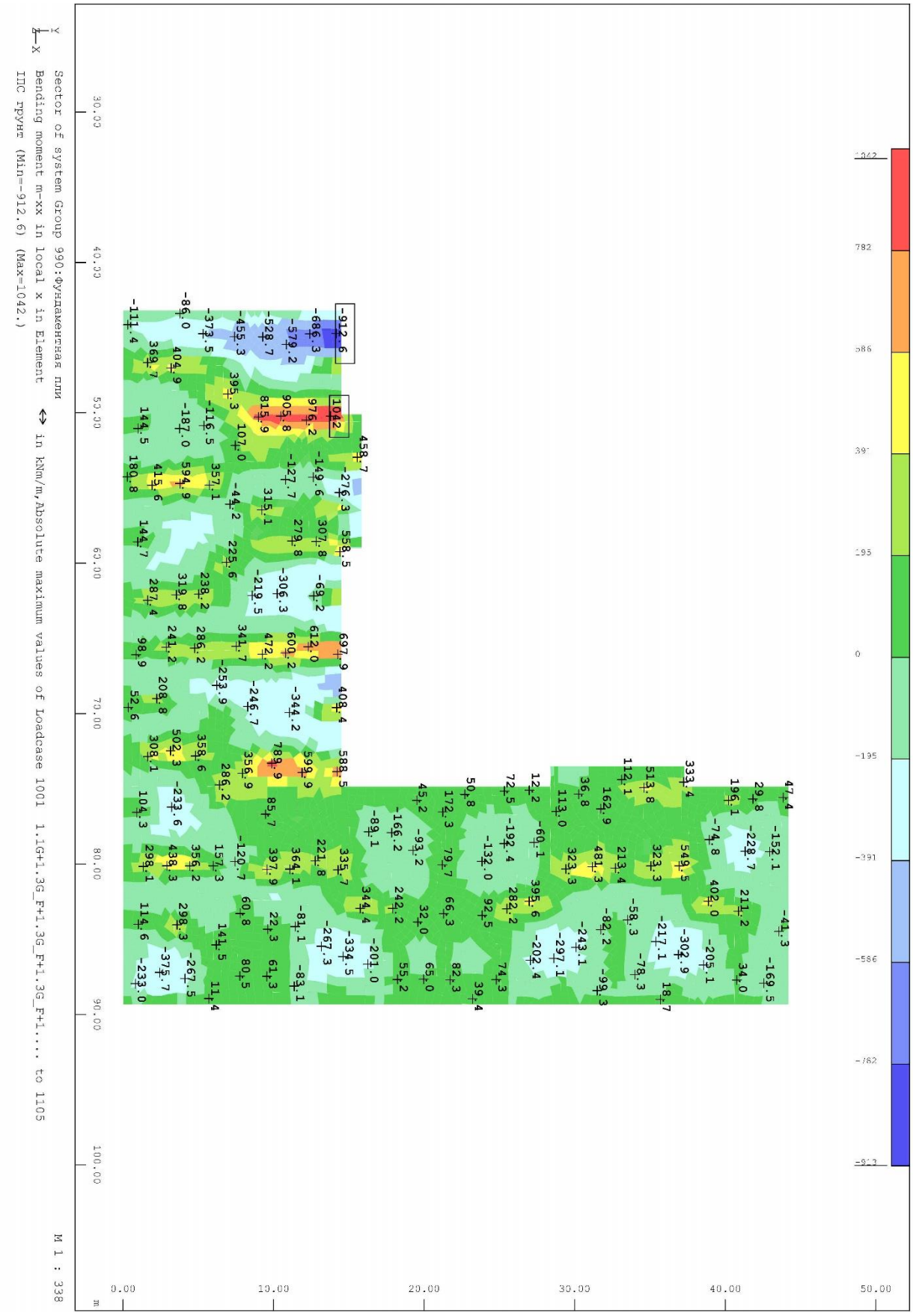


Прогибы плиты покрытия, мм

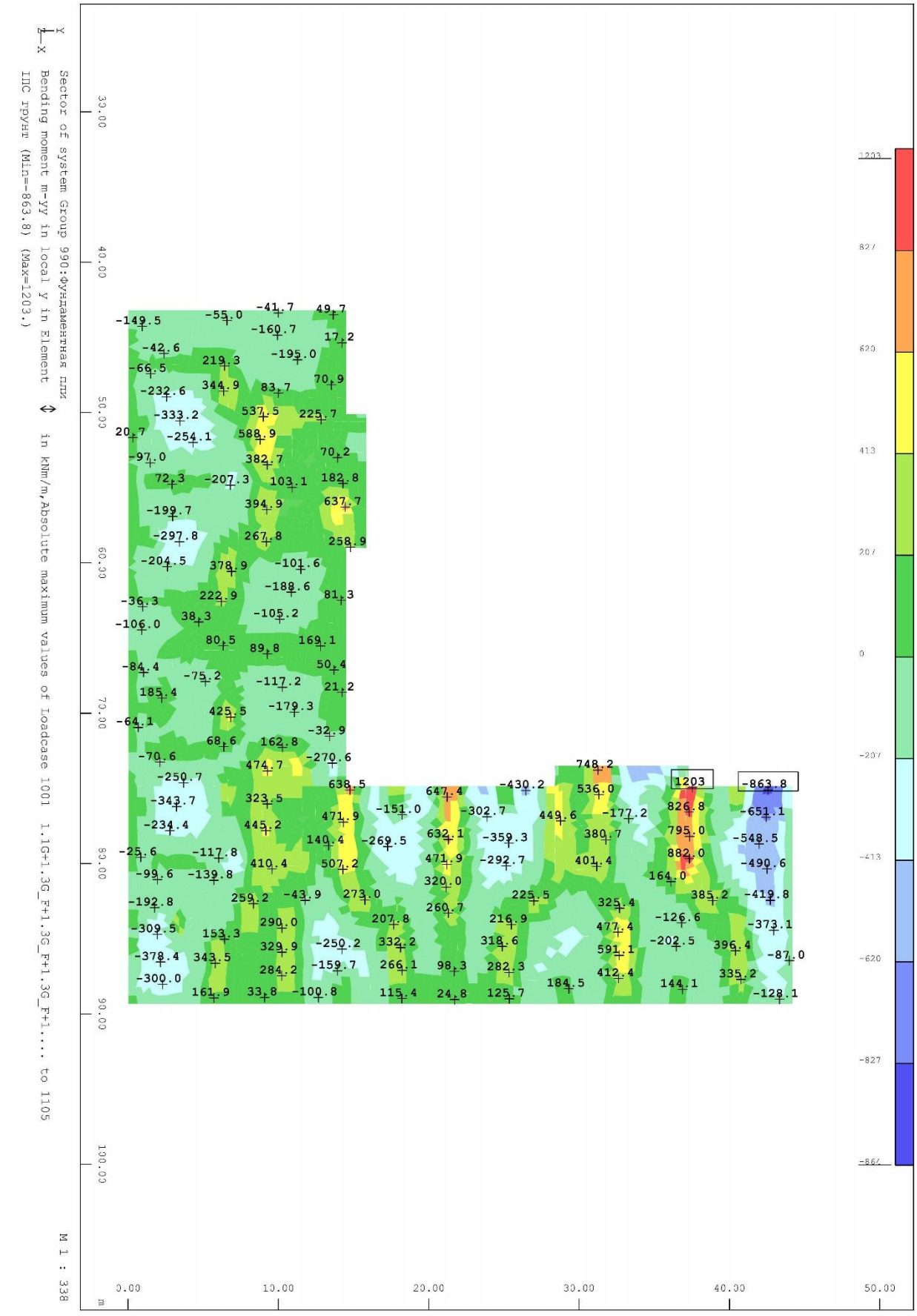


5.6. ФУНДАМЕНТНАЯ ПЛИТА

Момент M_x, кН·м/м

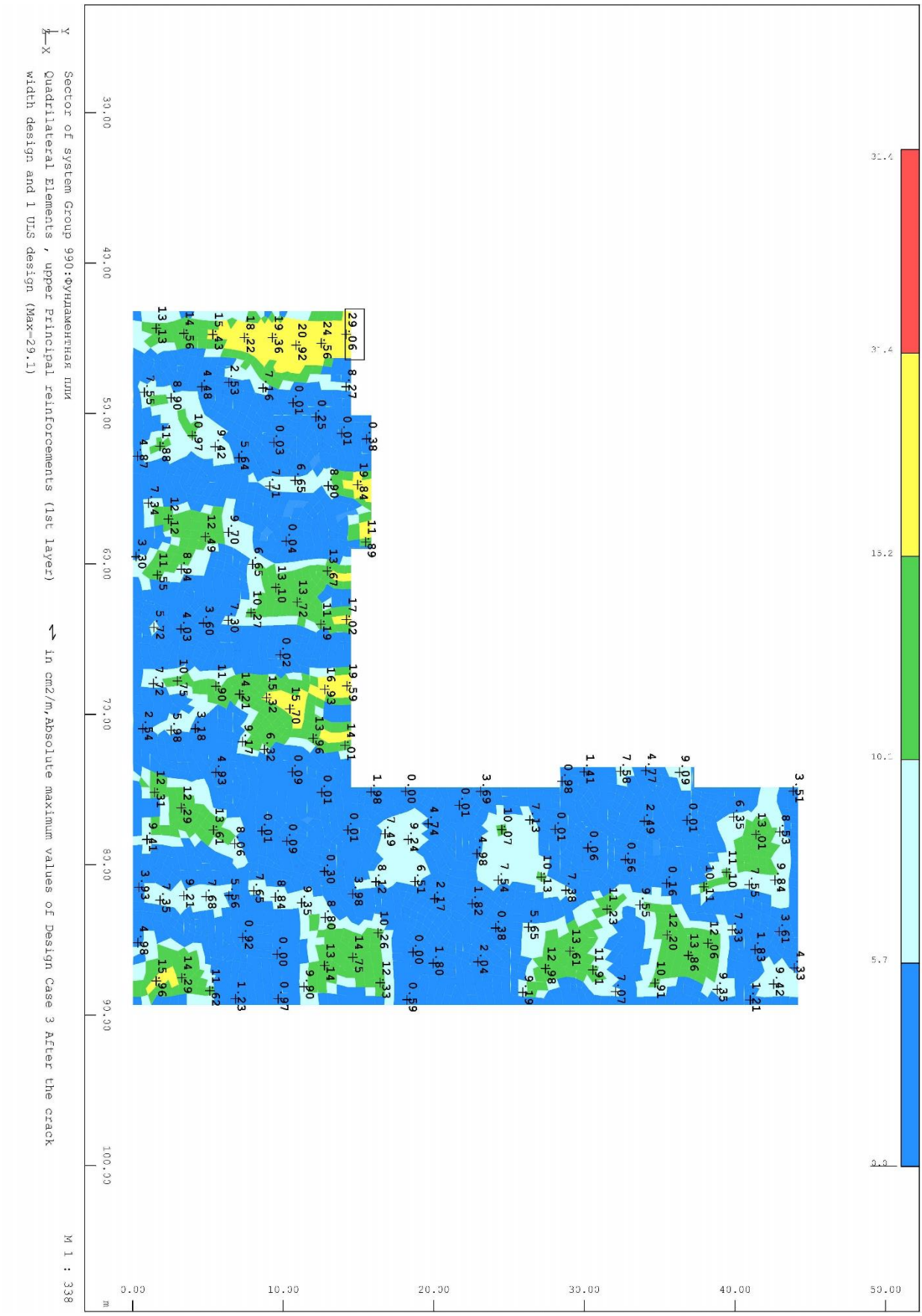


Момент M_y, кН·м/м

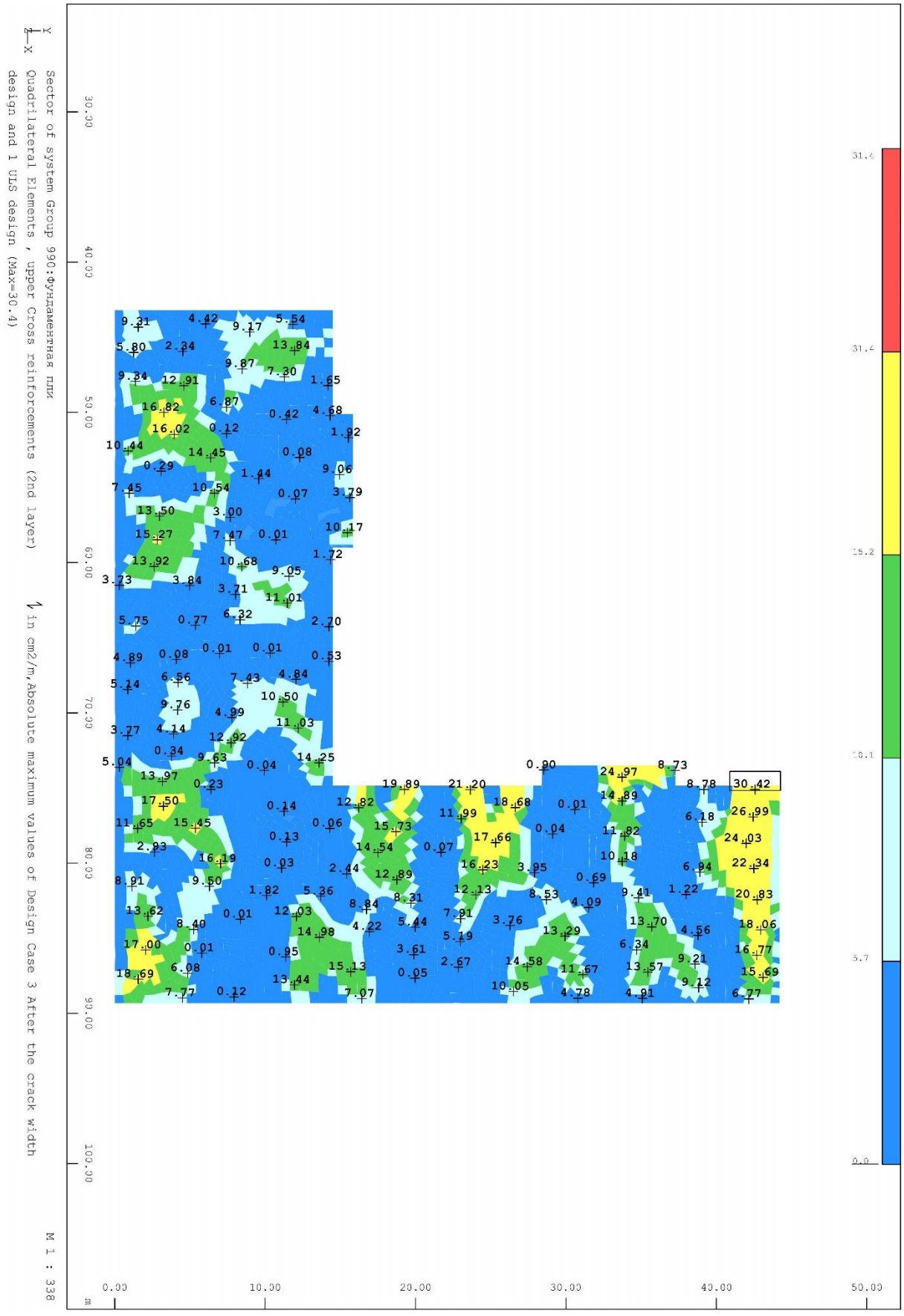


						1190-01-КР.Р4	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		190

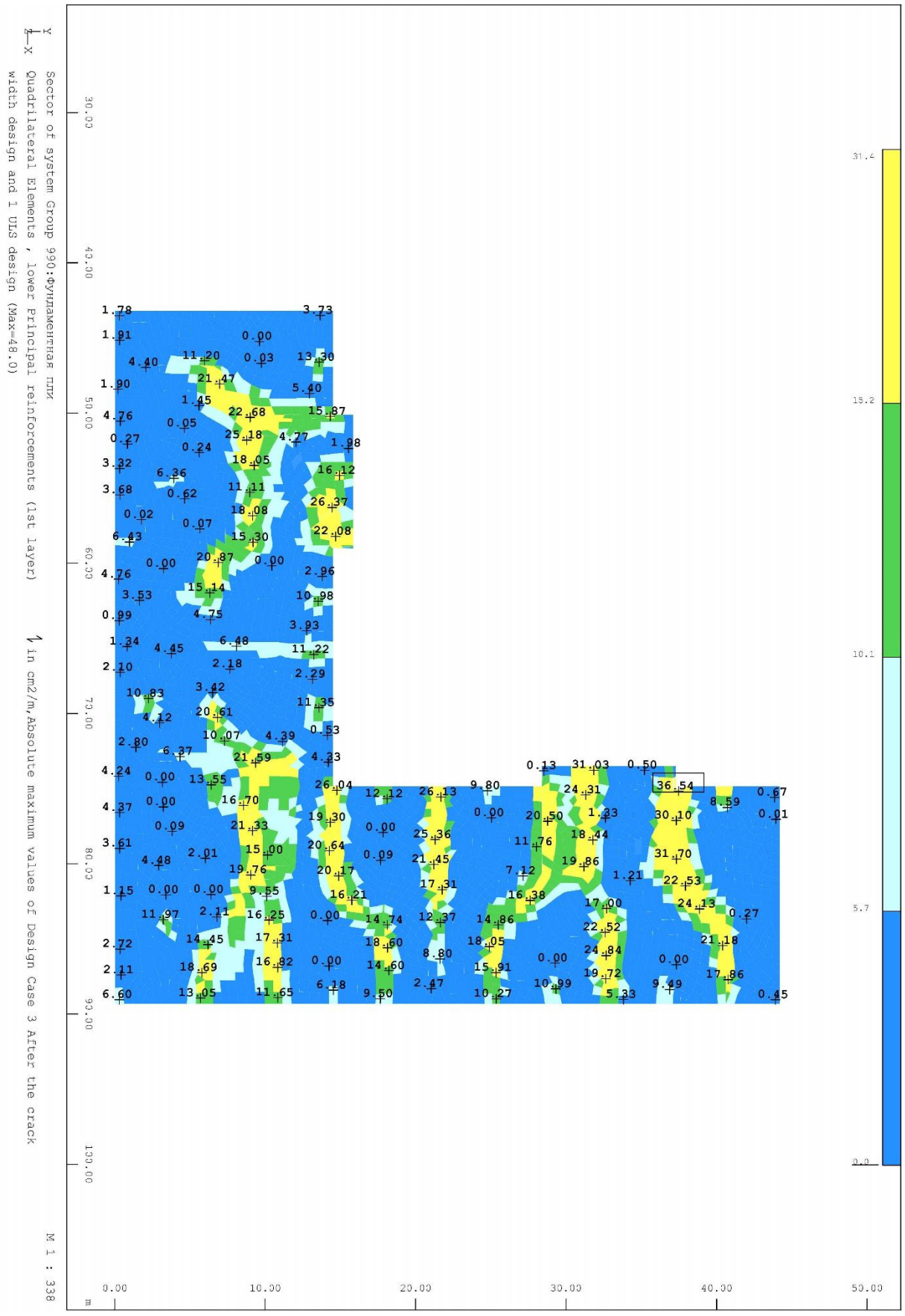
Верхнее армирование по оси X, см^2/м



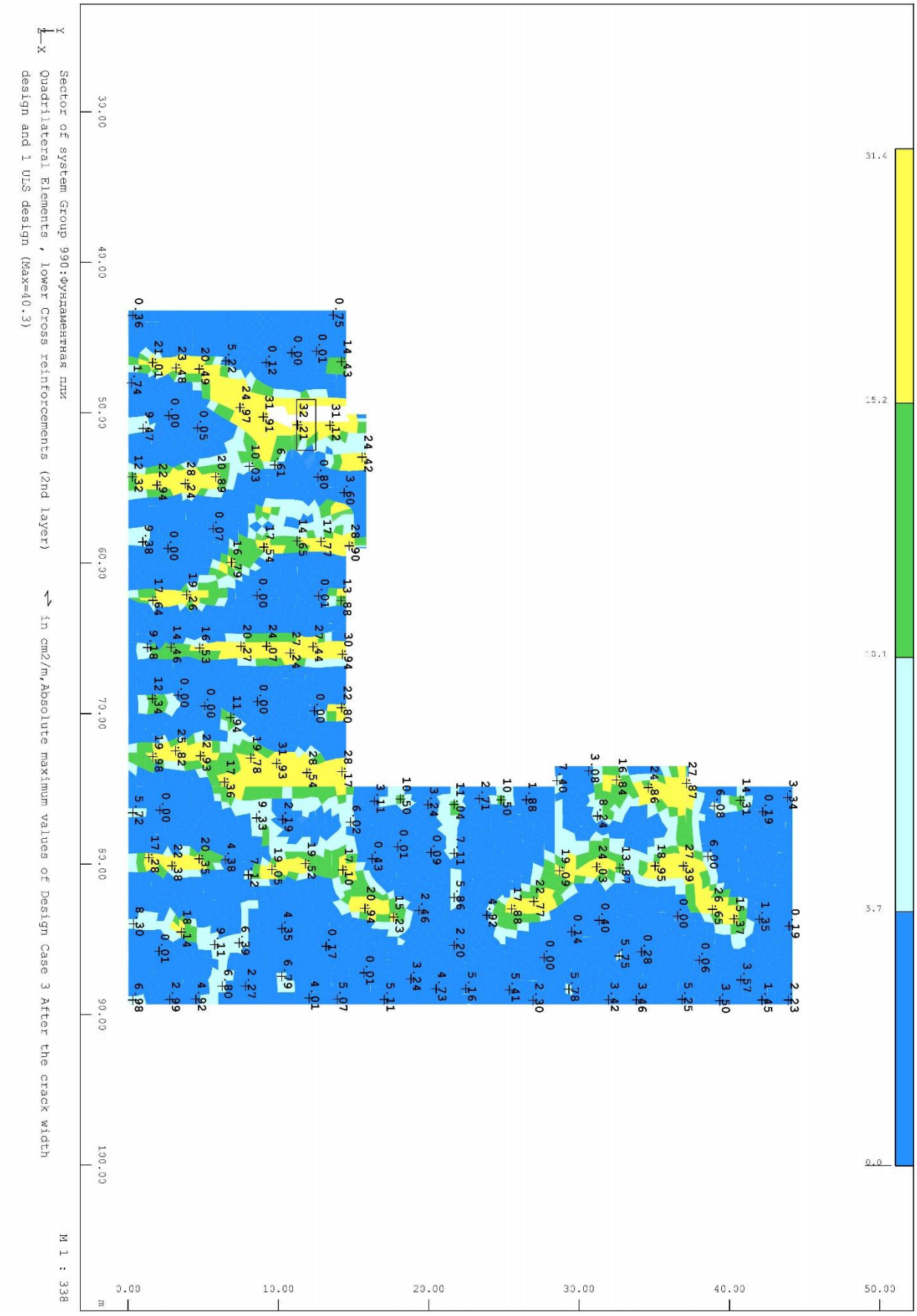
Верхнее армирование по оси Y, см^2/м



Нижнее армирование по оси X, см^2/м



Нижнее армирование по оси Y см^2/м



Проверка армирования фундаментной плиты толщиной 800 мм под опорой

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	156,0	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	10,6	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,9	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h= 800 мм -толщина плиты
a_x= 58 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси X)
a'_x= 54 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси X)
$h_{0,x}$= 742 мм -рабочая высота сечения(по оси X)
a_y= 74 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси Y)
a'_y= 38 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси Y)
$h_{0,y}$= 726 мм -рабочая высота сечения(по оси Y)

Армирование по X:

Растянутая арматура
$d_{s,ф}$= 20 мм -диаметр основной арматуры
$s_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d_{s,д}$= 25 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 15,7 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 24,5 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 40,3 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура
$d'_{s,ф}$= 20 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 15,7 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 15,7 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 7,34 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,10 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 124,8 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 76 тс· м
$M_{дл}$= 67,0 тс· м

M_{crc}= 25,425 тс· м -момент образования трещин
φ_2= 0,5
φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,27 мм -непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$= 0,25 мм -продолжительное раскрытие трещин

Армирование по Y:

Растянутая арматура
$d_{s,ф}$= 20 мм -диаметр основной арматуры
$s_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d_{s,д}$= 25 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 15,7 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 24,5 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 40,3 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура
$d'_{s,ф}$= 20 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 15,7 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 15,7 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 7,34 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,10 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 123,0 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 64 тс· м
$M_{дл}$= 60,0 тс· м

M_{crc}= 25,425 тс· м -момент образования трещин
φ_2= 0,5
φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,22 мм -непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$= 0,21 мм -продолжительное раскрытие трещин

Проверка армирования фундаментной плиты толщиной 800 мм в пролете

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	156,0	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	10,6	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,9	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h= 800 мм -толщина плиты
a_x= 54 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси X)
a'_x= 58 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси X)
$h_{0,x}$= 746 мм -рабочая высота сечения(по оси X)
a_y= 38 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси Y)
a'_y= 74 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси Y)
$h_{0,y}$= 762 мм -рабочая высота сечения(по оси Y)

Армирование по X:

Растянутая арматура
$d_{s,ф}$= 20 мм -диаметр основной арматуры
$s_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d_{s,д}$= 20 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 15,7 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 15,7 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 31,4 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура
$d'_{s,ф}$= 20 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 15,7 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 15,7 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 4,83 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,06 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 98,4 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 68 тс· м
$M_{дл}$= 63,0 тс· м

M_{crc}= 25,28 тс· м -момент образования трещин
φ_2= 0,5
φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,3 мм -непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$= 0,28 мм -продолжительное раскрытие трещин

Армирование по Y:

Растянутая арматура
$d_{s,ф}$= 20 мм -диаметр основной арматуры
$s_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d_{s,д}$= 20 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 15,7 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 15,7 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 31,4 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура
$d'_{s,ф}$= 20 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 15,7 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 15,7 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 4,83 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,06 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 99,6 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

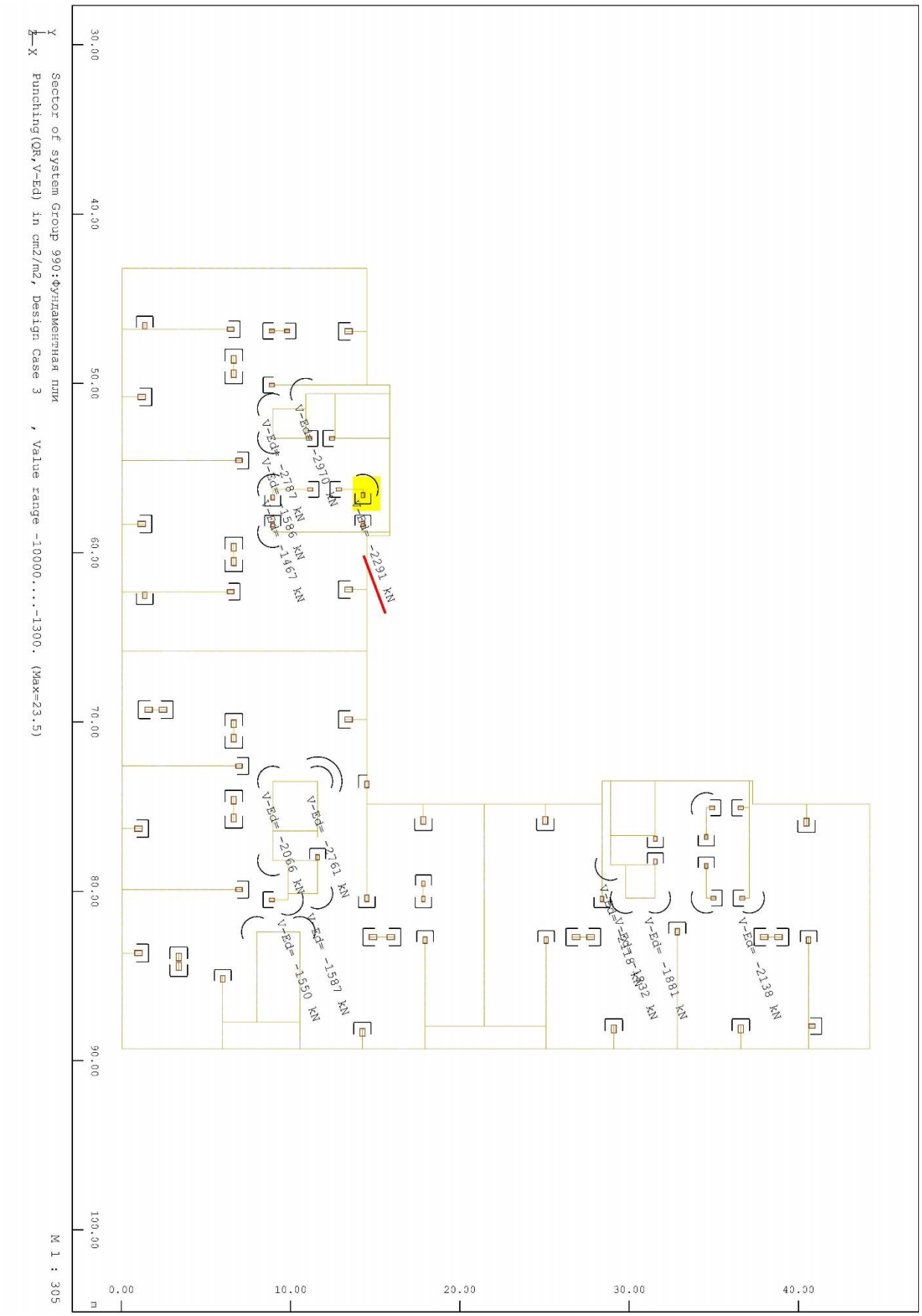
Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 69 тс· м
$M_{дл}$= 65,0 тс· м

M_{crc}= 25,28 тс· м -момент образования трещин
φ_2= 0,5
φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,3 мм -непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$= 0,29 мм -продолжительное раскрытие трещин

Продавливание, кН



						1190-01-КР.Р4	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		197

Фундаментная плита

Сечение колонны

b_1, мм	585
a_1, мм	220
c_x, мм	
c_y, мм	

Сечение плиты

h, мм	800
a_x, мм	60
a_y, мм	80
h_0, мм	730

Нагрузки у граней плиты

	над плитой	под плитой
F_i, т	230	0
M_{xi}, тм	0	0
M_{yi}, тм	5	0
q_i, т/м^2		30

Расчетный контур внутри площади плиты

l_x, м	1,315
l_y, м	0,950
u, м	2,850
x_0, м	
y_0, м	
x, м	
y, м	
e_{0x}, м	
e_{0y}, м	
A_{q1}, м^2	1,249
A_q, м^2	3,436
e_{qx}, м	
e_{qy}, м	

Нагрузки на расчетный контур

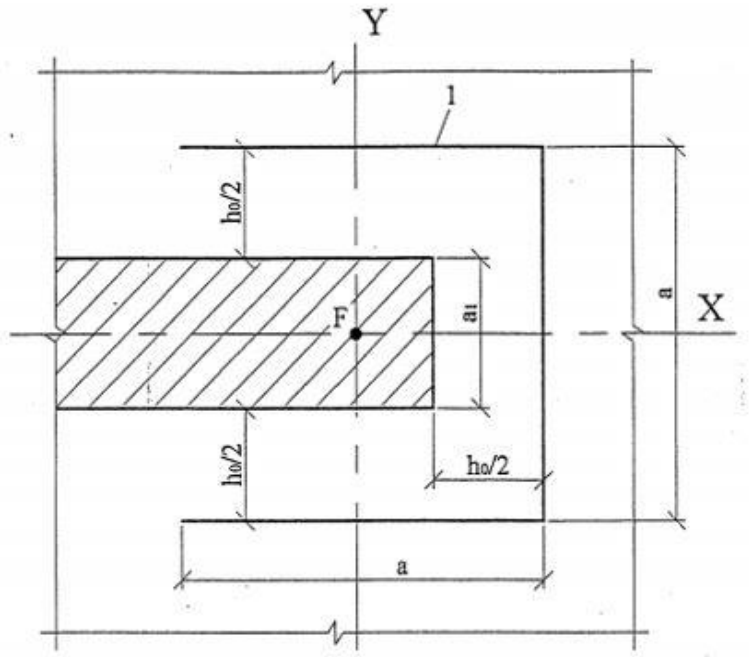
N_{sup}, т	230,000	$M_{x,sup+int}$, тм		$M_{y,sup+int}$, тм	5,000
N_{int}, т		$M_{x,q}$, тм		$M_{y,q}$, тм	
F_{q1}, т	2,158	$0.5 \cdot M_{x,loc}$, тм		$0.5 \cdot M_{y,loc}$, тм	2,500
F_q, т	103,068	$M_{x,F}$, тм		$M_{y,F}$, тм	
F, т	129,090	M_x, тм		M_y, тм	2,500

Несущая способность бетонного сечения без поперечной арматуры

Бетон		I_{bx1}, м^3	0,3790	I_{by1}, м^3	0,1429
Класс	B30	I_{bx2}, м^3	0,8214	I_{by2}, м^3	0,5934
R_{bt}, т/м^2	117	I_{bx}, м^3	1,2004	I_{by}, м^3	0,7363
γ_{b1}	0,9	W^-_{bx}, м^2	1,8257	W^-_{by}, м^2	1,5501
A_b, м^2	2,0805	W^+_{bx}, м^2	1,8257	W^+_{by}, м^2	1,5501
$F_{b,ult}$, т	219,077	$M_{bx,ult}$, тм	140,337	$M_{by,ult}$, тм	119,153
$F/F_{b,ult}$	0,589	$M_x/M_{bx,ult}$		$M_y/M_{by,ult}$	0,021

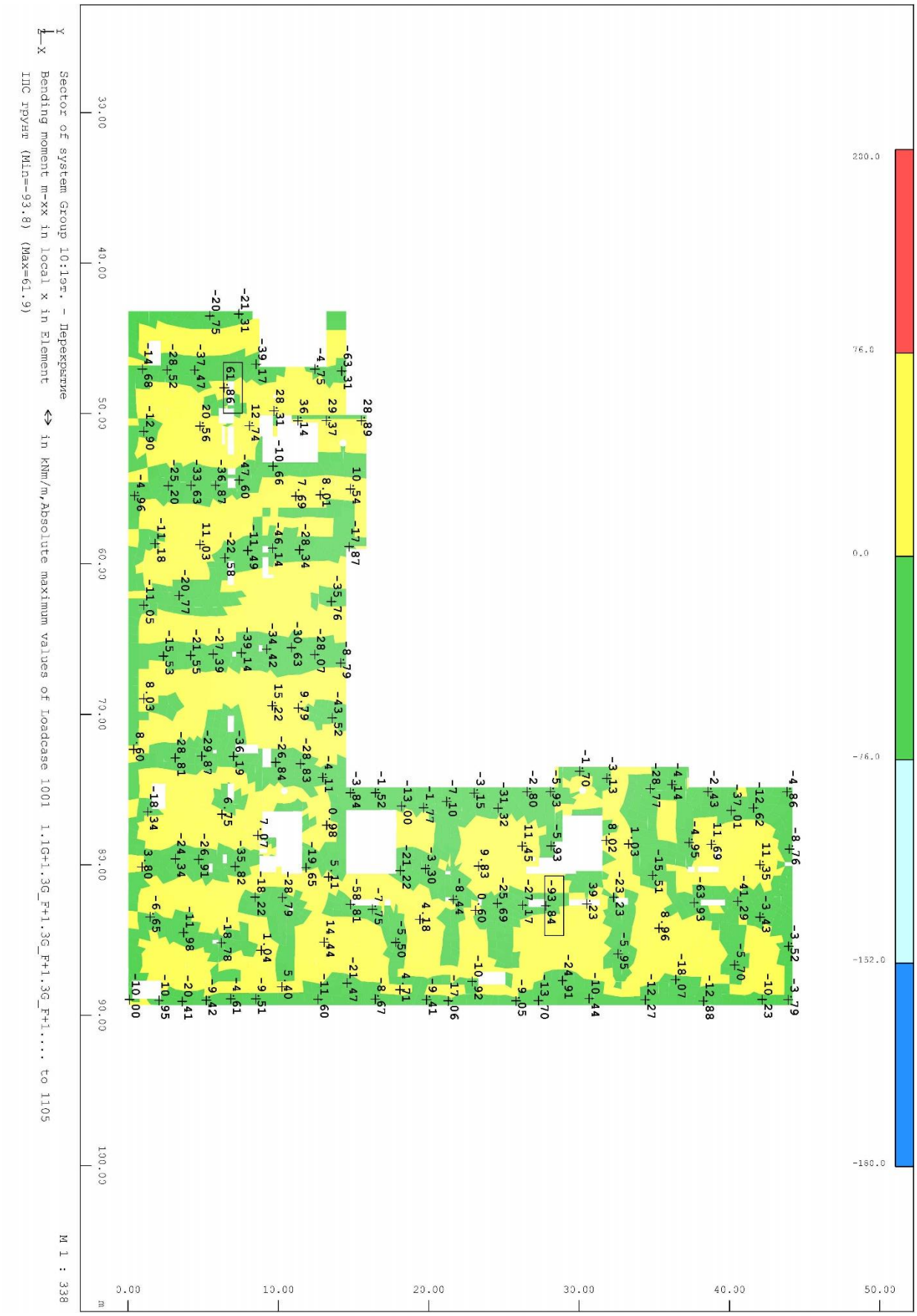
0.610 < 1 Условие прочности выполнено. Прочность обеспечена.

В установке поперечной арматуры нет необходимости.

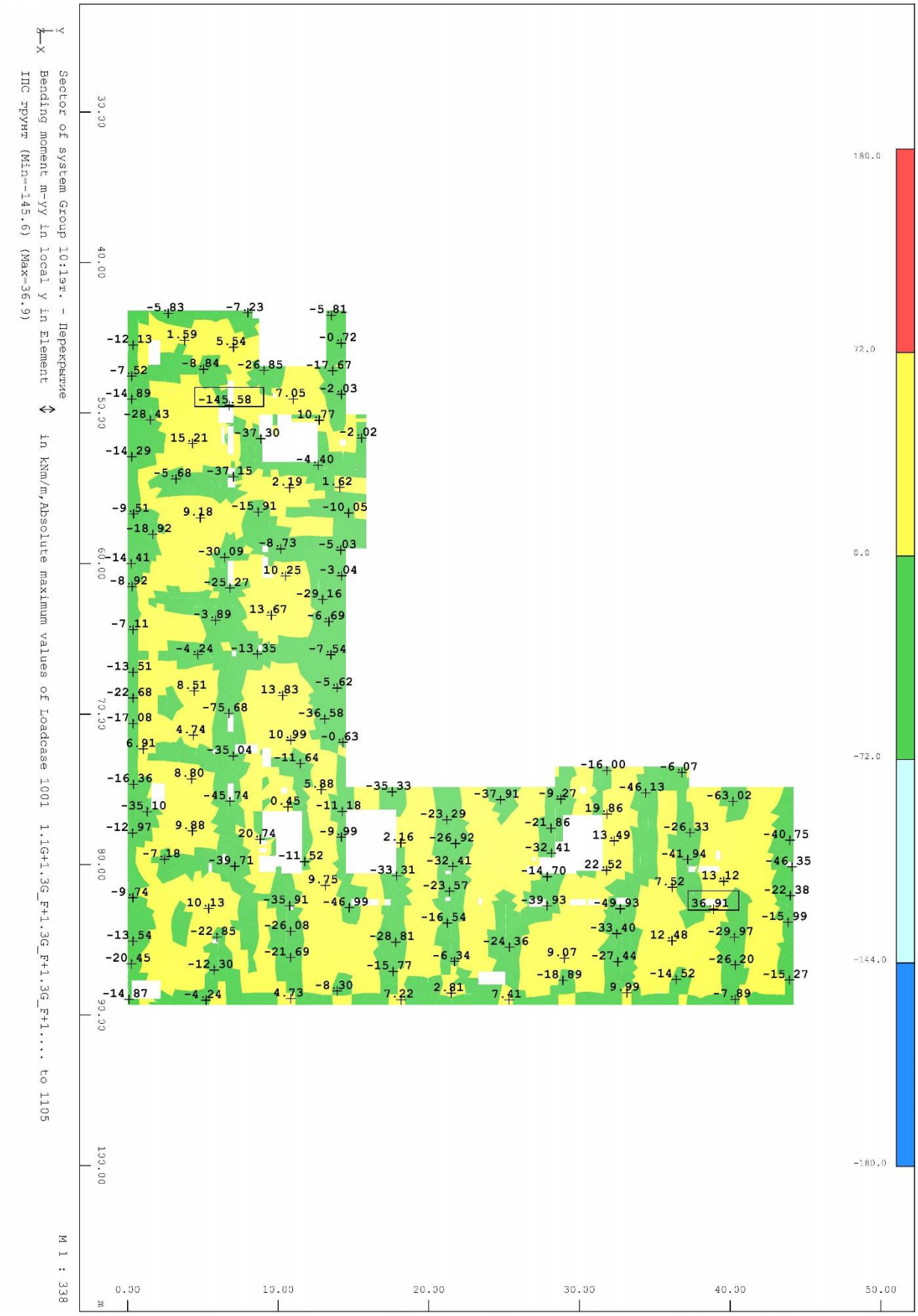


5.7. ПЛИТА ПЕРЕКРЫТИЯ НАД -1 ЭТАЖОМ

Момент M_x, кН·м/м

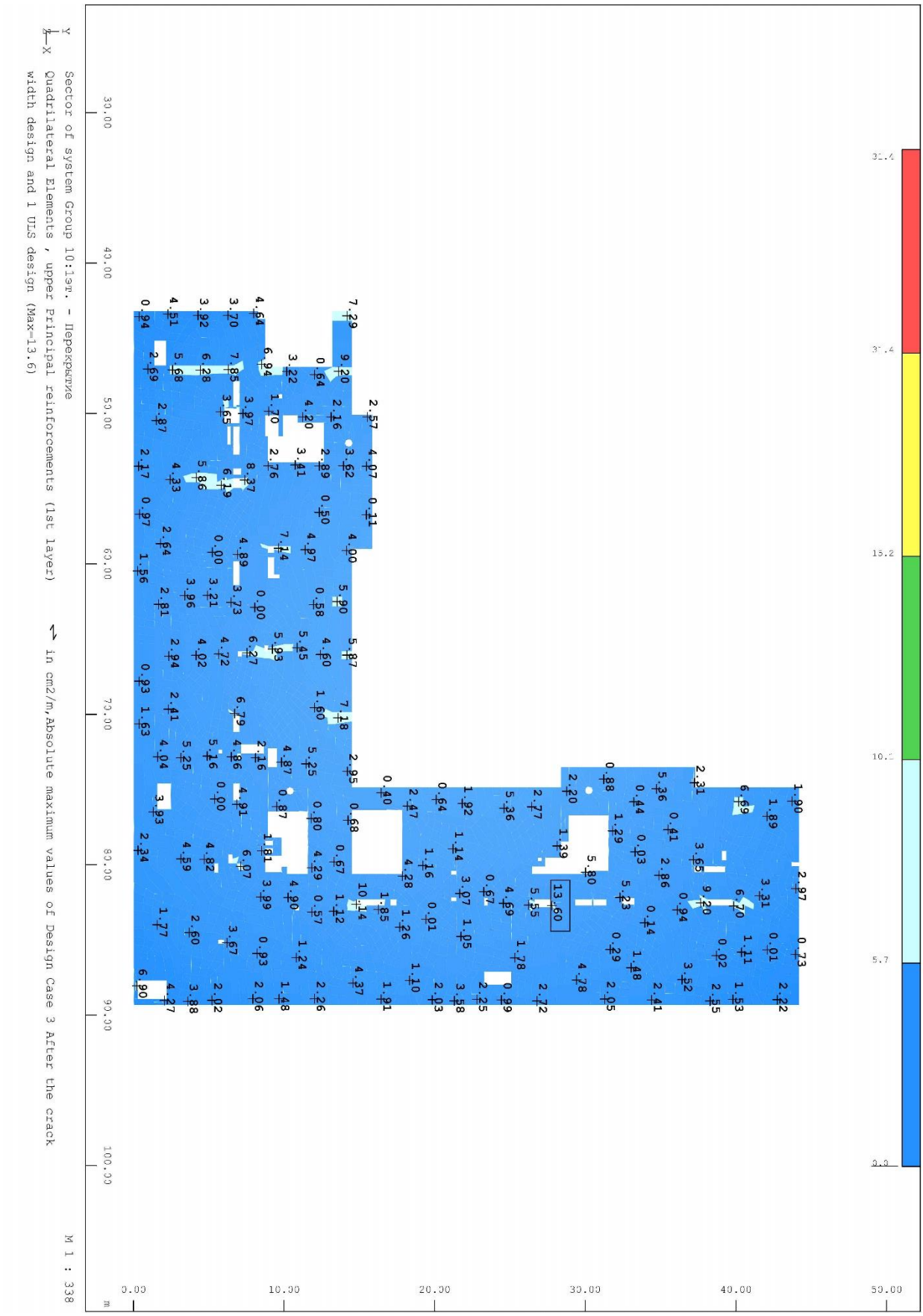


Момент M_y, кН·м/м



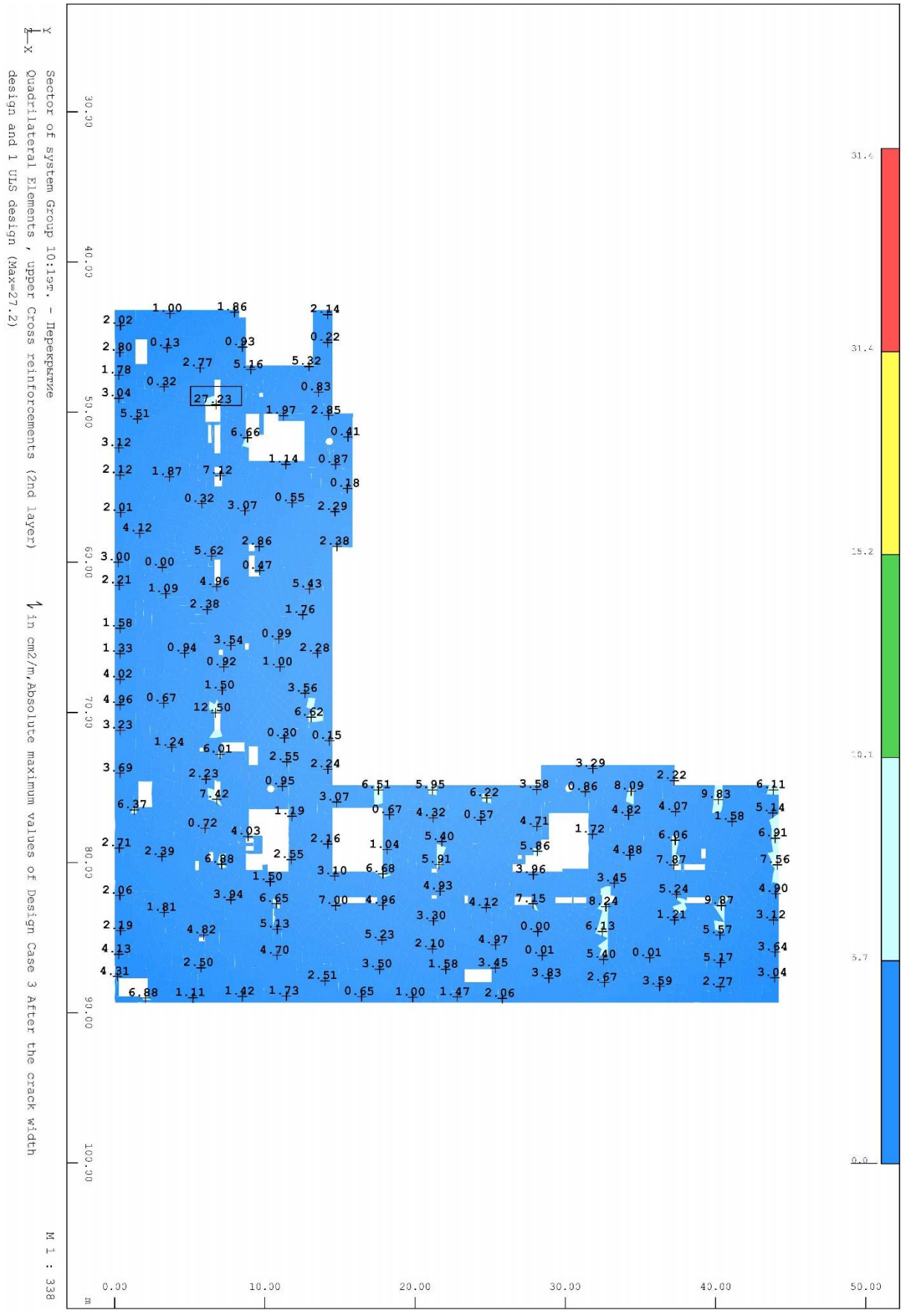
						1190-01-КР.Р4	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		200

Верхнее армирование по оси X, см^2/м



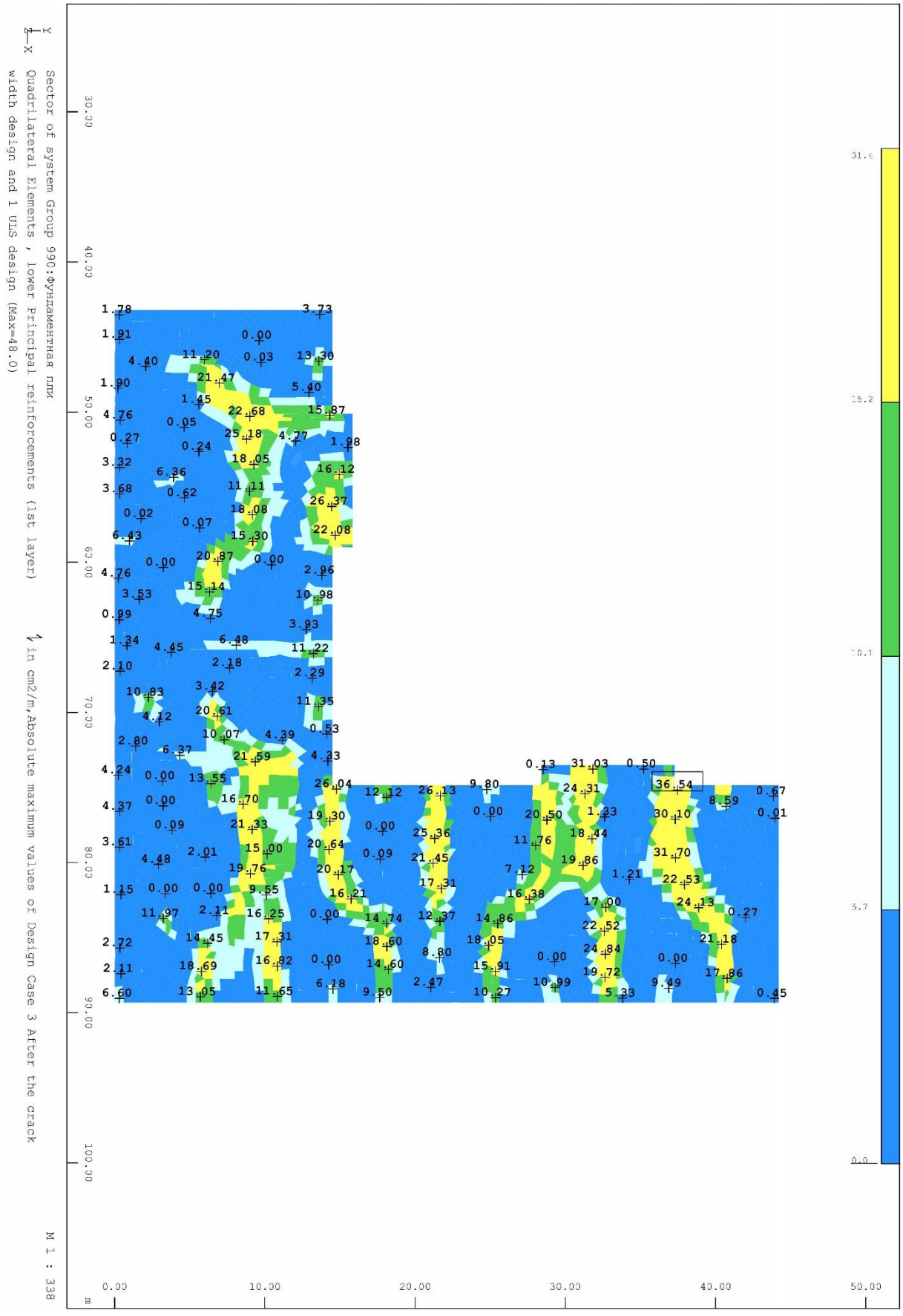
						1190-01-КР.Р4	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		201

Верхнее армирование по оси Y, см^2/м

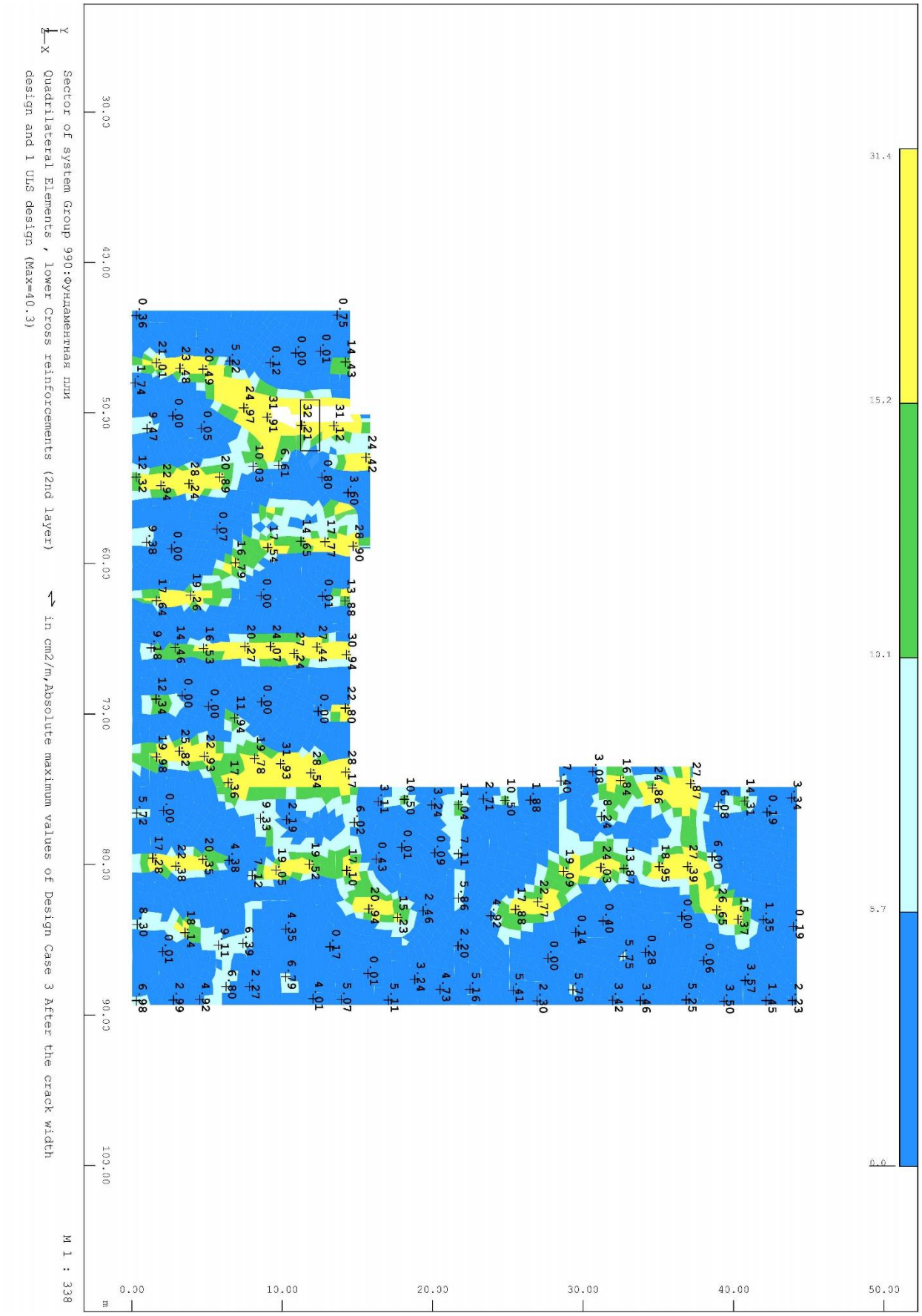


Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата	1190-01-КР.Р4	Лист 202

Нижнее армирование по оси X, см^2/м



Нижнее армирование по оси Y см^2/м



						1190-01-КР.Р4	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		204

Проверка армирования плиты над -1 этажом толщиной 220 мм на опоре

Класс бетона: B30 — Класс арматуры: A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	156,0	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	10,6	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,9	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h= 220 мм -толщина плиты
a_x= 40 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси X)
a'_x= 30 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси X)
$h_{0,x}$= 180 мм -рабочая высота сечения(по оси X)
a_y= 40 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси Y)
a'_y= 50 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси Y)
$h_{0,y}$= 180 мм -рабочая высота сечения(по оси Y)

Армирование по X:

Растянутая арматура
$d_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d_{s,д}$= 12 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 5,65 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 9,58 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура
$d'_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 3,93 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,7 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,09 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 6,9 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 3,5 тс· м
$M_{дл}$= 3,2 тс· м

M_{crc}= 1,9011 тс· м -момент образования трещин
φ_2= 0,5
φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,17 мм -непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$= 0,16 мм -продолжительное раскрытие трещин

Армирование по Y:

Растянутая арматура
$d_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d_{s,д}$= 12 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 5,65 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 9,58 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура
$d'_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 3,93 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,7 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,09 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 6,6 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 3,1 тс· м
$M_{дл}$= 2,6 тс· м

M_{crc}= 1,9011 тс· м -момент образования трещин
φ_2= 0,5
φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,13 мм -непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$= 0,12 мм -продолжительное раскрытие трещин

Проверка армирования плиты над -1 этажом толщиной 220 мм в пролете

Класс бетона: B30 Класс арматуры: A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	156,0	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	10,6	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,9	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h=	220	мм	-толщина плиты
a_x=	30	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси X)
a'_x=	40	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси X)
$h_{0,x}$=	190	мм	-рабочая высота сечения(по оси X)
a_y=	50	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси Y)
a'_y=	40	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси Y)
$h_{0,y}$=	170	мм	-рабочая высота сечения(по оси Y)

Армирование по X:

Растянутая арматура

$d_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d_{s,д}$=	12	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	5,65	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	9,58	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s'_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$=	0	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	3,93	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,7 см -высота сжатой зоны бетона

ξ= 0,09 -относительная высота сжатой зоны бетона

M_{ult}= 7,2 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 5 тс· м

$M_{дл}$= 4,1 тс· м

M_{crc}= 1,9079 тс· м -момент образования трещин

φ_2= 0,5

φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,28 мм -непродолжительное раскрытие трещин

$a_{длит}$= 0,24 мм -продолжительное раскрытие трещин

Армирование по Y:

Растянутая арматура

$d_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d_{s,д}$=	10	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	3,93	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	7,85	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s'_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$=	0	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	3,93	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,21 см -высота сжатой зоны бетона

ξ= 0,07 -относительная высота сжатой зоны бетона

M_{ult}= 5,2 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 2,6 тс· м

$M_{дл}$= 2,4 тс· м

M_{crc}= 1,9079 тс· м -момент образования трещин

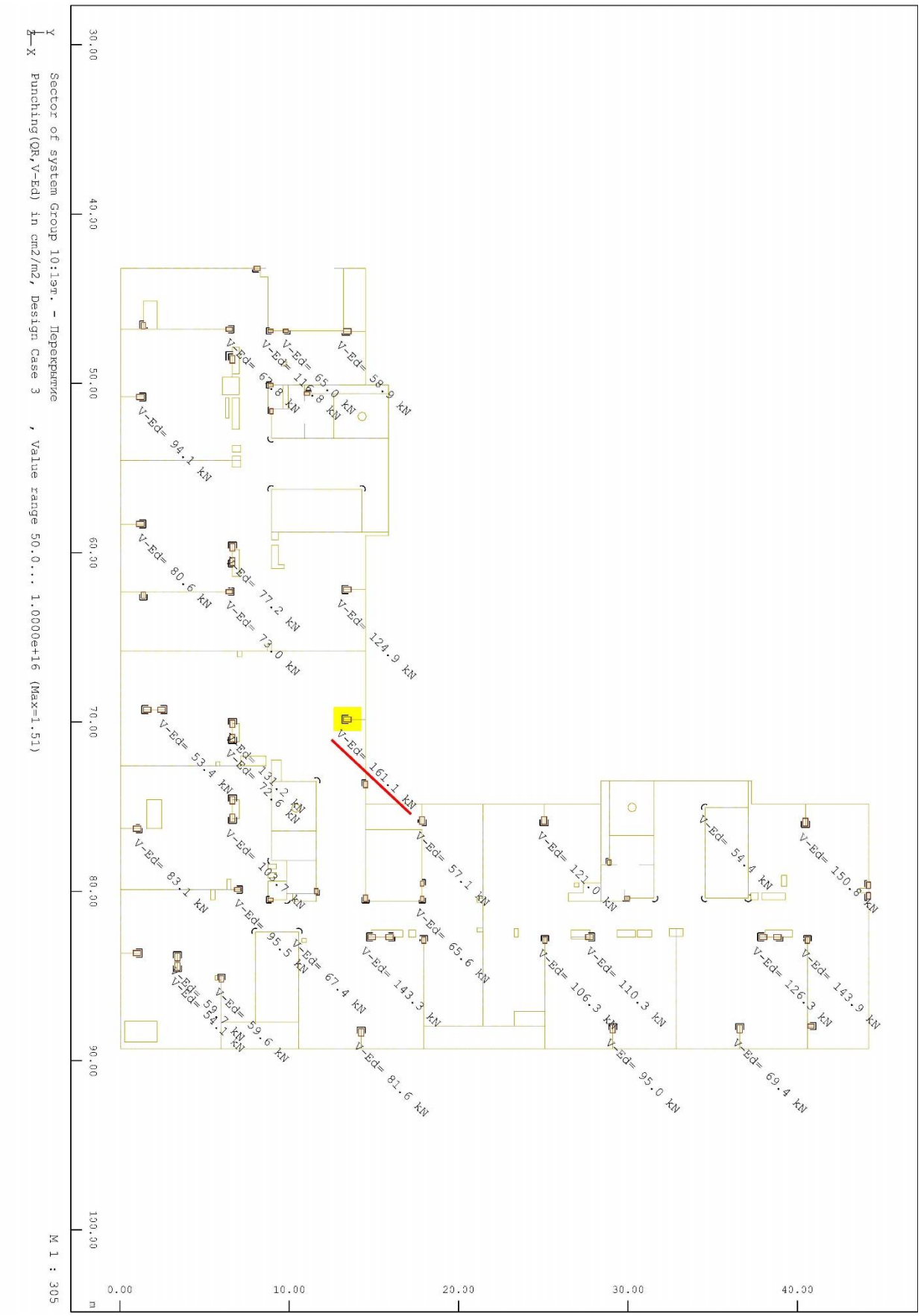
φ_2= 0,5

φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,12 мм -непродолжительное раскрытие трещин

$a_{длит}$= 0,11 мм -продолжительное раскрытие трещин

Продавливание, кН



						1190-01-КР.Р4	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		207

Плита перекрытия

Сечение колонны

b_1, мм	342,5
a_1, мм	250
c_x, мм	
c_y, мм	

Сечение плиты

h, мм	220
a_x, мм	30
a_y, мм	40
h_0, мм	185

Нагрузки у граней плиты

	над плитой	под плитой
F_i, т	452	468
M_{xi}, тм	0	0
M_{yi}, тм	-2	3
q_i, т/м^2	0	

Расчетный контур внутри площади плиты

l_x, м	0,528
l_y, м	0,435
u, м	1,305
x_0, м	
y_0, м	
x, м	
y, м	
e_{0x}, м	
e_{0y}, м	
A_{ql}, м^2	0,229
A_q, м^2	0,356
e_{qx}, м	
e_{qy}, м	

Нагрузки на расчетный контур

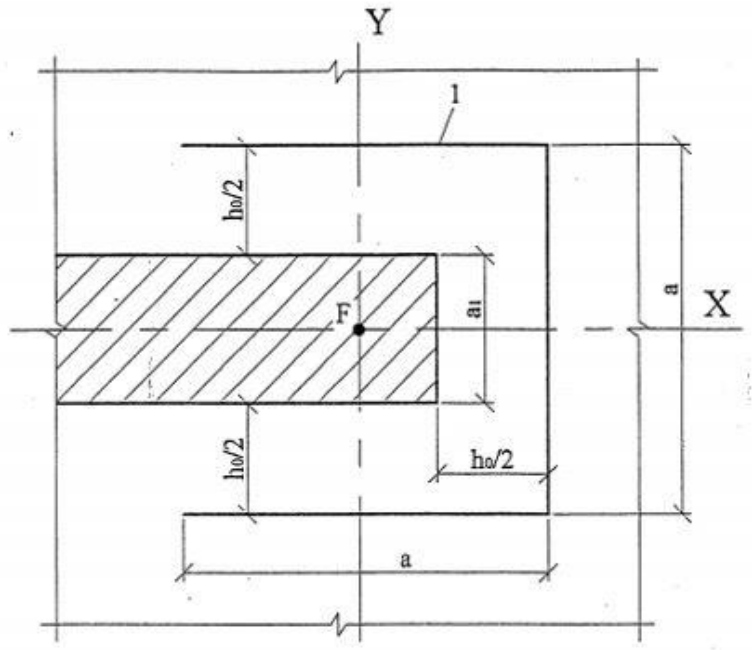
N_{sup}, т	452,000	$M_{x,sup+int}$, тм		$M_{y,sup+int}$, тм	1,000
N_{int}, т	468,000	$M_{x,q}$, тм		$M_{y,q}$, тм	
F_{ql}, т	0,219	$0.5 \cdot M_{x,loc}$, тм		$0.5 \cdot M_{y,loc}$, тм	0,500
F_q, т		$M_{x,F}$, тм		$M_{y,F}$, тм	
F, т	15,781	M_x, тм		M_y, тм	0,500

Несущая способность бетонного сечения без поперечной арматуры

Бетон		I_{bx1}, м^3	0,0245	I_{by1}, м^3	0,0137
Класс	B30	I_{bx2}, м^3	0,0605	I_{by2}, м^3	0,0499
R_{bt}, т/м^2	117	I_{bx}, м^3	0,0850	I_{by}, м^3	0,0636
γ_{b1}	0,9	W^-_{bx}, м^2	0,3222	W^-_{by}, м^2	0,2925
A_b, м^2	0,2414	W^+_{bx}, м^2	0,3222	W^+_{by}, м^2	0,2925
$F_{b,ult}$, т	25,422	$M_{bx,ult}$, тм	6,277	$M_{by,ult}$, тм	5,699
$F/F_{b,ult}$	0,621	$M_x/M_{bx,ult}$		$M_y/M_{by,ult}$	0,088

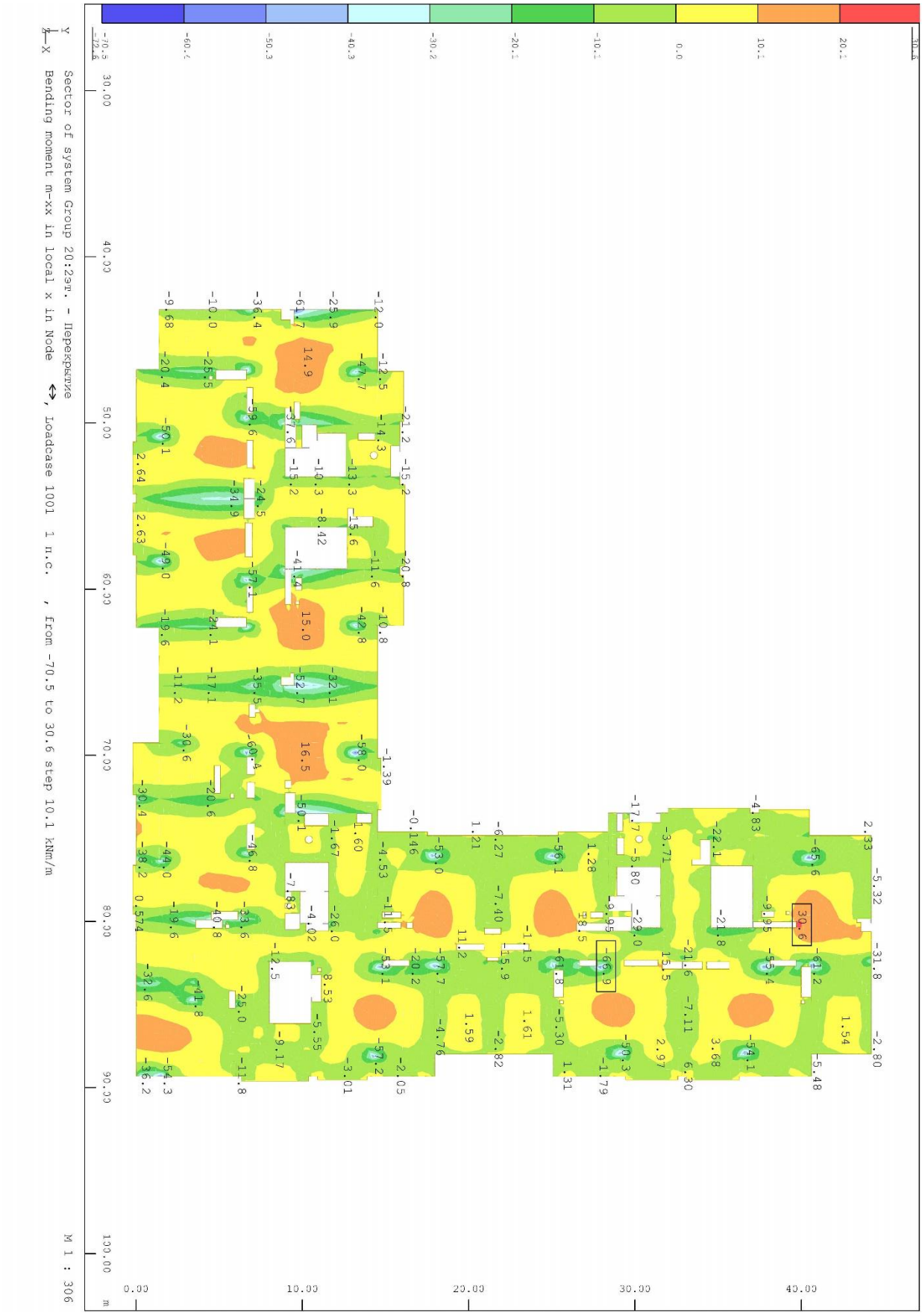
0,708 < 1 Условие прочности выполнено. Прочность обеспечена.

В установке поперечной арматуры нет необходимости.

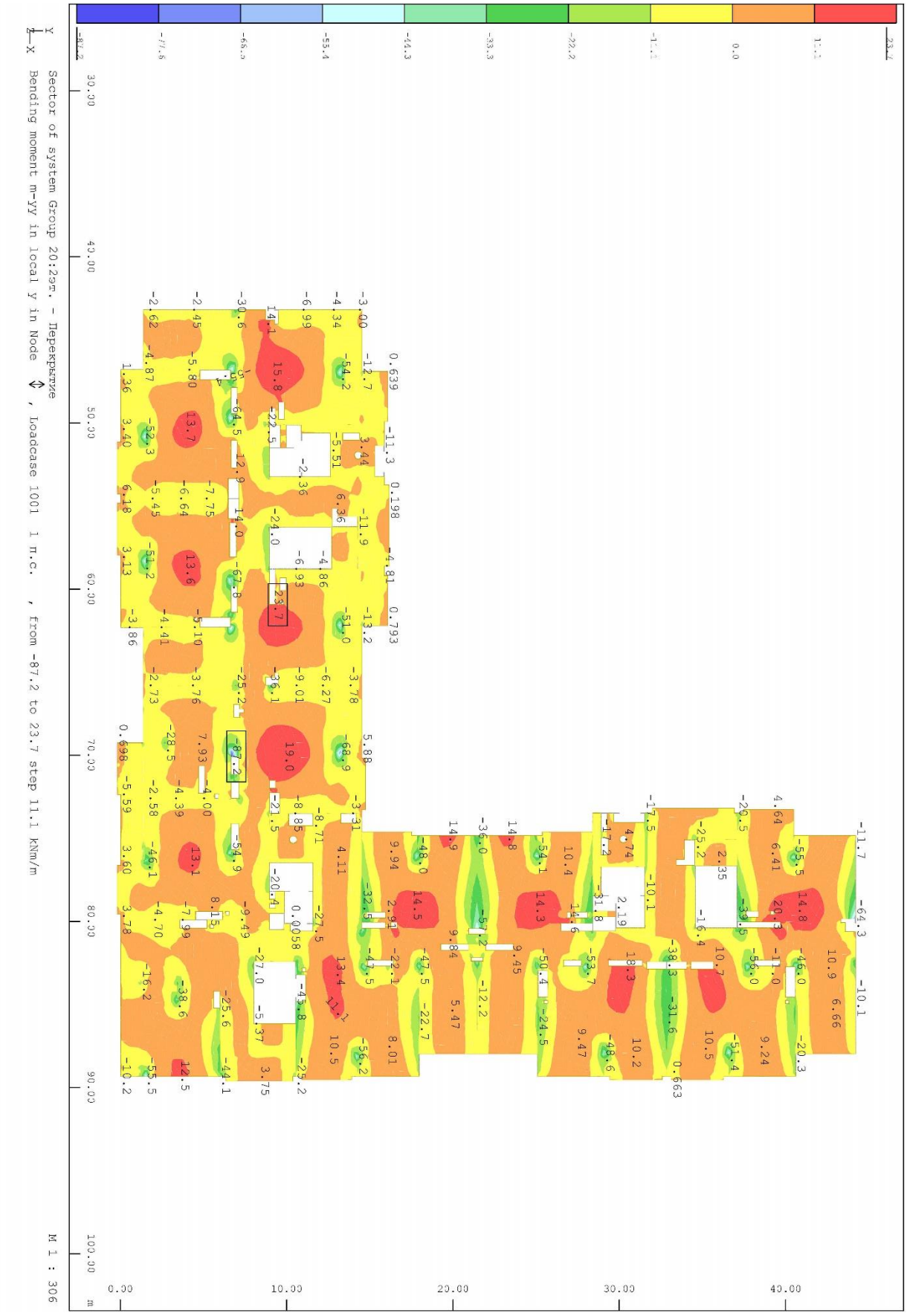


5.8. ПЛИТА ПЕРЕКРЫТИЯ НАД 1 ЭТАЖОМ

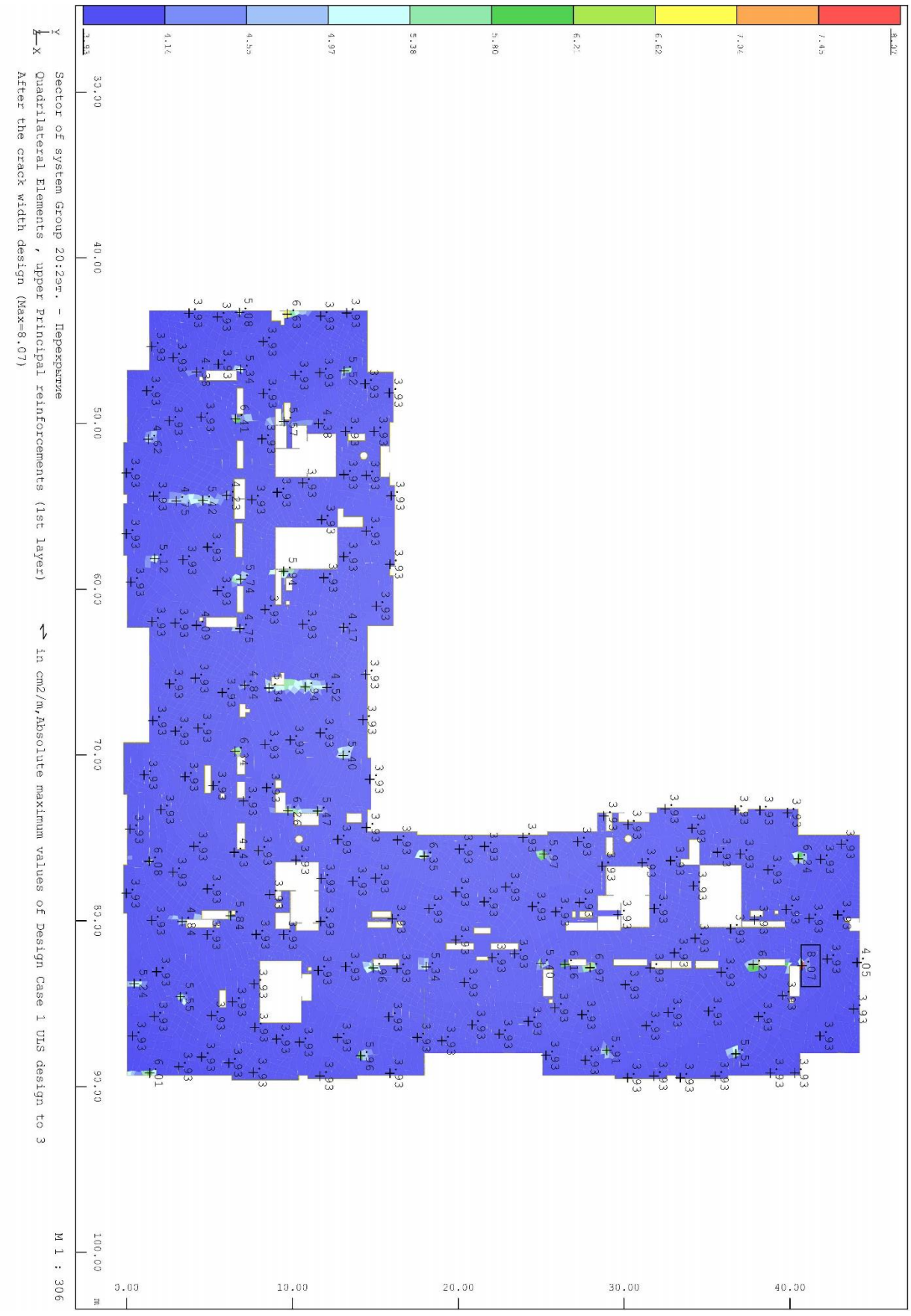
Момент M_x, кН·м/м



Момент M_y, кН·м/м

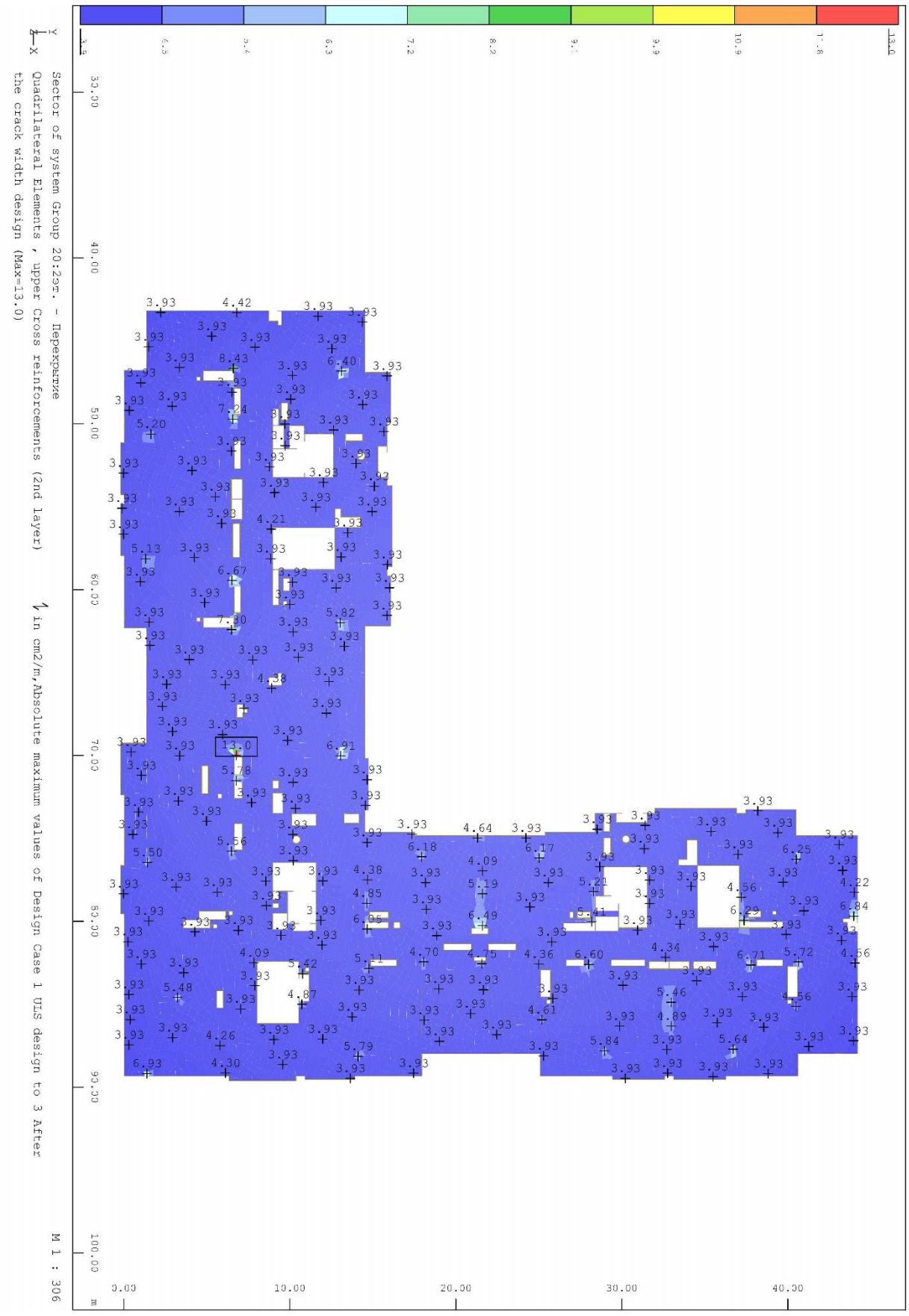


Верхнее армирование по оси X, см^2/м



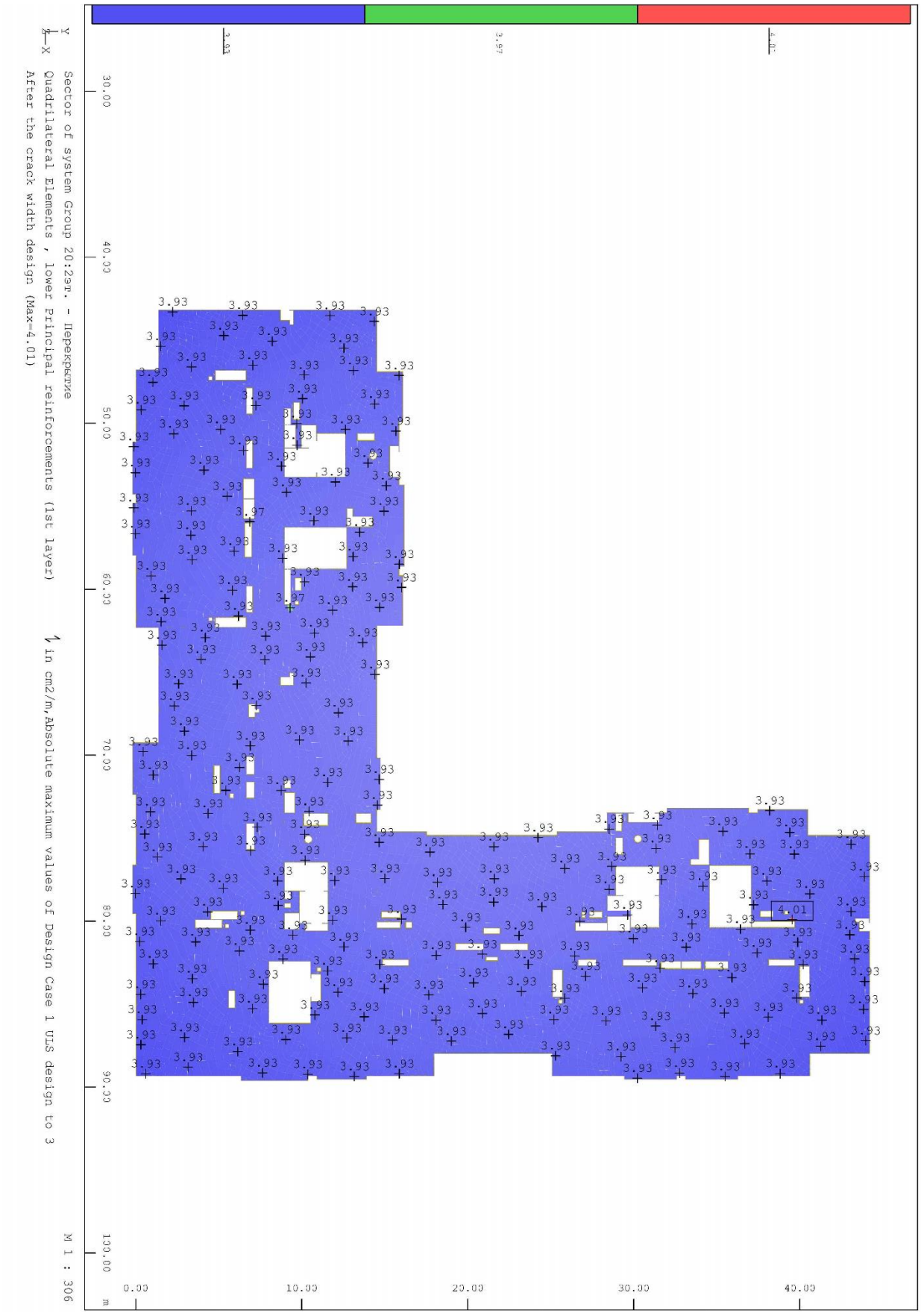
							Лист
						1190-01-КР.Р4	211
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		

Верхнее армирование по оси Y, см^2/м



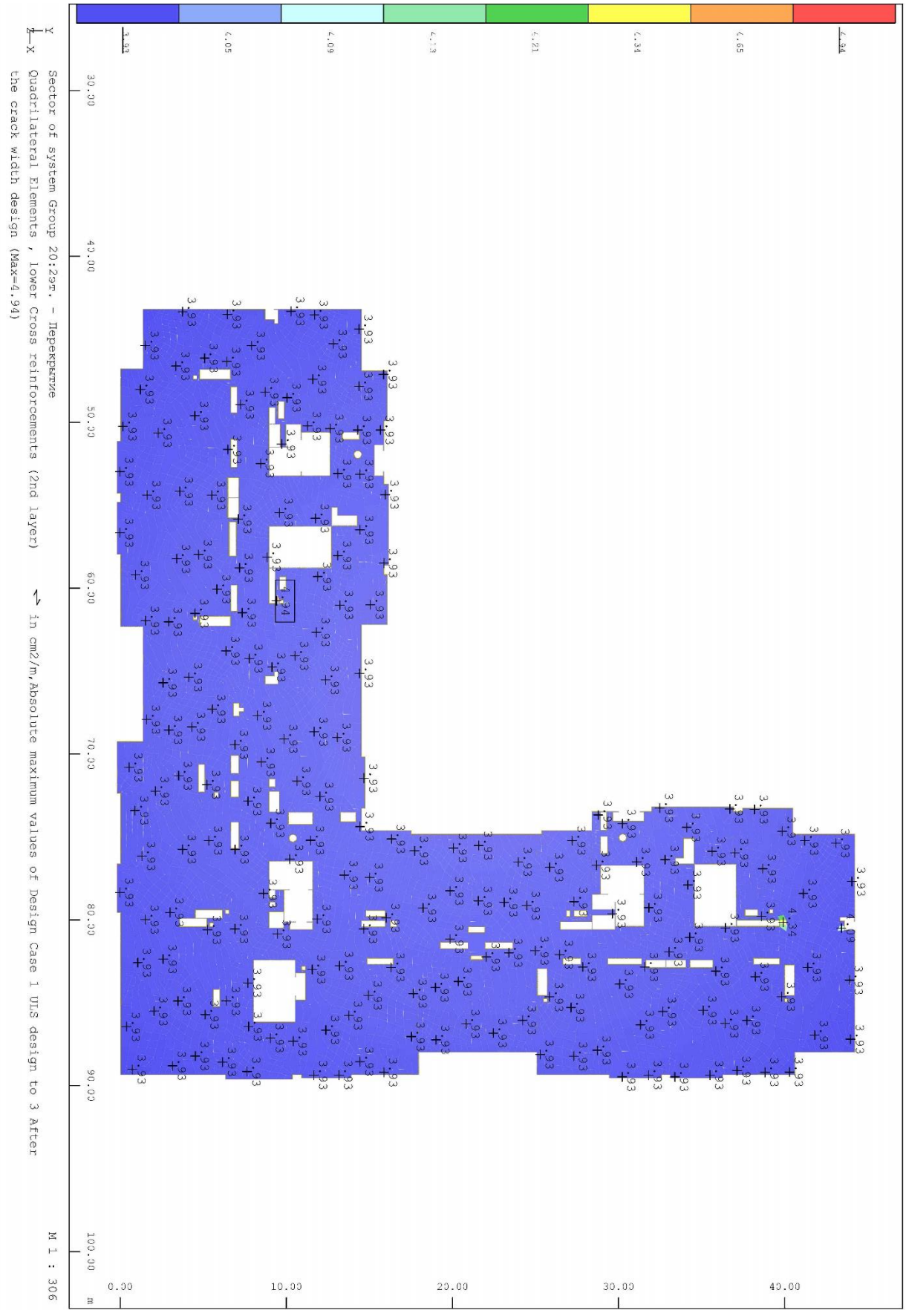
						1190-01-КР.Р4	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		212

Нижнее армирование по оси X, см^2/м



						1190-01-КР.Р4	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		213

Нижнее армирование по оси Y см^2/м



						1190-01-КР.Р4	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		214

Проверка армирования плиты над 1 этажом толщиной 200 мм на опоре

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	156,0	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	10,6	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,9	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h= 200 мм -толщина плиты
a_x= 40 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси X)
a'_x= 30 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси X)
$h_{0,x}$= 160 мм -рабочая высота сечения(по оси X)
a_y= 40 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси Y)
a'_y= 50 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси Y)
$h_{0,y}$= 160 мм -рабочая высота сечения(по оси Y)

Армирование по X:

Растянутая арматура
$d_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d_{s,д}$= 14 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 7,7 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 11,6 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура
$d'_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 3,93 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 2,28 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,14 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 7,4 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 3 тс· м
$M_{дл}$= 2,5 тс· м

M_{crc}= 1,5779 тс· м -момент образования трещин
φ_2= 0,5
φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,14 мм -непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$= 0,12 мм -продолжительное раскрытие трещин

Армирование по Y:

Растянутая арматура
$d_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d_{s,д}$= 14 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 7,7 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 11,6 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура
$d'_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 3,93 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 2,28 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,14 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 7,0 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 3,4 тс· м
$M_{дл}$= 3,0 тс· м

M_{crc}= 1,5779 тс· м -момент образования трещин
φ_2= 0,5
φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,17 мм -непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$= 0,16 мм -продолжительное раскрытие трещин

Проверка армирования плиты над 1 этажом толщиной 200 мм в пролете

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	156,0	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	10,6	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,9	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h= 200 мм -толщина плиты
a_x= 30 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси X)
a'_x= 40 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси X)
$h_{0,x}$= 170 мм -рабочая высота сечения(по оси X)
a_y= 50 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси Y)
a'_y= 40 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси Y)
$h_{0,y}$= 150 мм -рабочая высота сечения(по оси Y)

Армирование по X:

Растянутая арматура
$d_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d_{s,д}$= 10 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 3,93 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 7,85 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура
$d'_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 3,93 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,21 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,07 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 5,2 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 1,6 тс· м
$M_{дл}$= 1,4 тс· м

M_{crc}= 1,572 тс· м -момент образования трещин
φ_2= 0,5
φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,04 мм -непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$= 0,03 мм -продолжительное раскрытие трещин

Армирование по Y:

Растянутая арматура
$d_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d_{s,д}$= 10 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 3,93 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 7,85 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура
$d'_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 3,93 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,21 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,08 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 4,5 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

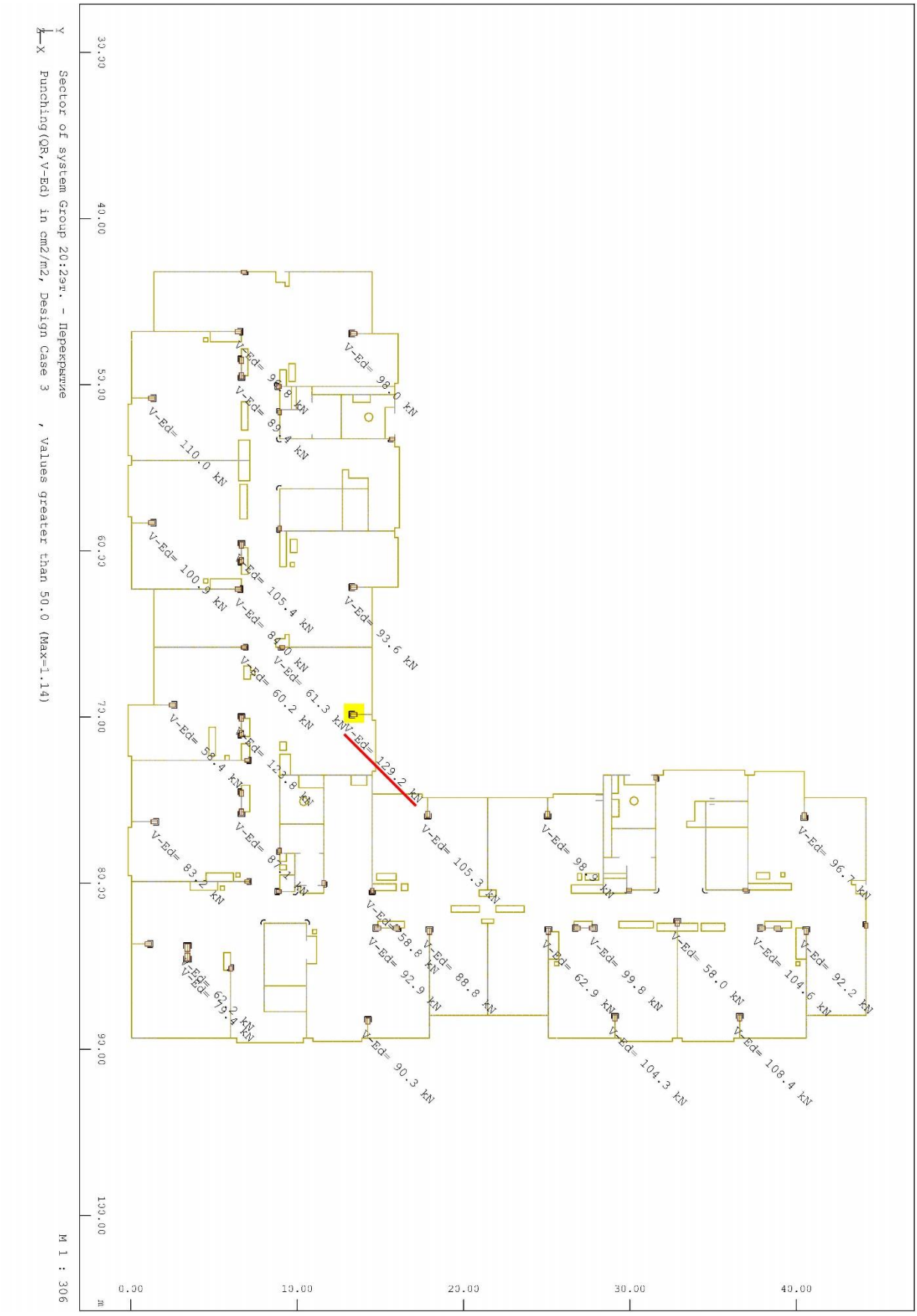
Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 1,5 тс· м
$M_{дл}$= 1,3 тс· м

M_{crc}= 1,572 тс· м -момент образования трещин
φ_2= 0,5
φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,01 мм -непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$= 0,01 мм -продолжительное раскрытие трещин

Продавливание, кН



Плита перекрытия

Сечение колонны

b_1, мм	302,5
a_1, мм	220
c_x, мм	
c_y, мм	

Сечение плиты

h, мм	200
a_x, мм	30
a_y, мм	40
h_0, мм	165

Нагрузки у граней плиты

	над плитой	под плитой
F_i, т	452	465
M_{xi}, тм	0	0
M_{yi}, тм	-2	3
q_i, т/м^2	0	

Расчетный контур внутри площади плиты

l_x, м	0,468
l_y, м	0,385
u, м	1,155
x_0, м	
y_0, м	
x, м	
y, м	
e_{0x}, м	
e_{0y}, м	
A_{ql}, м^2	0,180
A_q, м^2	0,281
e_{qx}, м	
e_{qy}, м	

Нагрузки на расчетный контур

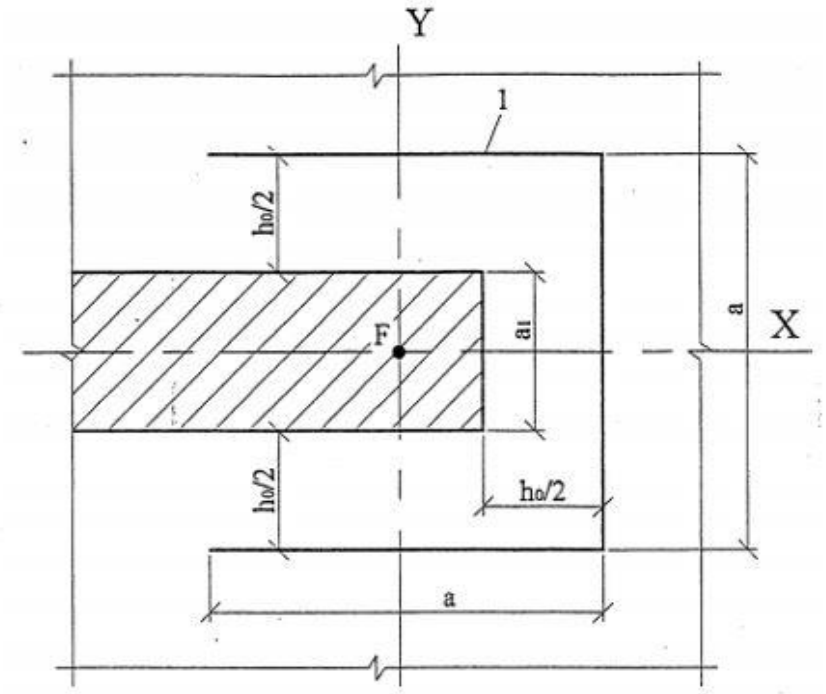
N_{sup}, т	452,000	$M_{x,sup+int}$, тм		$M_{y,sup+int}$, тм	1,000
N_{int}, т	465,000	$M_{x,q}$, тм		$M_{y,q}$, тм	
F_{ql}, т	0,090	0.5·$M_{x,loc}$, тм		0.5·$M_{y,loc}$, тм	0,500
F_q, т		$M_{x,F}$, тм		$M_{y,F}$, тм	
F, т	12,910	M_x, тм		M_y, тм	0,500

Несущая способность бетонного сечения без поперечной арматуры

Бетон		I_{bx1}, м^3	0,0170	I_{by1}, м^3	0,0095
Класс	B30	I_{bx2}, м^3	0,0421	I_{by2}, м^3	0,0346
R_{bt}, т/м^2	117	I_{bx}, м^3	0,0591	I_{by}, м^3	0,0442
γ_{b1}	0,9	W^-_{bx}, м^2	0,2528	W^-_{by}, м^2	0,2294
A_b, м^2	0,1906	W^+_{bx}, м^2	0,2528	W^+_{by}, м^2	0,2294
$F_{b,ult}$, т	20,068	$M_{bx,ult}$, тм	4,393	$M_{by,ult}$, тм	3,986
$F/F_{b,ult}$	0,643	$M_x/M_{bx,ult}$		$M_y/M_{by,ult}$	0,125

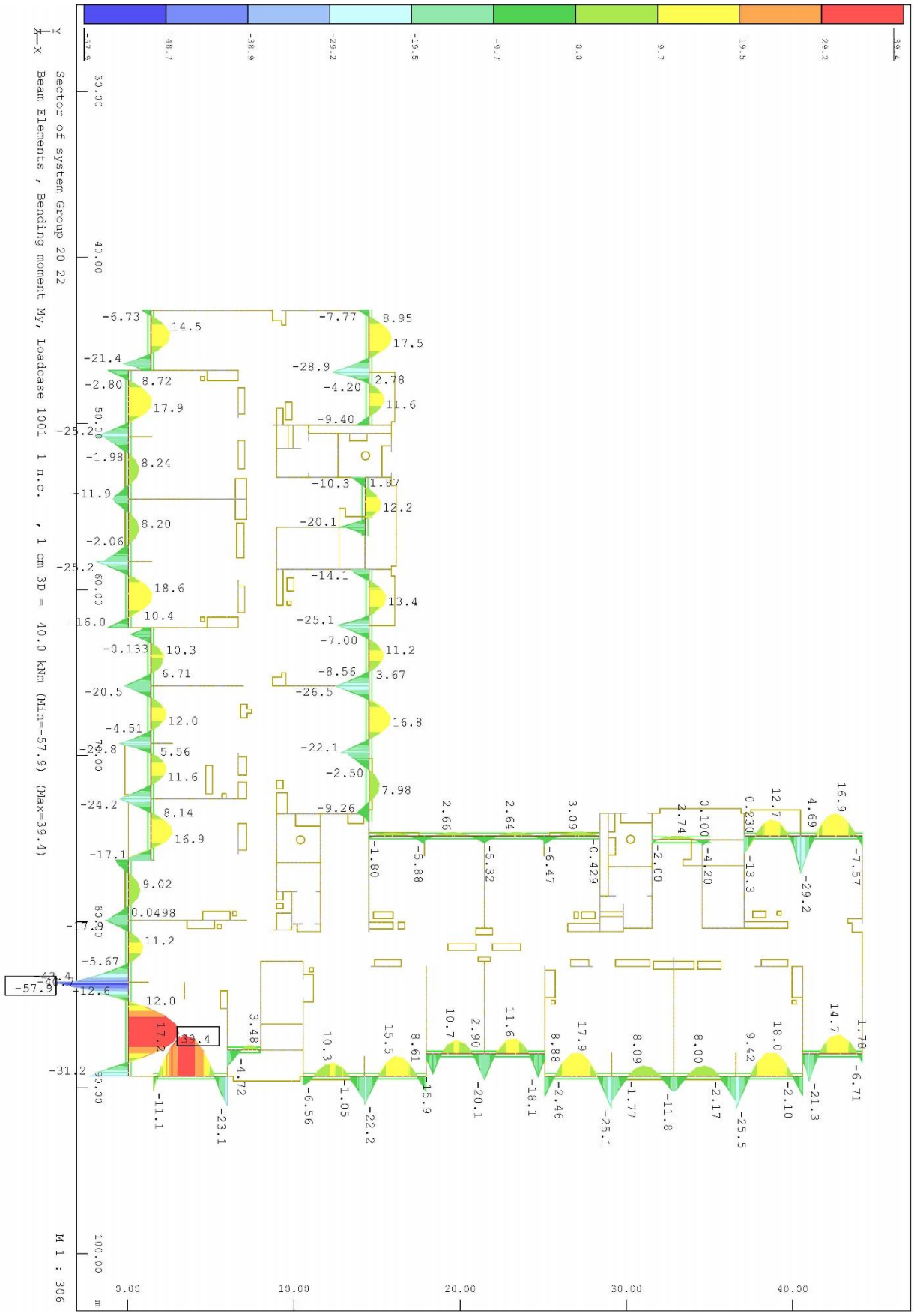
0,769 < 1 Условие прочности выполнено. Прочность обеспечена.

В установке поперечной арматуры нет необходимости.

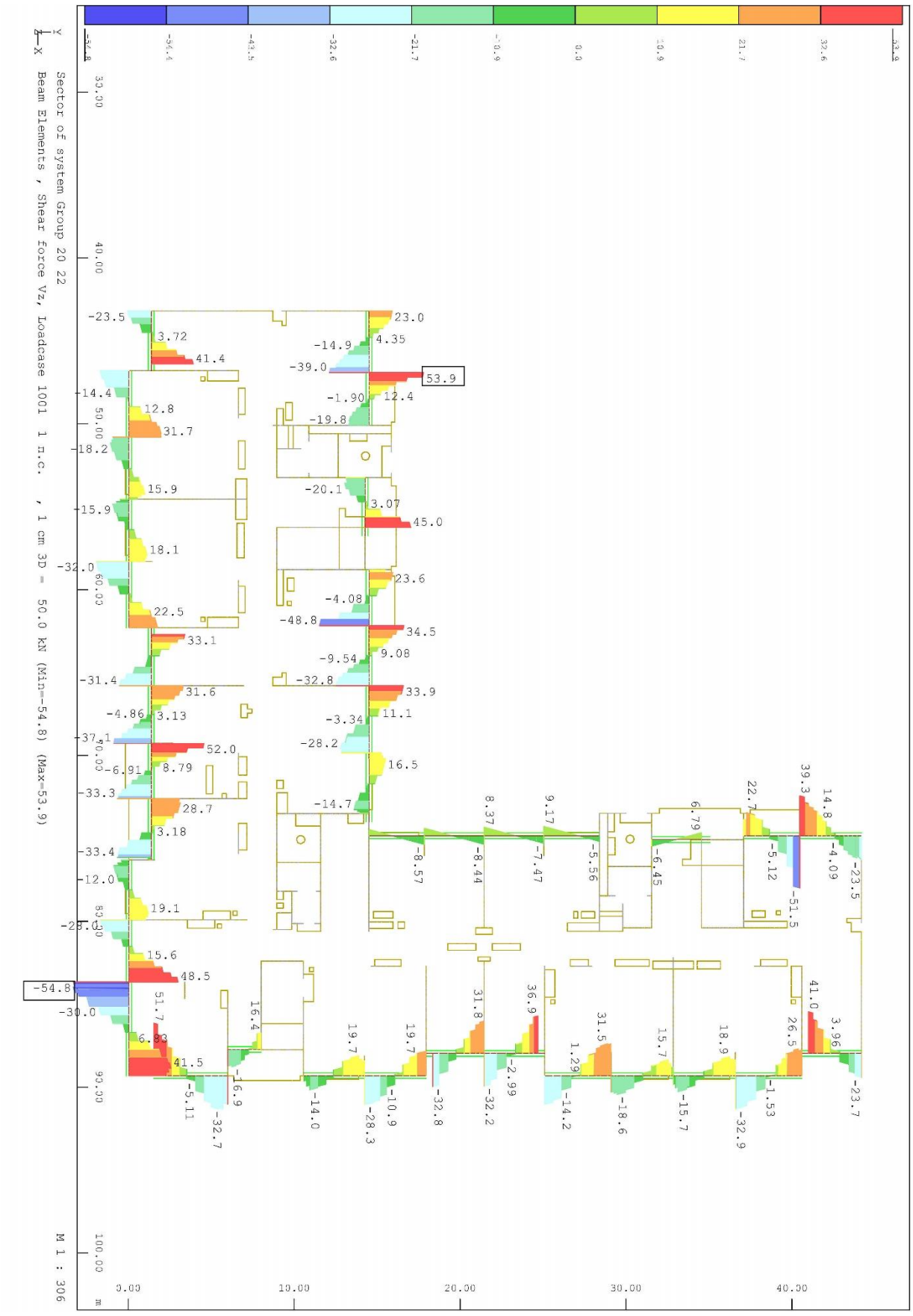


Балки в плите над 1 этажом

Момент My, кН·м/м



Поперечная сила Q, кН



ПРОВЕРКА АРМИРОВАНИЯ БАЛКИ 200Х400(Н). ОПОРНОЕ СЕЧЕНИЕ.

Расчет выполнен по СП 63.13330.2018

Коэффициент надежности по ответственности $\gamma_n = 1$

Коэффициент надежности по ответственности (2-е предельное состояние) = 1

Длина элемента 5,7 м

Коэффициент расчетной длины в плоскости XoY 0,8

Коэффициент расчетной длины в плоскости XoZ 0,8

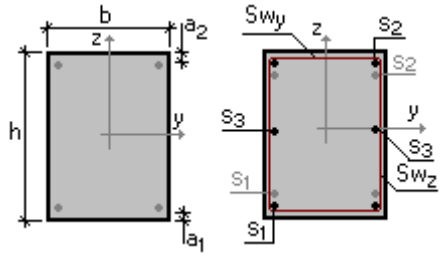
Случайный эксцентриситет по Z принят по СП 63.13330.2018

Случайный эксцентриситет по Y принят по СП 63.13330.2018

Конструкция статически неопределимая

Предельная гибкость - 200

СЕЧЕНИЕ

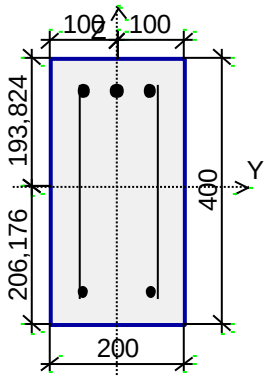


b = 200 мм

h = 400 мм

a_1 = 40 мм

a_2 = 40 мм



S_1 - 2∅16

S_2 - 3∅20

Поперечная арматура вдоль оси Z 2∅10, шаг поперечной арматуры 100 мм

Поперечная арматура вдоль оси Y 2∅10, шаг поперечной арматуры 100 мм

Арматура	Класс	Коэффициент условий работы
Продольная	A500	1
Поперечная	A240	1

БЕТОН

Вид бетона: Тяжелый

Класс бетона: B30

Коэффициенты условий работы бетона		
γ_{b1}	учет нагрузок длительного действия	0,9
γ_{b2}	учет характера разрушения	1
γ_{b3}	учет вертикального положения при бетонировании	1
γ_{b5}	учет замораживания/оттаивания и отрицательных температур	1

Влажность воздуха окружающей среды - 40-75%

ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ

Ограниченная ширина раскрытия трещин

Требования к ширине раскрытия трещин выбираются из условия сохранности арматуры

Допустимая ширина раскрытия трещин:

Непродолжительное раскрытие 0,4 мм

Продолжительное раскрытие 0,3 мм

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ПО КОМБИНАЦИЯМ ЗАГРУЖЕНИЙ

	N	M_y	Q_z	M_z	Q_y	T	Коэффициент надежности по нагрузке	Коэффициент длительной части	Кратковременная	Сейсмика
	T	T*м	T	T*м	T	T*м				
1	0	-5,8	-5,3	0	0	0	1	1	+	

Проверено по СНиП	Проверка	Коэффициент использования
п.п. 8.1.8-8.1.14	Прочность по предельному моменту сечения	0,449
пп. 8.1.20-8.1.30	Деформации в сжатом бетоне	0,221
пп. 8.1.20-8.1.30	Деформации в растянутой арматуре	0,04
пп. 8.2.15, 8.2.16, 8.2.6	Ширина раскрытия трещин (кратковременная)	0,659
пп. 8.2.6, 8.2.15, 8.2.16	Ширина раскрытия трещин (длительная)	0,878
пп. 8.1.32, 8.1.34	Прочность по бетонной полосе между наклонными сечениями	0,132
пп. 8.1.33, 8.1.34	Прочность по наклонному сечению	0,28

Коэффициент использования 0,878 - Ширина раскрытия трещин (длительная)

ПРОВЕРКА АРМИРОВАНИЯ БАЛКИ 200Х400(Н). СЕЧЕНИЕ В СЕРЕДИНЕ ПРОЛЕТА.

Расчет выполнен по СП 63.13330.2018

Коэффициент надежности по ответственности $\gamma_n = 1$

Коэффициент надежности по ответственности (2-е предельное состояние) = 1

Длина элемента 5,7 м

Коэффициент расчетной длины в плоскости XoY 0,8

Коэффициент расчетной длины в плоскости XoZ 0,8

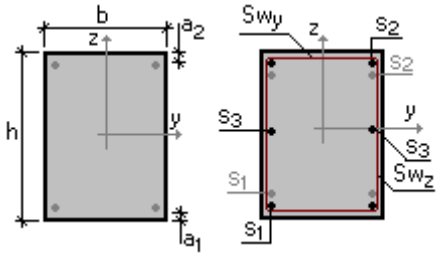
Случайный эксцентриситет по Z принят по СП 63.13330.2018

Случайный эксцентриситет по Y принят по СП 63.13330.2018

Конструкция статически неопределимая

Предельная гибкость - 200

СЕЧЕНИЕ

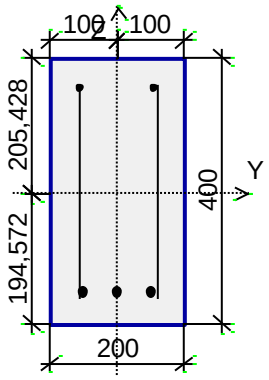


b = 200 мм

h = 400 мм

a_1 = 40 мм

a_2 = 40 мм



S_1 - 3∅16

S_2 - 2∅10

Поперечная арматура вдоль оси Z 2∅10, шаг поперечной арматуры 100 мм

Поперечная арматура вдоль оси Y 2∅10, шаг поперечной арматуры 100 мм

Арматура	Класс	Коэффициент условий работы
Продольная	A500	1
Поперечная	A240	1

БЕТОН

Вид бетона: Тяжелый

Класс бетона: B30

Коэффициенты условий работы бетона		
γ_{b1}	учет нагрузок длительного действия	0,9
γ_{b2}	учет характера разрушения	1
γ_{b3}	учет вертикального положения при бетонировании	1
γ_{b5}	учет замораживания/оттаивания и отрицательных температур	1

Влажность воздуха окружающей среды - 40-75%

ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ

Ограниченная ширина раскрытия трещин

Требования к ширине раскрытия трещин выбираются из условия сохранности арматуры

Допустимая ширина раскрытия трещин:

Непродолжительное раскрытие 0,4 мм

Продолжительное раскрытие 0,3 мм

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ПО КОМБИНАЦИЯМ ЗАГРУЖЕНИЙ

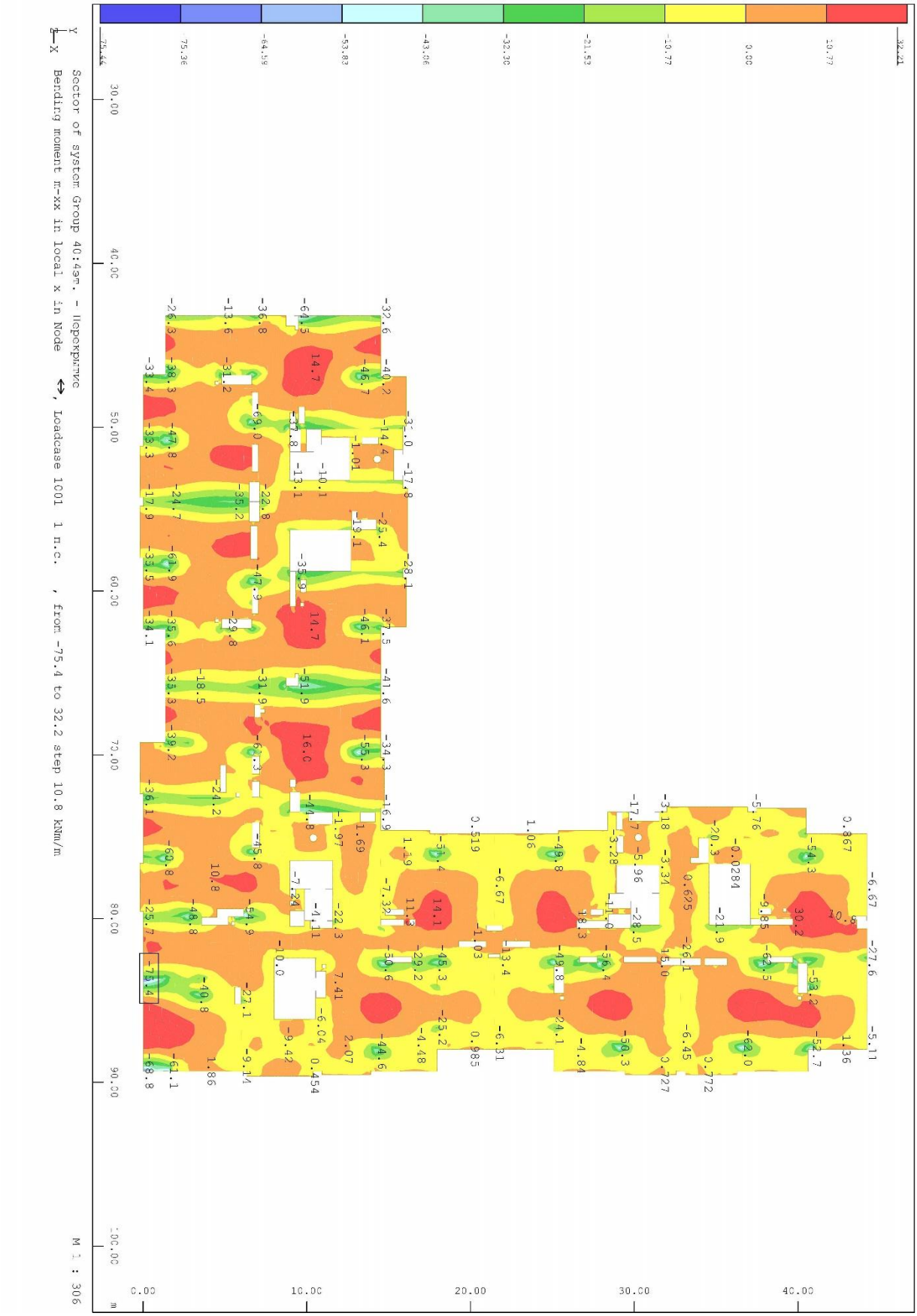
	N	M_y	Q_z	M_z	Q_y	T	Коэффициент надежности по нагрузке	Коэффициент длительной части	Кратковременная	Сейсмика
	T	T*м	T	T*м	T	T*м				
1	0	4	0	0	0	0	1	1	+	

Проверено по СНиП	Проверка	Коэффициент использования
п.п. 8.1.8-8.1.14	Прочность по предельному моменту сечения	0,468
пп. 8.1.20-8.1.30	Деформации в сжатом бетоне	0,191
пп. 8.1.20-8.1.30	Деформации в растянутой арматуре	0,042
пп. 8.2.15, 8.2.16, 8.2.6	Ширина раскрытия трещин (кратковременная)	0,68
пп. 8.2.6, 8.2.15, 8.2.16	Ширина раскрытия трещин (длительная)	0,907

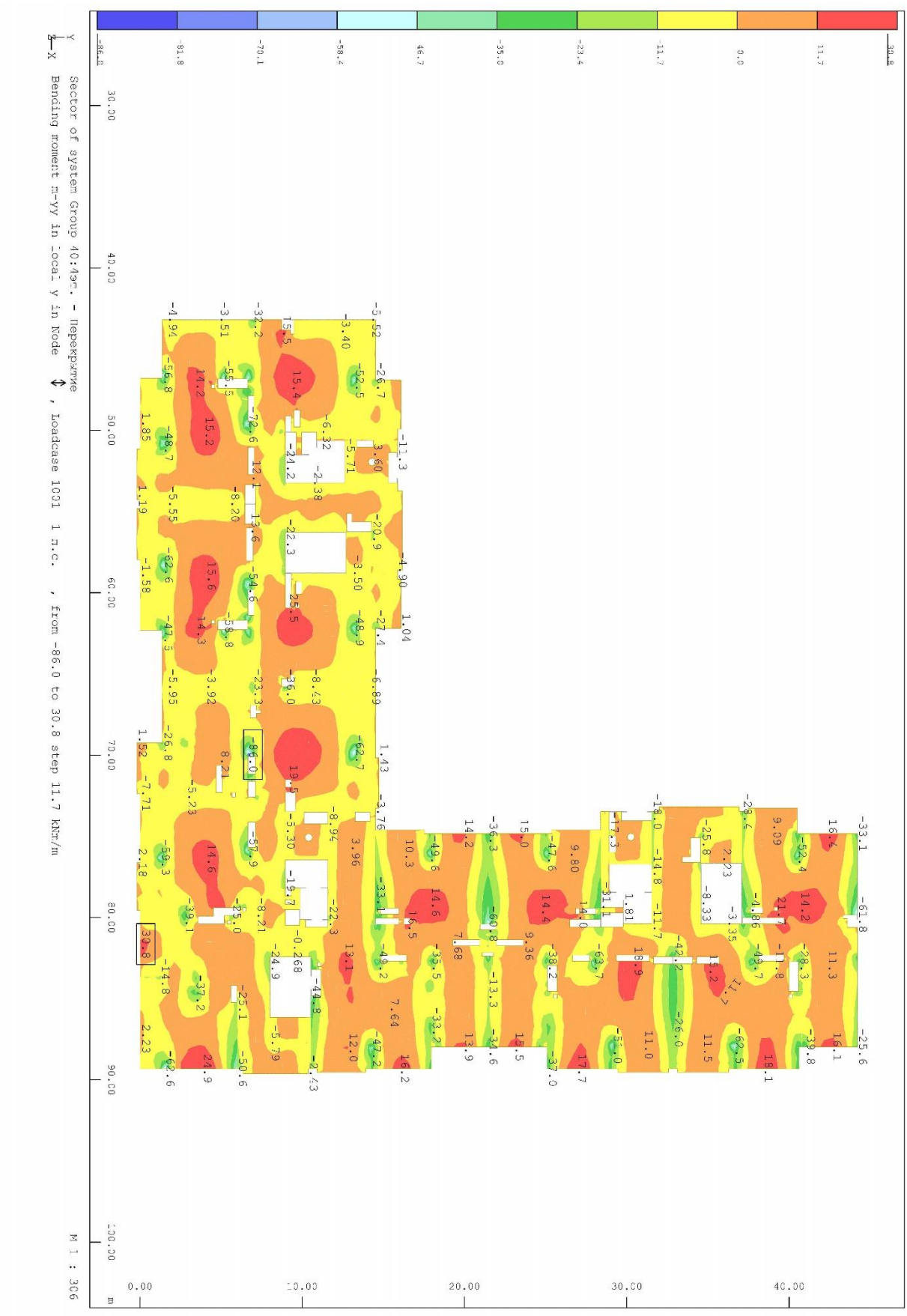
Коэффициент использования 0,907 - Ширина раскрытия трещин (длительная)

5.9. ПЛИТЫ ПЕРЕКРЫТИЯ ТИПОВЫХ ЭТАЖЕЙ

Момент M_x, кН·м/м

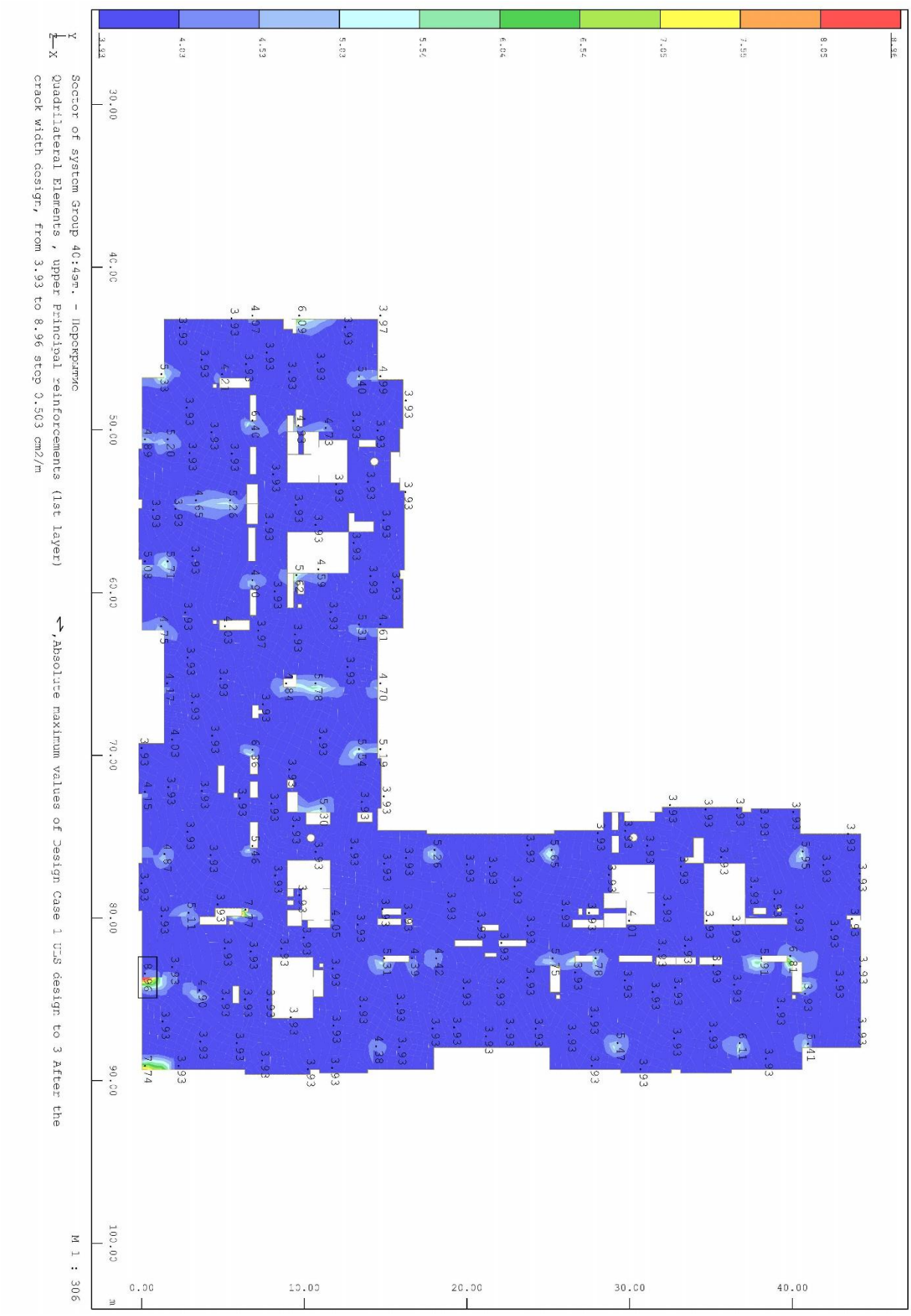


Момент M_y, кН·м/м

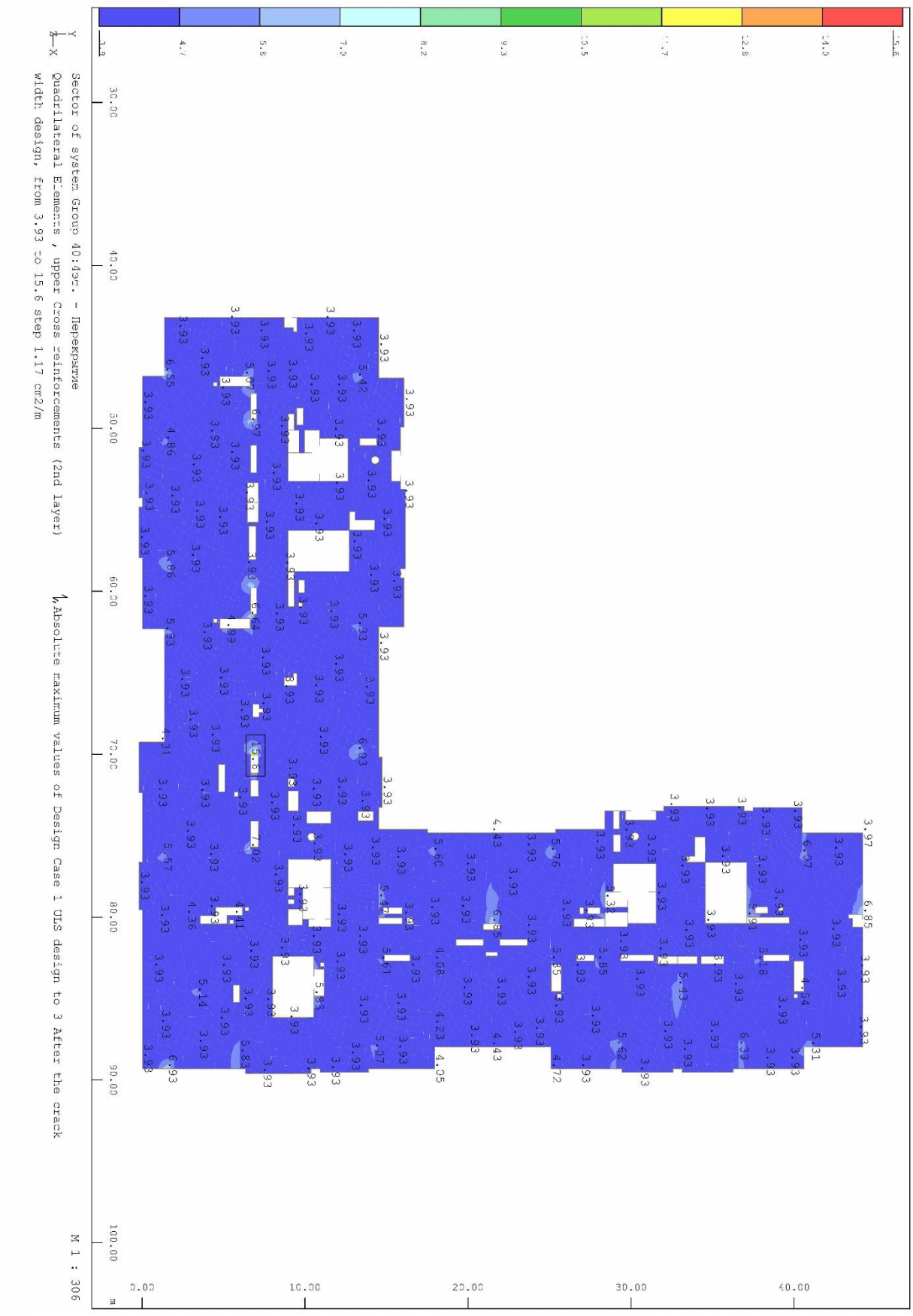


						1190-01-КР.Р4	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		226

Верхнее армирование по оси X, см^2/м

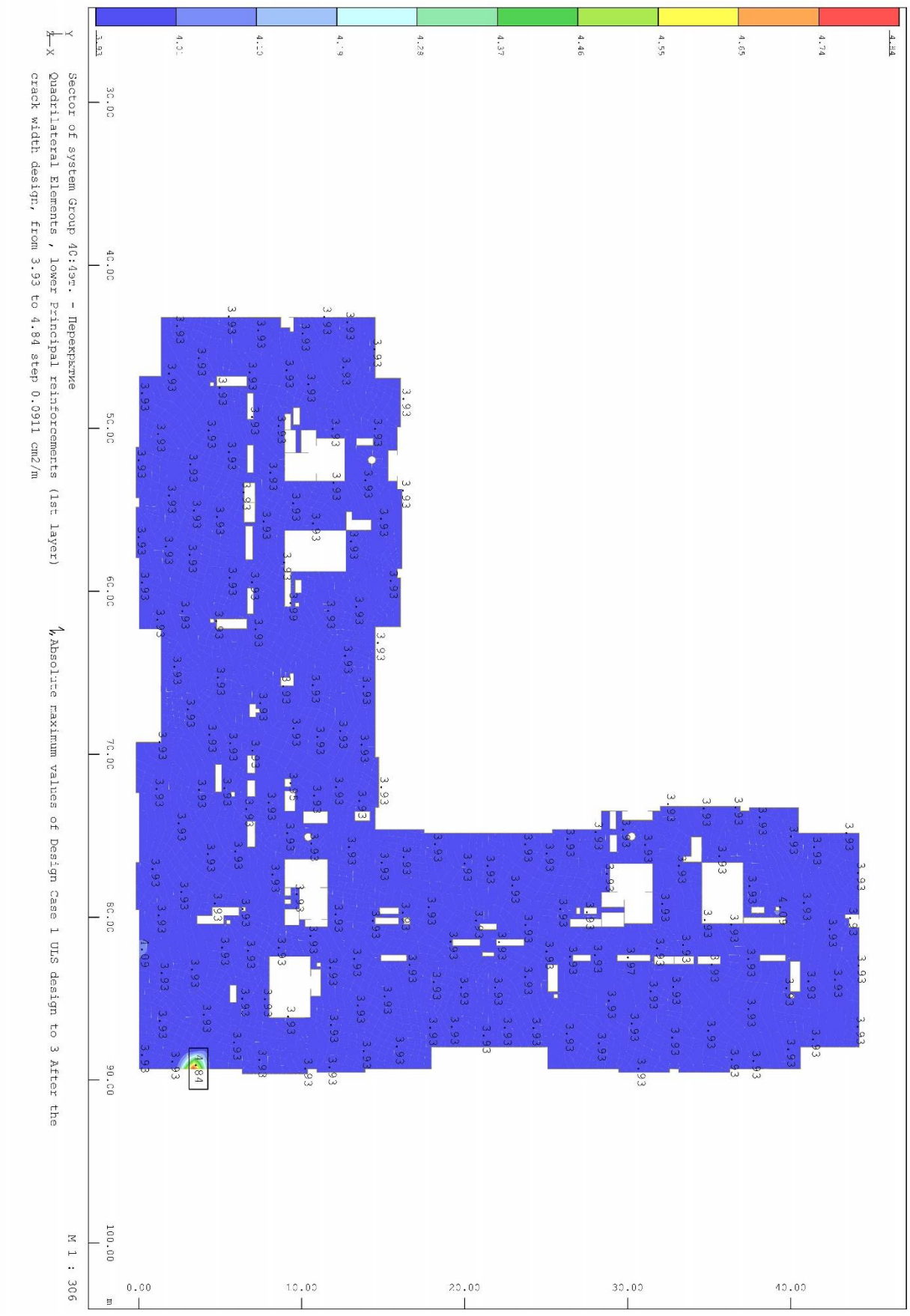


Верхнее армирование по оси Y, см^2/м

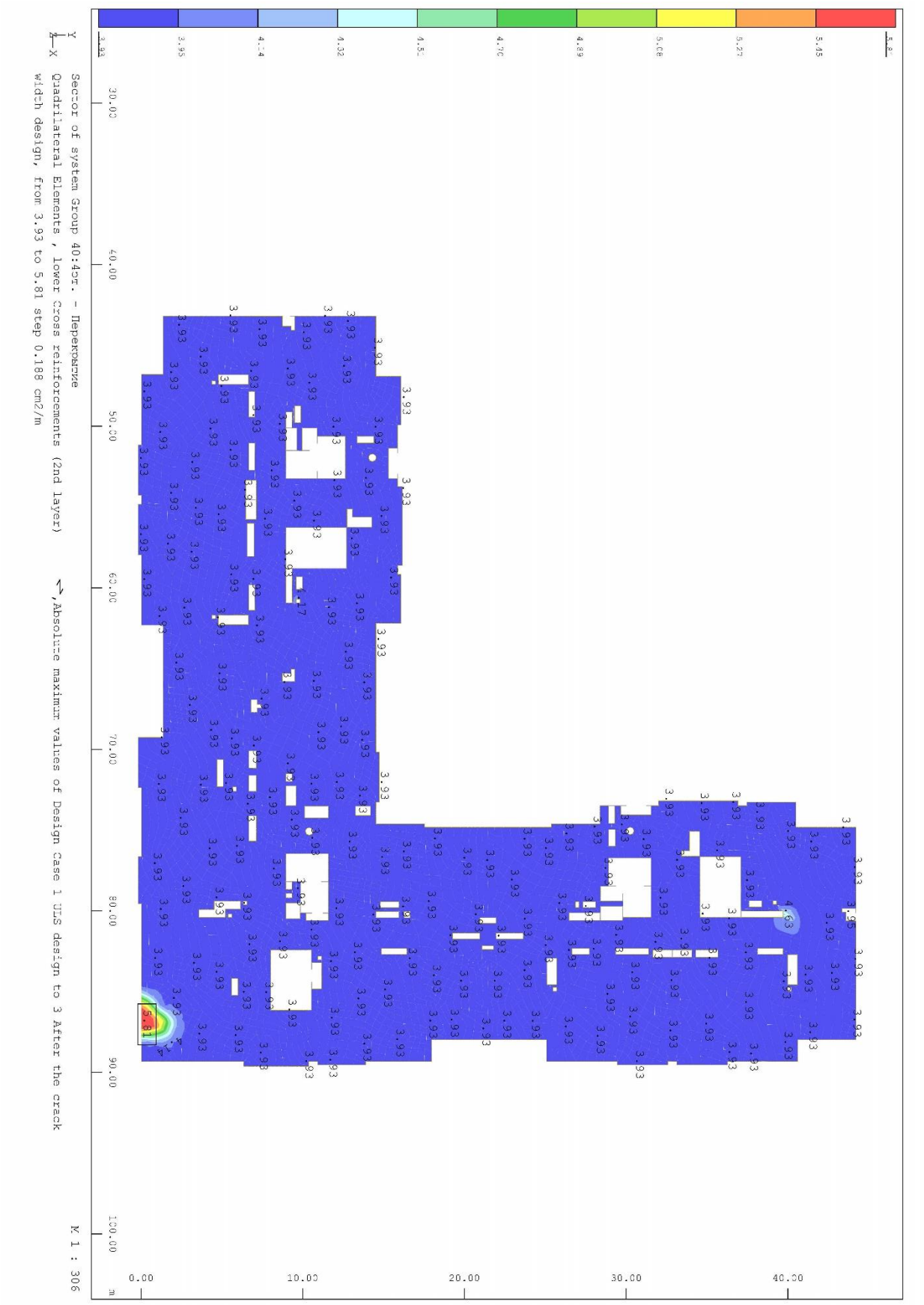


							Лист
						1190-01-КР.Р4	228
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		

Нижнее армирование по оси X, см^2/м



Нижнее армирование по оси Y, см^2/м



Проверка армирования плиты над 2 этажом толщиной 200 мм на опоре

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	156,0	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	10,6	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,9	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h= 200 мм -толщина плиты
a_x= 40 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси X)
a'_x= 30 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси X)
$h_{0,x}$= 160 мм -рабочая высота сечения(по оси X)
a_y= 40 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси Y)
a'_y= 50 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси Y)
$h_{0,y}$= 160 мм -рабочая высота сечения(по оси Y)

Армирование по X:

Растянутая арматура
$d_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d_{s,д}$= 12 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 5,65 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 9,58 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура
$d'_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 3,93 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,7 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,11 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 6,1 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 3,7 тс· м
$M_{дл}$= 3,2 тс· м

M_{crc}= 1,5715 тс· м -момент образования трещин
φ_2= 0,5
φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,24 мм -непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$= 0,21 мм -продолжительное раскрытие трещин

Армирование по Y:

Растянутая арматура
$d_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d_{s,д}$= 12 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 5,65 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 9,58 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура
$d'_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 3,93 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,7 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,11 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 5,8 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 4,2 тс· м
$M_{дл}$= 3,9 тс· м

M_{crc}= 1,5715 тс· м -момент образования трещин
φ_2= 0,5
φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,29 мм -непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$= 0,28 мм -продолжительное раскрытие трещин

Проверка армирования плиты над 2 этажом толщиной 200 мм в пролете

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	156,0	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	10,6	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,9	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h= 200 мм -толщина плиты
a_x= 30 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси X)
a'_x= 40 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси X)
$h_{0,x}$= 170 мм -рабочая высота сечения(по оси X)
a_y= 50 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси Y)
a'_y= 40 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси Y)
$h_{0,y}$= 150 мм -рабочая высота сечения(по оси Y)

Армирование по X:

Растянутая арматура
$d_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d_{s,д}$= 10 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 3,93 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 7,85 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура
$d'_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 3,93 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,21 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,07 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 5,2 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 3 тс· м
$M_{дл}$= 2,5 тс· м

M_{crc}= 1,572 тс· м -момент образования трещин
φ_2= 0,5
φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,19 мм -непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$= 0,17 мм -продолжительное раскрытие трещин

Армирование по Y:

Растянутая арматура
$d_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d_{s,д}$= 10 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 3,93 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 7,85 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура
$d'_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 3,93 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,21 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,08 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 4,5 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

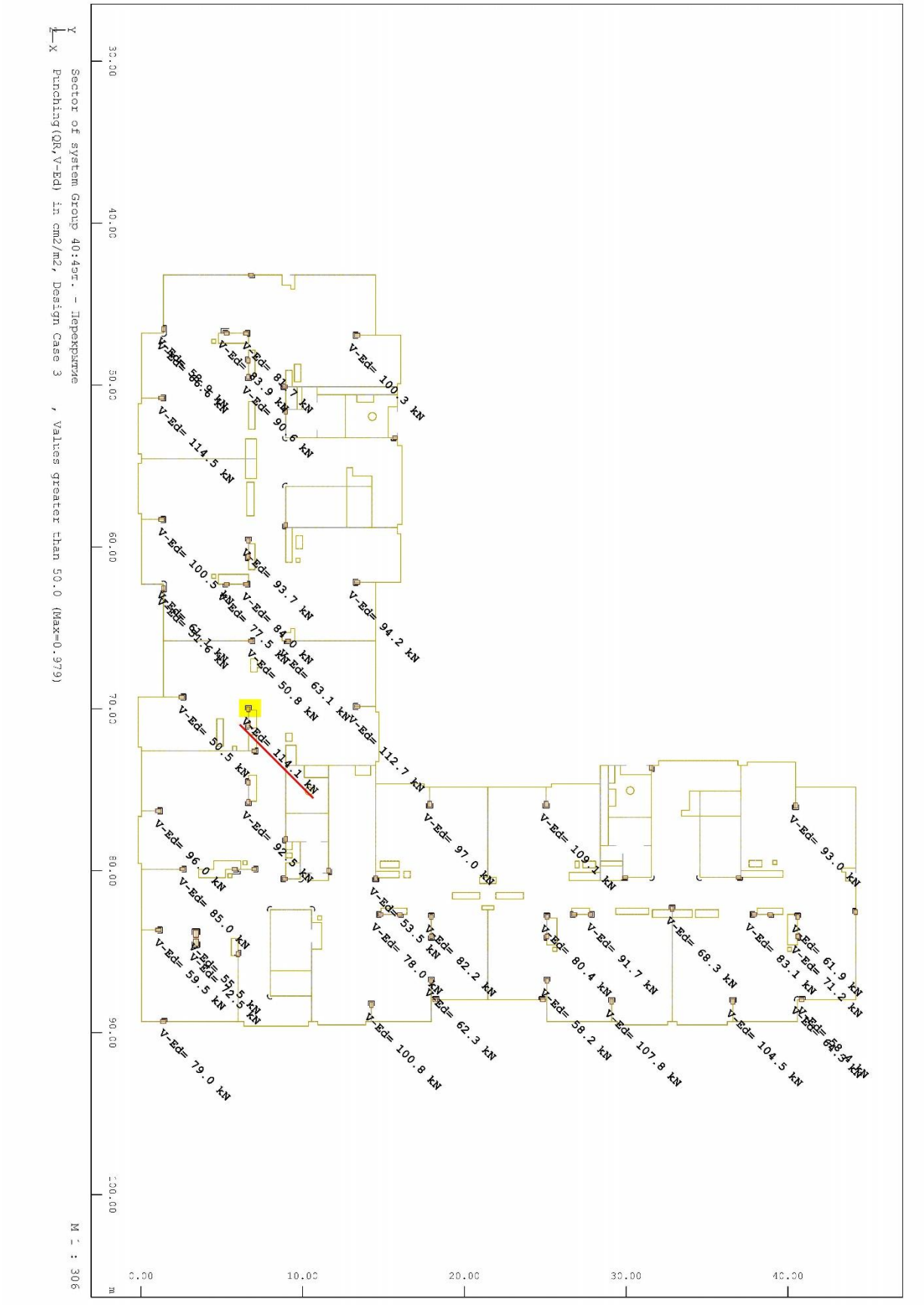
Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 2 тс· м
$M_{дл}$= 1,8 тс· м

M_{crc}= 1,572 тс· м -момент образования трещин
φ_2= 0,5
φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,02 мм -непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$= 0,02 мм -продолжительное раскрытие трещин

Продавливание, кН



Плита перекрытия

Сечение колонны

b_1, мм	282,5
a_1, мм	200
c_x, мм	
c_y, мм	

Сечение плиты

h, мм	200
a_x, мм	30
a_y, мм	40
h_0, мм	165

Нагрузки у граней плиты

	над плитой	под плитой
F_i, т	216	228
M_{xi}, тм	0	0
M_{yi}, тм	0,6	-0,5
q_i, т/м^2	0	

Расчетный контур внутри площади плиты

l_x, м	0,448
l_y, м	0,365
u, м	1,095
x_0, м	
y_0, м	
x, м	
y, м	
e_{0x}, м	
e_{0y}, м	
A_{q1}, м^2	0,163
A_q, м^2	0,268
e_{qx}, м	
e_{qy}, м	

Нагрузки на расчетный контур

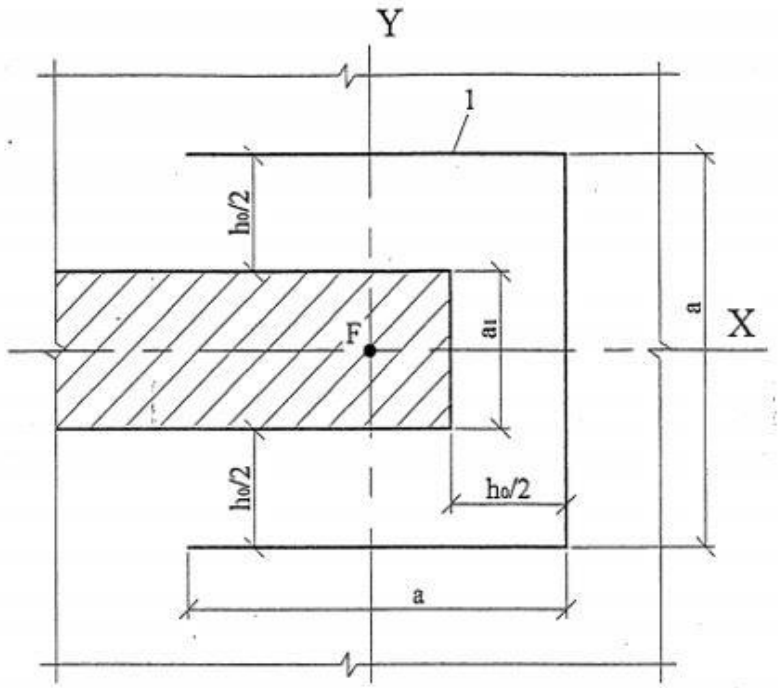
N_{sup}, т	216,000	$M_{x,sup+int}$, тм		$M_{y,sup+int}$, тм	0,100
N_{int}, т	228,000	$M_{x,q}$, тм		$M_{y,q}$, тм	
F_{q1}, т	0,083	$0.5 \cdot M_{x,loc}$, тм		$0.5 \cdot M_{y,loc}$, тм	0,050
F_q, т		$M_{x,F}$, тм		$M_{y,F}$, тм	
F, т	11,917	M_x, тм		M_y, тм	0,050

Несущая способность бетонного сечения без поперечной арматуры

Бетон		I_{bx1}, м^3	0,0149	I_{by1}, м^3	0,0081
Класс	B30	I_{bx2}, м^3	0,0365	I_{by2}, м^3	0,0298
R_{bt}, т/м^2	117	I_{bx}, м^3	0,0515	I_{by}, м^3	0,0379
γ_{b1}	0,9	W^-_{bx}, м^2	0,2301	W^-_{by}, м^2	0,2077
A_b, м^2	0,1807	W^+_{bx}, м^2	0,2301	W^+_{by}, м^2	0,2077
$F_{b,ult}$, т	19,025	$M_{bx,ult}$, тм	3,998	$M_{by,ult}$, тм	3,609
$F/F_{b,ult}$	0,626	$M_x/M_{bx,ult}$		$M_y/M_{by,ult}$	0,014

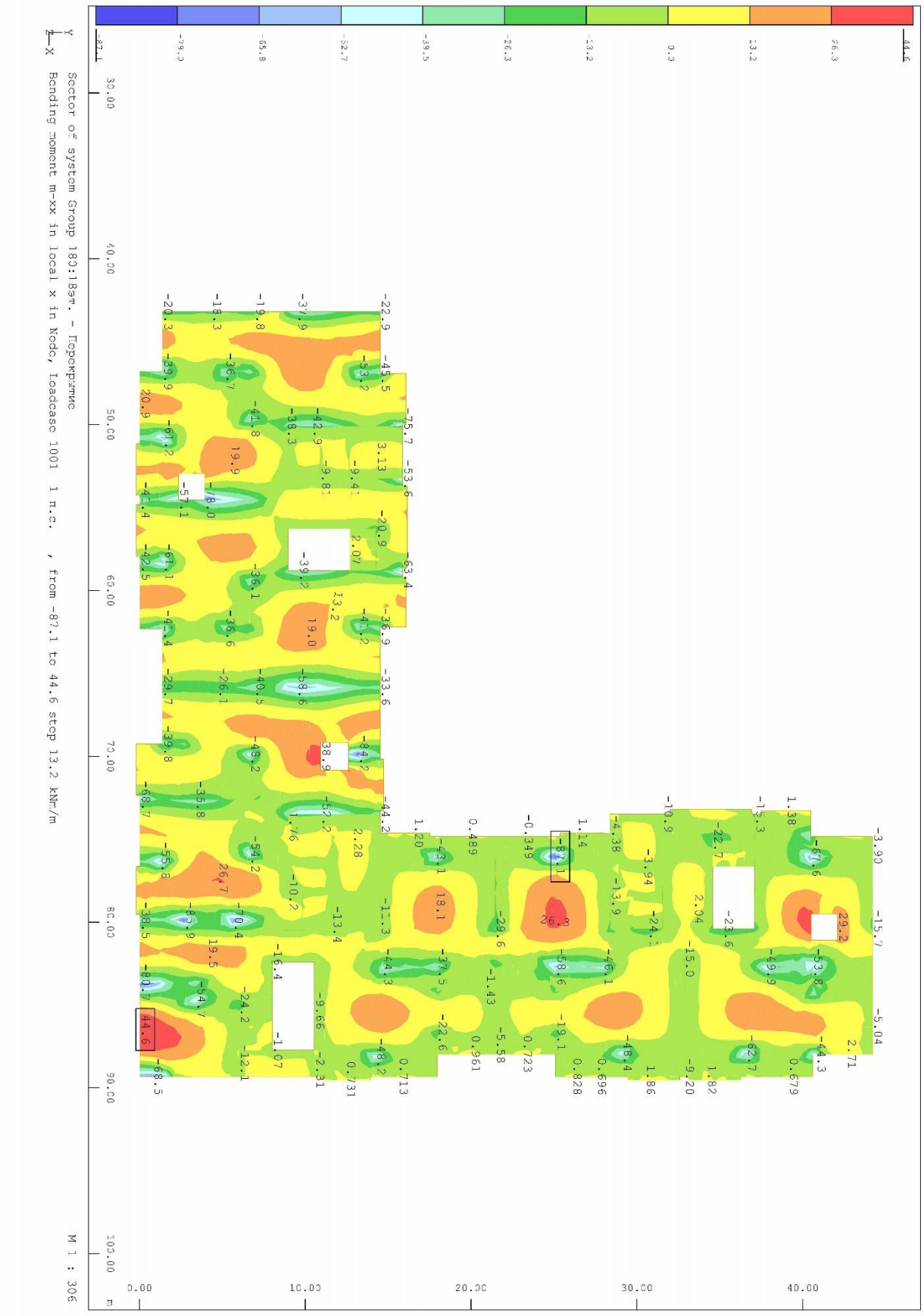
0,640 < 1 Условие прочности выполнено. Прочность обеспечена.

В установке поперечной арматуры нет необходимости.

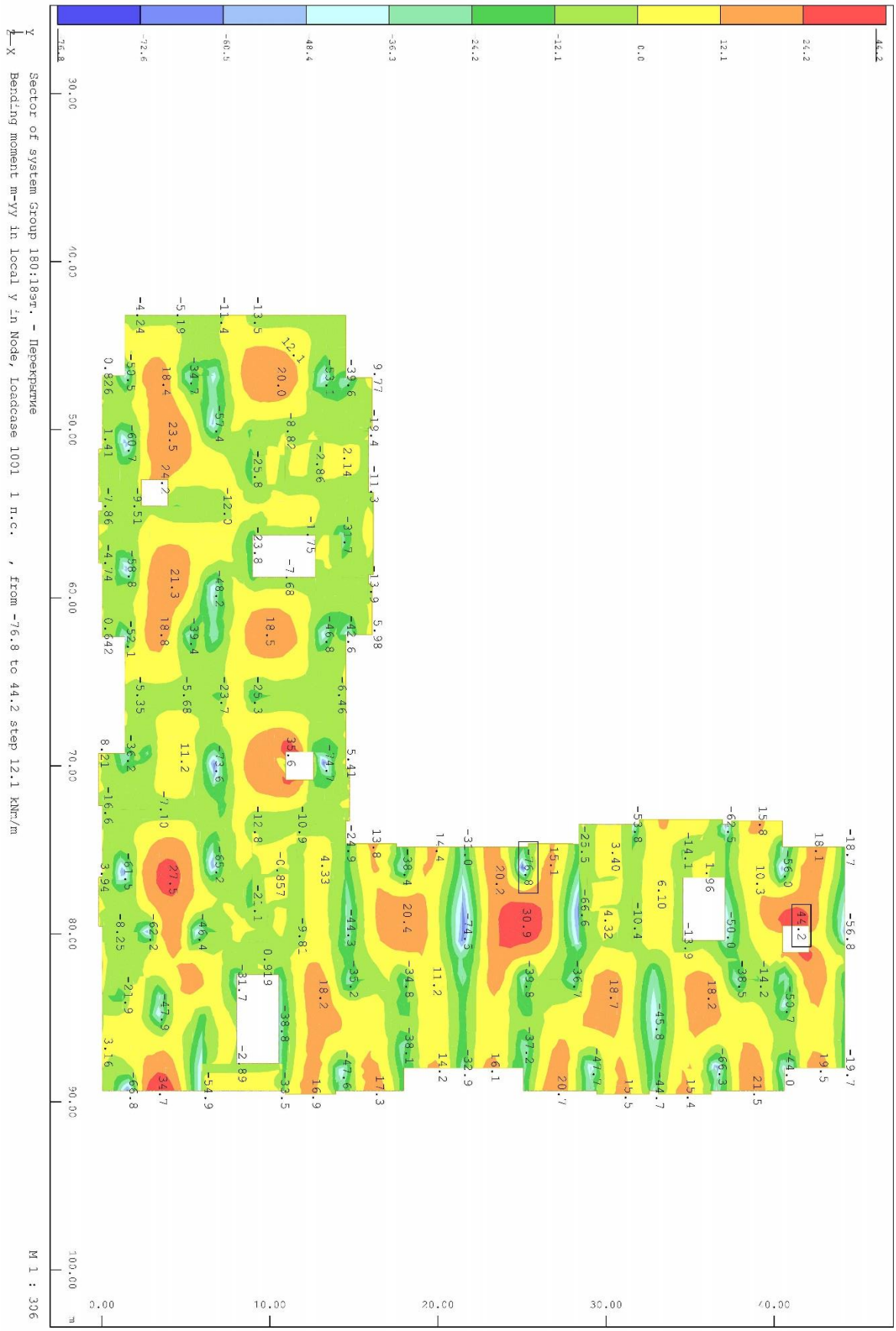


5.10. ПЛИТА ПОКРЫТИЯ

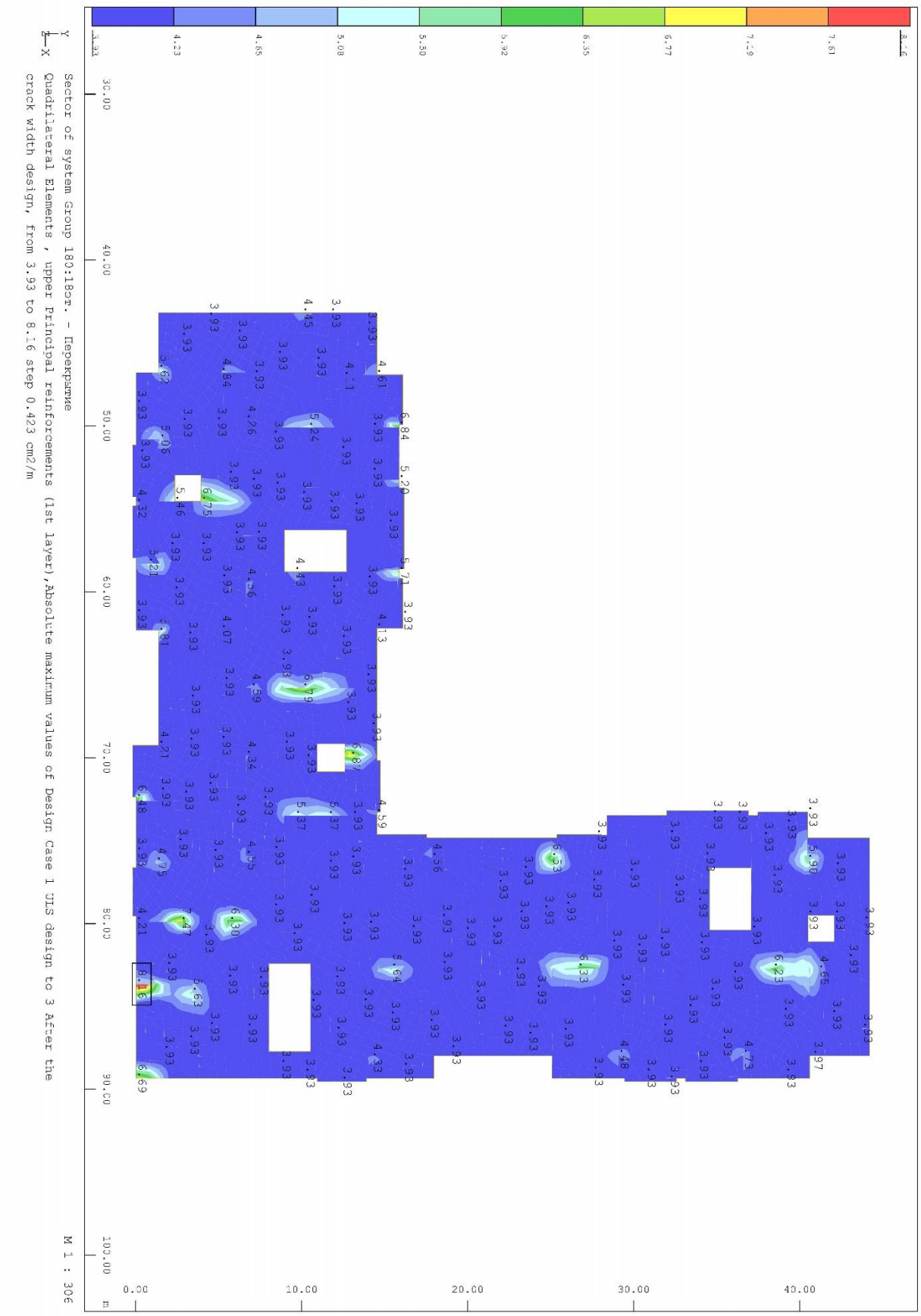
Момент M_x, кН·м/м



Момент M_y, кН·м/м

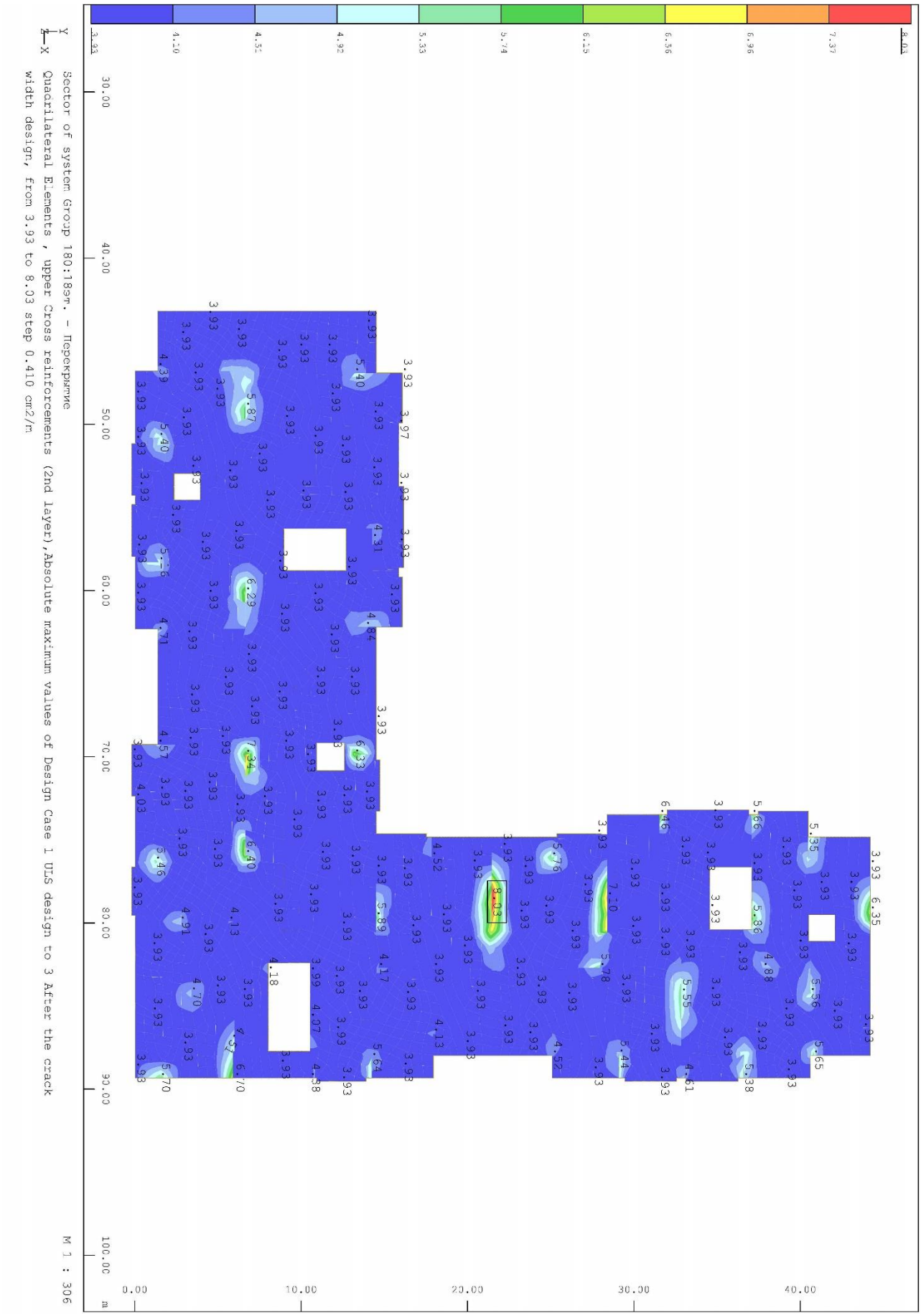


Верхнее армирование по оси X, см^2/м

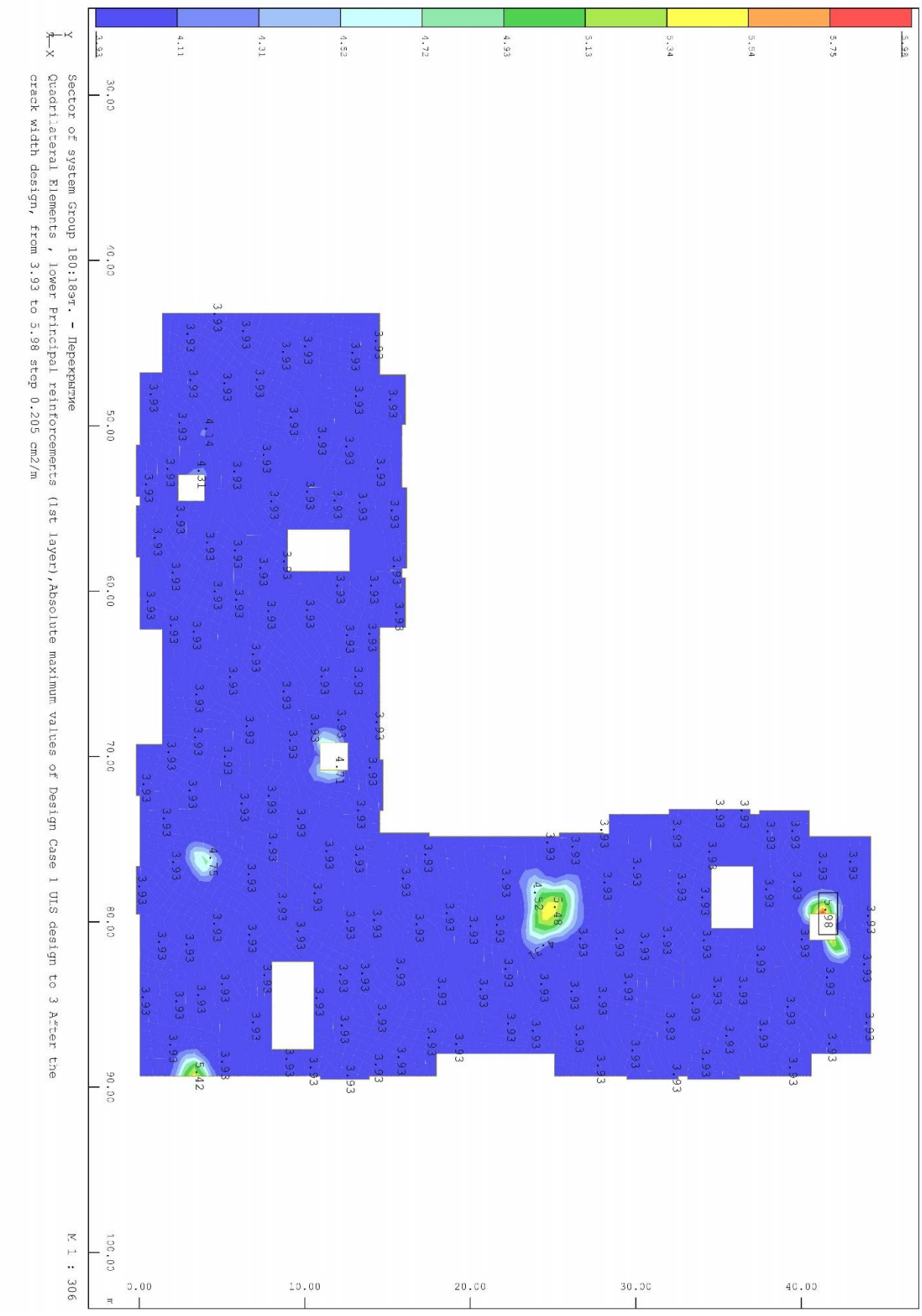


						1190-01-КР.Р4	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		237

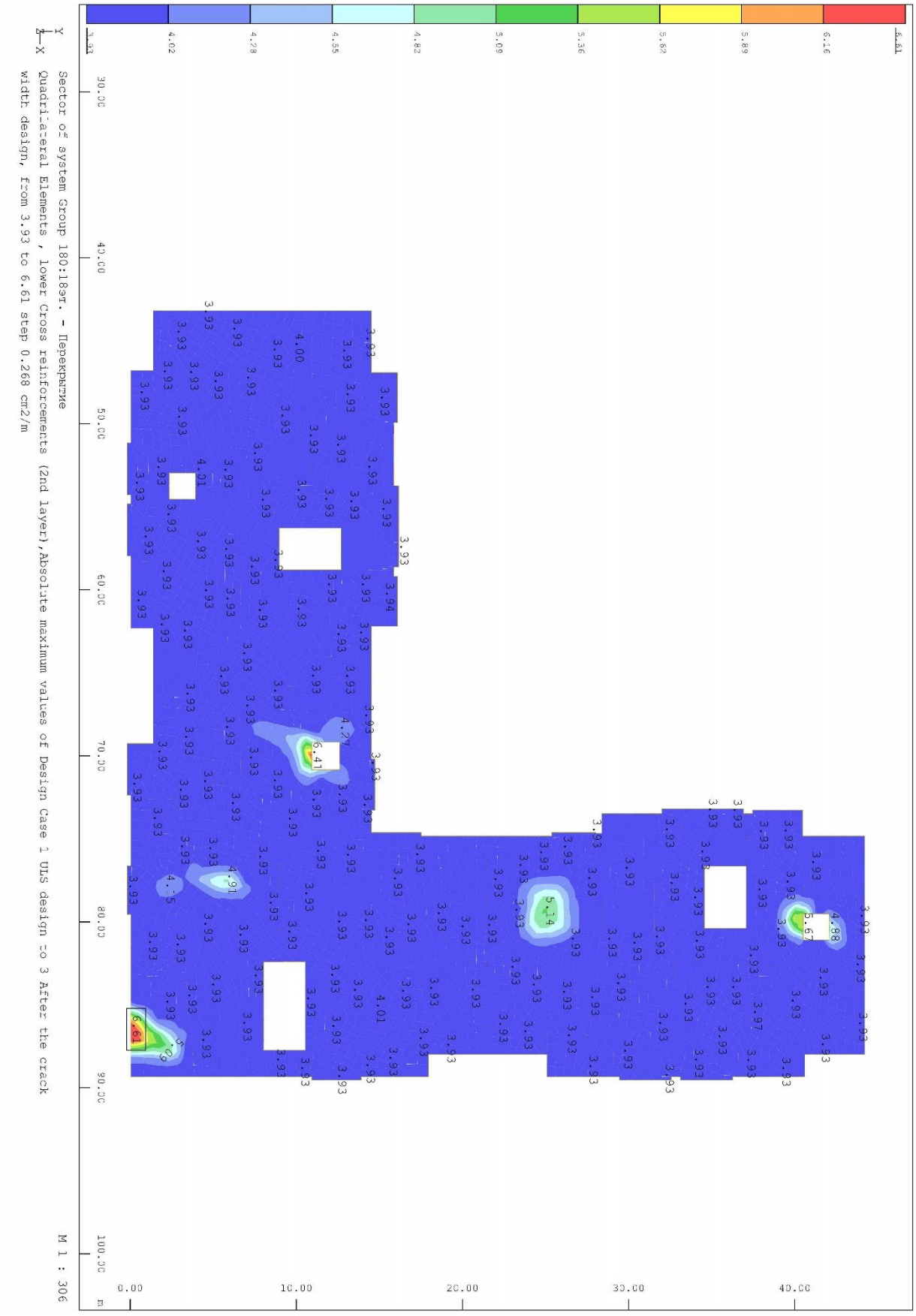
Верхнее армирование по оси Y, см^2/м



Нижнее армирование по оси X, см^2/м



Нижнее армирование по оси Y см^2/м



Проверка армирования плиты покрытия толщиной 220 мм на опоре

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	156,0	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	10,6	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,9	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h= 220 мм -толщина плиты
a_x= 40 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси X)
a'_x= 30 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси X)
$h_{0,x}$= 180 мм -рабочая высота сечения(по оси X)
a_y= 40 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси Y)
a'_y= 50 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси Y)
$h_{0,y}$= 180 мм -рабочая высота сечения(по оси Y)

Армирование по X:

Растянутая арматура
$d_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d_{s,д}$= 14 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 7,7 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 11,6 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура
$d'_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 3,93 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 2,28 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,13 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 8,4 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 4,5 тс· м
$M_{дл}$= 3,6 тс· м

M_{crc}= 1,9085 тс· м -момент образования трещин
φ_2= 0,5
φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,21 мм -непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$= 0,18 мм -продолжительное раскрытие трещин

Армирование по Y:

Растянутая арматура
$d_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d_{s,д}$= 14 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 7,7 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 11,6 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура
$d'_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 3,93 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 2,28 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,13 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 8,1 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 4 тс· м
$M_{дл}$= 3,7 тс· м

M_{crc}= 1,9085 тс· м -момент образования трещин
φ_2= 0,5
φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,18 мм -непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$= 0,17 мм -продолжительное раскрытие трещин

Проверка армирования плиты покрытия толщиной 220 мм в пролете

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	156,0	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	10,6	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,9	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h= 220 мм -толщина плиты
a_x= 30 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси X)
a'_x= 40 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси X)
$h_{0,x}$= 190 мм -рабочая высота сечения(по оси X)
a_y= 50 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси Y)
a'_y= 40 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси Y)
$h_{0,y}$= 170 мм -рабочая высота сечения(по оси Y)

Армирование по X:

Растянутая арматура
$d_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d_{s,д}$= 10 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 3,93 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 7,85 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура
$d'_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 3,93 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,21 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,06 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 5,9 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 2,8 тс· м
$M_{дл}$= 2,7 тс· м

M_{crc}= 1,9007 тс· м -момент образования трещин
φ_2= 0,5
φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,13 мм -непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$= 0,13 мм -продолжительное раскрытие трещин

Армирование по Y:

Растянутая арматура
$d_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d_{s,д}$= 10 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 3,93 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 7,85 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура
$d'_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 3,93 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,21 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,07 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 5,2 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

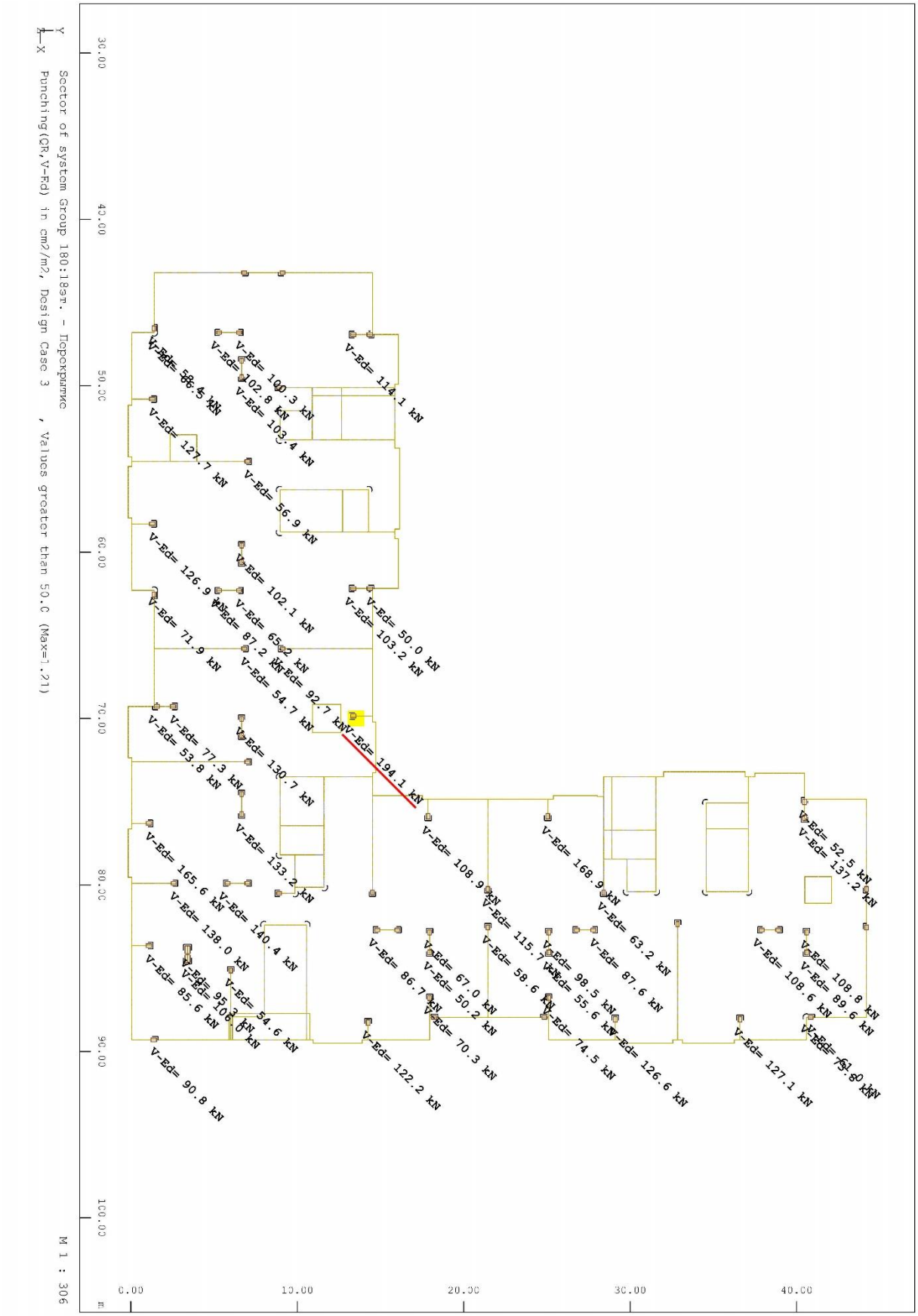
Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 3,4 тс· м
$M_{дл}$= 3,2 тс· м

M_{crc}= 1,9007 тс· м -момент образования трещин
φ_2= 0,5
φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,21 мм -непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$= 0,2 мм -продолжительное раскрытие трещин

Продавливание, кН



Плита покрытия

Сечение колонны

b_1, мм	292,5
a_1, мм	200
c_x, мм	
c_y, мм	

Сечение плиты

h, мм	220
a_x, мм	30
a_y, мм	40
h_0, мм	185

Нагрузки у граней плиты

	над плитой	под плитой
F_i, т	0	20
M_{xi}, тм	0	0
M_{yi}, тм	0	-5
q_i, т/м^2	0	

Расчетный контур внутри площади плиты

l_x, м	0,478
l_y, м	0,385
u, м	0,770
x_0, м	
y_0, м	
x, м	
y, м	
e_{0x}, м	
e_{0y}, м	
A_{q1}, м^2	0,184
A_q, м^2	0,378
e_{qx}, м	
e_{qy}, м	

Нагрузки на расчетный контур

N_{sup}, т		$M_{x,sup+int}$, тм		$M_{y,sup+int}$, тм	-5,000
N_{int}, т	20,000	$M_{x,q}$, тм		$M_{y,q}$, тм	
F_{q1}, т	0,187	$0.5 \cdot M_{x,loc}$, тм		$0.5 \cdot M_{y,loc}$, тм	-2,500
F_q, т		$M_{x,F}$, тм		$M_{y,F}$, тм	
F, т	19,813	M_x, тм		M_y, тм	-2,500

Несущая способность бетонного сечения без поперечной арматуры

Бетон		I_{bx1}, м^3	0,0181	I_{by1}, м^3	0,0095
Класс	B30	I_{bx2}, м^3	0,0439	I_{by2}, м^3	0,0354
R_{bt}, т/м^2	117	I_{bx}, м^3	0,0620	I_{by}, м^3	0,0449
γ_{b1}	0,9	W^-_{bx}, м^2	0,2598	W^-_{by}, м^2	0,2332
A_b, м^2	0,1425	W^+_{bx}, м^2	0,2598	W^+_{by}, м^2	0,2332
$F_{b,ult}$, т	15,000	$M_{bx,ult}$, тм	5,062	$M_{by,ult}$, тм	4,544
$F/F_{b,ult}$	1,321	$M_x/M_{bx,ult}$		$M_y/M_{by,ult}$	0,550

1,871 > 1 Условие прочности не выполнено.

Сечение плиты достаточно. Необходимо установить поперечную арматуру:

$q_{sw}^{тр} =$

Арматура

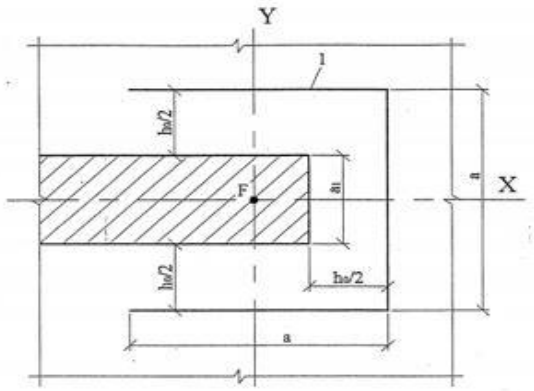
Класс	A500
R_{sw}, т/м^2	30600
Ø , мм	10
n, шт	2
A_{sw}, см^2	1,571
s_w, мм	50
q_{sw}, т/м	96,133

Несущая способность бетонного сечения с поперечной арматуры

$F_{sw,ult}$, т	59,218	$M_{swx,ult}$, тм	19,983	$M_{swy,ult}$, тм	17,938
F_{ult}, т	30,000	$M_{x,ult}$, тм	10,124	$M_{y,ult}$, тм	9,087
F/F_{ult}	0,660	$M_x/M_{x,ult}$		$M_y/M_{y,ult}$	0,275

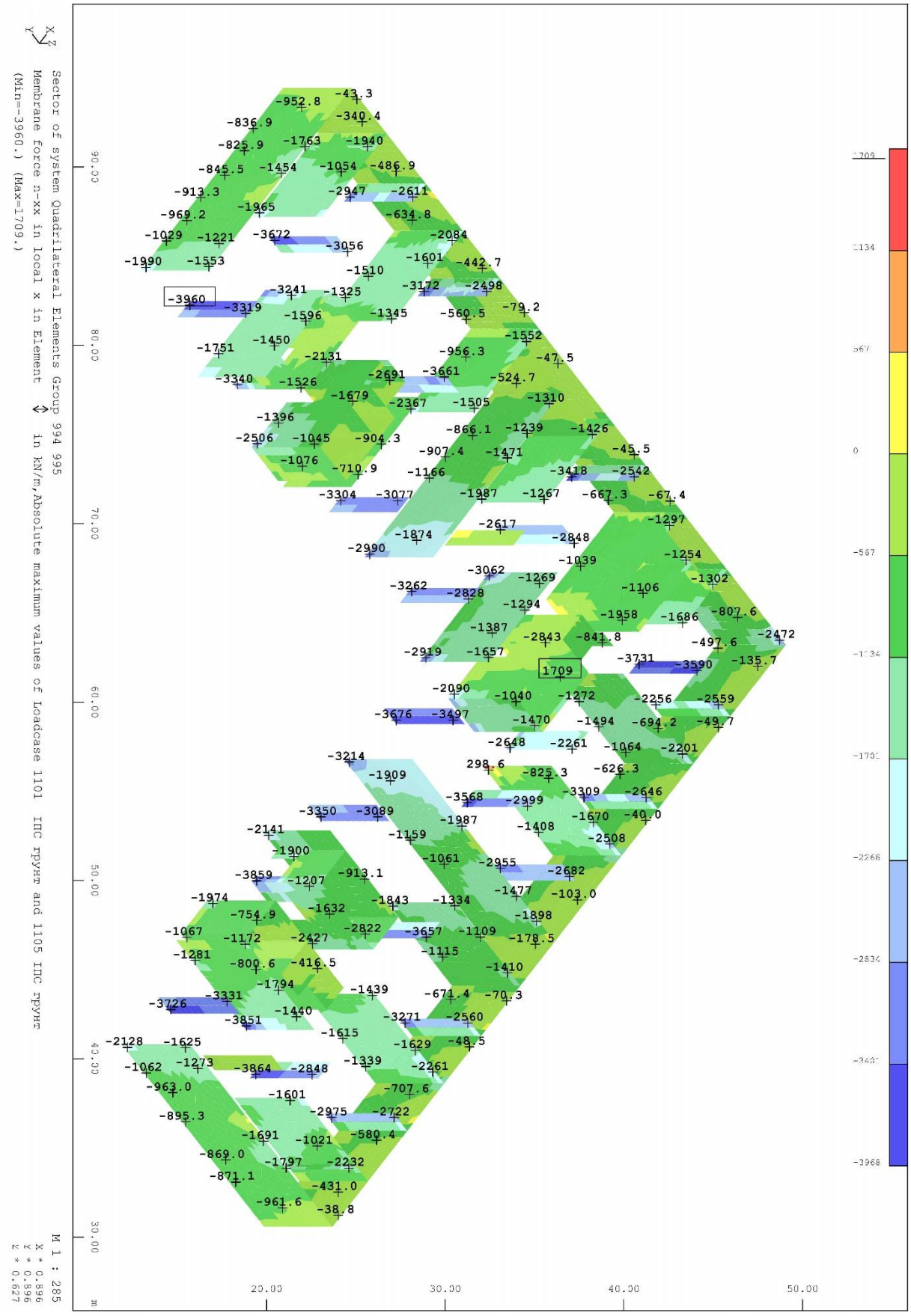
0,936 < 1 Условие прочности выполнено. Прочность обеспечена

Арматура установлена с избытком. Часть 'лишней' арматуры в расчете не учтена

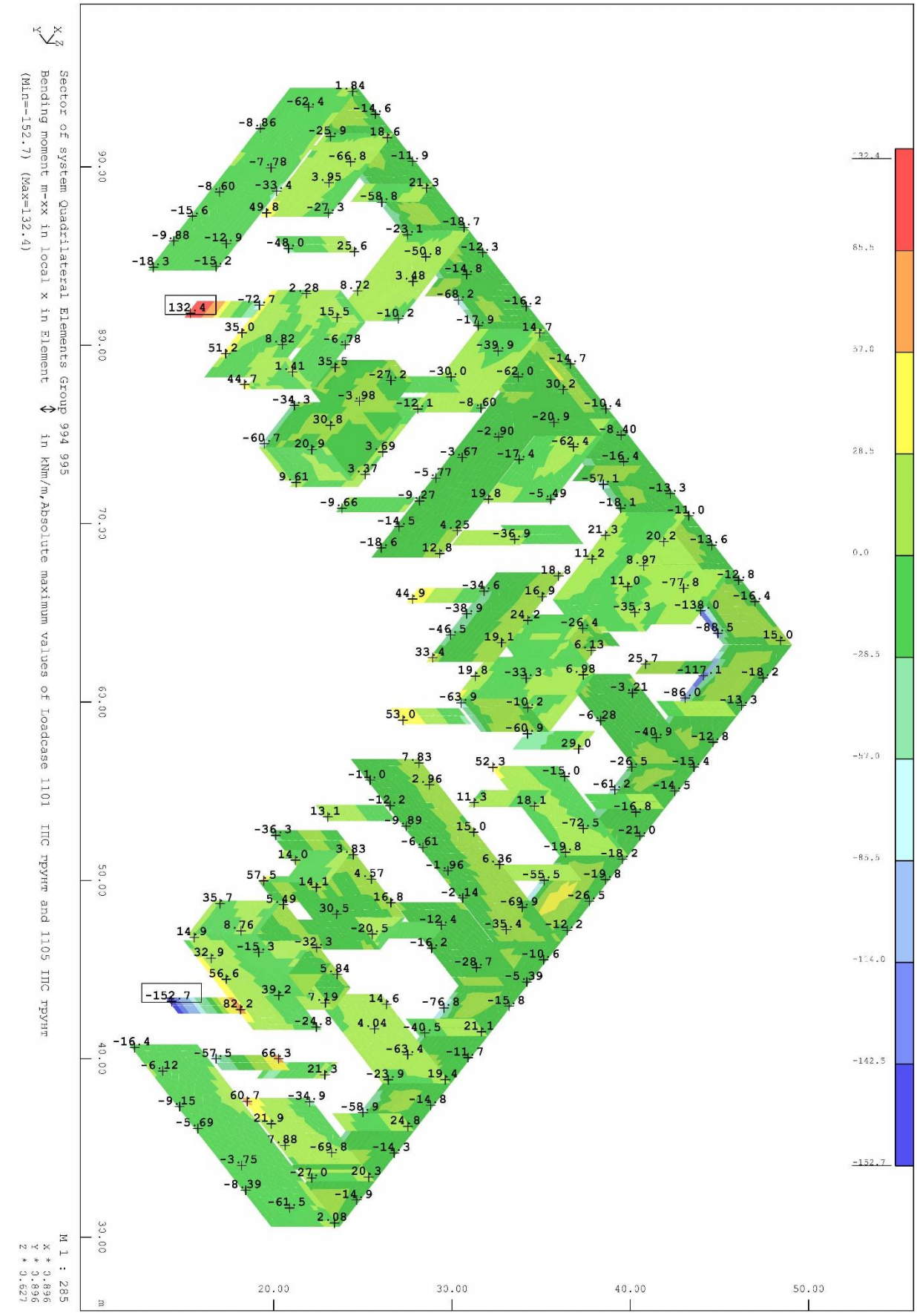


5.11. НЕСУЩИЕ СТЕНЫ И ПИЛОНЫ ПОДЗЕМНОЙ ЧАСТИ

Вертикальные усилия (N) в стенах и пилонах -1 этажа, кН/м

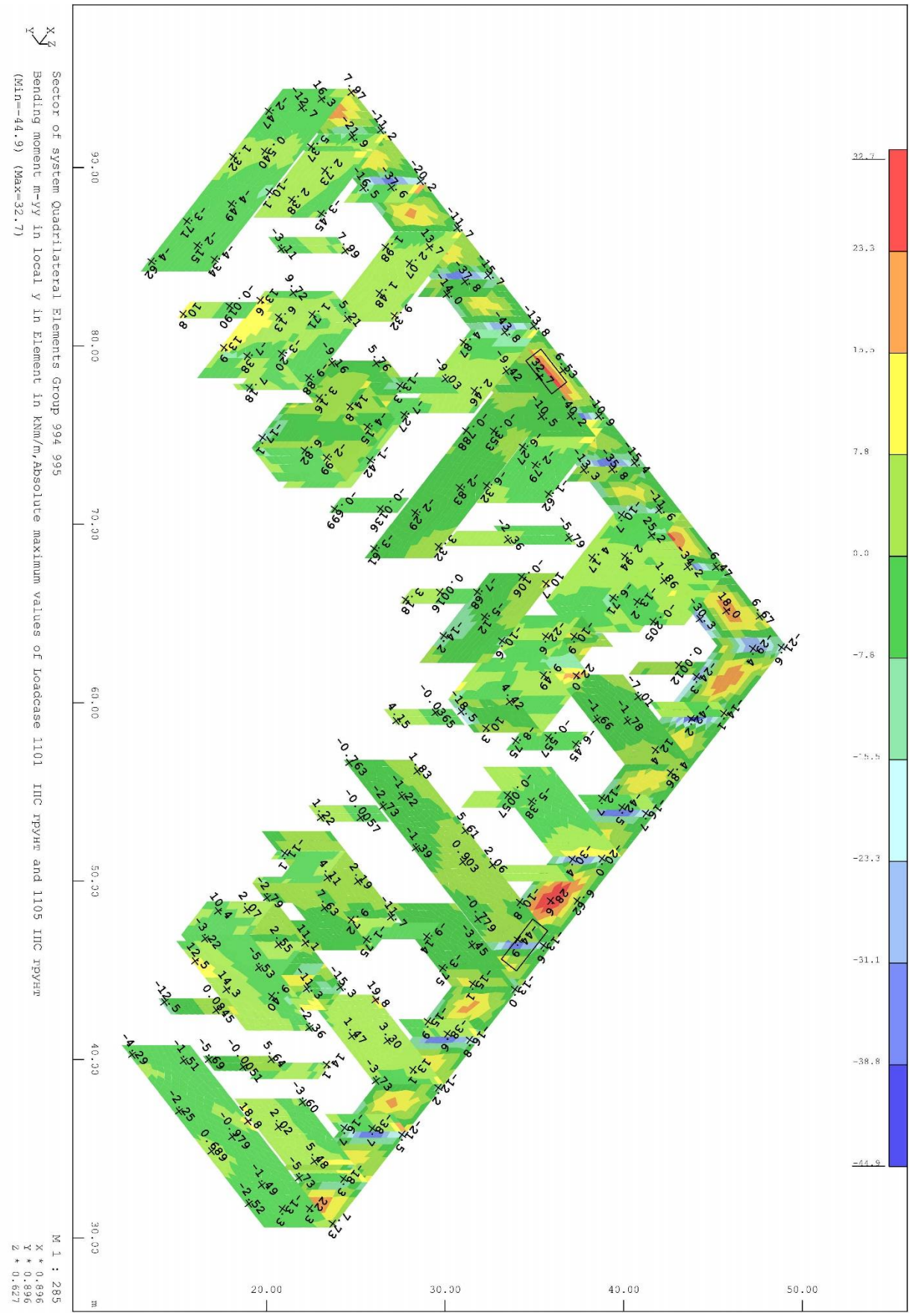


Изгибающие моменты (Mx) в стенах и пилонах -1 этажа, кН*м/м

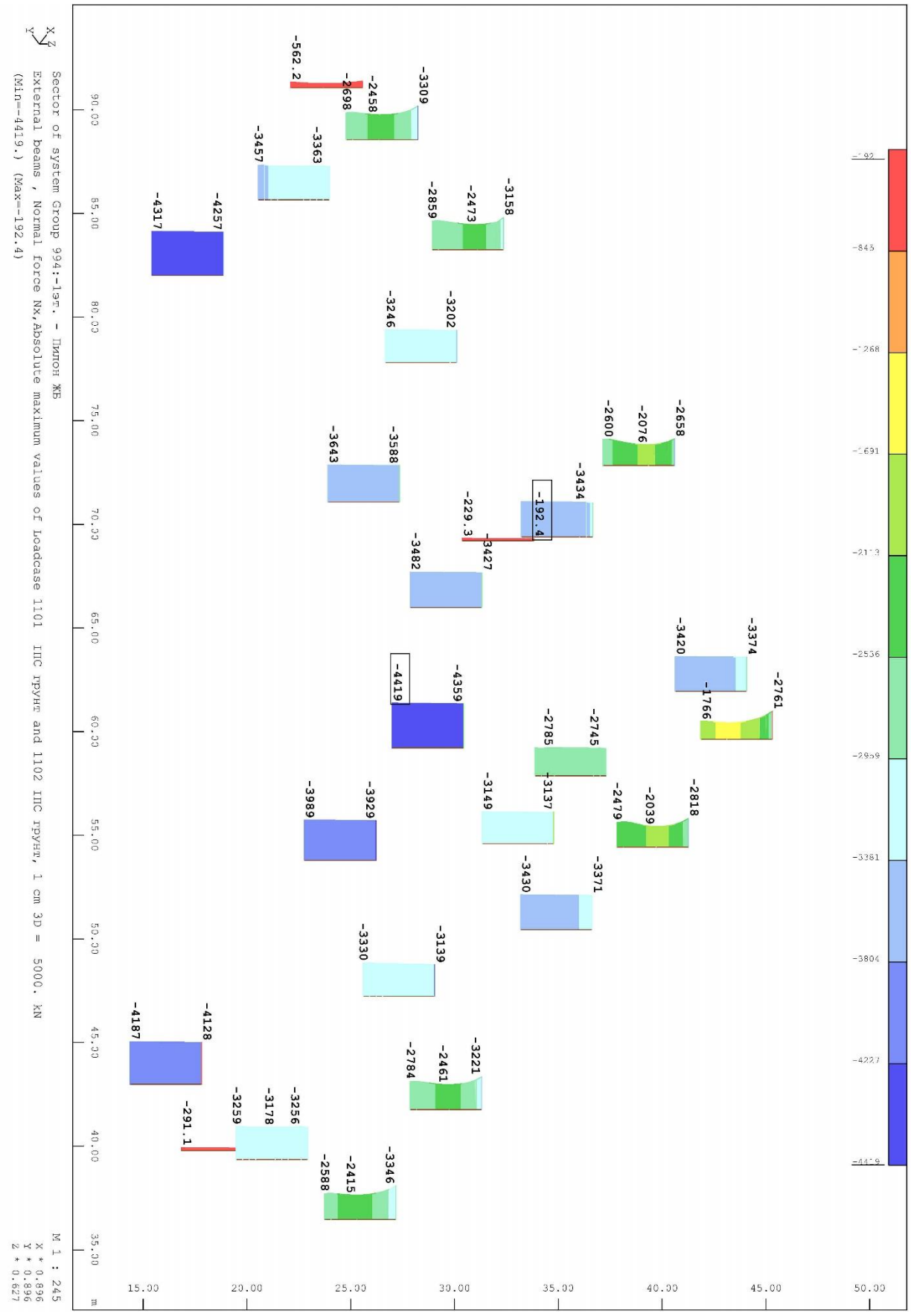


						1190-01-КР.Р4	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		246

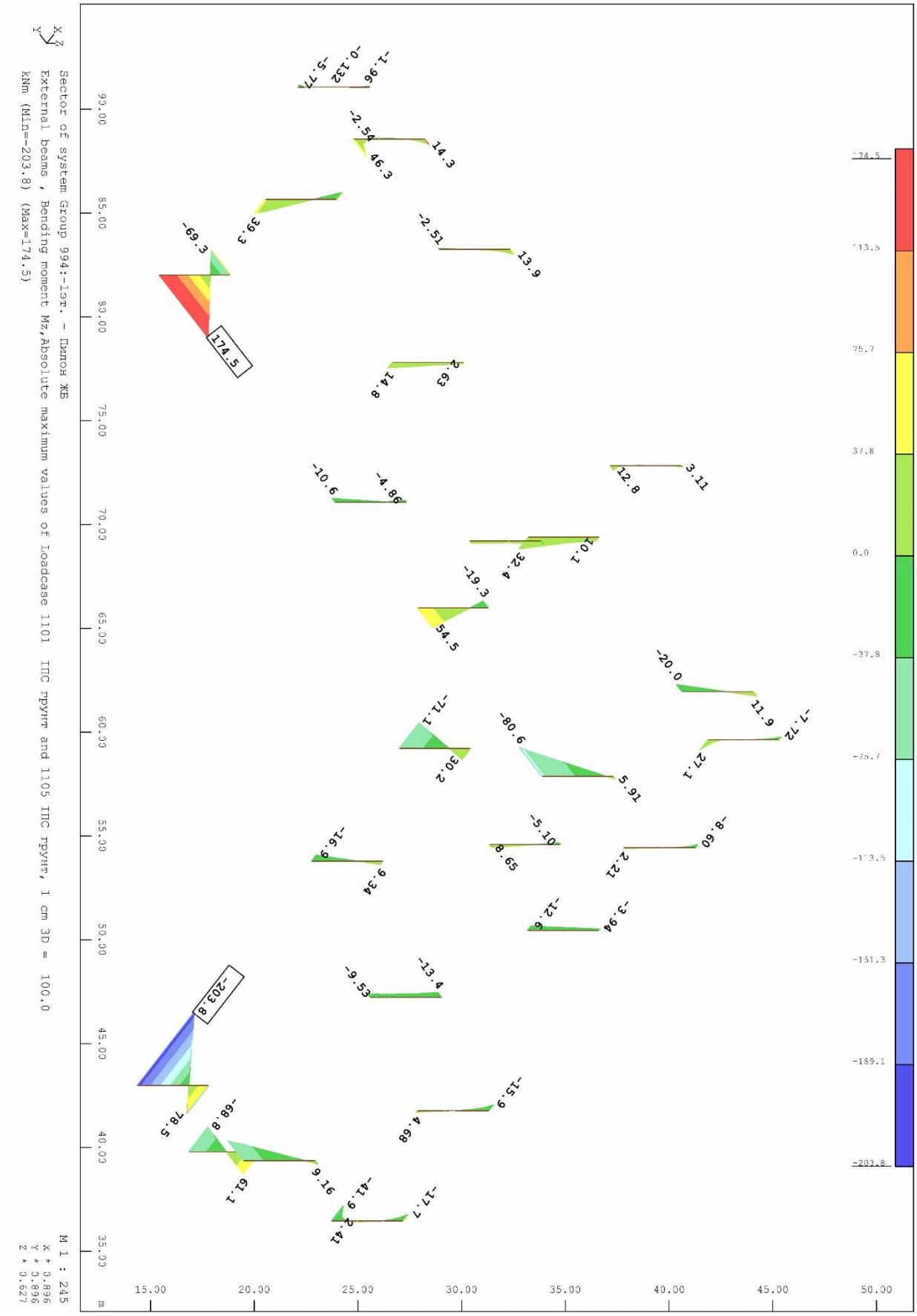
Изгибающие моменты (My) в стенах и пилонах -1 этажа, кН*м/м



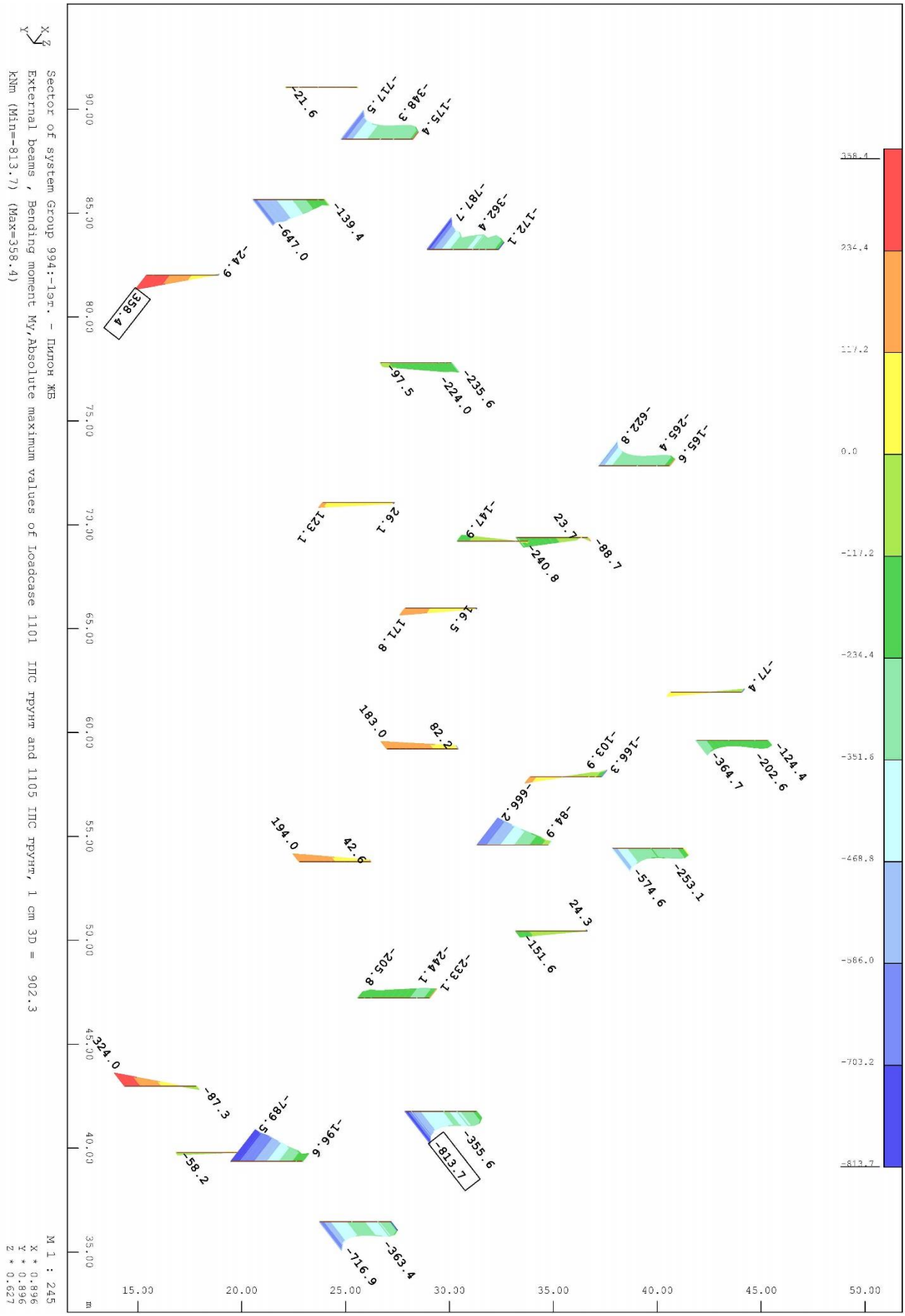
Вертикальные усилия (N) в пилонах -1 этажа, кН



Изгибающие моменты (Mz) из плоскости пилонов -1 этажа, кН*м



Изгибающие моменты (My) в плоскости пилонов -1 этажа, кН*м



ПИЛОН 200Х1200 В ОСЯХ 2.Д-2.Е / 2.23 НА -1 ЭТАЖЕ

1.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 420$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 399$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 75$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 71.25$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 20$ см $= 0.2$м
- Ширина сечения $b = 120$ см $= 1.2$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.2 - 0.05 = 0.15$м
- Диаметр стержней $d_s = 20$мм $= 0.02$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 14)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 21.99$ см$^2 = 2.1991E - 003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 21.99$ см$^2 = 2.1991E - 003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\% \frac{A_s + A'_s}{bh_0} = 100\% \frac{2.1991E-003 + 2.1991E-003}{1.2 \cdot 0.15} = 2.44\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.77$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.77 = 13.09$МПа $= 13090$кН/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_{b2} = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_{sc} = 400$МПа $= 400000$ кН/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 588$ см $= 5.88$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 5.88 \cdot 0.8 = 4.704$м
- Конструкция статически неопределимая

1.2. РАСЧЕТ

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$\frac{L}{600} = \frac{5.88}{600} = 0.01\text{м}$$

$$\frac{h}{30} = \frac{0.2}{30} = 0.007\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01\text{м}$

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{75}{420} = 0.179\text{м}$$

$$\delta_e = \frac{e_0}{h} = \frac{0.179}{0.2} = 0.893$$

$$M_1 = M + N\left(\frac{h}{2} - a\right) = 75 + 420 \cdot \left(\frac{0.2}{2} - 0.05\right) = 96\text{кНм}$$

$$M_{l1} = M_l + N_l\left(\frac{h}{2} - a\right) = 71.25 + 399 \cdot \left(\frac{0.2}{2} - 0.05\right) = 91.2\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + \frac{M_{l1}}{M_1} = \frac{91.2}{96} = 1.95$$

$$k_b = \frac{0.15}{\varphi_l(0.3 + \delta_e)} = \frac{0.15}{1.95(0.3 + 0.893)} = 0.064$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{1.2 \cdot 0.2^3}{12} = 8.00000E - 004\text{м}^4$$

$$I_s = A_s\left(\frac{h}{2} - a\right)^2 + A'_s\left(\frac{h}{2} - a'\right)^2$$

$$= 2.1991E - 003\left(\frac{0.2}{2} - 0.05\right)^2 + 2.1991E - 003\left(\frac{0.2}{2} - 0.05\right)^2$$
$$= 1.0996E - 005\text{м}^4$$

$$D = k_b E_b I + k_s E_s I_s$$
$$= 0.064 \cdot 32500000 \cdot 8.00000E - 004 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 1.09956E - 005$$
$$= 3216.03\text{кНм}^2$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 D}{l_0^2} = \frac{3.14^2 \cdot 3216.03}{4.704^2} = 1434.45\text{кН}$$

Условие $N = 420\text{кН} \leq N_{cr} = 1434.45\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{420}{1434.45}} = 1.414$$

$$e = e_0\eta + \frac{h_0 - a'}{2} = 0.179 \cdot 1.414 + \frac{0.15 - 0.05}{2} = 0.303\text{м}$$

$$\varepsilon_{sel} = \frac{R_s}{E_s} = \frac{435000}{200000000} = 0.002175$$

$$\xi_R = \frac{0.8}{1 + \frac{\varepsilon_{sel}}{\varepsilon_{bult}}} = \frac{0.8}{1 + \frac{0.002175}{0.0042}} = 0.527$$

$$x = \frac{N + R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_b b} = \frac{420 + 435000 \cdot 2.1991E-003 - 400000 \cdot 2.1991E-003}{13090 \cdot 1.2}$$
$$= 0.032\text{м}$$

$$\#\xi = x/h_0 = 0.032/0.15 = 0.211 < \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны принимается равной $\#x = 0.032$м

$$Ne \leq R_b b x(h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a')$$

$$Ne = 420 \cdot 0.303 = 127.05\text{кНм}$$

$$R_b b x(h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a')$$
$$= 13090 \cdot 1.2 \cdot 0.032(0.15 - 0.5 \cdot 0.032) + 400000 \cdot 2.1991E$$
$$- 003(0.15 - 0.05) = 154.65\text{кНм}$$

$$Ne = 127.05\text{кНм} \leq R_b b x(h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') = 154.65\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.8215

ПИЛОН 300Х1000 В ОСЯХ 2.Б-2.В / 2.41-2.42 НА -1 ЭТАЖЕ

1.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 3780$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 3591$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 11$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 10.45$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 30$ см $= 0.3$м
- Ширина сечения $b = 100$ см $= 1$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.3 - 0.05 = 0.25$м
- Диаметр стержней $d_s = 20$мм $= 0.02$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 12)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 18.85$ см^2 $= 1.8850E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 18.85$ см^2 $= 1.8850E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\% \frac{A_s + A'_s}{bh_0} = 100\% \frac{1.8850E-003 + 1.8850E-003}{1 \cdot 0.25} = 1.51\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.77$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.77 = 13.09$МПа $= 13090$кН/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_{b2} = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_{sc} = 400$МПа $= 400000$ кН/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 588$ см $= 5.88$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 5.88 \cdot 0.8 = 4.704$м
- Конструкция статически неопределимая

1.2. РАСЧЕТ

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$\frac{L}{600} = \frac{5.88}{600} = 0.01\text{м}$$

$$\frac{h}{30} = \frac{0.3}{30} = 0.01\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01\text{м}$

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{11}{3780} = 0.003\text{м}$$

Так как $e_0 = 0.003\text{м} < e_a = 0.01\text{м}$, то расчетный эксцентриситет принимается равным случайному $e_0 = 0.01\text{м}$

$$\delta_e = \frac{e_0}{h} = \frac{0.01}{0.3} = 0.033$$

Так как $\delta_e = 0.033 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N\left(\frac{h}{2} - a\right) = 11 + 3780 \cdot \left(\frac{0.3}{2} - 0.05\right) = 389\text{кНм}$$

$$M_{l1} = M_l + N_l\left(\frac{h}{2} - a\right) = 10.45 + 3591 \cdot \left(\frac{0.3}{2} - 0.05\right) = 369.55\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + \frac{M_{l1}}{M_1} = \frac{369.55}{389} = 1.95$$

$$k_b = \frac{0.15}{\varphi_l(0.3 + \delta_e)} = \frac{0.15}{1.95(0.3 + 0.15)} = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{1 \cdot 0.3^3}{12} = 2.25000E - 003\text{м}^4$$

$$I_s = A_s\left(\frac{h}{2} - a\right)^2 + A'_s\left(\frac{h}{2} - a'\right)^2$$

$$= 1.8850E - 003\left(\frac{0.3}{2} - 0.05\right)^2 + 1.8850E - 003\left(\frac{0.3}{2} - 0.05\right)^2$$

$$= 3.7699E - 005\text{м}^4$$

$$D = k_b E_b I + k_s E_s I_s$$

$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 2.25000E - 003 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 3.76991E - 005$$

$$= 17777.88\text{кНм}^2$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 D}{l_0^2} = \frac{3.14^2 \cdot 17777.88}{4.704^2} = 7929.49\text{кН}$$

Условие $N = 3780\text{кН} \leq N_{cr} = 7929.49\text{кН}$ выполняется.

Согласно п. 8.1.16, при выполнении условий $e_0 \leq \frac{h}{30}$ и $\frac{l_0}{h} \leq 20$ расчет внецентренно нагруженного элемента допускается выполнять по формуле:

$$N \leq N_{ult}$$

$$N_{ult} = \varphi\left(R_b A + R_{sc} A_{s,tot}\right)$$

$$A_{s,tot} = A_s + A'_s = 3.7699E - 003\text{см}^2$$

$$\frac{l_0}{h} = \frac{4.704}{0.3} = 15.68$$

При кратковременном действии нагрузки коэффициент ф определяется по линейному закону $\varphi = 0.90$ при $\frac{l_0}{h} = 10$ и $\varphi = 0.85$ при $\frac{l_0}{h} = 20$

$$\varphi = 0.87$$

$$N_{ult} = 0.87(13090 \cdot 0.3 + 400000 \cdot 3.7699E - 003) = 4737.1\text{кН}$$

Условие 8.16 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.8192

ПИЛОН 300Х1200 В ОСЯХ 2.М-2.П / 2.38-2.39 НА -1 ЭТАЖЕ

1.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 3870$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 3676.5$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 60$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 57$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 30$ см $= 0.3$м
- Ширина сечения $b = 120$ см $= 1.2$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.3 - 0.05 = 0.25$м
- Диаметр стержней $d_s = 20$мм $= 0.02$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 14)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 21.99$ см$^2 = 2.1991E - 003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 21.99$ см$^2 = 2.1991E - 003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\% \frac{A_s + A'_s}{bh_0} = 100\% \frac{2.1991E-003 + 2.1991E-003}{1.2 \cdot 0.25} = 1.47\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.77$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.77 = 13.09$МПа $= 13090$кН/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_{b2} = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_{sc} = 400$МПа $= 400000$ кН/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 588$ см $= 5.88$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 5.88 \cdot 0.8 = 4.704$м
- Конструкция статически неопределимая

1.2. РАСЧЕТ

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$\frac{L}{600} = \frac{5.88}{600} = 0.01\text{м}$$

$$\frac{h}{30} = \frac{0.3}{30} = 0.01\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01\text{м}$

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{60}{3870} = 0.016\text{м}$$

$$\delta_e = \frac{e_0}{h} = \frac{0.016}{0.3} = 0.052$$

Так как $\delta_e = 0.052 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N\left(\frac{h}{2} - a\right) = 60 + 3870 \cdot \left(\frac{0.3}{2} - 0.05\right) = 447\text{кНм}$$

$$M_{l1} = M_l + N_l\left(\frac{h}{2} - a\right) = 57 + 3676.5 \cdot \left(\frac{0.3}{2} - 0.05\right) = 424.65\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + \frac{M_{l1}}{M_1} = \frac{424.65}{447} = 1.95$$

$$k_b = \frac{0.15}{\varphi_l(0.3 + \delta_e)} = \frac{0.15}{1.95(0.3 + 0.15)} = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{1.2 \cdot 0.3^3}{12} = 2.70000E - 003\text{м}^4$$

$$I_s = A_s\left(\frac{h}{2} - a\right)^2 + A'_s\left(\frac{h}{2} - a'\right)^2$$

$$= 2.1991E - 003\left(\frac{0.3}{2} - 0.05\right)^2 + 2.1991E - 003\left(\frac{0.3}{2} - 0.05\right)^2$$
$$= 4.3982E - 005\text{м}^4$$

$$D = k_b E_b I + k_s E_s I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 2.70000E - 003 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 4.39823E - 005$$
$$= 21157.52\text{кНм}^2$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 D}{l_0^2} = \frac{3.14^2 \cdot 21157.52}{4.704^2} = 9436.91\text{кН}$$

Условие $N = 3870\text{кН} \leq N_{cr} = 9436.91\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{3870}{9436.91}} = 1.695$$

$$e = e_0\eta + \frac{h_0 - a'}{2} = 0.016 \cdot 1.695 + \frac{0.25 - 0.05}{2} = 0.126\text{м}$$

$$\varepsilon_{sel} = \frac{R_s}{E_s} = \frac{435000}{200000000} = 0.002175$$

$$\xi_R = \frac{0.8}{1 + \frac{\varepsilon_{sel}}{\varepsilon_{bult}}} = \frac{0.8}{1 + \frac{0.002175}{0.0042}} = 0.527$$

$$x = \frac{N + R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_b b} = \frac{3870 + 435000 \cdot 2.1991E-003 - 400000 \cdot 2.1991E-003}{13090 \cdot 1.2} = 0.251\text{м}$$

$$\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{0.251}{0.25} = 1.005 > \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x = \frac{N + R_s A_s \frac{1 + \xi_R}{1 - \xi_R} - R_{sc} A'_s}{R_b b + \frac{2 R_s A_s}{h_0 (1 - \xi_R)}}$$

$$= \frac{3870 + 435000 \cdot 2.1991E-003 \frac{1 + 0.527}{1 - 0.527} - 400000 \cdot 2.1991E-003}{13090 \cdot 1.2 + \frac{2 \cdot 435000 \cdot 2.1991E-003}{0.25(1 - 0.527)}}$$

$$= 0.191\text{м}$$

$$Ne \leq R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a')$$

$$Ne = 3870 \cdot 0.126 = 488.71\text{кНм}$$

$$R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a')$$

$$= 13090 \cdot 1.2 \cdot 0.191(0.25 - 0.5 \cdot 0.191) + 400000 \cdot 2.1991E - 003(0.25 - 0.05) = 639.12\text{кНм}$$

$$Ne = 488.71\text{кНм} \leq R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') = 639.12\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.7647

ПИЛОН 300Х1300 В ОСЯХ 2.Е-2.Ж / 2.35-2.37 НА -1 ЭТАЖЕ

1.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 4700$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 4465$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 71$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 67.45$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 30$ см $= 0.3$м
- Ширина сечения $b = 130$ см $= 1.3$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.3 - 0.05 = 0.25$м
- Диаметр стержней $d_s = 25$мм $= 0.025$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 14)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 34.36$ см^2 $= 3.4361E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 34.36$ см^2 $= 3.4361E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\% \frac{A_s + A'_s}{bh_0} = 100\% \frac{3.4361E-003 + 3.4361E-003}{1.3 \cdot 0.25} = 2.11\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.77$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.77 = 13.09$МПа $= 13090$кН/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_{b2} = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_{sc} = 400$МПа $= 400000$ кН/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 588$ см $= 5.88$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 5.88 \cdot 0.8 = 4.704$м
- Конструкция статически неопределимая

1.2. РАСЧЕТ

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$\frac{L}{600} = \frac{5.88}{600} = 0.01\text{м}$$

$$\frac{h}{30} = \frac{0.3}{30} = 0.01\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01\text{м}$

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{71}{4700} = 0.015\text{м}$$

$$\delta_e = \frac{e_0}{h} = \frac{0.015}{0.3} = 0.05$$

Так как $\delta_e = 0.05 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N\left(\frac{h}{2} - a\right) = 71 + 4700 \cdot \left(\frac{0.3}{2} - 0.05\right) = 541\text{кНм}$$

$$M_{l1} = M_l + N_l\left(\frac{h}{2} - a\right) = 67.45 + 4465 \cdot \left(\frac{0.3}{2} - 0.05\right) = 513.95\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + \frac{M_{l1}}{M_1} = \frac{513.95}{541} = 1.95$$

$$k_b = \frac{0.15}{\varphi_l(0.3 + \delta_e)} = \frac{0.15}{1.95(0.3 + 0.15)} = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{1.3 \cdot 0.3^3}{12} = 2.92500E - 003\text{м}^4$$

$$I_s = A_s\left(\frac{h}{2} - a\right)^2 + A_s'\left(\frac{h}{2} - a'\right)^2$$

$$= 3.4361E - 003\left(\frac{0.3}{2} - 0.05\right)^2 + 3.4361E - 003\left(\frac{0.3}{2} - 0.05\right)^2$$

$$= 6.8722E - 005\text{м}^4$$

$$D = k_b E_b I + k_s E_s I_s$$

$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 2.92500E - 003 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 6.87223E - 005$$

$$= 25871.13\text{кНм}^2$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 D}{l_0^2} = \frac{3.14^2 \cdot 25871.13}{4.704^2} = 11539.33\text{кН}$$

Условие $N = 4700\text{кН} \leq N_{cr} = 11539.33\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{4700}{11539.33}} = 1.687$$

$$e = e_0\eta + \frac{h_0 - a'}{2} = 0.015 \cdot 1.687 + \frac{0.25 - 0.05}{2} = 0.125\text{м}$$

$$\varepsilon_{sel} = \frac{R_s}{E_s} = \frac{435000}{200000000} = 0.002175$$

$$\xi_R = \frac{0.8}{1 + \frac{\varepsilon_{sel}}{\varepsilon_{bult}}} = \frac{0.8}{1 + \frac{0.002175}{0.0042}} = 0.527$$

$$x = \frac{N + R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_b b} = \frac{4700 + 435000 \cdot 3.4361E-003 - 400000 \cdot 3.4361E-003}{13090 \cdot 1.3} = 0.283\text{м}$$

$$\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{0.283}{0.25} = 1.133 > \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x = \frac{N + R_s A_s \frac{1+\xi_R}{1-\xi_R} - R_{sc} A'_s}{R_b b + \frac{2R_s A_s}{h_0(1-\xi_R)}}$$

$$= \frac{4700 + 435000 \cdot 3.4361E-003 \frac{1+0.527}{1-0.527} - 400000 \cdot 3.4361E-003}{13090 \cdot 1.3 + \frac{2 \cdot 435000 \cdot 3.4361E-003}{0.25(1-0.527)}}$$

$$= 0.193\text{м}$$

$$Ne \leq R_b bx(h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a')$$

$$Ne = 4700 \cdot 0.125 = 589.79\text{кНм}$$

$$R_b bx(h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') = 13090 \cdot 1.3 \cdot 0.193(0.25 - 0.5 \cdot 0.193) + 400000 \cdot 3.4361E-003(0.25 - 0.05) = 778.74\text{кНм}$$

$$Ne = 589.79\text{кНм} \leq R_b bx(h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') = 778.74\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.7574

ПИЛОН 300Х1500 В ОСЯХ 2.Ж-2.И / 2.41-2.42 НА -1 ЭТАЖЕ

1.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 4390$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 4170.5$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 58$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 55.1$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 30$ см $= 0.3$м
- Ширина сечения $b = 150$ см $= 1.5$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.3 - 0.05 = 0.25$м
- Диаметр стержней $d_s = 25$мм $= 0.025$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 16)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 39.27$ см^2 $= 3.9270E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 39.27$ см^2 $= 3.9270E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\% \frac{A_s + A'_s}{bh_0} = 100\% \frac{3.9270E-003 + 3.9270E-003}{1.5 \cdot 0.25} = 2.09\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.77$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.77 = 13.09$МПа $= 13090$кН/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_{b2} = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_{sc} = 400$МПа $= 400000$ кН/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 588$ см $= 5.88$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 5.88 \cdot 0.8 = 4.704$м
- Конструкция статически неопределимая

1.2. РАСЧЕТ

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$\frac{L}{600} = \frac{5.88}{600} = 0.01\text{м}$$

$$\frac{h}{30} = \frac{0.3}{30} = 0.01\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01\text{м}$

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{58}{4390} = 0.013\text{м}$$

$$\delta_e = \frac{e_0}{h} = \frac{0.013}{0.3} = 0.044$$

Так как $\delta_e = 0.044 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N\left(\frac{h}{2} - a\right) = 58 + 4390 \cdot \left(\frac{0.3}{2} - 0.05\right) = 497\text{кНм}$$

$$M_{l1} = M_l + N_l\left(\frac{h}{2} - a\right) = 55.1 + 4170.5 \cdot \left(\frac{0.3}{2} - 0.05\right) = 472.15\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + \frac{M_{l1}}{M_1} = \frac{472.15}{497} = 1.95$$

$$k_b = \frac{0.15}{\varphi_l(0.3 + \delta_e)} = \frac{0.15}{1.95(0.3 + 0.15)} = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{1.5 \cdot 0.3^3}{12} = 3.37500E - 003\text{м}^4$$

$$I_s = A_s\left(\frac{h}{2} - a\right)^2 + A'_s\left(\frac{h}{2} - a'\right)^2$$

$$= 3.9270E - 003\left(\frac{0.3}{2} - 0.05\right)^2 + 3.9270E - 003\left(\frac{0.3}{2} - 0.05\right)^2$$
$$= 7.8540E - 005\text{м}^4$$

$$D = k_b E_b I + k_s E_s I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 3.37500E - 003 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 7.85398E - 005$$
$$= 29745.57\text{кНм}^2$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 D}{l_0^2} = \frac{3.14^2 \cdot 29745.57}{4.704^2} = 13267.45\text{кН}$$

Условие $N = 4390\text{кН} \leq N_{cr} = 13267.45\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{4390}{13267.45}} = 1.495$$

$$e = e_0\eta + \frac{h_0 - a'}{2} = 0.013 \cdot 1.495 + \frac{0.25 - 0.05}{2} = 0.12\text{м}$$

$$\varepsilon_{sel} = \frac{R_s}{E_s} = \frac{435000}{200000000} = 0.002175$$

$$\xi_R = \frac{0.8}{1 + \frac{\varepsilon_{sel}}{\varepsilon_{bult}}} = \frac{0.8}{1 + \frac{0.002175}{0.0042}} = 0.527$$

$$x = \frac{N + R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_b b} = \frac{4390 + 435000 \cdot 3.9270E-003 - 400000 \cdot 3.9270E-003}{13090 \cdot 1.5} = 0.231\text{м}$$

$$\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{0.231}{0.25} = 0.922 > \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x = \frac{N + R_s A_s \frac{1 + \xi_R}{1 - \xi_R} - R_{sc} A'_s}{R_b b + \frac{2 R_s A_s}{h_0 (1 - \xi_R)}}$$

$$= \frac{4390 + 435000 \cdot 3.9270E-003 \frac{1 + 0.527}{1 - 0.527} - 400000 \cdot 3.9270E-003}{13090 \cdot 1.5 + \frac{2 \cdot 435000 \cdot 3.9270E-003}{0.25(1 - 0.527)}}$$

$$= 0.172\text{м}$$

$$Ne \leq R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a')$$

$$Ne = 4390 \cdot 0.12 = 525.68\text{кНм}$$

$$R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a')$$
$$= 13090 \cdot 1.5 \cdot 0.172(0.25 - 0.5 \cdot 0.172) + 400000 \cdot 3.9270E-003(0.25 - 0.05) = 867.63\text{кНм}$$

$$Ne = 525.68\text{кНм} \leq R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') = 867.63\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.6059

Проверка армирования стены -1 этажа толщиной 200 мм

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	132,6	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	9,0	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,77		γ_s	1,0	
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h= 200 мм -высота сечения колонны
b= 1000 мм -ширина сечения колонны
a= 50 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона
a'= 50 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона
L= 5880 мм -высота колонны
μ= 0,8 -коэффициент расчетной длины
h_0= 150 мм -рабочая высота сечения
L_0= 470 см -расчетная высота колонны

Усилия:

N= 150 тс -продольная сила
M= 2 тс· м -момент от полной нагрузки
M_l= 1,6 тс· м -момент от длительных нагрузок

Армирование:

Растянутая арматура
$d_{s,ф}$= 16 мм -диаметр основной арматуры
$n_ф$= 5 шт -количество основной арматуры
$d_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$n_д$= 0 шт -количество дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 10,1 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 10,1 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура
$d'_{s,ф}$= 16 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 5 шт -колчество основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 0 шт -количество дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 10,1 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 10,1 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 0,27 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,02 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 4,6 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет:

e_0= 1,33 см -эксцентриситет приложения продольной силы к сечению
x= 9,62 см -высота сжатой зоны бетона
I= 66666,667 см⁴ -момент инерции площади бетона
I_s= 505,93162 см⁴ -момент инерции площади арматуры
δ_e= 0,15 -относительное значение эксцентриситета продольной силы
φ_l= 1,8 -коэффициент, учитывающий влияние длительности нагрузки
k_b= 0,19
$k_ø$= 0,7
D= 4,814E+09 кгс· см² -жесткость железобетонного элемента в предельной по прочности стадии
N_{cr}= 214,71 тс -условная критическая сила
η= 3,32 -коэффициент, учитывающий влияние продольного изгиба
e= 9,42 см -расстояние от точки приложения продольной силы N до центра тяжести сечения растянутой или наименее сжатой арматуры

$N \cdot e \le R_b \cdot b \cdot x(h_0 - 0{,}5x) + R_{sc} \cdot A'_s \cdot (h_0 - a')$ = 17,099 тс· м

1 условие прочности выполнено

$N \cdot e$ = 14,136 тс· м

Проверка армирования стены -1 этажа толщиной 220 мм

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	132,6	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	9,0	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,77		γ_s	1,0	
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h= 220 мм -высота сечения колонны
b= 1000 мм -ширина сечения колонны
a= 50 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона
a'= 50 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона
L= 5880 мм -высота колонны
μ= 0,8 -коэффициент расчетной длины
h_0= 170 мм -рабочая высота сечения
L_0= 470 см -расчетная высота колонны

Усилия:

N= 190 тс -продольная сила
M= 2 тс· м -момент от полной нагрузки
M_l= 1,6 тс· м -момент от длительных нагрузок

Армирование:

Растянутая арматура

$d_{s,\phi}$= 16 мм -диаметр основной арматуры
n_ϕ= 5 шт -количество основной арматуры
$d_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$n_д$= 0 шт -количество дополнительной арматуры
$A_{s,\phi}$= 10,1 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 10,1 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,\phi}$= 16 мм -диаметр основной арматуры
s'_ϕ= 5 шт -колчество основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 0 шт -количество дополнительной арматуры
$A'_{s,\phi}$= 10,1 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 10,1 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 0,27 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,02 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 5,5 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет:

e_0= 1,05 см -эксцентриситет приложения продольной силы к сечению
x= 11,9 см -высота сжатой зоны бетона
I= 88733,333 см⁴ -момент инерции площади бетона
I_s= 727,09975 см⁴ -момент инерции площади арматуры
δ_e= 0,15 -относительное значение эксцентриситета продольной силы
φ_l= 1,8 -коэффициент, учитывающий влияние длительности нагрузки
k_b= 0,19
k_s= 0,7
D= 6,484E+09 кгс· см² -жесткость железобетонного элемента в предельной по прочности стадии
N_{cr}= 289,19 тс -условная критическая сила
η= 2,92 -коэффициент, учитывающий влияние продольного изгиба
e= 9,07 см -расстояние от точки приложения продольной силы N до центра тяжести сечения растянутой или наименее сжатой арматуры

$N \cdot e \le R_b \cdot b \cdot x(h_0 - 0{,}5x) + R_{sc} \cdot A'_s \cdot (h_0 - a')$ = 22,342 тс· м

1 условие прочности выполнено

$N \cdot e$ = 17,231 тс· м

Проверка армирования стены -1 этажа толщиной 250 мм

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	132,6	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	9,0	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,77		γ_s	1,0	
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h= 250 мм -высота сечения колонны
b= 1000 мм -ширина сечения колонны
a= 50 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона
a'= 50 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона
L= 5880 мм -высота колонны
μ= 0,8 -коэффициент расчетной длины
h_0= 200 мм -рабочая высота сечения
L_0= 470 см -расчетная высота колонны

Усилия:

N= 260 тс -продольная сила
M= 2 тс· м -момент от полной нагрузки
M_l= 1,6 тс· м -момент от длительных нагрузок

Армирование:

Растянутая арматура
$d_{s,\phi}$= 16 мм -диаметр основной арматуры
n_ϕ= 5 шт -количество основной арматуры
$d_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$n_д$= 0 шт -количество дополнительной арматуры
$A_{s,\phi}$= 10,1 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 10,1 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура
$d'_{s,\phi}$= 16 мм -диаметр основной арматуры
s'_ϕ= 5 шт -колчество основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 0 шт -количество дополнительной арматуры
$A'_{s,\phi}$= 10,1 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 10,1 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 0,27 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,01 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 6,9 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет:

e_0= 1 см -эксцентриситет приложения продольной силы к сечению
x= 15,9 см -высота сжатой зоны бетона
I= 130208,33 см⁴ -момент инерции площади бетона
I_s= 1134,2502 см⁴ -момент инерции площади арматуры
δ_e= 0,15 -относительное значение эксцентриситета продольной силы
φ_l= 1,8 -коэффициент, учитывающий влияние длительности нагрузки
k_b= 0,19
k_s= 0,7
D= 9,61E+09 кгс· см² -жесткость железобетонного элемента в предельной по прочности стадии
N_{cr}= 428,65 тс -условная критическая сила
η= 2,54 -коэффициент, учитывающий влияние продольного изгиба
e= 10 см -расстояние от точки приложения продольной силы N до центра тяжести сечения растянутой или наименее сжатой арматуры

$N \cdot e \le R_b \cdot b \cdot x(h_0 - 0{,}5x) + R_{sc} \cdot A'_s \cdot (h_0 - a')$ = 31,55 тс· м

1 условие прочности выполнено

$N \cdot e$ = 26,108 тс· м

Проверка армирования стены -1 этажа толщиной 300 мм

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	132,6	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	9,0	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,77		γ_s	1,0	
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h= 300 мм -высота сечения колонны
b= 1000 мм -ширина сечения колонны
a= 50 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона
a'= 50 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона
L= 5880 мм -высота колонны
μ= 0,8 -коэффициент расчетной длины
h_0= 250 мм -рабочая высота сечения
L_0= 470 см -расчетная высота колонны

Усилия:

N= 250 тс -продольная сила
M= 8 тс· м -момент от полной нагрузки
M_l= 6,4 тс· м -момент от длительных нагрузок

Армирование:

Растянутая арматура

$d_{s,ф}$= 16 мм -диаметр основной арматуры
$n_ф$= 5 шт -количество основной арматуры
$d_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$n_д$= 0 шт -количество дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 10,1 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 10,1 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,ф}$= 16 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 5 шт -колчество основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 0 шт -количество дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 10,1 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 10,1 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 0,27 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,01 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 9,1 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет:

e_0= 3,2 см -эксцентриситет приложения продольной силы к сечению
x= 16,8 см -высота сжатой зоны бетона
I= 225000 см⁴ -момент инерции площади бетона
I_s= 2013,8961 см⁴ -момент инерции площади арматуры
δ_e= 0,15 -относительное значение эксцентриситета продольной силы
φ_l= 1,8 -коэффициент, учитывающий влияние длительности нагрузки
k_b= 0,19
k_s= 0,7
D= 1,668E+10 кгс· см² -жесткость железобетонного элемента в предельной по прочности стадии
N_{cr}= 744,14 тс -условная критическая сила
η= 1,51 -коэффициент, учитывающий влияние продольного изгиба
e= 14,8 см -расстояние от точки приложения продольной силы N до центра тяжести сечения растянутой или наименее сжатой арматуры

$N \cdot e \le R_b \cdot b \cdot x(h_0 - 0{,}5x) + R_{sc} \cdot A'_s \cdot (h_0 - a')$ = 45,15 тс· м

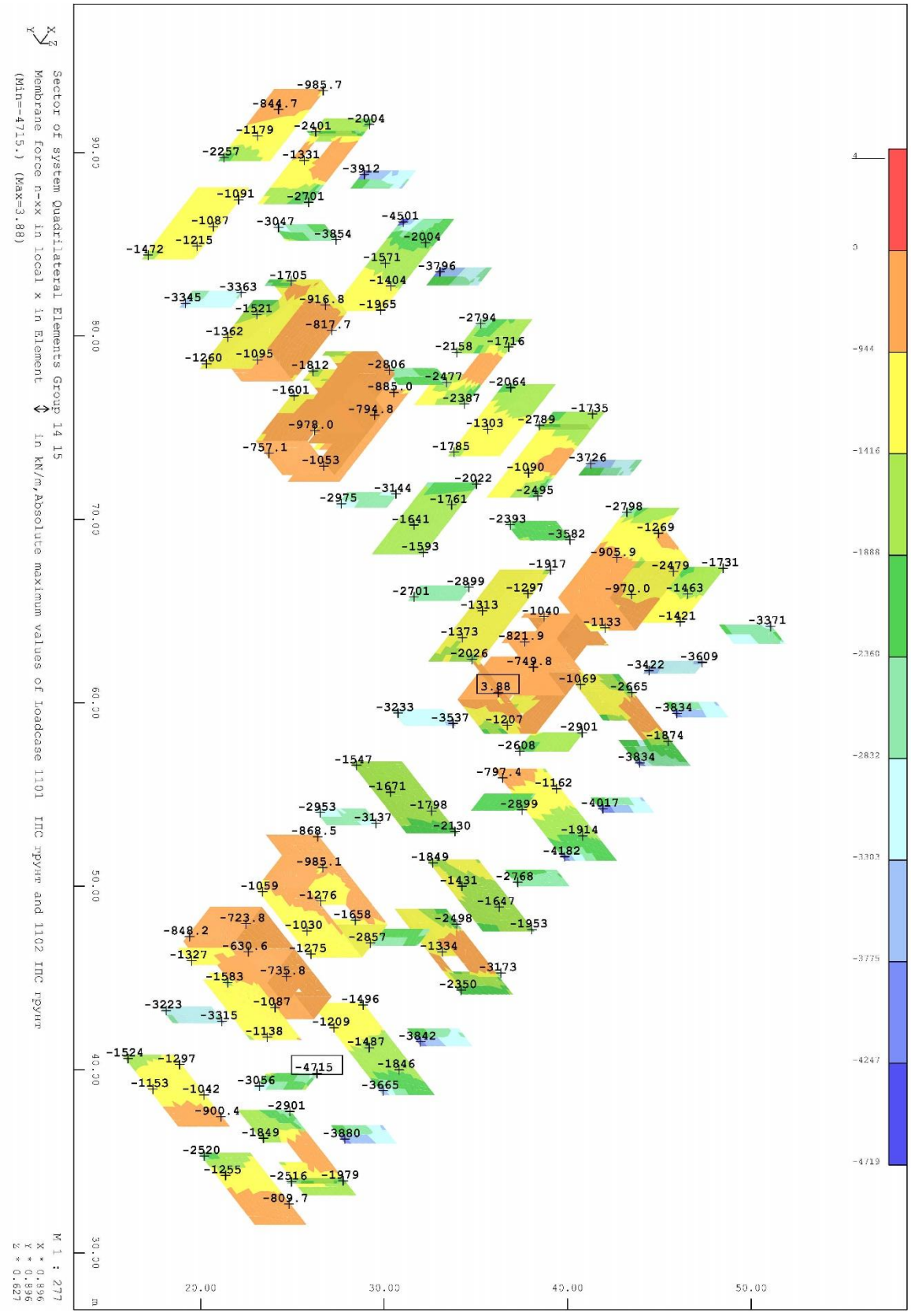
1 условие прочности выполнено

$N \cdot e$ = 37,047 тс· м

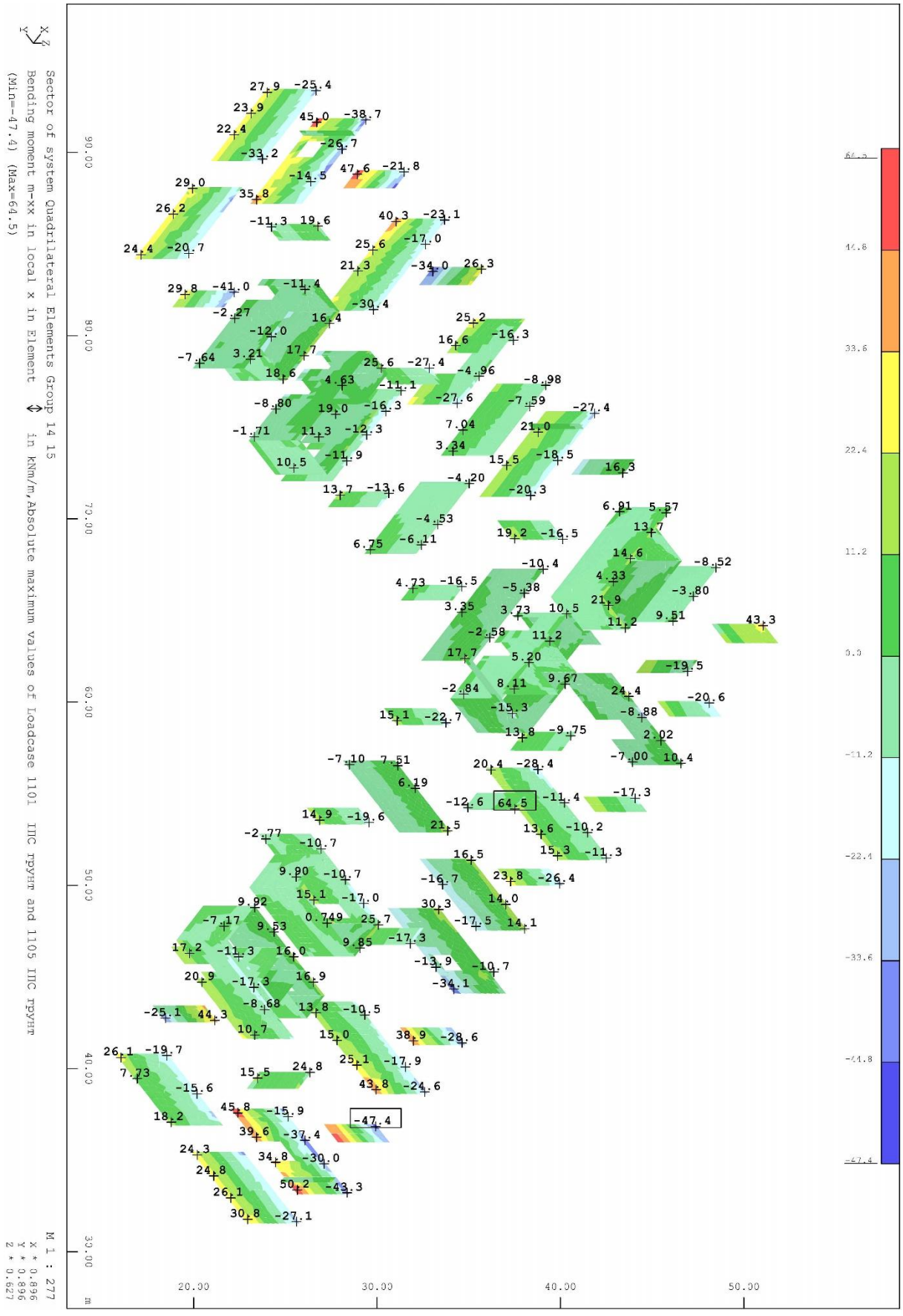
5.12. НЕСУЩИЕ СТЕНЫ И ПИЛОНЫ НАДЗЕМНОЙ ЧАСТИ

5.12.1. НЕСУЩИЕ СТЕНЫ И ПИЛОНЫ 1 ЭТАЖА

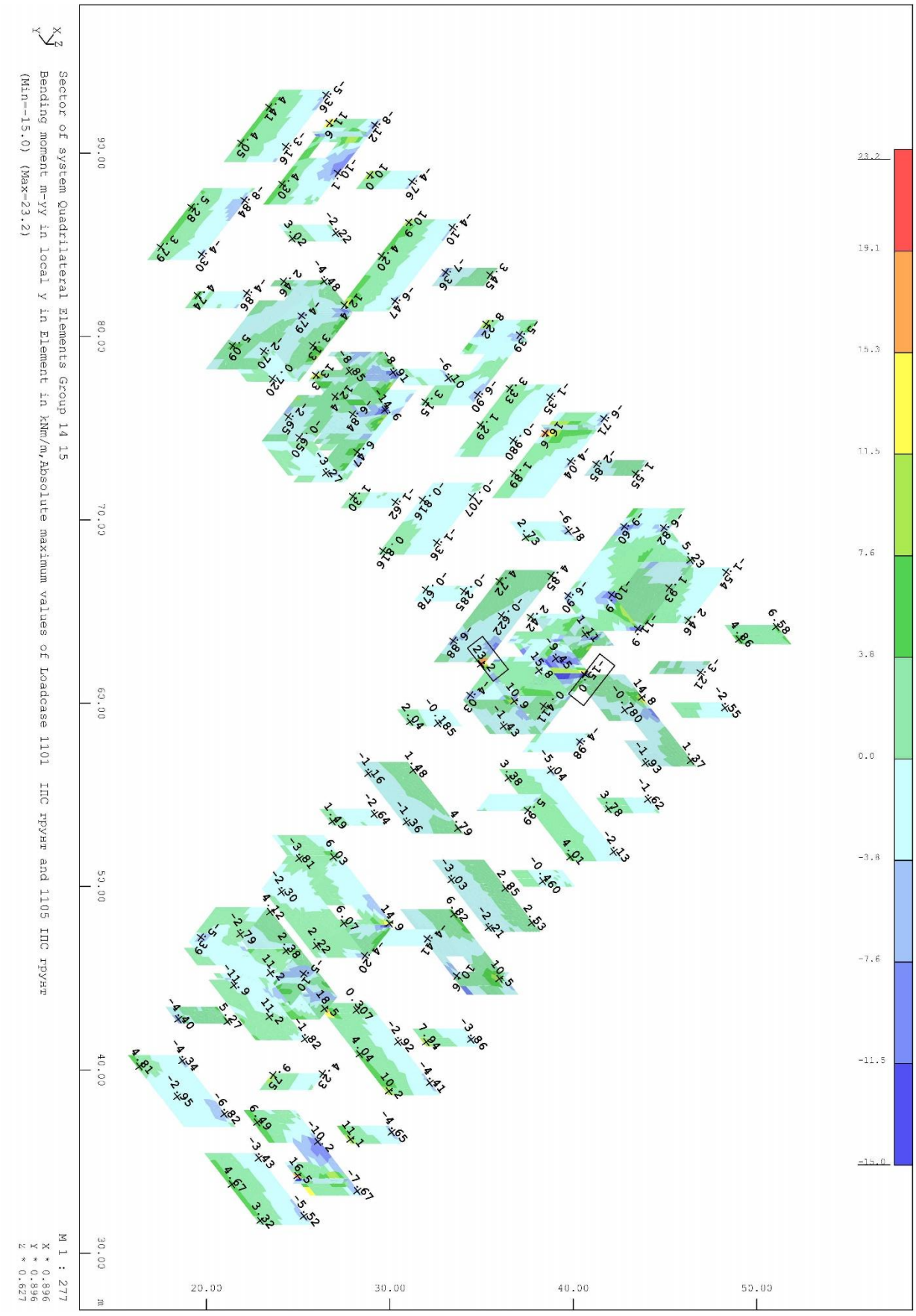
Вертикальные усилия (N) в стенах и пилонах 1 этажа, кН/м



Изгибающие моменты (Mx) в стенах и пилонах 1 этажа, кН*м/м

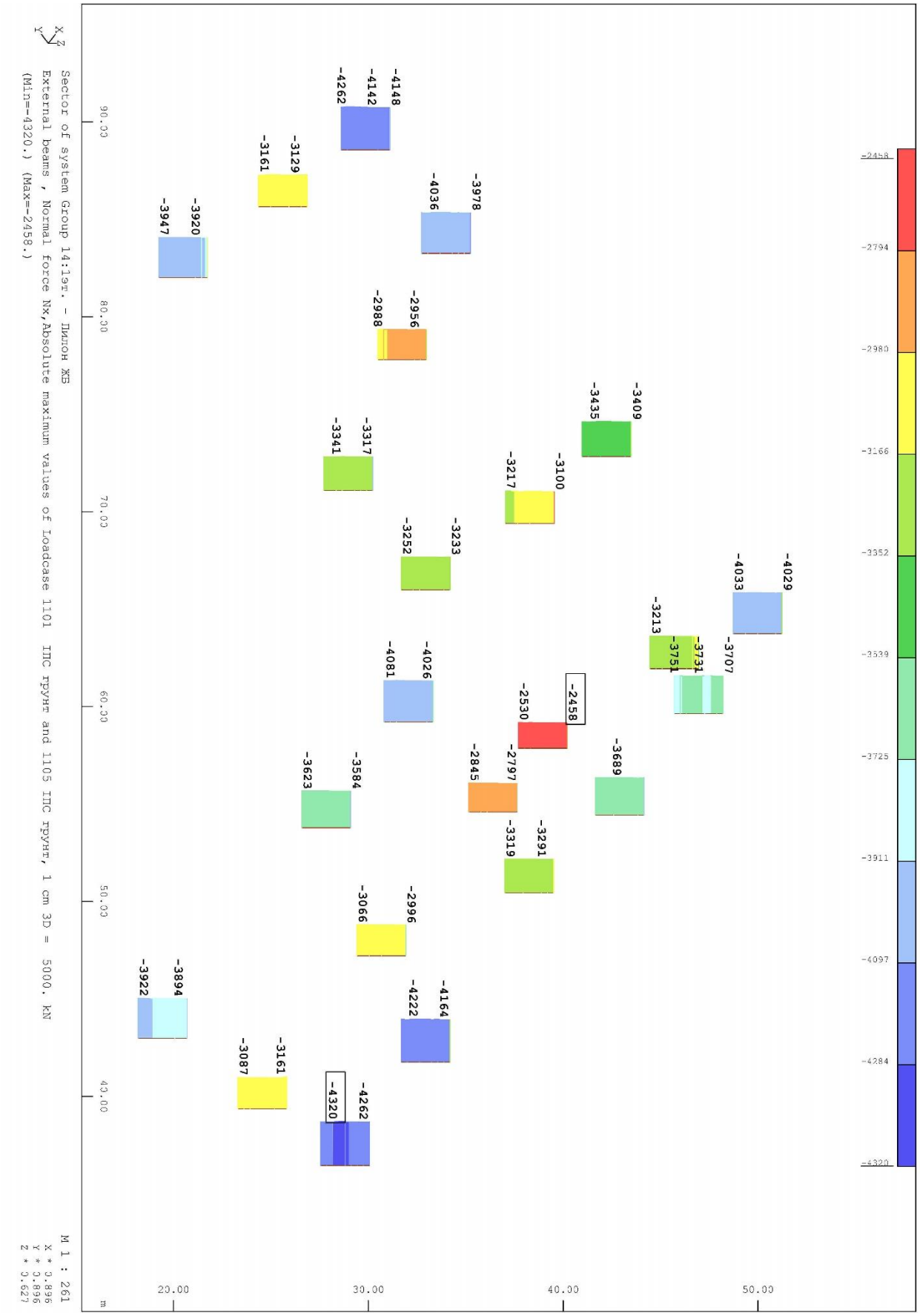


Изгибающие моменты (My) в стенах и пилонах 1 этажа, кН*м/м

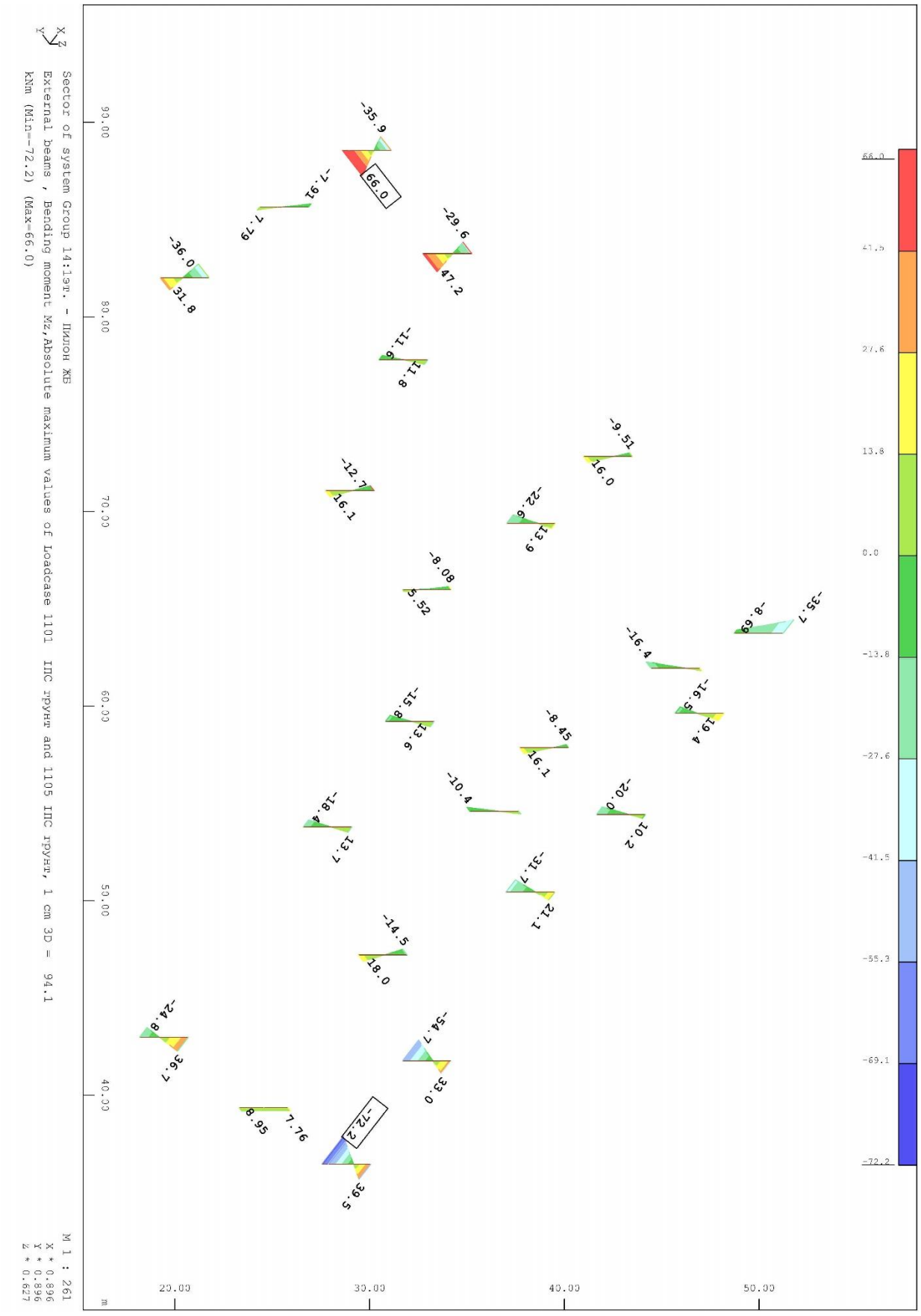


						1190-01-КР.Р4	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		272

Вертикальные усилия (N) в пилонах 1 этажа, кН

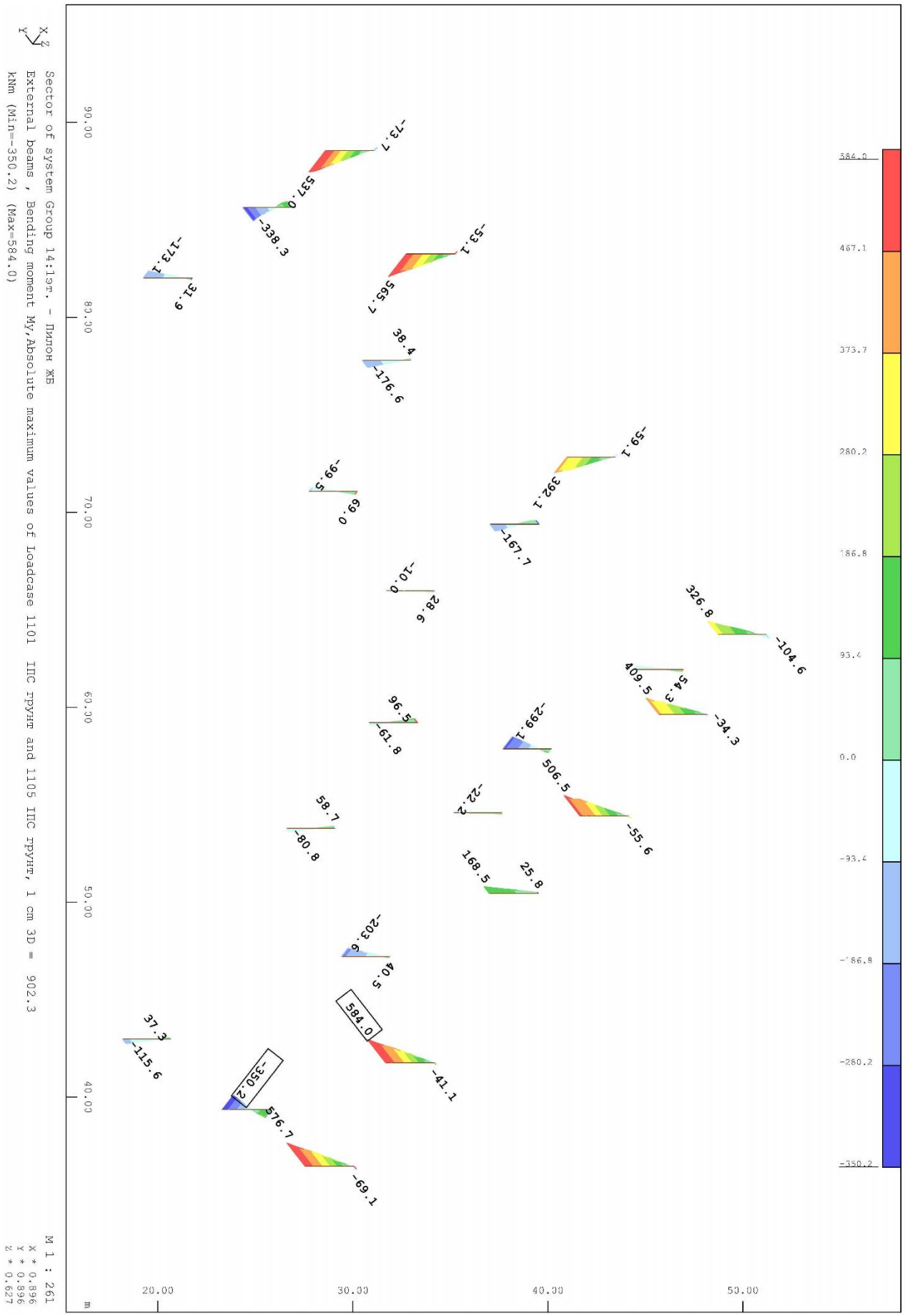


Изгибающие моменты (Mz) из плоскости пилонов 1 этажа, кН*м



						1190-01-КР.Р4	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		274

Изгибающие моменты (My) в плоскости пилонов 1 этажа, кН*м



						1190-01-КР.Р4	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		275

ПИЛОН 250Х1200 В ОСЯХ 2.А-2.Б / 2.41-2.42 НА 1 ЭТАЖЕ

1.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 3830$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 3638.5$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 21$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 19.95$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 25$ см $= 0.25$м
- Ширина сечения $b = 120$ см $= 1.2$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.25 - 0.05 = 0.2$м
- Диаметр стержней $d_s = 20$мм $= 0.02$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 14)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 21.99$ см^2 $= 2.1991E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A_s' = 21.99$ см^2 $= 2.1991E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\% \frac{A_s + A_s'}{bh_0} = 100\% \frac{2.1991E-003 + 2.1991E-003}{1.2 \cdot 0.2} = 1.83\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.77$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.77 = 13.09$МПа $= 13090$кН/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_{b2} = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_{sc} = 400$МПа $= 400000$ кН/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 430$ см $= 4.3$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 1$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 4.3 \cdot 1 = 4.3$м
- Конструкция статически неопределимая

$$\xi_R = \frac{0.8}{1 + \frac{\varepsilon_{sel}}{\varepsilon_{bult}}} = \frac{0.8}{1 + \frac{0.002175}{0.0042}} = 0.527$$

$$x = \frac{N + R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_b b} = \frac{3830 + 435000 \cdot 2.1991E-003 - 400000 \cdot 2.1991E-003}{13090 \cdot 1.2} = 0.249\text{м}$$

$$\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{0.249}{0.2} = 1.244 > \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x = \frac{N + R_s A_s \frac{1+\xi_R}{1-\xi_R} - R_{sc} A'_s}{R_b b + \frac{2R_s A_s}{h_0(1-\xi_R)}}$$

$$= \frac{3830 + 435000 \cdot 2.1991E-003 \frac{1+0.527}{1-0.527} - 400000 \cdot 2.1991E-003}{13090 \cdot 1.2 + \frac{2 \cdot 435000 \cdot 2.1991E-003}{0.2(1-0.527)}}$$

$$= 0.168\text{м}$$

$$Ne \leq R_b b x(h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s(h_0 - a')$$

$$Ne = 3830 \cdot 0.099 = 380.86\text{кНм}$$

$$R_b b x(h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s(h_0 - a')$$

$$= 13090 \cdot 1.2 \cdot 0.168(0.2 - 0.5 \cdot 0.168) + 400000 \cdot 2.1991E - 003(0.2 - 0.05) = 438.09\text{кНм}$$

$$Ne = 380.86\text{кНм} \leq R_b b x(h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s(h_0 - a') = 438.09\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.8693

1.2. РАСЧЕТ

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$\frac{L}{600} = \frac{4.3}{600} = 0.007\text{м}$$

$$\frac{h}{30} = \frac{0.25}{30} = 0.008\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01\text{м}$

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{21}{3830} = 0.005\text{м}$$

Так как $e_0 = 0.005\text{м} < e_a = 0.01\text{м}$, то расчетный эксцентриситет принимается равным случайному $e_0 = 0.01\text{м}$

$$\delta_e = \frac{e_0}{h} = \frac{0.01}{0.25} = 0.04$$

Так как $\delta_e = 0.04 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N\left(\frac{h}{2} - a\right) = 21 + 3830 \cdot \left(\frac{0.25}{2} - 0.05\right) = 308.25\text{кНм}$$

$$M_{l1} = M_l + N_l\left(\frac{h}{2} - a\right) = 19.95 + 3638.5 \cdot \left(\frac{0.25}{2} - 0.05\right) = 292.84\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + \frac{M_{l1}}{M_1} = \frac{292.84}{308.25} = 1.95$$

$$k_b = \frac{0.15}{\varphi_l(0.3 + \delta_e)} = \frac{0.15}{1.95(0.3 + 0.15)} = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{1.2 \cdot 0.25^3}{12} = 1.56250E - 003\text{м}^4$$

$$I_s = A_s\left(\frac{h}{2} - a\right)^2 + A'_s\left(\frac{h}{2} - a'\right)^2$$

$$= 2.1991E - 003\left(\frac{0.25}{2} - 0.05\right)^2 + 2.1991E - 003\left(\frac{0.25}{2} - 0.05\right)^2$$
$$= 2.4740E - 005\text{м}^4$$

$$D = k_b E_b I + k_s E_s I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 1.56250E - 003 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 2.47400E - 005$$
$$= 12144.16\text{кНм}^2$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 D}{l_0^2} = \frac{3.14^2 \cdot 12144.16}{4.3^2} = 6482.32\text{кН}$$

Условие $N = 3830\text{кН} \leq N_{cr} = 6482.32\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{3830}{6482.32}} = 2.444$$

$$e = e_0\eta + \frac{h_0 - a'}{2} = 0.01 \cdot 2.444 + \frac{0.2 - 0.05}{2} = 0.099\text{м}$$

$$\varepsilon_{sel} = \frac{R_s}{E_s} = \frac{435000}{200000000} = 0.002175$$

ПИЛОН 250Х1300 В ОСЯХ 2.Е-2.Ж / 2.35-2.37 НА 1 ЭТАЖЕ

1.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 4240$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 4028$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 43$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 40.85$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 25$ см $= 0.25$м
- Ширина сечения $b = 130$ см $= 1.3$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.25 - 0.05 = 0.2$м
- Диаметр стержней $d_s = 25$мм $= 0.025$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 14)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 34.36$ см^2 $= 3.4361E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 34.36$ см^2 $= 3.4361E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\% \frac{A_s + A'_s}{bh_0} = 100\% \frac{3.4361E-003 + 3.4361E-003}{1.3 \cdot 0.2} = 2.64\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.77$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.77 = 13.09$МПа $= 13090$кН/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_{b2} = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_{sc} = 400$МПа $= 400000$ кН/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 430$ см $= 4.3$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 1$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 4.3 \cdot 1 = 4.3$м
- Конструкция статически неопределимая

1.2. РАСЧЕТ

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$\frac{L}{600} = \frac{4.3}{600} = 0.007\text{м}$$

$$\frac{h}{30} = \frac{0.25}{30} = 0.008\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01\text{м}$

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{43}{4240} = 0.01\text{м}$$

$$\delta_e = \frac{e_0}{h} = \frac{0.01}{0.25} = 0.041$$

Так как $\delta_e = 0.041 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N\left(\frac{h}{2} - a\right) = 43 + 4240 \cdot \left(\frac{0.25}{2} - 0.05\right) = 361\text{кНм}$$

$$M_{l1} = M_l + N_l\left(\frac{h}{2} - a\right) = 40.85 + 4028 \cdot \left(\frac{0.25}{2} - 0.05\right) = 342.95\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + \frac{M_{l1}}{M_1} = \frac{342.95}{361} = 1.95$$

$$k_b = \frac{0.15}{\varphi_l(0.3 + \delta_e)} = \frac{0.15}{1.95(0.3 + 0.15)} = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{1.3 \cdot 0.25^3}{12} = 1.69271E - 003\text{м}^4$$

$$I_s = A_s\left(\frac{h}{2} - a\right)^2 + A_s'\left(\frac{h}{2} - a'\right)^2$$

$$= 3.4361E - 003\left(\frac{0.25}{2} - 0.05\right)^2 + 3.4361E - 003\left(\frac{0.25}{2} - 0.05\right)^2$$

$$= 3.8656E - 005\text{м}^4$$

$$D = k_b E_b I + k_s E_s I_s$$

$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 1.69271E - 003 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 3.86563E - 005$$

$$= 14815.82\text{кНм}^2$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 D}{l_0^2} = \frac{3.14^2 \cdot 14815.82}{4.3^2} = 7908.4\text{кН}$$

Условие $N = 4240\text{кН} \leq N_{cr} = 7908.4\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{4240}{7908.4}} = 2.156$$

$$e = e_0\eta + \frac{h_0 - a'}{2} = 0.01 \cdot 2.156 + \frac{0.2 - 0.05}{2} = 0.097\text{м}$$

$$\varepsilon_{sel} = \frac{R_s}{E_s} = \frac{435000}{200000000} = 0.002175$$

$$\xi_R = \frac{0.8}{1 + \frac{\varepsilon_{sel}}{\varepsilon_{bult}}} = \frac{0.8}{1 + \frac{0.002175}{0.0042}} = 0.527$$

$$x = \frac{N + R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_b b} = \frac{4240 + 435000 \cdot 3.4361E-003 - 400000 \cdot 3.4361E-003}{13090 \cdot 1.3} = 0.256\text{м}$$

$$\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{0.256}{0.2} = 1.281 > \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x = \frac{N + R_s A_s \frac{1 + \xi_R}{1 - \xi_R} - R_{sc} A'_s}{R_b b + \frac{2 R_s A_s}{h_0 (1 - \xi_R)}}$$

$$= \frac{4240 + 435000 \cdot 3.4361E-003 \frac{1 + 0.527}{1 - 0.527} - 400000 \cdot 3.4361E-003}{13090 \cdot 1.3 + \frac{2 \cdot 435000 \cdot 3.4361E-003}{0.2(1 - 0.527)}}$$

$$= 0.158\text{м}$$

$$Ne \leq R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a')$$

$$Ne = 4240 \cdot 0.097 = 410.7\text{кНм}$$

$$R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a')$$
$$= 13090 \cdot 1.3 \cdot 0.158(0.2 - 0.5 \cdot 0.158) + 400000 \cdot 3.4361E-003(0.2 - 0.05) = 531.64\text{кНм}$$

$$Ne = 410.7\text{кНм} \leq R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') = 531.64\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.7725

ПИЛОН 250Х1400 В ОСЯХ 2.А-2.Б / 2.26 НА 1 ЭТАЖЕ

1.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 4370$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 4151.5$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 86$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 81.7$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 25$ см $= 0.25$м
- Ширина сечения $b = 140$ см $= 1.4$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.25 - 0.05 = 0.2$м
- Диаметр стержней $d_s = 25$мм $= 0.025$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 16)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 39.27$ см^2 $= 3.9270E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 39.27$ см^2 $= 3.9270E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\% \frac{A_s + A'_s}{bh_0} = 100\% \frac{3.9270E-003 + 3.9270E-003}{1.4 \cdot 0.2} = 2.8\,\%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.77$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.77 = 13.09$МПа $= 13090$кН/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_{b2} = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_{sc} = 400$МПа $= 400000$ кН/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 430$ см $= 4.3$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 1$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 4.3 \cdot 1 = 4.3$м
- Конструкция статически неопределимая

1.2. РАСЧЕТ

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$\frac{L}{600} = \frac{4.3}{600} = 0.007\text{м}$$

$$\frac{h}{30} = \frac{0.25}{30} = 0.008\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01\text{м}$

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{86}{4370} = 0.02\text{м}$$

$$\delta_e = \frac{e_0}{h} = \frac{0.02}{0.25} = 0.079$$

Так как $\delta_e = 0.079 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N\left(\frac{h}{2} - a\right) = 86 + 4370 \cdot \left(\frac{0.25}{2} - 0.05\right) = 413.75\text{кНм}$$

$$M_{l1} = M_l + N_l\left(\frac{h}{2} - a\right) = 81.7 + 4151.5 \cdot \left(\frac{0.25}{2} - 0.05\right) = 393.06\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + \frac{M_{l1}}{M_1} = \frac{393.06}{413.75} = 1.95$$

$$k_b = \frac{0.15}{\varphi_l(0.3 + \delta_e)} = \frac{0.15}{1.95(0.3 + 0.15)} = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{1.4 \cdot 0.25^3}{12} = 1.82292E - 003\text{м}^4$$

$$I_s = A_s\left(\frac{h}{2} - a\right)^2 + A'_s\left(\frac{h}{2} - a'\right)^2$$

$$= 3.9270E - 003\left(\frac{0.25}{2} - 0.05\right)^2 + 3.9270E - 003\left(\frac{0.25}{2} - 0.05\right)^2$$
$$= 4.4179E - 005\text{м}^4$$

$$D = k_b E_b I + k_s E_s I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 1.82292E - 003 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 4.41786E - 005$$
$$= 16312.33\text{кНм}^2$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 D}{l_0^2} = \frac{3.14^2 \cdot 16312.33}{4.3^2} = 8707.2\text{кН}$$

Условие $N = 4370\text{кН} \leq N_{cr} = 8707.2\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{4370}{8707.2}} = 2.008$$

$$e = e_0\eta + \frac{h_0 - a'}{2} = 0.02 \cdot 2.008 + \frac{0.2 - 0.05}{2} = 0.115\text{м}$$

$$\varepsilon_{sel} = \frac{R_s}{E_s} = \frac{435000}{200000000} = 0.002175$$

$$\xi_R = \frac{0.8}{1 + \frac{\varepsilon_{sel}}{\varepsilon_{bult}}} = \frac{0.8}{1 + \frac{0.002175}{0.0042}} = 0.527$$

$$x = \frac{N + R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_b b} = \frac{4370 + 435000 \cdot 3.9270E-003 - 400000 \cdot 3.9270E-003}{13090 \cdot 1.4} = 0.246\text{м}$$

$$\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{0.246}{0.2} = 1.23 > \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x = \frac{N + R_s A_s \frac{1+\xi_R}{1-\xi_R} - R_{sc} A'_s}{R_b b + \frac{2R_s A_s}{h_0(1-\xi_R)}}$$

$$= \frac{4370 + 435000 \cdot 3.9270E-003 \frac{1+0.527}{1-0.527} - 400000 \cdot 3.9270E-003}{13090 \cdot 1.4 + \frac{2 \cdot 435000 \cdot 3.9270E-003}{0.2(1-0.527)}}$$

$$= 0.153\text{м}$$

$$Ne \leq R_b b x(h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a')$$

$$Ne = 4370 \cdot 0.115 = 500.4\text{кНм}$$

$$R_b b x(h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a')$$
$$= 13090 \cdot 1.4 \cdot 0.153(0.2 - 0.5 \cdot 0.153) + 400000 \cdot 3.9270E - 003(0.2 - 0.05) = 581.66\text{кНм}$$

$$Ne = 500.4\text{кНм} \leq R_b b x(h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') = 581.66\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.8603

ПИЛОН 250Х1500 В ОСЯХ 2.А-2.Б / 2.43-2.44 НА 1 ЭТАЖЕ

1.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 4430$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 4208.5$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 42$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 39.9$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 25$ см $= 0.25$м
- Ширина сечения $b = 150$ см $= 1.5$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.25 - 0.05 = 0.2$м
- Диаметр стержней $d_s = 25$мм $= 0.025$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 16)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 39.27$ см^2 $= 3.9270E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 39.27$ см^2 $= 3.9270E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\% \frac{A_s + A'_s}{bh_0} = 100\% \frac{3.9270E-003 + 3.9270E-003}{1.5 \cdot 0.2} = 2.62\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.77$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.77 = 13.09$МПа $= 13090$кН/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_{b2} = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_{sc} = 400$МПа $= 400000$ кН/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 430$ см $= 4.3$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 1$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 4.3 \cdot 1 = 4.3$м
- Конструкция статически неопределимая

1.2. РАСЧЕТ

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$\frac{L}{600} = \frac{4.3}{600} = 0.007\text{м}$$

$$\frac{h}{30} = \frac{0.25}{30} = 0.008\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01\text{м}$

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{42}{4430} = 0.009\text{м}$$

Так как $e_0 = 0.009\text{м} < e_a = 0.01\text{м}$, то расчетный эксцентриситет принимается равным случайному $e_0 = 0.01\text{м}$

$$\delta_e = \frac{e_0}{h} = \frac{0.01}{0.25} = 0.04$$

Так как $\delta_e = 0.04 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N\left(\frac{h}{2} - a\right) = 42 + 4430 \cdot \left(\frac{0.25}{2} - 0.05\right) = 374.25\text{кНм}$$

$$M_{l1} = M_l + N_l\left(\frac{h}{2} - a\right) = 39.9 + 4208.5 \cdot \left(\frac{0.25}{2} - 0.05\right) = 355.54\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + \frac{M_{l1}}{M_1} = \frac{355.54}{374.25} = 1.95$$

$$k_b = \frac{0.15}{\varphi_l(0.3 + \delta_e)} = \frac{0.15}{1.95(0.3 + 0.15)} = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{1.5 \cdot 0.25^3}{12} = 1.95313E - 003\text{м}^4$$

$$I_s = A_s\left(\frac{h}{2} - a\right)^2 + A_s'\left(\frac{h}{2} - a'\right)^2$$

$$= 3.9270E - 003\left(\frac{0.25}{2} - 0.05\right)^2 + 3.9270E - 003\left(\frac{0.25}{2} - 0.05\right)^2$$
$$= 4.4179E - 005\text{м}^4$$

$$D = k_b E_b I + k_s E_s I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 1.95313E - 003 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 4.41786E - 005$$
$$= 17035.7\text{кНм}^2$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 D}{l_0^2} = \frac{3.14^2 \cdot 17035.7}{4.3^2} = 9093.33\text{кН}$$

Условие $N = 4430\text{кН} \leq N_{cr} = 9093.33\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{4430}{9093.33}} = 1.95$$

$$e = e_0\eta + \frac{h_0 - a'}{2} = 0.01 \cdot 1.95 + \frac{0.2 - 0.05}{2} = 0.094\text{м}$$

$$\varepsilon_{sel} = \frac{R_s}{E_s} = \frac{435000}{200000000} = 0.002175$$

$$\xi_R = \frac{0.8}{1 + \frac{\varepsilon_{sel}}{\varepsilon_{bult}}} = \frac{0.8}{1 + \frac{0.002175}{0.0042}} = 0.527$$

$$x = \frac{N + R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_b b} = \frac{4430 + 435000 \cdot 3.9270E-003 - 400000 \cdot 3.9270E-003}{13090 \cdot 1.5} = 0.233\text{м}$$

$$\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{0.233}{0.2} = 1.163 > \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x = \frac{N + R_s A_s \frac{1 + \xi_R}{1 - \xi_R} - R_{sc} A'_s}{R_b b + \frac{2 R_s A_s}{h_0 (1 - \xi_R)}}$$

$$= \frac{4430 + 435000 \cdot 3.9270E-003 \frac{1 + 0.527}{1 - 0.527} - 400000 \cdot 3.9270E-003}{13090 \cdot 1.5 + \frac{2 \cdot 435000 \cdot 3.9270E-003}{0.2(1 - 0.527)}}$$

$$= 0.15\text{м}$$

$$Ne \leq R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a')$$

$$Ne = 4430 \cdot 0.094 = 418.63\text{кНм}$$

$$R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a')$$

$$= 13090 \cdot 1.5 \cdot 0.15(0.2 - 0.5 \cdot 0.15) + 400000 \cdot 3.9270E-003(0.2 - 0.05)$$

$$= 603.98\text{кНм}$$

$$Ne = 418.63\text{кНм} \leq R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') = 603.98\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.6931

ПИЛОН 250Х1550 В ОСЯХ 2.А-2.Б / 2.43-2.44 НА 1 ЭТАЖЕ

1.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 3800$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 3610$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 21$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 19.95$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 25$ см $= 0.25$м
- Ширина сечения $b = 155$ см $= 1.55$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.25 - 0.05 = 0.2$м
- Диаметр стержней $d_s = 20$мм $= 0.02$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 16)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 25.13$ см^2 $= 2.5133E - 003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 25.13$ см^2 $= 2.5133E - 003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\% \frac{A_s + A'_s}{bh_0} = 100\% \frac{2.5133E-003 + 2.5133E-003}{1.55 \cdot 0.2} = 1.62\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.77$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.77 = 13.09$МПа $= 13090$кН/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_{b2} = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_{sc} = 400$МПа $= 400000$ кН/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 430$ см $= 4.3$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 1$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 4.3 \cdot 1 = 4.3$м
- Конструкция статически неопределимая

1.2. РАСЧЕТ

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$\frac{L}{600} = \frac{4.3}{600} = 0.007\text{м}$$

$$\frac{h}{30} = \frac{0.25}{30} = 0.008\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01\text{м}$

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{21}{3800} = 0.006\text{м}$$

Так как $e_0 = 0.006\text{м} < e_a = 0.01\text{м}$, то расчетный эксцентриситет принимается равным случайному $e_0 = 0.01\text{м}$

$$\delta_e = \frac{e_0}{h} = \frac{0.01}{0.25} = 0.04$$

Так как $\delta_e = 0.04 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N\left(\frac{h}{2} - a\right) = 21 + 3800 \cdot \left(\frac{0.25}{2} - 0.05\right) = 306\text{кНм}$$

$$M_{l1} = M_l + N_l\left(\frac{h}{2} - a\right) = 19.95 + 3610 \cdot \left(\frac{0.25}{2} - 0.05\right) = 290.7\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + \frac{M_{l1}}{M_1} = \frac{290.7}{306} = 1.95$$

$$k_b = \frac{0.15}{\varphi_l(0.3 + \delta_e)} = \frac{0.15}{1.95(0.3 + 0.15)} = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{1.55 \cdot 0.25^3}{12} = 2.01823E - 003\text{м}^4$$

$$I_s = A_s\left(\frac{h}{2} - a\right)^2 + A'_s\left(\frac{h}{2} - a'\right)^2$$

$$= 2.5133E - 003\left(\frac{0.25}{2} - 0.05\right)^2 + 2.5133E - 003\left(\frac{0.25}{2} - 0.05\right)^2$$
$$= 2.8274E - 005\text{м}^4$$

$$D = k_b E_b I + k_s E_s I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 2.01823E - 003 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 2.82743E - 005$$
$$= 15170.79\text{кНм}^2$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 D}{l_0^2} = \frac{3.14^2 \cdot 15170.79}{4.3^2} = 8097.87\text{кН}$$

Условие $N = 3800\text{кН} \leq N_{cr} = 8097.87\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{3800}{8097.87}} = 1.884$$

$$e = e_0\eta + \frac{h_0 - a'}{2} = 0.01 \cdot 1.884 + \frac{0.2 - 0.05}{2} = 0.094\text{м}$$

$$\varepsilon_{sel} = \frac{R_s}{E_s} = \frac{435000}{200000000} = 0.002175$$

$$\xi_R = \frac{0.8}{1 + \frac{\varepsilon_{sel}}{\varepsilon_{bult}}} = \frac{0.8}{1 + \frac{0.002175}{0.0042}} = 0.527$$

$$x = \frac{N + R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_b b} = \frac{3800 + 435000 \cdot 2.5133E-003 - 400000 \cdot 2.5133E-003}{13090 \cdot 1.55} = 0.192\text{м}$$

$$\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{0.192}{0.2} = 0.958 > \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x = \frac{N + R_s A_s \frac{1+\xi_R}{1-\xi_R} - R_{sc} A'_s}{R_b b + \frac{2R_s A_s}{h_0(1-\xi_R)}}$$

$$= \frac{3800 + 435000 \cdot 2.5133E-003 \frac{1+0.527}{1-0.527} - 400000 \cdot 2.5133E-003}{13090 \cdot 1.55 + \frac{2 \cdot 435000 \cdot 2.5133E-003}{0.2(1-0.527)}}$$

$$= 0.146\text{м}$$

$$Ne \leq R_b b x(h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a')$$

$$Ne = 3800 \cdot 0.094 = 356.6\text{кНм}$$

$$R_b b x(h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') = 13090 \cdot 1.55 \cdot 0.146(0.2 - 0.5 \cdot 0.146) + 400000 \cdot 2.5133E - 003(0.2 - 0.05) = 526.69\text{кНм}$$

$$Ne = 356.6\text{кНм} \leq R_b b x(h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') = 526.69\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.6771

ПРОВЕРКА АРМИРОВАНИЯ СТЕНЫ 1 ЭТАЖА ТОЛЩИНОЙ 200 ММ

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	132,6	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	9,0	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,77		γ_s	1,0	
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h=	200	мм	-высота сечения колонны
b=	1000	мм	-ширина сечения колонны
a=	50	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона
a'=	50	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона
L=	4300	мм	-высота колонны
μ=	1		-коэффициент расчетной длины
h_0=	150	мм	-рабочая высота сечения
L_0=	430	см	-расчетная высота колонны

Усилия:

N=	170	тс	-продольная сила
M=	2	тс· м	-момент от полной нагрузки
M_l=	1,6	тс· м	-момент от длительных нагрузок

Армирование:

Растянутая арматура

$d_{s,\phi}$=	16	мм	-диаметр основной арматуры
n_ϕ=	5	шт	-количество основной арматуры
$d_{s,д}$=	0	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$n_д$=	0	шт	-количество дополнительной арматуры
$A_{s,\phi}$=	10,1	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	10,1	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,\phi}$=	16	мм	-диаметр основной арматуры
s'_ϕ=	5	шт	-колчество основной арматуры
$d'_{s,д}$=	0	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=	0	шт	-количество дополнительной арматуры
$A'_{s,\phi}$=	10,1	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	10,1	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x=	0,27	см	-высота сжатой зоны бетона
ξ=	0,02		-относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}=	4,6	тс· м	-предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет:

e_0=	1,18	см	-эксцентриситет приложения продольной силы к сечению
x=	10,4	см	-высота сжатой зоны бетона
I=	66666,667	см⁴	-момент инерции площади бетона
I_s=	505,93162	см⁴	-момент инерции площади арматуры
δ_e=	0,15		-относительное значение эксцентриситета продольной силы
φ_l=	1,8		-коэффициент, учитывающий влияние длительности нагрузки
k_b=	0,19		
k_s=	0,7		
D=	4,814E+09	кгс· см²	-жесткость железобетонного элемента в предельной по прочности стадии
N_{cr}=	256,95	тс	-условная критическая сила
η=	2,96		-коэффициент, учитывающий влияние продольного изгиба
e=	8,48	см	-расстояние от точки приложения продольной силы N до центра тяжести сечения растянутой или наименее сжатой арматуры

$N \cdot e \le R_b \cdot b \cdot x(h_0 - 0,5x) + R_{sc} \cdot A'_s \cdot (h_0 - a')$ = 17,628 тс· м

1 условие прочности выполнено

$N \cdot e$ = 14,41 тс· м

Проверка армирования стены 1 этажа толщиной 250 мм

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	132,6	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	9,0	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,77		γ_s	1,0	
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h= 250 мм -высота сечения колонны
b= 1000 мм -ширина сечения колонны
a= 50 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона
a'= 50 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона
L= 4300 мм -высота колонны
μ= 1 -коэффициент расчетной длины
h_0= 200 мм -рабочая высота сечения
L_0= 430 см -расчетная высота колонны

Усилия:

N= 270 тс -продольная сила
M= 2 тс· м -момент от полной нагрузки
M_l= 1,6 тс· м -момент от длительных нагрузок

Армирование:

Растянутая арматура

$d_{s,ф}$= 16 мм -диаметр основной арматуры
$n_ф$= 5 шт -количество основной арматуры
$d_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$n_д$= 0 шт -количество дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 10,1 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 10,1 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,ф}$= 16 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 5 шт -колчество основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 0 шт -количество дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 10,1 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 10,1 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 0,27 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,01 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 6,9 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет:

e_0= 1 см -эксцентриситет приложения продольной силы к сечению
x= 16,3 см -высота сжатой зоны бетона
I= 130208,33 см⁴ -момент инерции площади бетона
I_s= 1134,2502 см⁴ -момент инерции площади арматуры
δ_e= 0,15 -относительное значение эксцентриситета продольной силы
φ_l= 1,8 -коэффициент, учитывающий влияние длительности нагрузки
k_b= 0,19
k_s= 0,7
D= 9,61E+09 кгс· см² -жесткость железобетонного элемента в предельной по прочности стадии
N_{cr}= 512,98 тс -условная критическая сила
η= 2,11 -коэффициент, учитывающий влияние продольного изгиба
e= 9,61 см -расстояние от точки приложения продольной силы N до центра тяжести сечения растянутой или наименее сжатой арматуры

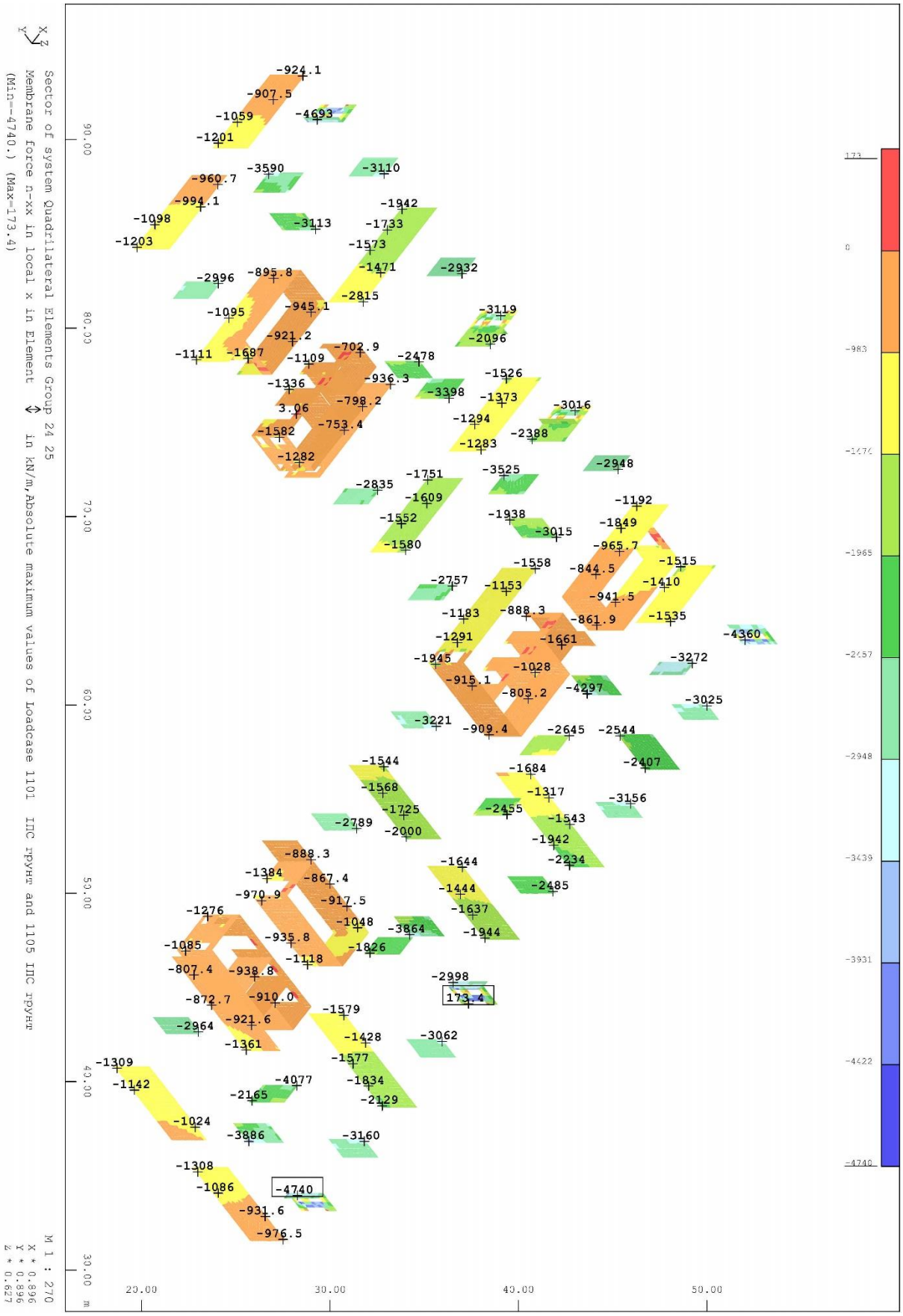
$N \cdot e \le R_b \cdot b \cdot x(h_0 - 0{,}5x) + R_{sc} \cdot A'_s \cdot (h_0 - a')$ = 31,784 тс· м

1 условие прочности выполнено

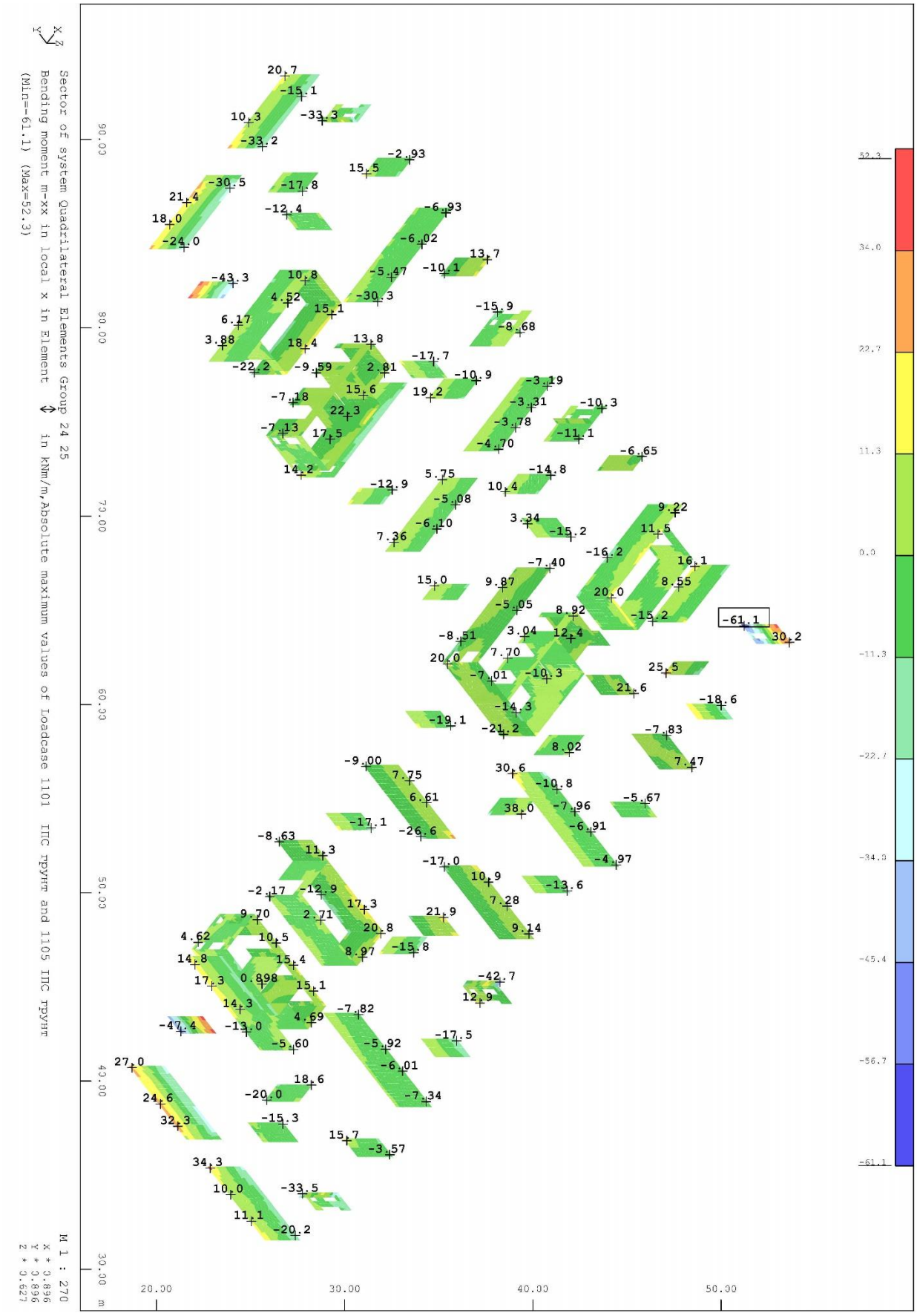
$N \cdot e$ = 25,95 тс· м

5.12.2. НЕСУЩИЕ СТЕНЫ И ПИЛОНЫ 2 ЭТАЖА

Вертикальные усилия (N) в стенах и пилонах 2 этажа, кН/м

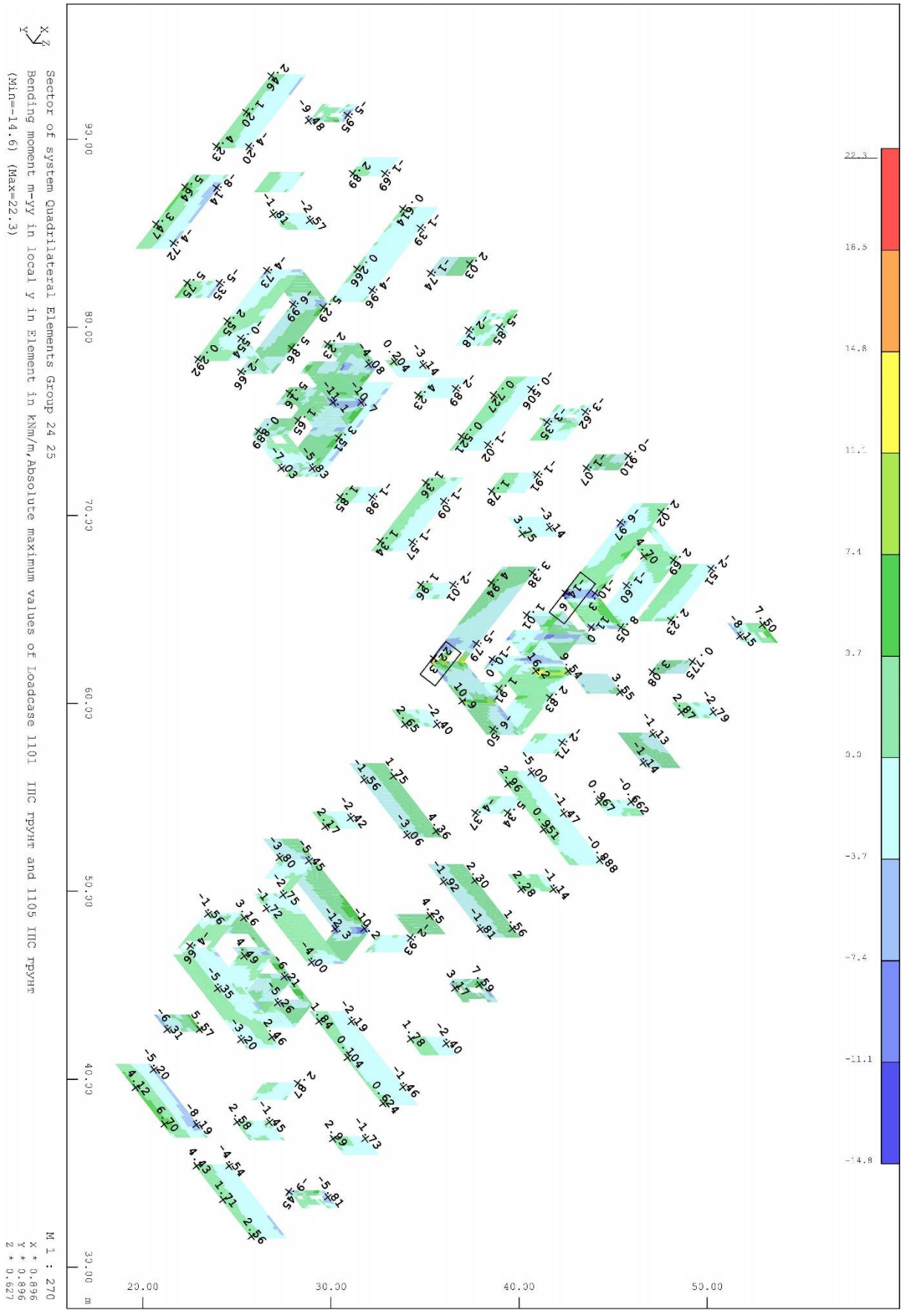


Изгибающие моменты (Mx) в стенах и пилонах 2 этажа, кН*м/м

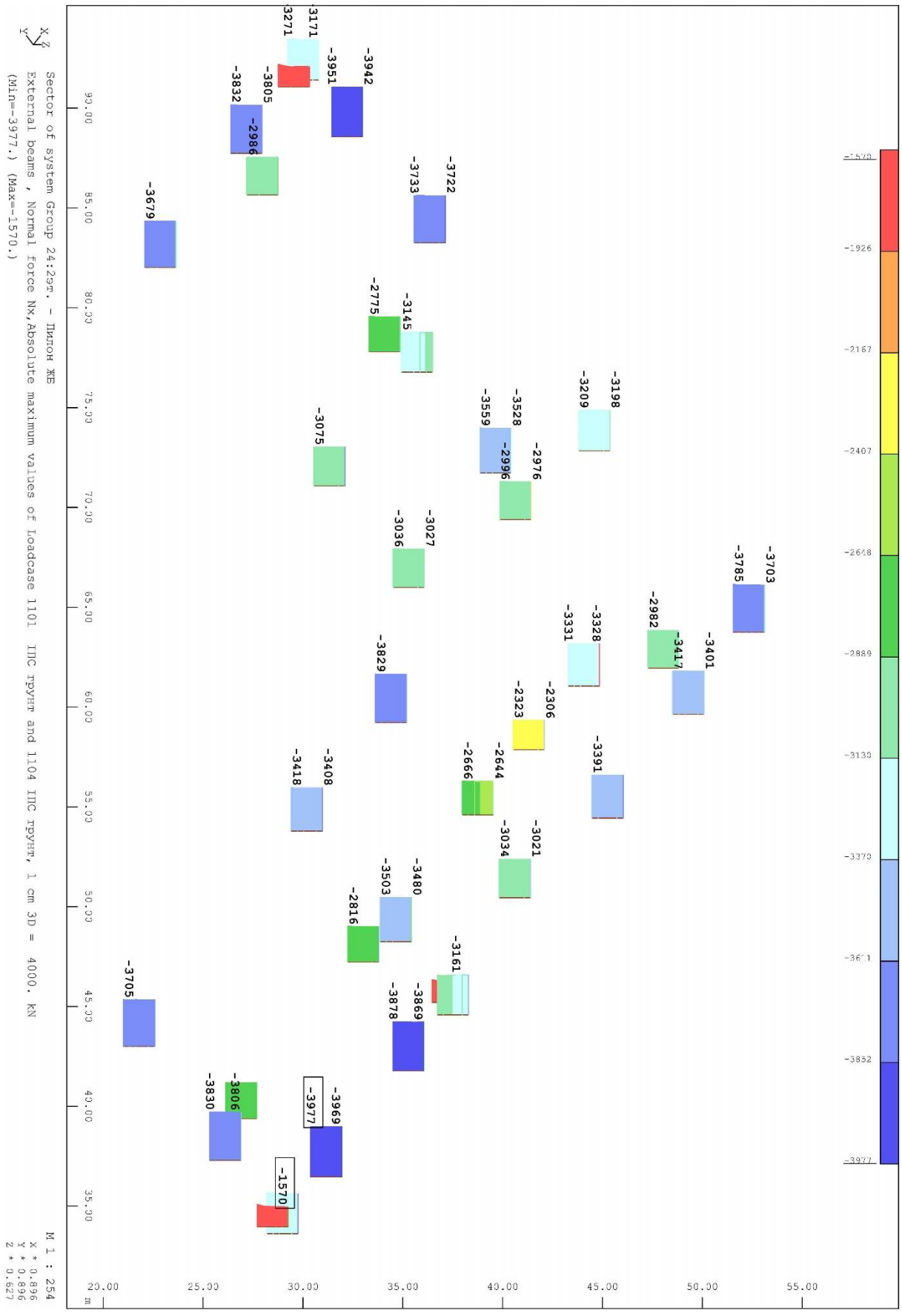


						1190-01-КР.Р4	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		294

Изгибающие моменты (My) в стенах и пилонах 2 этажа, кН*м/м

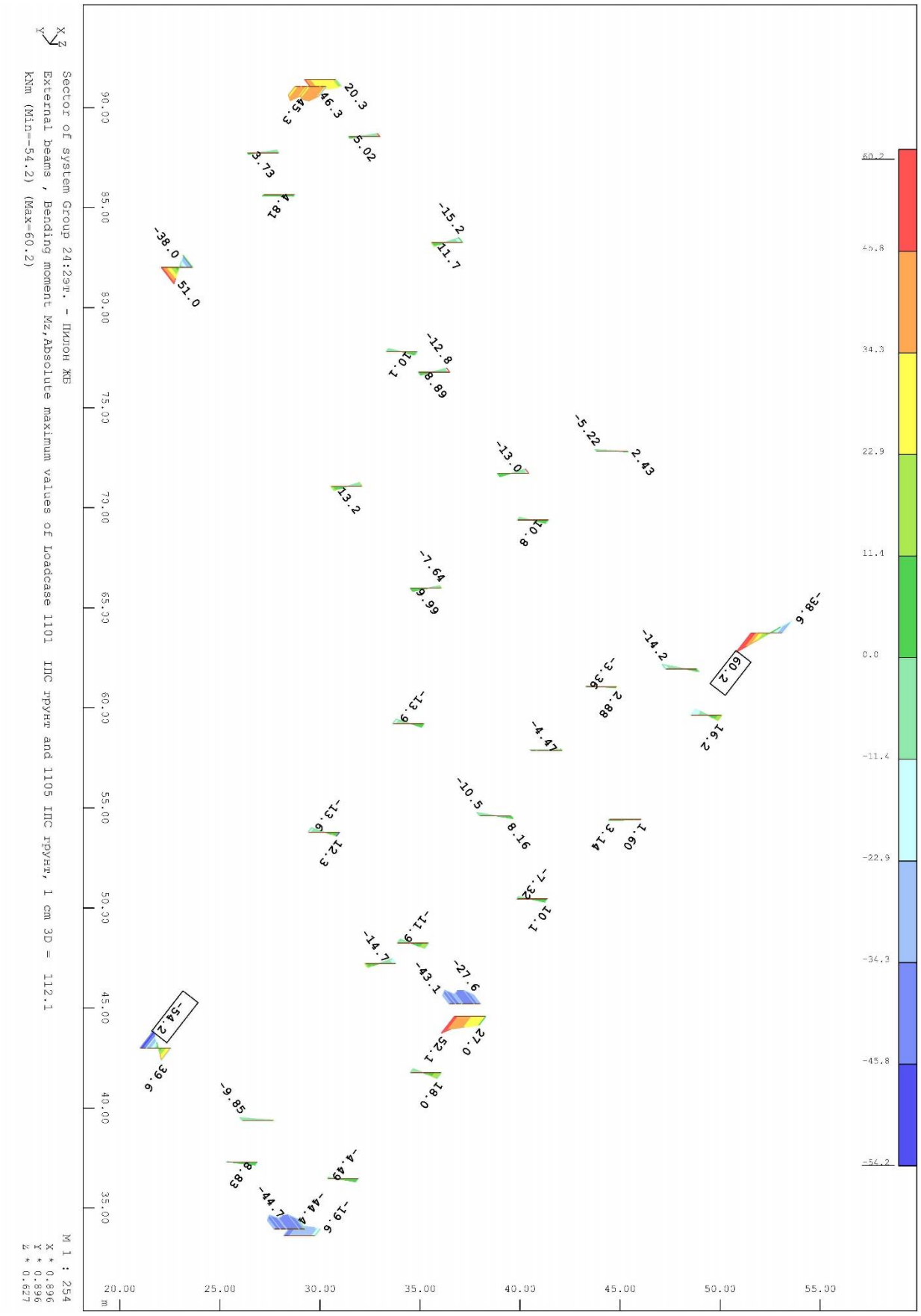


Вертикальные усилия (N) в пилонах 2 этажа, кН

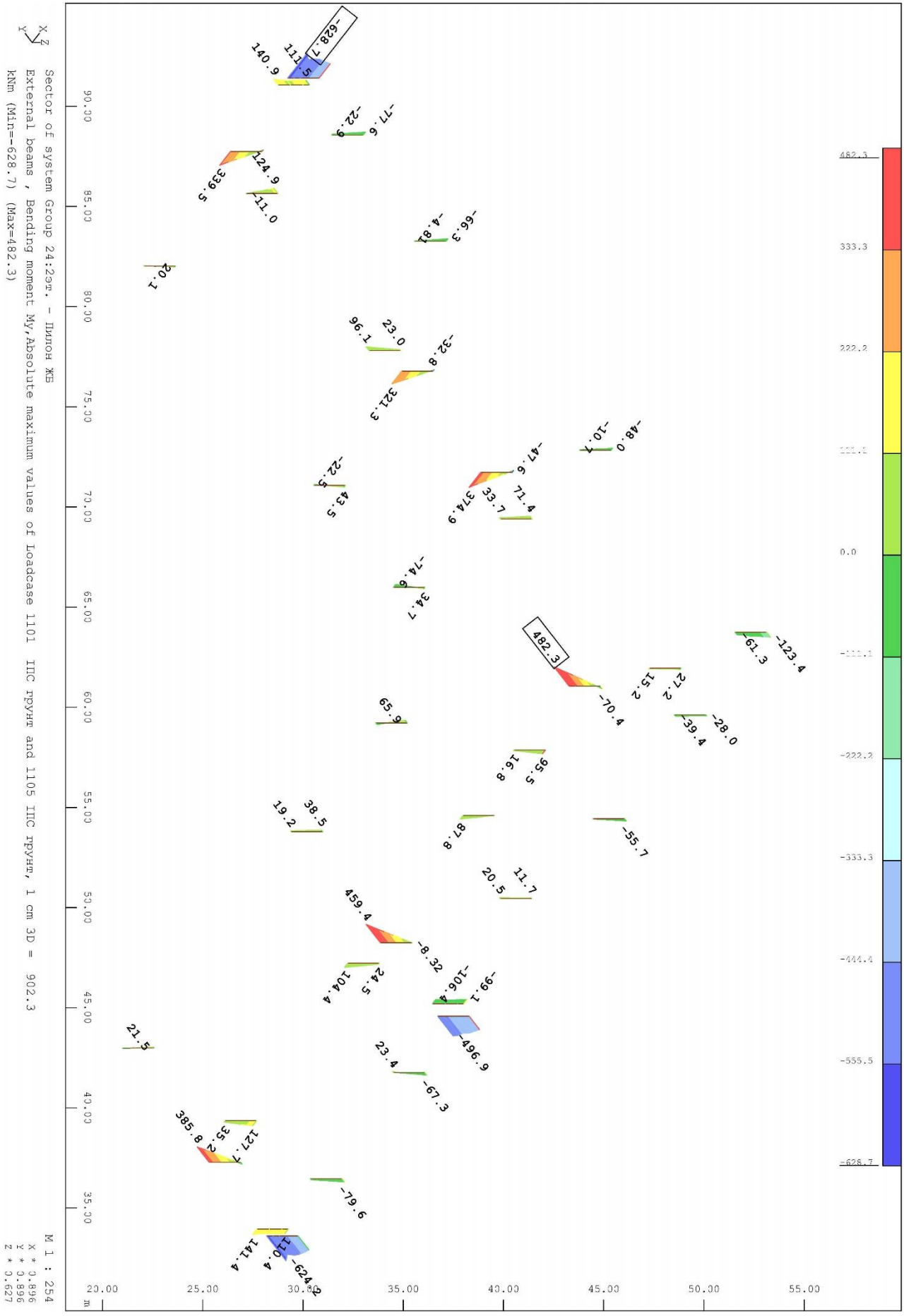


Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата	1190-01-КР.Р4	Лист 296

Изгибающие моменты (Mz) из плоскости пилонов 2 этажа, кН*м



Изгибающие моменты (My) в плоскости пилонов 2 этажа, кН*м



						1190-01-КР.Р4	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		298

ПИЛОН 200Х1300 В ОСЯХ 2.Ф-2.Э / 2.41-2.42 НА 2 ЭТАЖЕ

1.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 3000\text{кН}$
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 2850\text{кН}$
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 18\text{кНм}$
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 17.1\text{кНм}$
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 20\text{ см} = 0.2\text{м}$
- Ширина сечения $b = 130\text{ см} = 1.3\text{м}$
- Расстояние до центра арматуры $a = 5\text{ см} = 0.05\text{м}$
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5\text{ см} = 0.05\text{м}$
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.2 - 0.05 = 0.15\text{м}$
- Диаметр стержней $d_s = 20\text{мм} = 0.02\text{м}$
- Количество стержней в сечении $n_s = 14)\text{ шт}$
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 21.99\text{ см}^2 = 2.1991E - 003\text{м}^2$
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 21.99\text{ см}^2 = 2.1991E - 003\text{м}^2$
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%\frac{A_s + A'_s}{bh_0} = 100\%\frac{2.1991E{-}003 + 2.1991E{-}003}{1.3 \cdot 0.15} = 2.26\,\%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона B30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.77$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.77 = 13.09\text{МПа} = 13090\text{кН/м}^2$
- Модуль упругости $E_b = 32500\text{МПа} = 32500000\text{ кН/м}^2$
- Относительные деформации $\varepsilon_{b2} = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры A500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435\text{МПа} = 435000\text{ кН/м}^2$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_{sc} = 400\text{МПа} = 400000\text{ кН/м}^2$
- Модуль упругости $E_s = 200000\text{МПа} = 200000000\text{ кН/м}^2$

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 280\text{ см} = 2.8\text{м}$
- Коэффициент приведения длины $\mu = 1$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 2.8 \cdot 1 = 2.8\text{м}$
- Конструкция статически неопределимая

1.2. РАСЧЕТ

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$\frac{L}{600} = \frac{2.8}{600} = 0.005\text{м}$$

$$\frac{h}{30} = \frac{0.2}{30} = 0.007\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01\text{м}$

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{18}{3000} = 0.006\text{м}$$

Так как $e_0 = 0.006\text{м} < e_a = 0.01\text{м}$, то расчетный эксцентриситет принимается равным случайному $e_0 = 0.01\text{м}$

$$\delta_e = \frac{e_0}{h} = \frac{0.01}{0.2} = 0.05$$

Так как $\delta_e = 0.05 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N\left(\frac{h}{2} - a\right) = 18 + 3000 \cdot \left(\frac{0.2}{2} - 0.05\right) = 168\text{кНм}$$

$$M_{l1} = M_l + N_l\left(\frac{h}{2} - a\right) = 17.1 + 2850 \cdot \left(\frac{0.2}{2} - 0.05\right) = 159.6\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + \frac{M_{l1}}{M_1} = \frac{159.6}{168} = 1.95$$

$$k_b = \frac{0.15}{\varphi_l(0.3 + \delta_e)} = \frac{0.15}{1.95(0.3 + 0.15)} = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{1.3 \cdot 0.2^3}{12} = 8.66667E-004\text{м}^4$$

$$I_s = A_s\left(\frac{h}{2} - a\right)^2 + A_s'\left(\frac{h}{2} - a'\right)^2$$

$$= 2.1991E-003\left(\frac{0.2}{2} - 0.05\right)^2 + 2.1991E-003\left(\frac{0.2}{2} - 0.05\right)^2$$
$$= 1.0996E-005\text{м}^4$$

$$D = k_b E_b I + k_s E_s I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 8.66667E-004 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 1.09956E-005$$
$$= 6354.2\text{кНм}^2$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 D}{l_0^2} = \frac{3.14^2 \cdot 6354.2}{2.8^2} = 7999.16\text{кН}$$

Условие $N = 3000\text{кН} \leq N_{cr} = 7999.16\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{3000}{7999.16}} = 1.6$$

$$e = e_0\eta + \frac{h_0 - a'}{2} = 0.01 \cdot 1.6 + \frac{0.15 - 0.05}{2} = 0.066\text{м}$$

$$\varepsilon_{sel} = \frac{R_s}{E_s} = \frac{435000}{200000000} = 0.002175$$

$$\xi_R = \frac{0.8}{1 + \frac{\varepsilon_{sel}}{\varepsilon_{bult}}} = \frac{0.8}{1 + \frac{0.002175}{0.0042}} = 0.527$$

$$x = \frac{N + R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_b b} = \frac{3000 + 435000 \cdot 2.1991E-003 - 400000 \cdot 2.1991E-003}{13090 \cdot 1.3}$$
$$= 0.181\text{м}$$

$$\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{0.181}{0.15} = 1.205 > \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x = \frac{N + R_s A_s \frac{1+\xi_R}{1-\xi_R} - R_{sc} A'_s}{R_b b + \frac{2R_s A_s}{h_0(1-\xi_R)}}$$
$$= \frac{3000 + 435000 \cdot 2.1991E-003 \frac{1+0.527}{1-0.527} - 400000 \cdot 2.1991E-003}{13090 \cdot 1.3 + \frac{2 \cdot 435000 \cdot 2.1991E-003}{0.15(1-0.527)}}$$
$$= 0.118\text{м}$$

$$Ne \leq R_b b x(h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a')$$

$$Ne = 3000 \cdot 0.066 = 198\text{кНм}$$

$$R_b b x(h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a')$$
$$= 13090 \cdot 1.3 \cdot 0.118(0.15 - 0.5 \cdot 0.118) + 400000 \cdot 2.1991E$$
$$- 003(0.15 - 0.05) = 270.92\text{кНм}$$

$$Ne = 198\text{кНм} \leq R_b b x(h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') = 270.92\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.7308

ПИЛОН 200Х1500 В ОСЯХ 2.В-2.Г / 2.23 НА 2 ЭТАЖЕ

1.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 3990$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 3790.5$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 22$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 20.9$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 20$ см $= 0.2$м
- Ширина сечения $b = 150$ см $= 1.5$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.2 - 0.05 = 0.15$м
- Диаметр стержней $d_s = 20$мм $= 0.02$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 16)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 25.13$ см^2 $= 2.5133E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 25.13$ см^2 $= 2.5133E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\% \frac{A_s + A'_s}{bh_0} = 100\% \frac{2.5133E-003 + 2.5133E-003}{1.5 \cdot 0.15} = 2.23\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.77$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.77 = 13.09$МПа $= 13090$кН/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_{b2} = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_{sc} = 400$МПа $= 400000$ кН/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 280$ см $= 2.8$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 1$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 2.8 \cdot 1 = 2.8$м
- Конструкция статически неопределимая

1.2. РАСЧЕТ

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$\frac{L}{600} = \frac{2.8}{600} = 0.005\text{м}$$

$$\frac{h}{30} = \frac{0.2}{30} = 0.007\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01\text{м}$

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{22}{3990} = 0.006\text{м}$$

Так как $e_0 = 0.006\text{м} < e_a = 0.01\text{м}$, то расчетный эксцентриситет принимается равным случайному $e_0 = 0.01\text{м}$

$$\delta_e = \frac{e_0}{h} = \frac{0.01}{0.2} = 0.05$$

Так как $\delta_e = 0.05 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N\left(\frac{h}{2} - a\right) = 22 + 3990 \cdot \left(\frac{0.2}{2} - 0.05\right) = 221.5\text{кНм}$$

$$M_{l1} = M_l + N_l\left(\frac{h}{2} - a\right) = 20.9 + 3790.5 \cdot \left(\frac{0.2}{2} - 0.05\right) = 210.43\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + \frac{M_{l1}}{M_1} = \frac{210.43}{221.5} = 1.95$$

$$k_b = \frac{0.15}{\varphi_l(0.3 + \delta_e)} = \frac{0.15}{1.95(0.3 + 0.15)} = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{1.5 \cdot 0.2^3}{12} = 1.00000E - 003\text{м}^4$$

$$I_s = A_s\left(\frac{h}{2} - a\right)^2 + A'_s\left(\frac{h}{2} - a'\right)^2$$

$$= 2.5133E - 003\left(\frac{0.2}{2} - 0.05\right)^2 + 2.5133E - 003\left(\frac{0.2}{2} - 0.05\right)^2$$
$$= 1.2566E - 005\text{м}^4$$

$$D = k_b E_b I + k_s E_s I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 1.00000E - 003 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 1.25664E - 005$$
$$= 7314.85\text{кНм}^2$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 D}{l_0^2} = \frac{3.14^2 \cdot 7314.85}{2.8^2} = 9208.5\text{кН}$$

Условие $N = 3990\text{кН} \leq N_{cr} = 9208.5\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{3990}{9208.5}} = 1.765$$

$$e = e_0\eta + \frac{h_0 - a'}{2} = 0.01 \cdot 1.765 + \frac{0.15 - 0.05}{2} = 0.068\text{м}$$

$$\varepsilon_{sel} = \frac{R_s}{E_s} = \frac{435000}{200000000} = 0.002175$$

$$\xi_R = \frac{0.8}{1 + \frac{\varepsilon_{sel}}{\varepsilon_{bult}}} = \frac{0.8}{1 + \frac{0.002175}{0.0042}} = 0.527$$

$$x = \frac{N + R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_b b} = \frac{3990 + 435000 \cdot 2.5133E-003 - 400000 \cdot 2.5133E-003}{13090 \cdot 1.5} = 0.208\text{м}$$

$$\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{0.208}{0.15} = 1.385 > \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x = \frac{N + R_s A_s \frac{1 + \xi_R}{1 - \xi_R} - R_{sc} A'_s}{R_b b + \frac{2 R_s A_s}{h_0 (1 - \xi_R)}}$$

$$= \frac{3990 + 435000 \cdot 2.5133E-003 \frac{1 + 0.527}{1 - 0.527} - 400000 \cdot 2.5133E-003}{13090 \cdot 1.5 + \frac{2 \cdot 435000 \cdot 2.5133E-003}{0.15(1 - 0.527)}}$$

$$= 0.129\text{м}$$

$$Ne \leq R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a')$$

$$Ne = 3990 \cdot 0.068 = 269.91\text{кНм}$$

$$R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') = 13090 \cdot 1.5 \cdot 0.129(0.15 - 0.5 \cdot 0.129) + 400000 \cdot 2.5133E - 003(0.15 - 0.05) = 317.14\text{кНм}$$

$$Ne = 269.91\text{кНм} \leq R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') = 317.14\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.8511

ПИЛОН 220Х1200 В ОСЯХ 2.А-2.Б / 2.41-2.42 НА 2 ЭТАЖЕ

1.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 3440$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 3268$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 39$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 37.05$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 22$ см $= 0.22$м
- Ширина сечения $b = 120$ см $= 1.2$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.22 - 0.05 = 0.17$м
- Диаметр стержней $d_s = 20$мм $= 0.02$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 14)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 21.99$ см^2 $= 2.1991E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 21.99$ см^2 $= 2.1991E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\% \frac{A_s + A'_s}{bh_0} = 100\% \frac{2.1991E-003 + 2.1991E-003}{1.2 \cdot 0.17} = 2.16\,\%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.77$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.77 = 13.09$МПа $= 13090$кН/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_{b2} = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_{sc} = 400$МПа $= 400000$ кН/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 280$ см $= 2.8$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 1$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 2.8 \cdot 1 = 2.8$м
- Конструкция статически неопределимая

1.2. РАСЧЕТ

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$\frac{L}{600} = \frac{2.8}{600} = 0.005\text{м}$$

$$\frac{h}{30} = \frac{0.22}{30} = 0.007\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01\text{м}$

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{39}{3440} = 0.011\text{м}$$

$$\delta_e = \frac{e_0}{h} = \frac{0.011}{0.22} = 0.052$$

Так как $\delta_e = 0.052 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N\left(\frac{h}{2} - a\right) = 39 + 3440 \cdot \left(\frac{0.22}{2} - 0.05\right) = 245.4\text{кНм}$$

$$M_{l1} = M_l + N_l\left(\frac{h}{2} - a\right) = 37.05 + 3268 \cdot \left(\frac{0.22}{2} - 0.05\right) = 233.13\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + \frac{M_{l1}}{M_1} = \frac{233.13}{245.4} = 1.95$$

$$k_b = \frac{0.15}{\varphi_l(0.3 + \delta_e)} = \frac{0.15}{1.95(0.3 + 0.15)} = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{1.2 \cdot 0.22^3}{12} = 1.06480E - 003\text{м}^4$$

$$I_s = A_s\left(\frac{h}{2} - a\right)^2 + A_s'\left(\frac{h}{2} - a'\right)^2$$

$$= 2.1991E - 003\left(\frac{0.22}{2} - 0.05\right)^2 + 2.1991E - 003\left(\frac{0.22}{2} - 0.05\right)^2$$

$$= 1.5834E - 005\text{м}^4$$

$$D = k_b E_b I + k_s E_s I_s$$

$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 1.06480E - 003 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 1.58336E - 005$$

$$= 8132.26\text{кНм}^2$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 D}{l_0^2} = \frac{3.14^2 \cdot 8132.26}{2.8^2} = 10237.53\text{кН}$$

Условие $N = 3440\text{кН} \leq N_{cr} = 10237.53\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{3440}{10237.53}} = 1.506$$

$$e = e_0\eta + \frac{h_0 - a'}{2} = 0.011 \cdot 1.506 + \frac{0.17 - 0.05}{2} = 0.077\text{м}$$

$$\varepsilon_{sel} = \frac{R_s}{E_s} = \frac{435000}{200000000} = 0.002175$$

$$\xi_R = \frac{0.8}{1 + \frac{\varepsilon_{sel}}{\varepsilon_{bult}}} = \frac{0.8}{1 + \frac{0.002175}{0.0042}} = 0.527$$

$$x = \frac{N + R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_b b} = \frac{3440 + 435000 \cdot 2.1991E-003 - 400000 \cdot 2.1991E-003}{13090 \cdot 1.2} = 0.224\text{м}$$

$$\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{0.224}{0.17} = 1.317 > \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x = \frac{N + R_s A_s \frac{1+\xi_R}{1-\xi_R} - R_{sc} A'_s}{R_b b + \frac{2R_s A_s}{h_0(1-\xi_R)}}$$

$$= \frac{3440 + 435000 \cdot 2.1991E-003 \frac{1+0.527}{1-0.527} - 400000 \cdot 2.1991E-003}{13090 \cdot 1.2 + \frac{2 \cdot 435000 \cdot 2.1991E-003}{0.17(1-0.527)}}$$

$$= 0.143\text{м}$$

$$Ne \leq R_b b x(h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s(h_0 - a')$$

$$Ne = 3440 \cdot 0.077 = 265.14\text{кНм}$$

$$R_b b x(h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s(h_0 - a') = 13090 \cdot 1.2 \cdot 0.143(0.17 - 0.5 \cdot 0.143) + 400000 \cdot 2.1991E - 003(0.17 - 0.05) = 326.81\text{кНм}$$

$$Ne = 265.14\text{кНм} \leq R_b b x(h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s(h_0 - a') = 326.81\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.8113

ПИЛОН 220Х1300 В ОСЯХ 2.Е-2.Ж / 2.35-2.37 НА 2 ЭТАЖЕ

1.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 3930$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 3733.5$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 65$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 61.75$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 22$ см $= 0.22$м
- Ширина сечения $b = 130$ см $= 1.3$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.22 - 0.05 = 0.17$м
- Диаметр стержней $d_s = 25$мм $= 0.025$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 14)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 34.36$ см^2 $= 3.4361E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 34.36$ см^2 $= 3.4361E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\% \frac{A_s + A'_s}{bh_0} = 100\% \frac{3.4361E-003 + 3.4361E-003}{1.3 \cdot 0.17} = 3.11\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.77$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.77 = 13.09$МПа $= 13090$кН/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_{b2} = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_{sc} = 400$МПа $= 400000$ кН/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 280$ см $= 2.8$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 1$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 2.8 \cdot 1 = 2.8$м
- Конструкция статически неопределимая

1.2. РАСЧЕТ

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$\frac{L}{600} = \frac{2.8}{600} = 0.005\text{м}$$

$$\frac{h}{30} = \frac{0.22}{30} = 0.007\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01\text{м}$

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{65}{3930} = 0.017\text{м}$$

$$\delta_e = \frac{e_0}{h} = \frac{0.017}{0.22} = 0.075$$

Так как $\delta_e = 0.075 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N\left(\frac{h}{2} - a\right) = 65 + 3930 \cdot \left(\frac{0.22}{2} - 0.05\right) = 300.8\text{кНм}$$

$$M_{l1} = M_l + N_l\left(\frac{h}{2} - a\right) = 61.75 + 3733.5 \cdot \left(\frac{0.22}{2} - 0.05\right) = 285.76\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + \frac{M_{l1}}{M_1} = \frac{285.76}{300.8} = 1.95$$

$$k_b = \frac{0.15}{\varphi_l(0.3 + \delta_e)} = \frac{0.15}{1.95(0.3 + 0.15)} = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{1.3 \cdot 0.22^3}{12} = 1.15353E - 003\text{м}^4$$

$$I_s = A_s\left(\frac{h}{2} - a\right)^2 + A'_s\left(\frac{h}{2} - a'\right)^2$$

$$= 3.4361E - 003\left(\frac{0.22}{2} - 0.05\right)^2 + 3.4361E - 003\left(\frac{0.22}{2} - 0.05\right)^2$$
$$= 2.4740E - 005\text{м}^4$$

$$D = k_b E_b I + k_s E_s I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 1.15353E - 003 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 2.47400E - 005$$
$$= 9872.12\text{кНм}^2$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 D}{l_0^2} = \frac{3.14^2 \cdot 9872.12}{2.8^2} = 12427.8\text{кН}$$

Условие $N = 3930\text{кН} \leq N_{cr} = 12427.8\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{3930}{12427.8}} = 1.462$$

$$e = e_0\eta + \frac{h_0 - a'}{2} = 0.017 \cdot 1.462 + \frac{0.17 - 0.05}{2} = 0.084\text{м}$$

$$\varepsilon_{sel} = \frac{R_s}{E_s} = \frac{435000}{200000000} = 0.002175$$

$$\xi_R = \frac{0.8}{1 + \frac{\varepsilon_{sel}}{\varepsilon_{bult}}} = \frac{0.8}{1 + \frac{0.002175}{0.0042}} = 0.527$$

$$x = \frac{N + R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_b b} = \frac{3930 + 435000 \cdot 3.4361E-003 - 400000 \cdot 3.4361E-003}{13090 \cdot 1.3} = 0.238\text{м}$$

$$\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{0.238}{0.17} = 1.4 > \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x = \frac{N + R_s A_s \frac{1+\xi_R}{1-\xi_R} - R_{sc} A'_s}{R_b b + \frac{2R_s A_s}{h_0(1-\xi_R)}}$$

$$= \frac{3930 + 435000 \cdot 3.4361E-003 \frac{1+0.527}{1-0.527} - 400000 \cdot 3.4361E-003}{13090 \cdot 1.3 + \frac{2 \cdot 435000 \cdot 3.4361E-003}{0.17(1-0.527)}}$$

$$= 0.136\text{м}$$

$$Ne \leq R_b b x(h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s(h_0 - a')$$

$$Ne = 3930 \cdot 0.084 = 330.86\text{кНм}$$

$$R_b b x(h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s(h_0 - a') = 13090 \cdot 1.3 \cdot 0.136(0.17 - 0.5 \cdot 0.136) + 400000 \cdot 3.4361E - 003(0.17 - 0.05) = 401.11\text{кНм}$$

$$Ne = 330.86\text{кНм} \leq R_b b x(h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s(h_0 - a') = 401.11\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.8249

ПИЛОН 220Х1400 В ОСЯХ 2.А-2.Б / 2.26 НА 2 ЭТАЖЕ

1.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 4030\text{кН}$
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 3828.5\text{кН}$
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 21\text{кНм}$
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 19.95\text{кНм}$
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 22\text{ см} = 0.22\text{м}$
- Ширина сечения $b = 140\text{ см} = 1.4\text{м}$
- Расстояние до центра арматуры $a = 5\text{ см} = 0.05\text{м}$
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5\text{ см} = 0.05\text{м}$
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.22 - 0.05 = 0.17\text{м}$
- Диаметр стержней $d_s = 20\text{мм} = 0.02\text{м}$
- Количество стержней в сечении $n_s = 16)\text{ шт}$
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 25.13\text{ см}^2 = 2.5133E - 003\text{м}^2$
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 25.13\text{ см}^2 = 2.5133E - 003\text{м}^2$
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%\frac{A_s + A'_s}{bh_0} = 100\%\frac{2.5133E-003 + 2.5133E-003}{1.4 \cdot 0.17} = 2.11\,\%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.77$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.77 = 13.09\text{МПа} = 13090\text{кН/м}^2$
- Модуль упругости $E_b = 32500\text{МПа} = 32500000\text{ кН/м}^2$
- Относительные деформации $\varepsilon_{b2} = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435\text{МПа} = 435000\text{ кН/м}^2$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_{sc} = 400\text{МПа} = 400000\text{ кН/м}^2$
- Модуль упругости $E_s = 200000\text{МПа} = 200000000\text{ кН/м}^2$

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 280\text{ см} = 2.8\text{м}$
- Коэффициент приведения длины $\mu = 1$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 2.8 \cdot 1 = 2.8\text{м}$
- Конструкция статически неопределимая

1.2. РАСЧЕТ

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$\frac{L}{600} = \frac{2.8}{600} = 0.005\text{м}$$

$$\frac{h}{30} = \frac{0.22}{30} = 0.007\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01\text{м}$

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{21}{4030} = 0.005\text{м}$$

Так как $e_0 = 0.005\text{м} < e_a = 0.01\text{м}$, то расчетный эксцентриситет принимается равным случайному $e_0 = 0.01\text{м}$

$$\delta_e = \frac{e_0}{h} = \frac{0.01}{0.22} = 0.045$$

Так как $\delta_e = 0.045 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N\left(\frac{h}{2} - a\right) = 21 + 4030 \cdot \left(\frac{0.22}{2} - 0.05\right) = 262.8\text{кНм}$$

$$M_{l1} = M_l + N_l\left(\frac{h}{2} - a\right) = 19.95 + 3828.5 \cdot \left(\frac{0.22}{2} - 0.05\right) = 249.66\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + \frac{M_{l1}}{M_1} = \frac{249.66}{262.8} = 1.95$$

$$k_b = \frac{0.15}{\varphi_l(0.3 + \delta_e)} = \frac{0.15}{1.95(0.3 + 0.15)} = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{1.4 \cdot 0.22^3}{12} = 1.24227E - 003\text{м}^4$$

$$I_s = A_s\left(\frac{h}{2} - a\right)^2 + A'_s\left(\frac{h}{2} - a'\right)^2$$

$$= 2.5133E - 003\left(\frac{0.22}{2} - 0.05\right)^2 + 2.5133E - 003\left(\frac{0.22}{2} - 0.05\right)^2$$

$$= 1.8096E - 005\text{м}^4$$

$$D = k_b E_b I + k_s E_s I_s$$

$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 1.24227E - 003 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 1.80956E - 005$$

$$= 9434.86\text{кНм}^2$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 D}{l_0^2} = \frac{3.14^2 \cdot 9434.86}{2.8^2} = 11877.34\text{кН}$$

Условие $N = 4030\text{кН} \leq N_{cr} = 11877.34\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{4030}{11877.34}} = 1.514$$

$$e = e_0\eta + \frac{h_0 - a'}{2} = 0.01 \cdot 1.514 + \frac{0.17 - 0.05}{2} = 0.075\text{м}$$

$$\varepsilon_{sel} = \frac{R_s}{E_s} = \frac{435000}{200000000} = 0.002175$$

$$\xi_R = \frac{0.8}{1 + \frac{\varepsilon_{sel}}{\varepsilon_{bult}}} = \frac{0.8}{1 + \frac{0.002175}{0.0042}} = 0.527$$

$$x = \frac{N + R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_b b} = \frac{4030 + 435000 \cdot 2.5133E-003 - 400000 \cdot 2.5133E-003}{13090 \cdot 1.4} = 0.225\text{м}$$

$$\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{0.225}{0.17} = 1.322 > \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x = \frac{N + R_s A_s \frac{1+\xi_R}{1-\xi_R} - R_{sc} A'_s}{R_b b + \frac{2 R_s A_s}{h_0 (1-\xi_R)}}$$

$$= \frac{4030 + 435000 \cdot 2.5133E-003 \frac{1+0.527}{1-0.527} - 400000 \cdot 2.5133E-003}{13090 \cdot 1.4 + \frac{2 \cdot 435000 \cdot 2.5133E-003}{0.17(1-0.527)}}$$

$$= 0.144\text{м}$$

$$Ne \leq R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a')$$

$$Ne = 4030 \cdot 0.075 = 302.8\text{кНм}$$

$$R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a')$$
$$= 13090 \cdot 1.4 \cdot 0.144(0.17 - 0.5 \cdot 0.144) + 400000 \cdot 2.5133E$$
$$- 003(0.17 - 0.05) = 379.25\text{кНм}$$

$$Ne = 302.8\text{кНм} \leq R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') = 379.25\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.7984

ПРОВЕРКА АРМИРОВАНИЯ СТЕНЫ 2 ЭТАЖА ТОЛЩИНОЙ 200 ММ

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	132,6	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	9,0	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,77		γ_s	1,0	
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h= 200 мм -высота сечения колонны
b= 1000 мм -ширина сечения колонны
a= 50 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона
a'= 50 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона
L= 2800 мм -высота колонны
μ= 1 -коэффициент расчетной длины
h_0= 150 мм -рабочая высота сечения
L_0= 280 см -расчетная высота колонны

Усилия:

N= 100 тс -продольная сила
M= 5 тс· м -момент от полной нагрузки
M_l= 4 тс· м -момент от длительных нагрузок

Армирование:

Растянутая арматура
$d_{s,\phi}$= 12 мм -диаметр основной арматуры
n_ϕ= 5 шт -количество основной арматуры
$d_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$n_д$= 0 шт -количество дополнительной арматуры
$A_{s,\phi}$= 5,65 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 5,65 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура
$d'_{s,\phi}$= 12 мм -диаметр основной арматуры
s'_ϕ= 5 шт -колчество основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 0 шт -количество дополнительной арматуры
$A'_{s,\phi}$= 5,65 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 5,65 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 0,15 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,01 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 2,6 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет:

e_0= 5 см -эксцентриситет приложения продольной силы к сечению
x= 7,6 см -высота сжатой зоны бетона
I= 66666,667 см⁴ -момент инерции площади бетона
I_s= 283,78014 см⁴ -момент инерции площади арматуры
δ_e= 0,25 -относительное значение эксцентриситета продольной силы
φ_l= 1,8 -коэффициент, учитывающий влияние длительности нагрузки
k_b= 0,15
k_s= 0,7
D= 3,753E+09 кгс· см² -жесткость железобетонного элемента в предельной по прочности стадии
N_{cr}= 472,42 тс -условная критическая сила
η= 1,27 -коэффициент, учитывающий влияние продольного изгиба
e= 11,3 см -расстояние от точки приложения продольной силы N до центра тяжести сечения растянутой или наименее сжатой арматуры

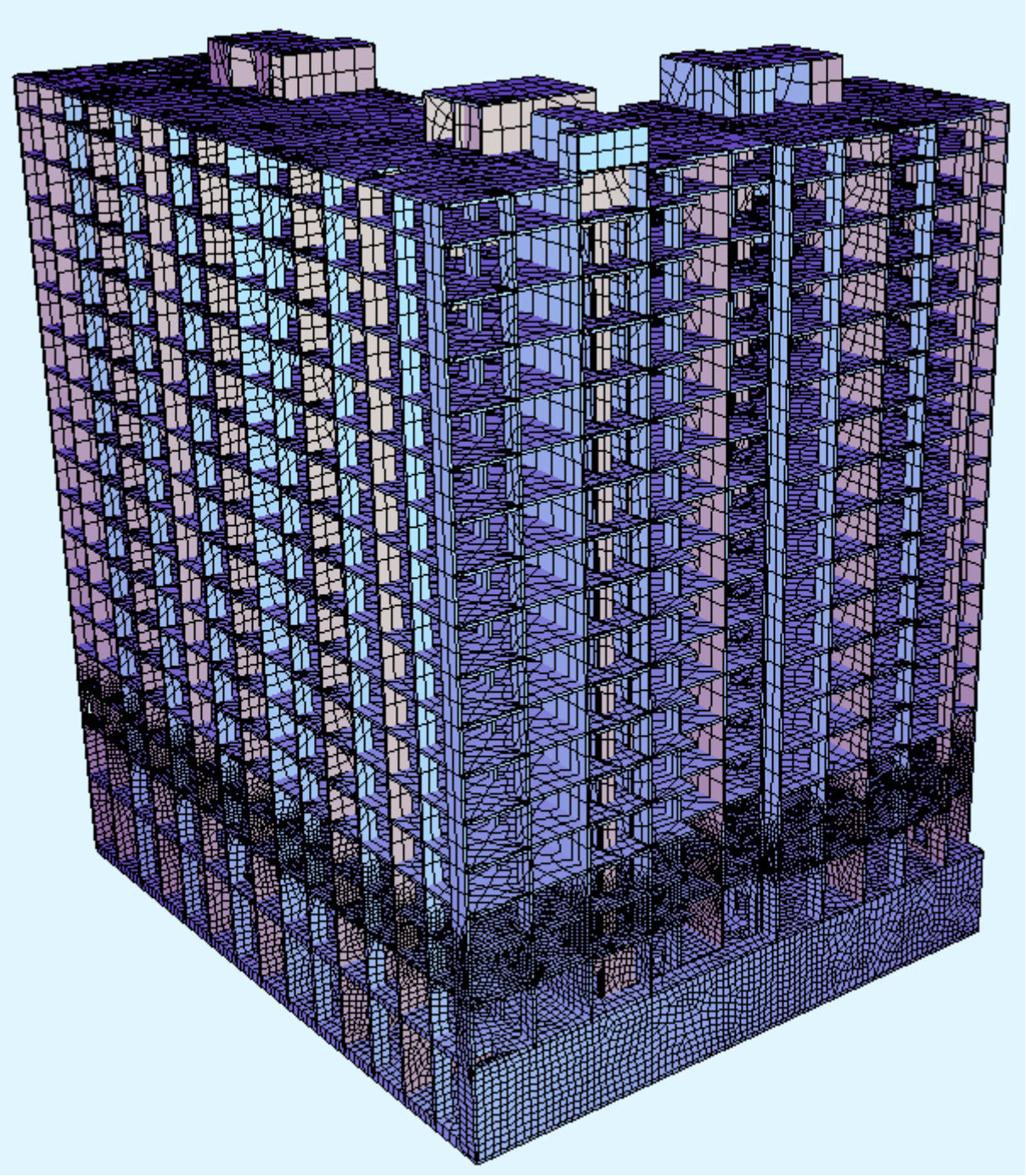
$N \cdot e \le R_b \cdot b \cdot x(h_0 - 0,5x) + R_{sc} \cdot A'_s \cdot (h_0 - a')$ = 13,591 тс· м

1 условие прочности выполнено

$N \cdot e$ = 11,343 тс· м

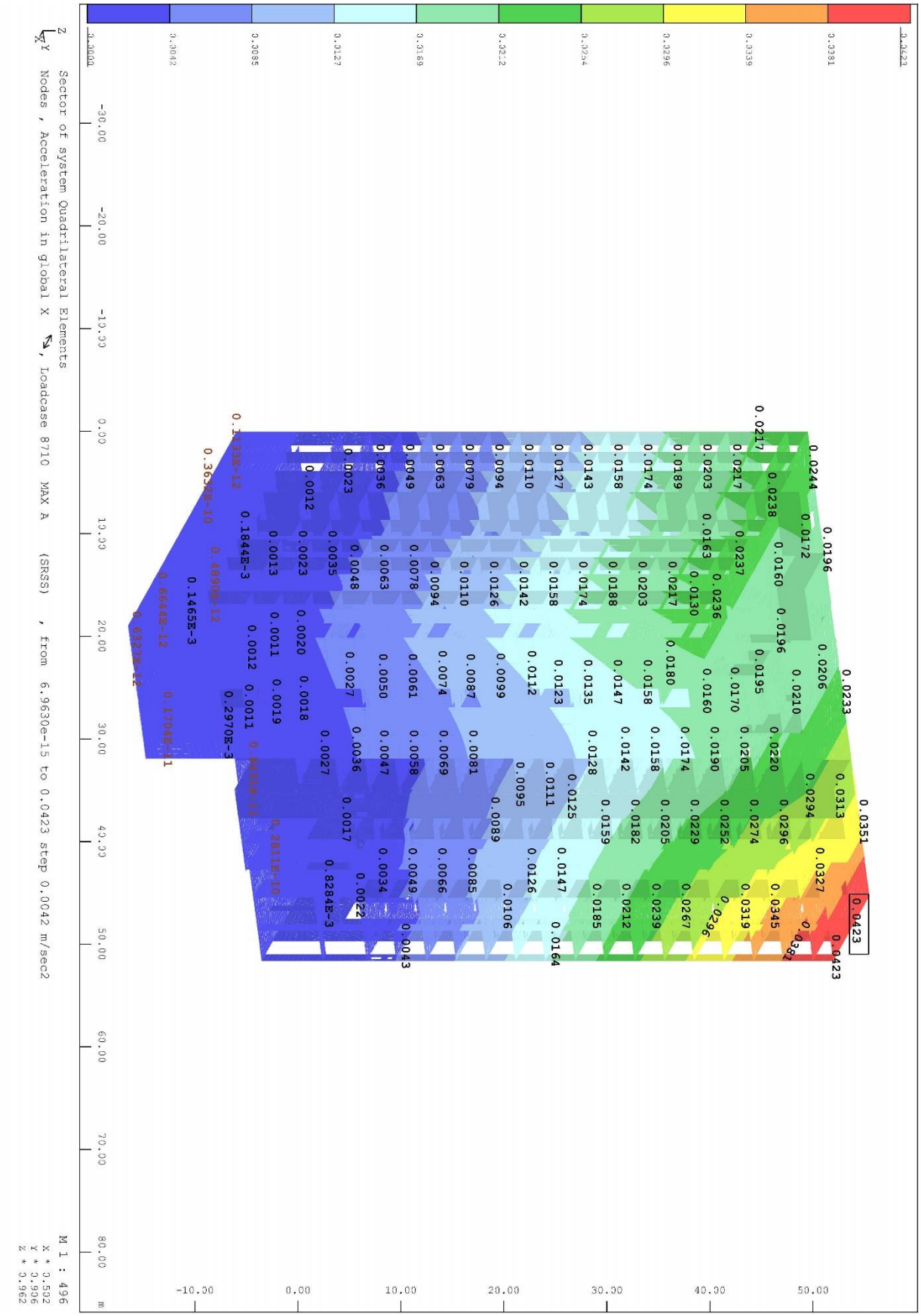
6. РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА СЕКЦИИ 16-18

6.1. ОБЩИЙ ВИД РАСЧЕТНОЙ СХЕМЫ

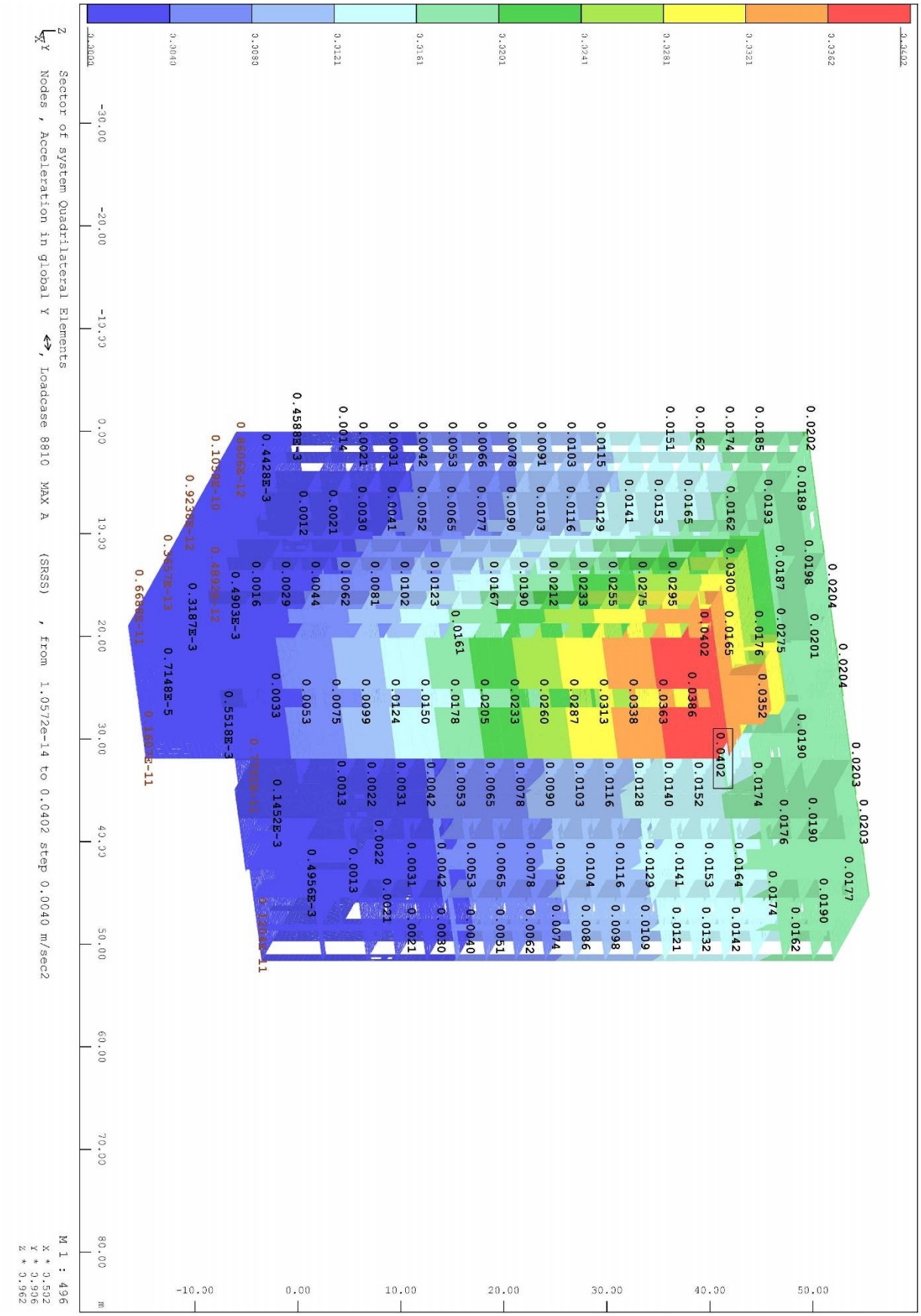


6.2. МАКСИМАЛЬНОЕ УСКОРЕНИЕ

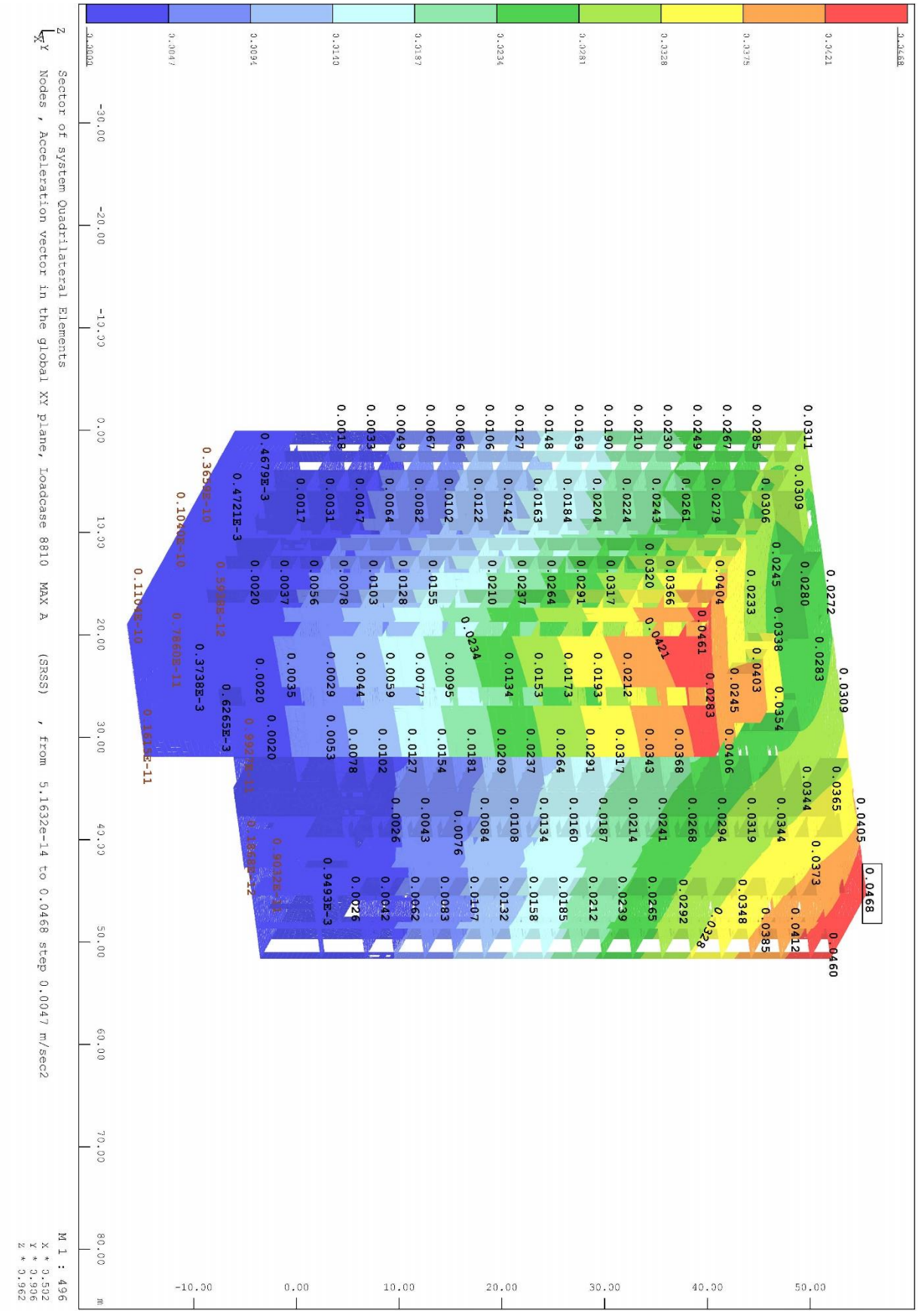
Максимальное ускорение этажей по X, м/с²



Максимальное ускорение этажей по Y, м/с²

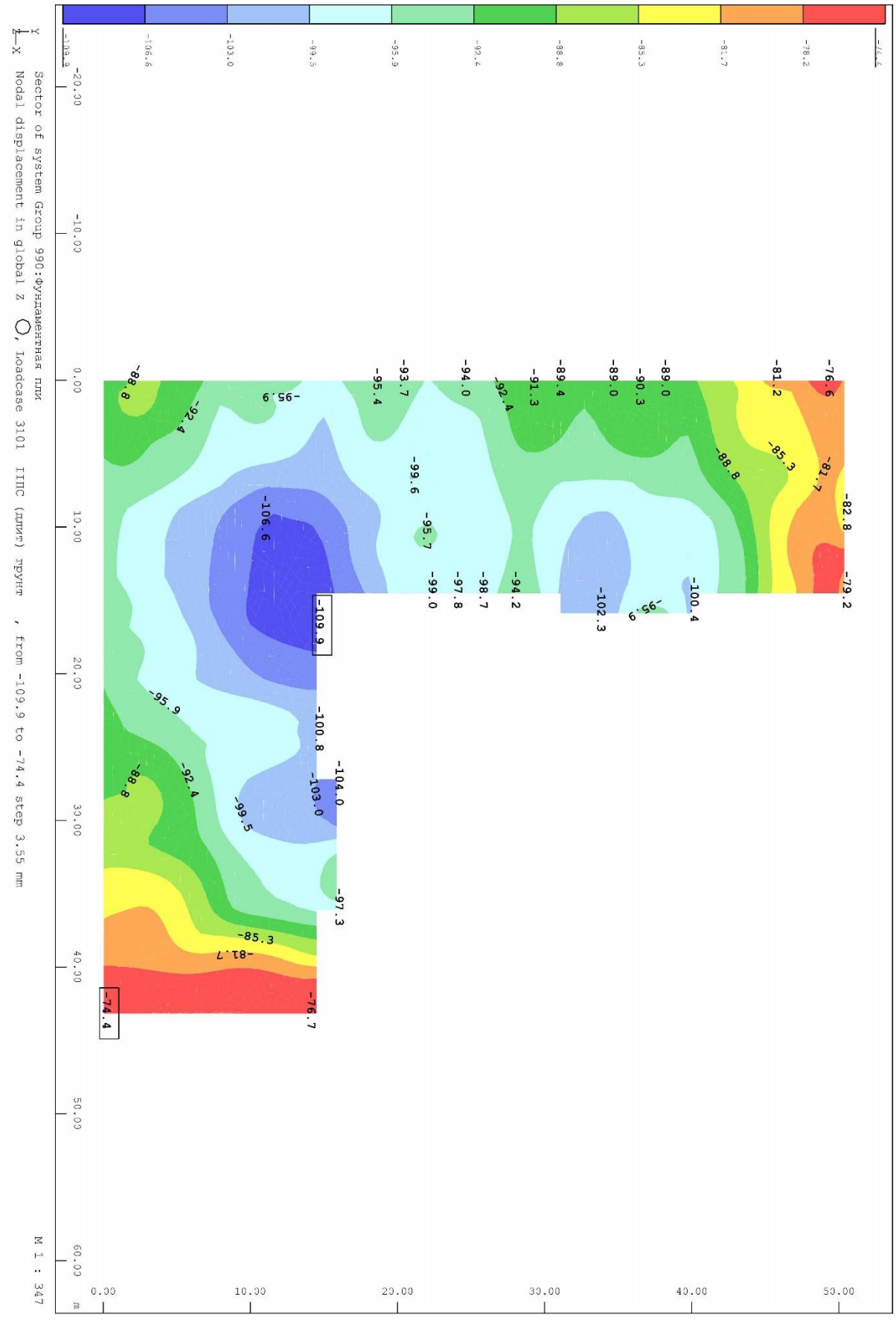


Максимальное ускорение этажей по XY, м/с²



6.3. ОСАДКА И ДАВЛЕНИЕ ПОД ПОДОШВОЙ ФУНДАМЕНТА

Осадка, мм



Расчет осадки корпуса К2 секции 17-19 в осях 2.1-2.22/2.А-2.ГГ

Допущения и предпосылки. Расчет выполняется согласно СП 22.13330.2016 п.п. 5.6.31.

Исходные данные. Среднее давление под подошвой фундамента $p = 3.40$ кг/см^2; глубина заложения $d_n = 7.15$ м; фундамент прямоугольный; ширина подошвы $b = 15.00$ м; длина подошвы $l = 68.00$ м; объемный вес грунта выше подошвы $\gamma'_{\text{II}} = 1.86$ т/м^3; имеются грунтовые воды на расстоянии 0.00 м от подшвы мощностью 3.40 м; $s_u = 15.0$ см.

Расчет. Вертикальное напряжение от собственного веса грунта на уровне подошвы

$$\sigma_{zg0} = \gamma'_{\text{II}} d_n = 1.86 \cdot 7.15 = 13.299 \text{ т/м}^2 = 1.330 \text{ кг/см}^2$$

Согласно требованиям методики расчета, сжимаемая толща грунта под подошвой разбивается на слои. Необходимые величины для каждого слоя вычисляются в табличной форме по формулам

$$\sigma_{zp,i} = \alpha_i p, \quad \sigma_{z\gamma,i} = \alpha_i \sigma_{zg0}, \quad \sigma_{zg,i} = \sigma_{zg0} + \sum_{i=1}^{n} h_i \gamma_i$$

Минимальная глубина сжимаемой толщи для $10 \leqslant b < 60$ м составляет $H_{min} = 4 + 0.1b = 4 + 0.1 \cdot \cdot 15.00 = 5.50$ м.

Т.к. $p > \sigma_{zg,0}$ то осадка определяется по формуле (5.16)

$$\Delta s_i = \beta \frac{(\sigma_{zp,i} - \sigma_{z\gamma,i}) h_i}{E_i} + \beta \frac{\sigma_{z\gamma,i} h_i}{E_{e,i}}, \quad \beta = 0.8$$

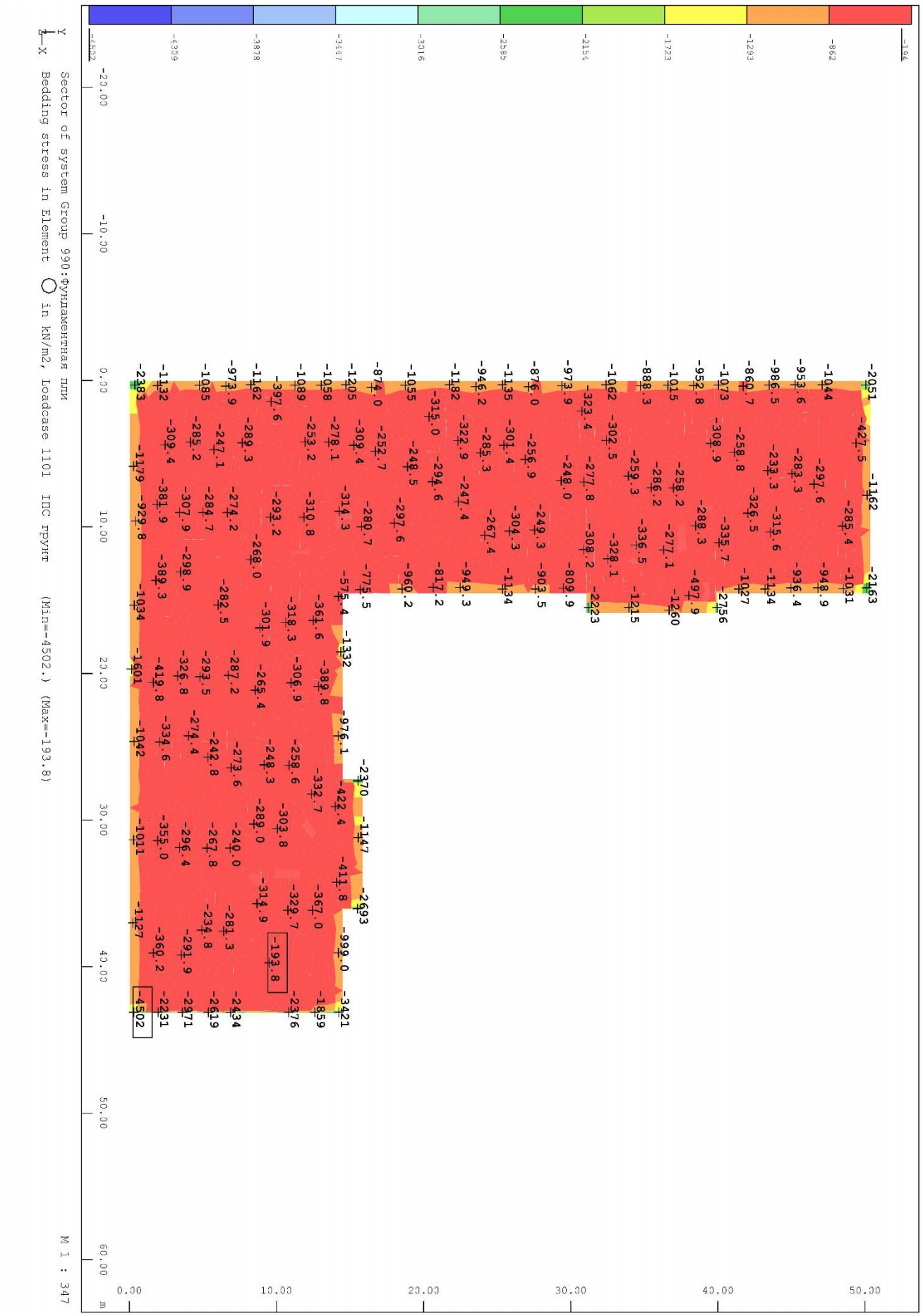
№	Э	h	z	α	σ_{zp}	$\sigma_{z\gamma}$	γ	σ_{zg}	$0.5\sigma_{zg}$	E	E_e	Δs
		м	м	–	кг/см^2	кг/см^2	т/м^3	кг/см^2	кг/см^2	кг/см^2	кг/см^2	см
–	–	–	0.00	1.000	3.400	1.330	–	1.330	0.665	–	–	–
1	5	0.40	0.20	1.000	3.400	1.330	1.05	1.351	0.675	334	1670	0.224
2	5	0.40	0.60	1.000	3.399	1.330	1.05	1.393	0.696	334	1670	0.224
3	5	0.40	1.00	0.999	3.397	1.329	1.05	1.435	0.717	334	1670	0.224
4	5	0.40	1.40	0.997	3.391	1.326	1.05	1.477	0.738	334	1670	0.223
5	5	0.40	1.80	0.994	3.381	1.323	1.05	1.519	0.759	334	1670	0.223
6	5	0.40	2.20	0.990	3.367	1.317	1.05	1.561	0.780	334	1670	0.222
7	5	0.40	2.60	0.985	3.347	1.309	1.05	1.603	0.801	334	1670	0.220
8	5	0.40	3.00	0.977	3.323	1.300	1.05	1.645	0.822	334	1670	0.219
9	5	0.20	3.30	0.971	3.300	1.291	1.05	1.676	0.838	334	1670	0.109
10	7	0.40	3.60	0.963	3.275	1.281	1.99	2.066	1.033	249	1245	0.289
11	7	0.40	4.00	0.952	3.238	1.266	1.99	2.146	1.073	249	1245	0.286
12	7	0.40	4.40	0.940	3.196	1.250	1.99	2.226	1.113	249	1245	0.282
13	7	0.40	4.80	0.926	3.150	1.232	1.99	2.305	1.153	249	1245	0.278
14	7	0.40	5.20	0.912	3.100	1.213	1.99	2.385	1.192	249	1245	0.274
15	7	0.40	5.60	0.896	3.048	1.192	1.99	2.464	1.232	249	1245	0.269
16	7	0.40	6.00	0.880	2.994	1.171	1.99	2.544	1.272	249	1245	0.264
17	7	0.20	6.30	0.868	2.952	1.155	1.99	2.604	1.302	249	1245	0.130
18	8	0.40	6.60	0.856	2.909	1.138	1.97	2.663	1.332	137	685	0.467
19	8	0.40	7.00	0.839	2.851	1.115	1.97	2.742	1.371	137	685	0.458
20	8	0.40	7.40	0.822	2.793	1.093	1.97	2.821	1.410	137	685	0.448
21	8	0.40	7.80	0.804	2.735	1.070	1.97	2.899	1.450	137	685	0.439
22	8	0.40	8.20	0.787	2.677	1.047	1.97	2.978	1.489	137	685	0.430
23	8	0.10	8.45	0.777	2.641	1.033	1.97	3.028	1.514	137	685	0.106
24	9	0.40	8.70	0.766	2.605	1.019	2.02	3.078	1.539	270	1350	0.212
25	9	0.40	9.10	0.750	2.548	0.997	2.02	3.159	1.579	270	1350	0.208
26	9	0.40	9.50	0.733	2.492	0.975	2.02	3.239	1.620	270	1350	0.203

27	8	0.40	9.90	0.717	2.438	0.953	1.97	3.319	1.660	137	685	0.391
28	8	0.40	10.30	0.701	2.384	0.932	1.97	3.398	1.699	137	685	0.383
29	8	0.40	10.70	0.686	2.331	0.912	1.97	3.477	1.738	137	685	0.374
30	8	0.40	11.10	0.671	2.280	0.892	1.97	3.556	1.778	137	685	0.366
31	9	0.40	11.50	0.656	2.230	0.872	2.02	3.635	1.818	270	1350	0.182
32	9	0.40	11.90	0.642	2.181	0.853	2.02	3.716	1.858	270	1350	0.178
33	9	0.40	12.30	0.628	2.134	0.835	2.02	3.797	1.898	270	1350	0.174
34	9	0.40	12.70	0.614	2.088	0.817	2.02	3.878	1.939	270	1350	0.170
35	9	0.40	13.10	0.601	2.043	0.799	2.02	3.959	1.979	270	1350	0.166
36	9	0.40	13.50	0.588	1.999	0.782	2.02	4.039	2.020	270	1350	0.163

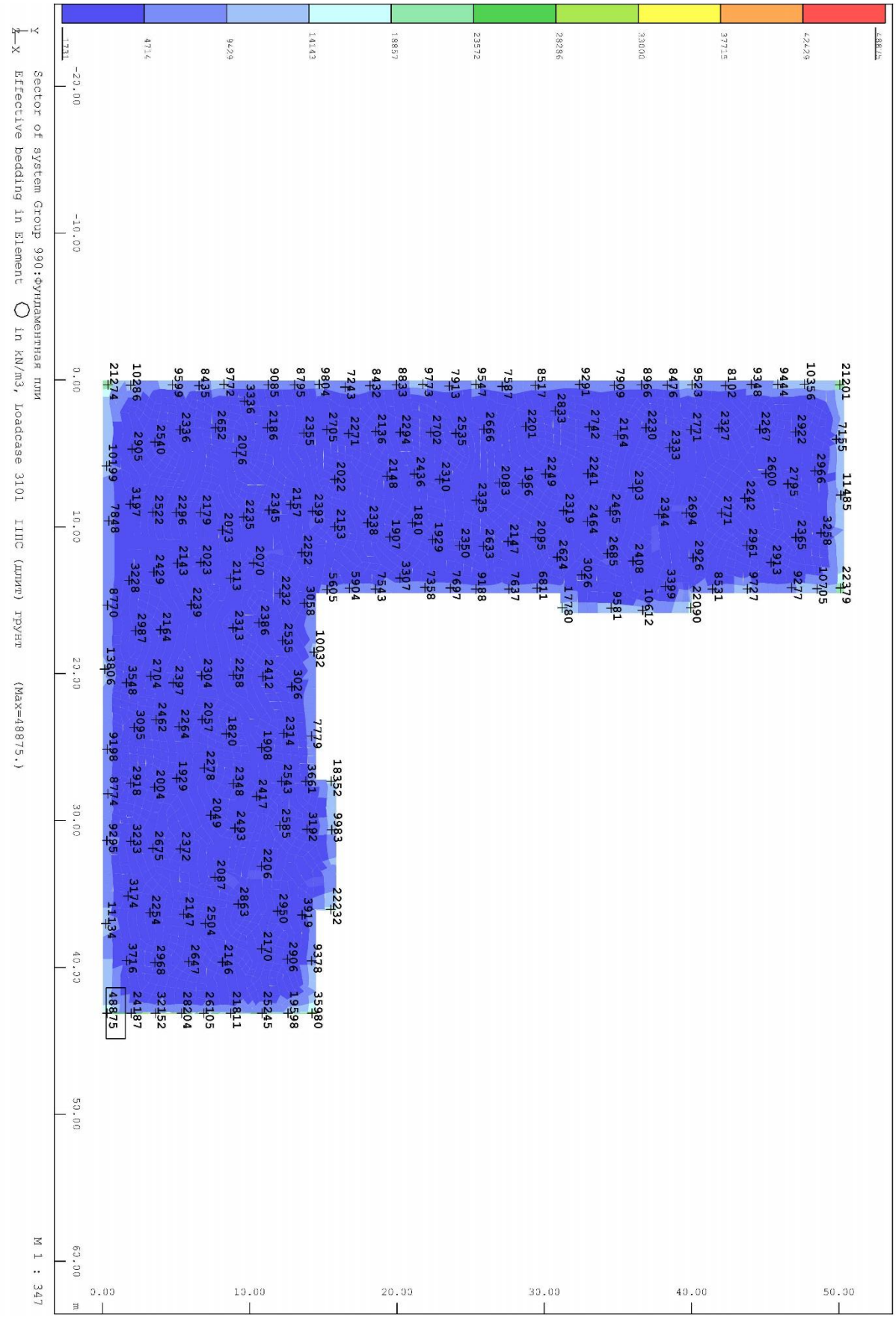
$$s = \sum_{i=1}^{n} \Delta s_i = 9.475 \text{ см}$$

Вывод. Осадка составляет $s = 9.475$ см $\leqslant s_u = 15.0$ см, что не превышает предельно допустимой осадки. Требование выполняется. Глубина сжимаемой толщи определенная по условию $0.5\sigma_{zg}$ составляет $H_c = 13.70$ м.

Давление под подошвой фундамента R_z , кН/м²



Коэффициент постели С1, кН/м³



Среднее давление под подошвой фундамента (от нагрузок для расчета основания по деформациям) (R_z) – 340 кН/м² не превышает расчетного сопротивления грунта основание ИГЭ-4 (R) – 1045 кН/м².

$$R = \frac{\gamma_{c1}\gamma_{c2}}{k}[M_\gamma k_z b\gamma_{II} + M_q d_1 \gamma'_{II} + (M_q - 1)d_b\gamma'_{II} + M_c c_{II}]. \quad (5.5) \quad = \quad \begin{matrix} 80.59 & (т/м2) \\ 8.06 & (кг/см2) \end{matrix}$$

Исходные данные:

γ_{c1} =	1,3	Ф =	31,00
γ_{c2} =	1,3		
k =	1		
M_γ =	1,24		
M_q =	5,95		
M_c =	8,24		
k_z =	0,70		
γ_{II} =	1,406607	(т/м3)	
γ'_{II} =	1,398182	(т/м3)	
c_{II} =	0,02	(т/м2)	
d_1 =	1,7	(м)	
d_b =	2	(м)	
b =	16	(м)	

Грунты

	Коэффициент γ_{c1}
Пески мелкие	1,3

Габариты сооружения

L =	16(м)
H =	69(м)

Коэффициент γ_{c2} для сооружений с жесткой конструктивной схемой при отношении длины сооружения или его отсека к высоте L/H, равном

4 и более	1,5 и менее
1,1	1,3

Таблица 5.2

данные вводить только (!) в ячейки белого цвета ! ! !

γ_{c1} и γ_{c2} - коэффициенты условий работы, принимаемые по таблице 5.2 СП 50-101-2004;

k - коэффициент, принимаемый равным единице, если прочностные характеристики грунта (φ и c) определены непосредственными испытаниями, и k=1,1, если они приняты по таблицам приложения "Г" СП 50-101-2004;

M_γ, M_q, M_c - коэффициенты, принимаемые по таблице 5.3 СП 50-101-2004 автоматически;

k_z - коэффициент, принимаемый равным единице при b <10 м, $k_z = z_0/b + 0{,}2$, при $b \geq 10$ м (здесь z_0=8 м);

b - ширина подошвы фундамента, м (при бетонной или щебеночной подготовке толщиной $h_п$ допускается увеличивать b на $2h_п$);

γ_{II} - осредненное расчетное значение удельного веса грунтов, залегающих ниже подошвы фундамента (при наличии подземных вод определяется с учетом взвешивающего действия воды), т/м³;

γ'_{II} - то же, для грунтов, залегающих выше подошвы фундамента, т/м³;

c_{II} - расчетное значение удельного сцепления грунта, залегающего непосредственно под подошвой фундамента, т/м²;

d_1 - глубина заложения фундаментов, м, бесподвальных сооружений от уровня планировки или приведенная глубина заложения наружных и внутренних фундаментов от пола подвала, определяемая по формуле (5.6).

При плитных фундаментах за d_1 принимают наименьшее расстояние от подошвы плиты до уровня планировки.

$$d_1 = h_s + h_{cf}\gamma_{cf}/\gamma'_{II}. \quad (5.6)$$

здесь h_s - толщина слоя грунта выше подошвы фундамента со стороны подвала, м;

h_{cf} - толщина конструкции пола подвала, м;

γ_{cf} - расчетное значение удельного веса конструкции пола подвала, т/м³.

При бетонной или щебеночной подготовке толщиной $h_п$ допускается увеличивать d_1 на $h_п$.

d_b - глубина подвала, расстояние от уровня планировки до пола подвала, м (для сооружений с подвалом глубиной свыше 2 м принимают равным 2 м);

Примечания:

1. Формулу (5.5) допускается применять при любой форме фундаментов в плане. Если подошва фундамента имеет форму круга или правильного многоугольника площадью A, значение b принимают равным $\sqrt{A}$.
2. Расчетные значения удельного веса грунтов и материала пола подвала, входящие в формулу, допускается принимать равными их нормативным значениям.
3. Расчетное сопротивление грунта при соответствующем обосновании может быть увеличено, если конструкция фундамента улучшает условия его совместной работы с основанием, например, фундаменты прерывистые, щелевые, с промежуточной подготовкой и др.
4. Для фундаментных плит с угловыми вырезами расчетное сопротивление грунта основания допускается увеличивать, применяя коэффициент k_d по таблице 5.4.
5. Если $d_1 > d$ (d - глубина заложения фундамента от уровня планировки), в формуле (5.5) принимают $d_1 = d$ и d_b=0

Грунты залегающие выше подошвы фундамента

№№ слоя	Уд. вес (γ_i), т/м3	Мощность (h_i), м
1 ИГЭ №2	1,96	1,1
2 ИГЭ №5	1,96	0,7
3 ИГЭ №5	1,02	1,2
4 ИГЭ №4	1	1,4
5 *		
6 *		
7 *		

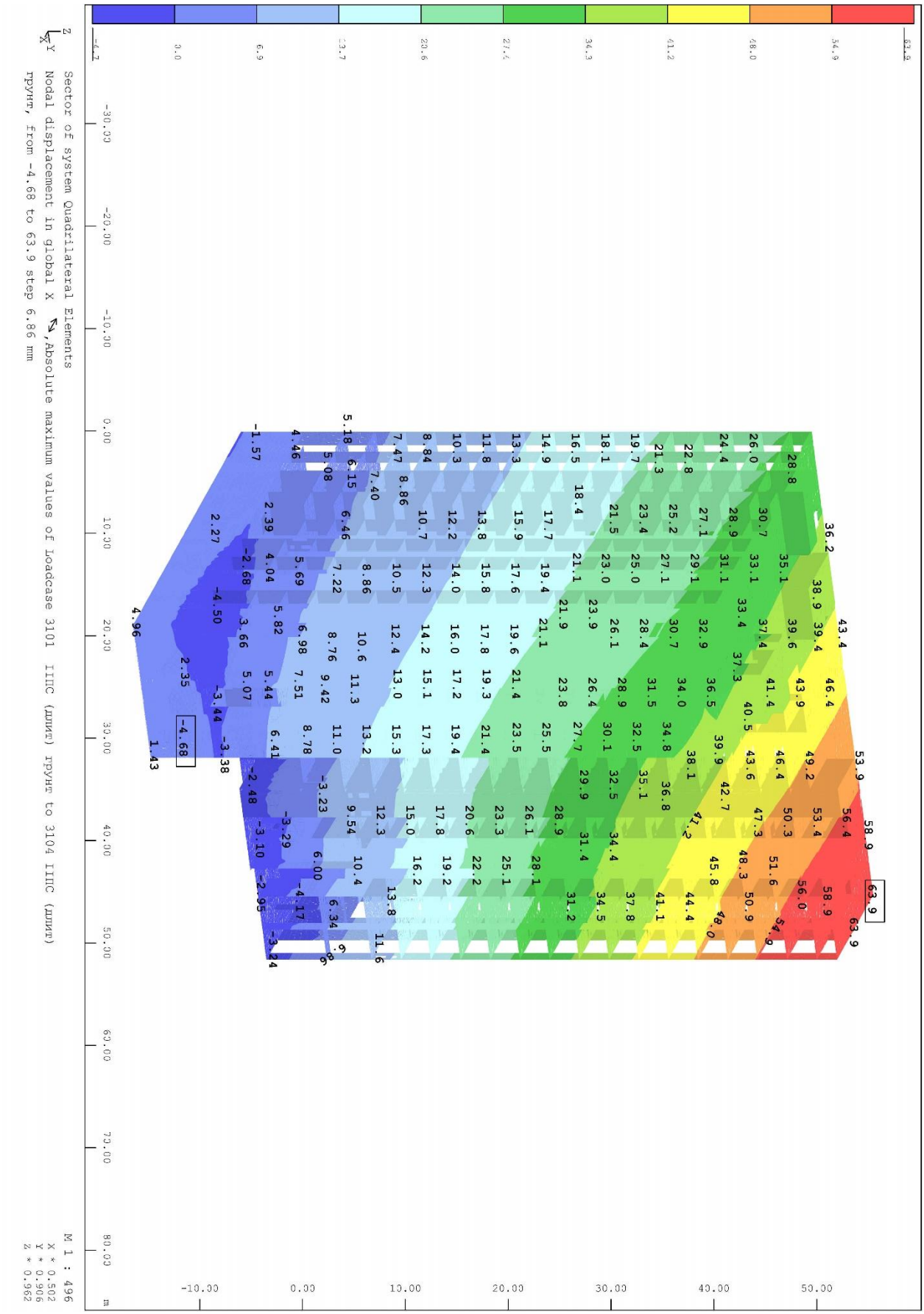
Грунты залегающие ниже подошвы фундамента

№№ слоя	Уд. вес (γ_i), т/м3	Мощность (h_i), м
1 ИГЭ №4	1	3,3
2 ИГЭ №7	1,99	2,3
3 *		
4 *		
5 *		
6 *		
7 *		

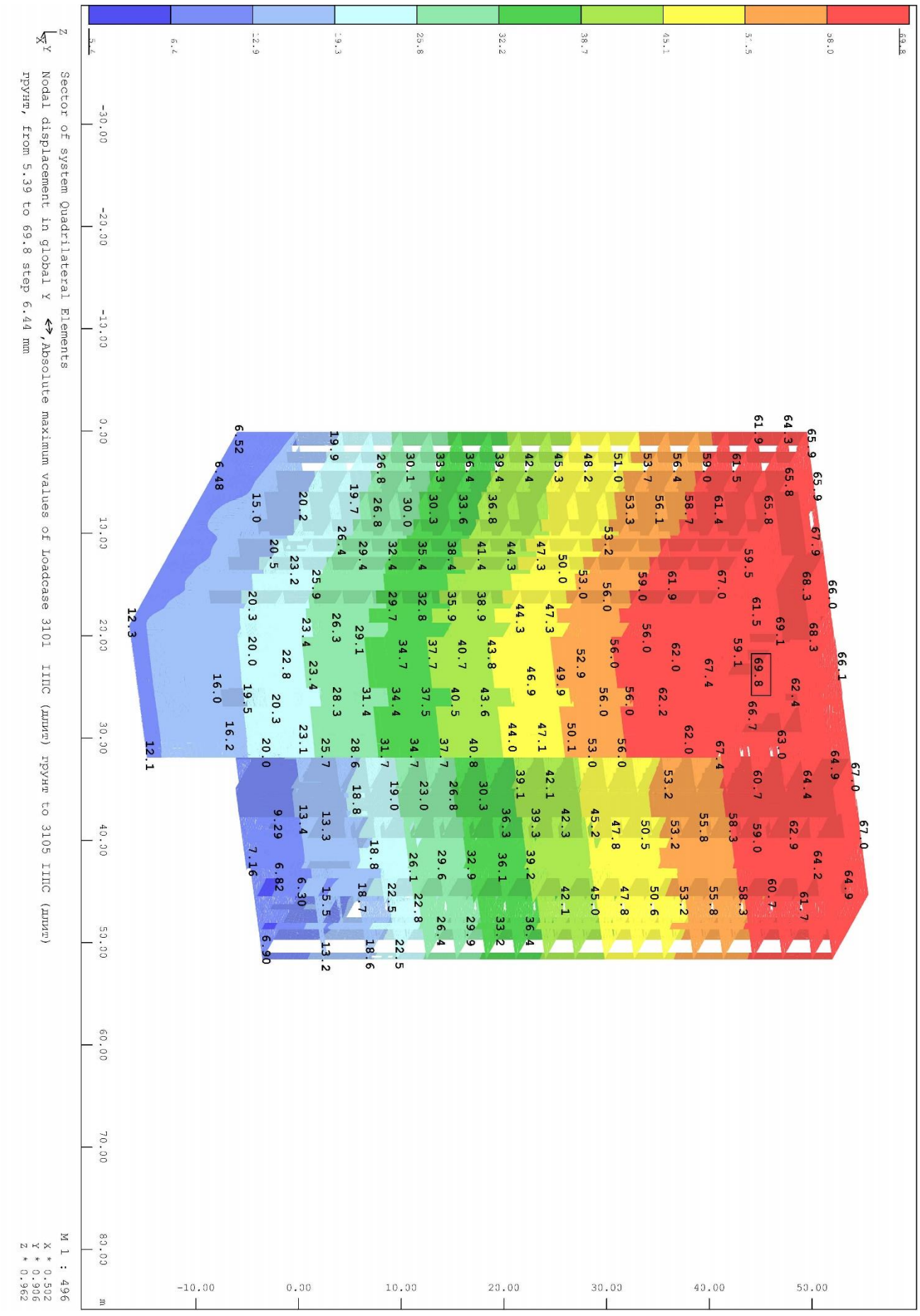
Значение расчетного сопротивления грунта основания (R) вычислено по формуле 5.7из СП 22.13330.2016.

6.4. ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЗДАНИЯ

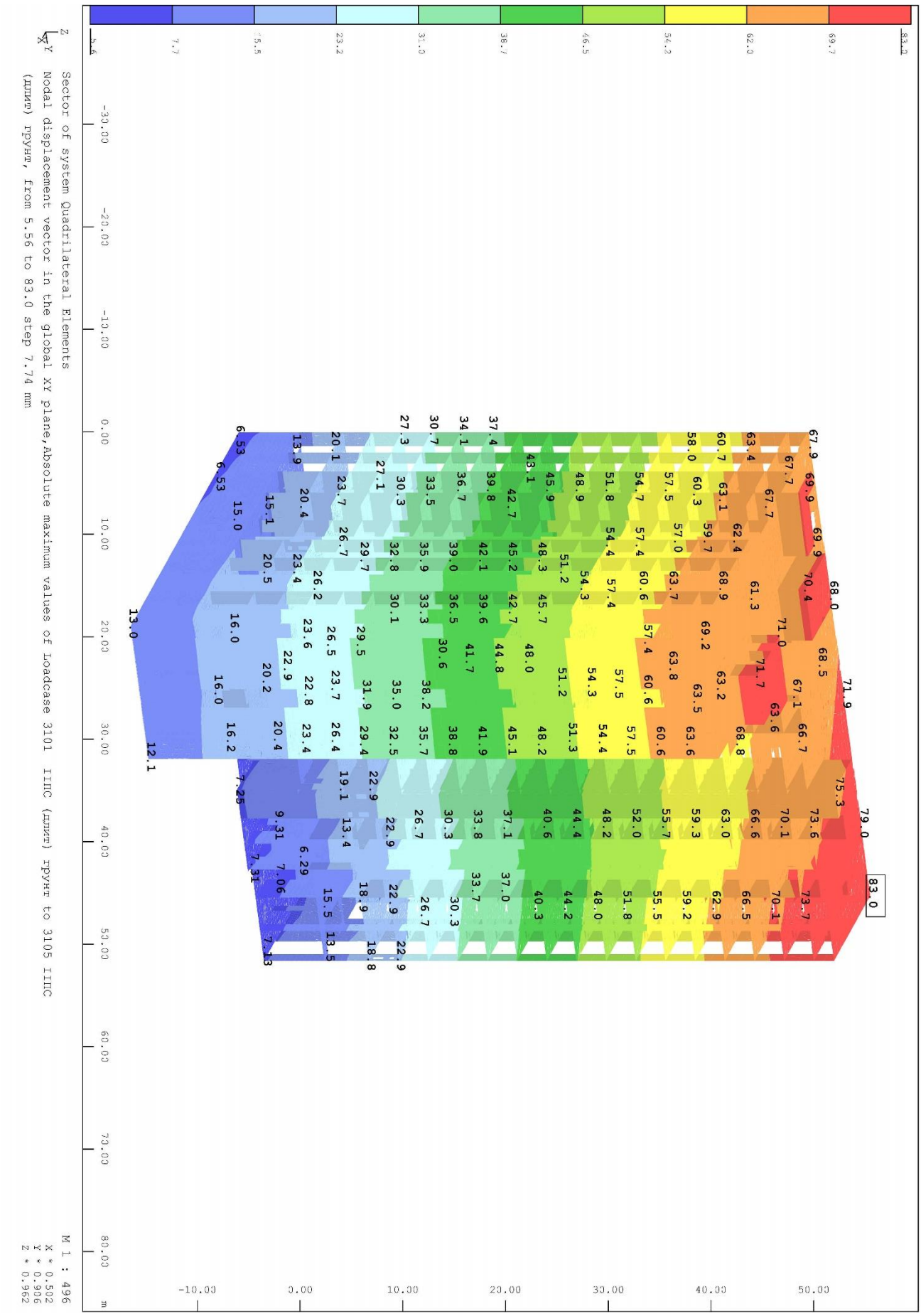
Перемещения по оси X, мм



Перемещения по оси Y, мм

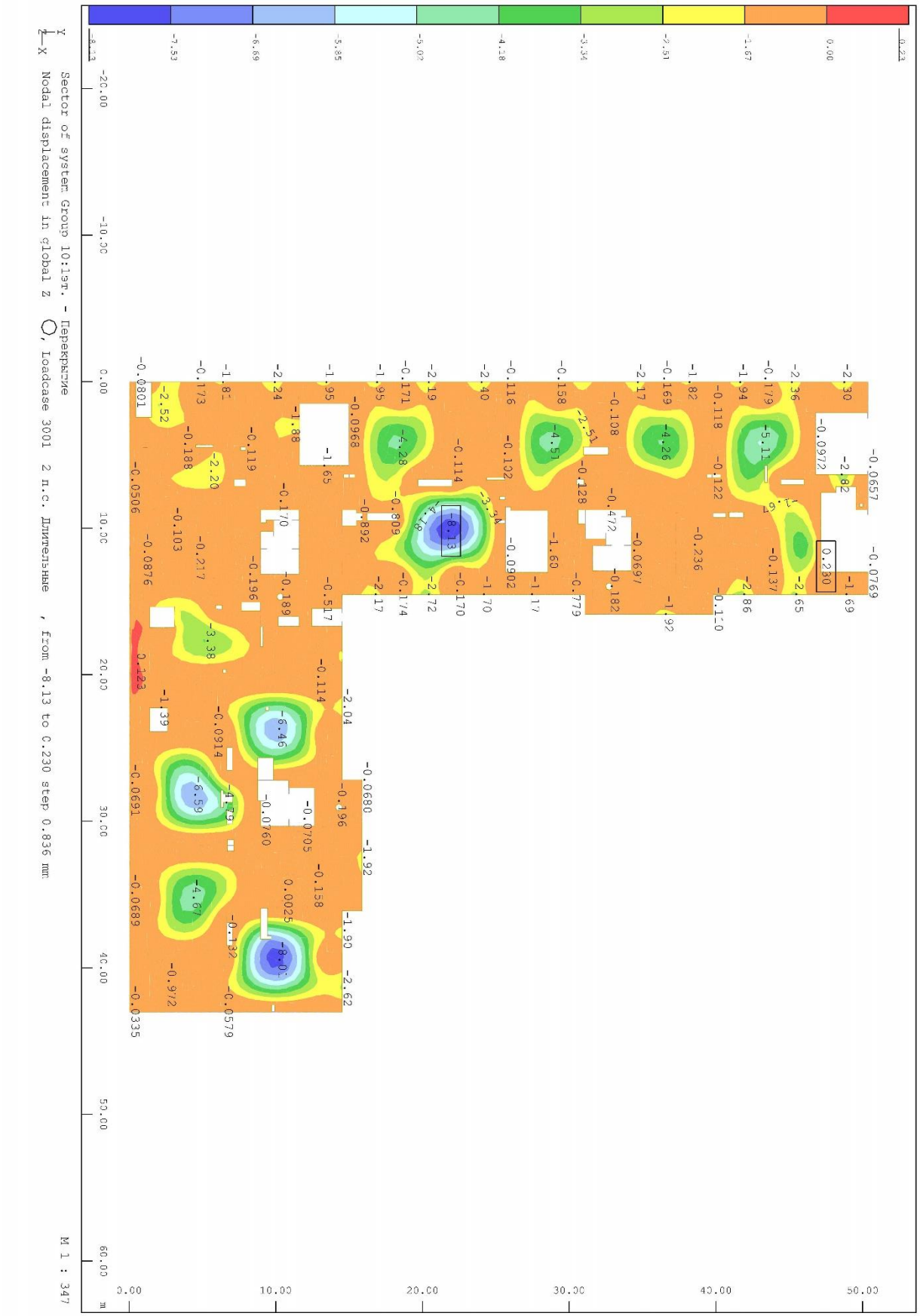


Перемещения по оси XY, мм

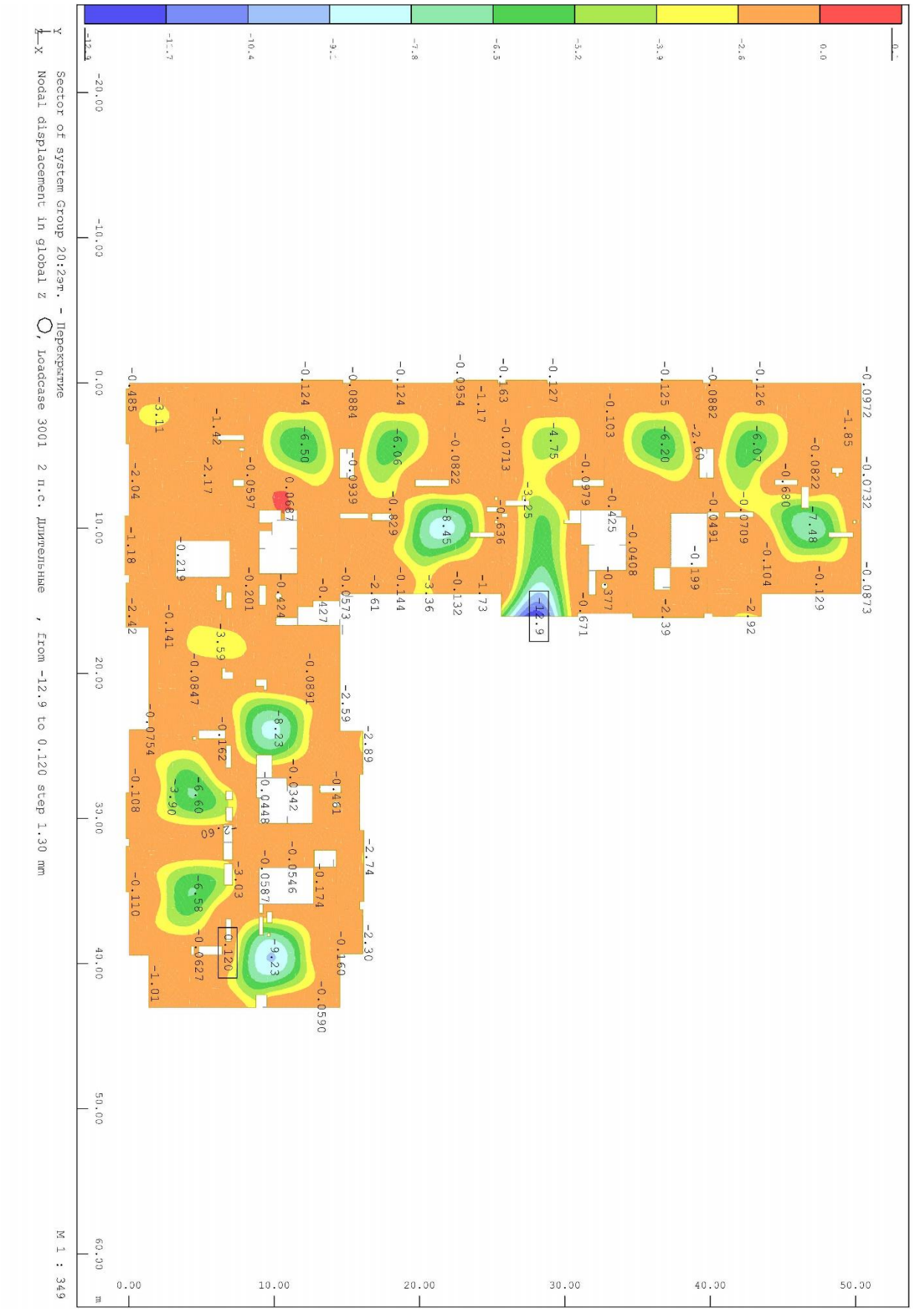


6.5. ПРОГИБЫ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЯ

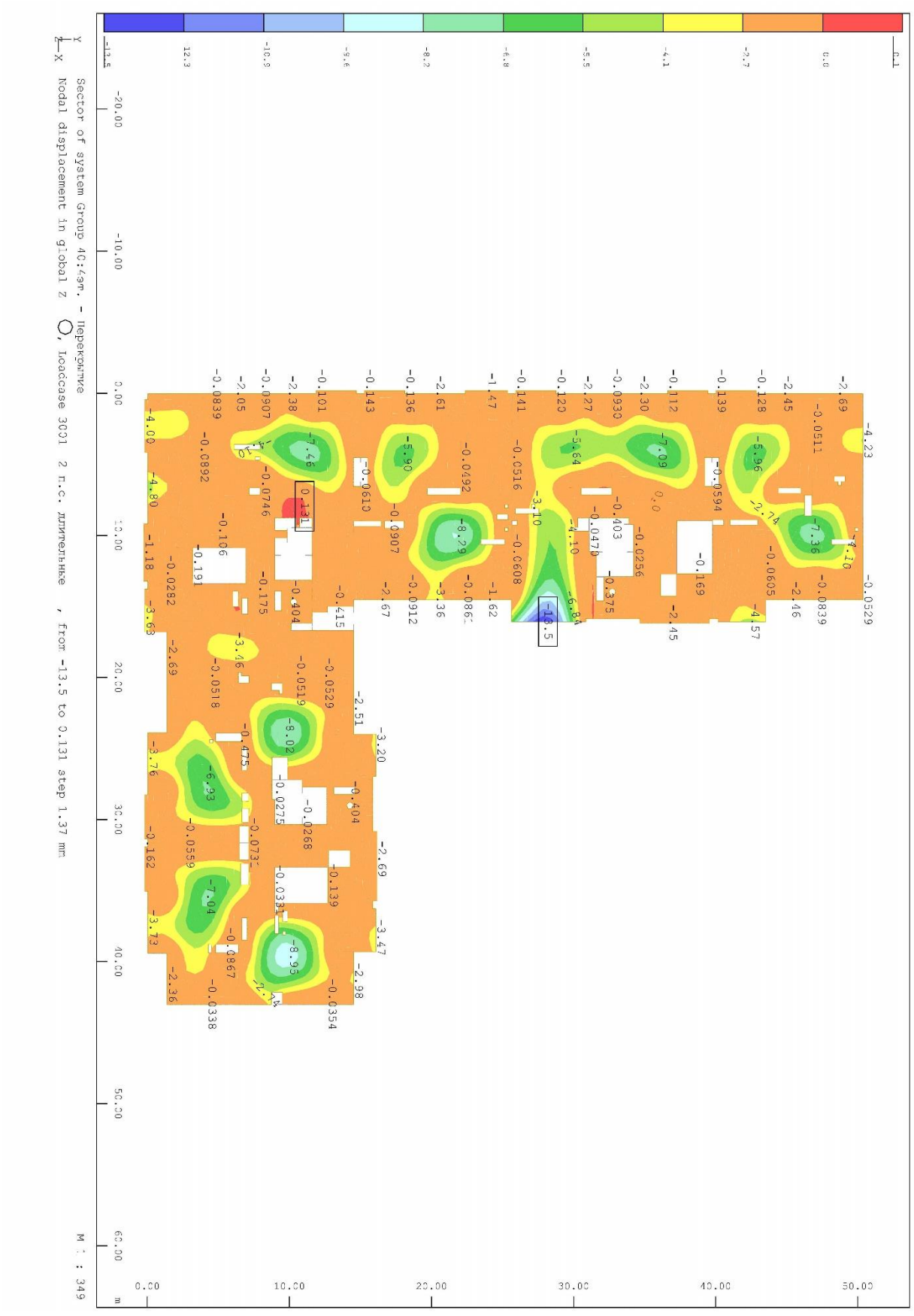
Прогибы плиты перекрытия над -1 этажом, мм



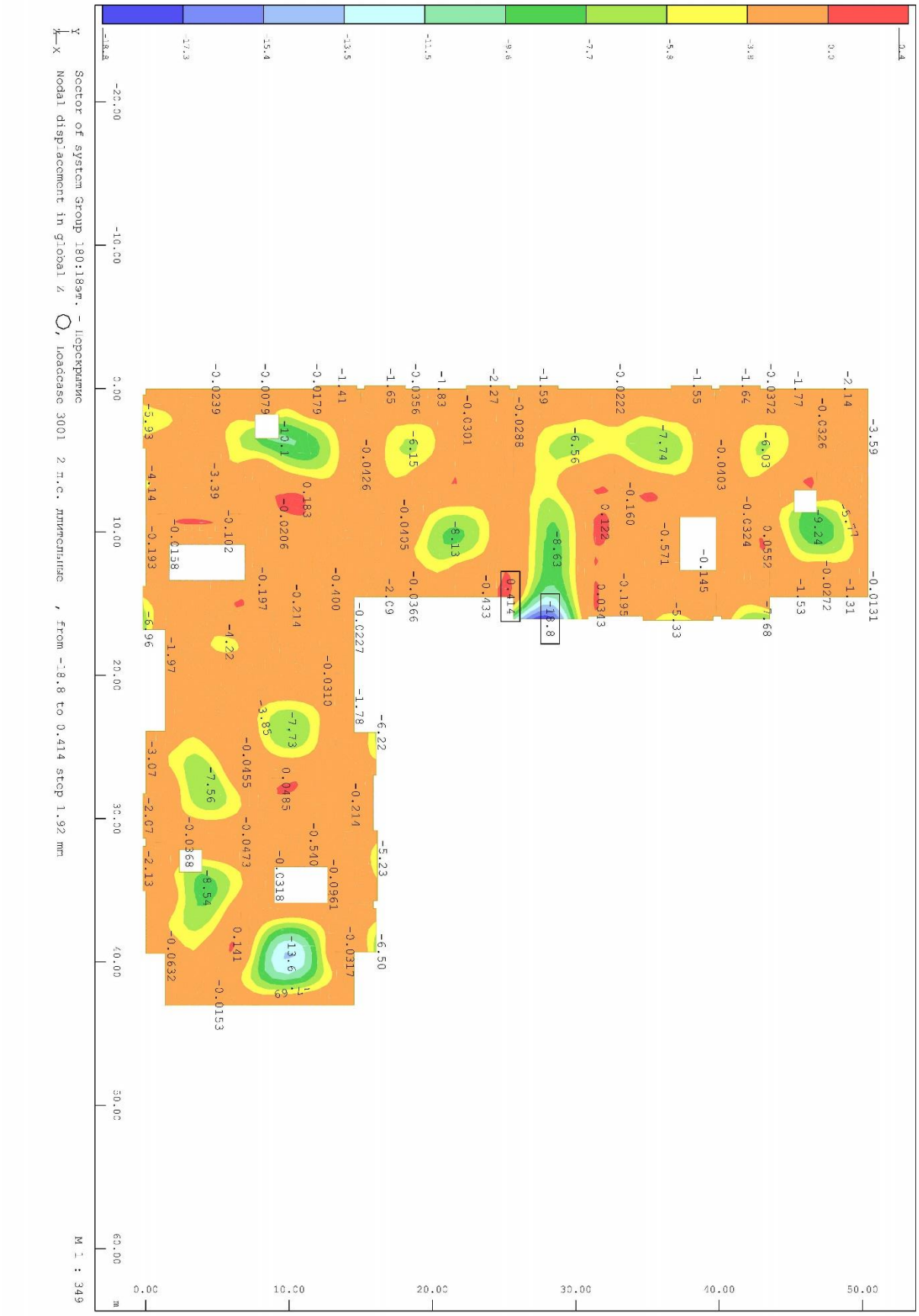
Прогибы плиты перекрытия над 1 этажом, мм



Прогибы плиты перекрытия над типовым этажом, мм



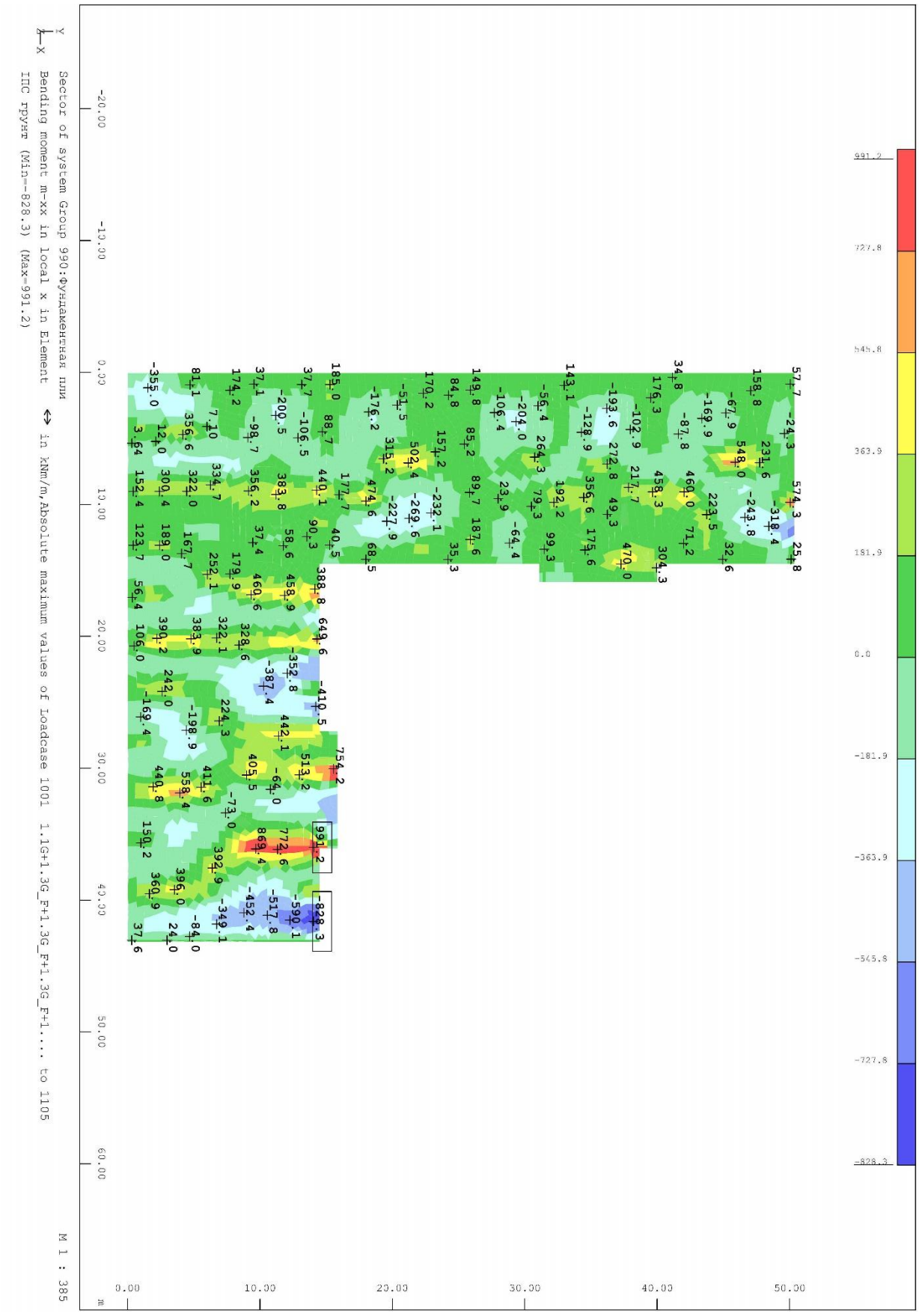
Прогибы плиты покрытия, мм



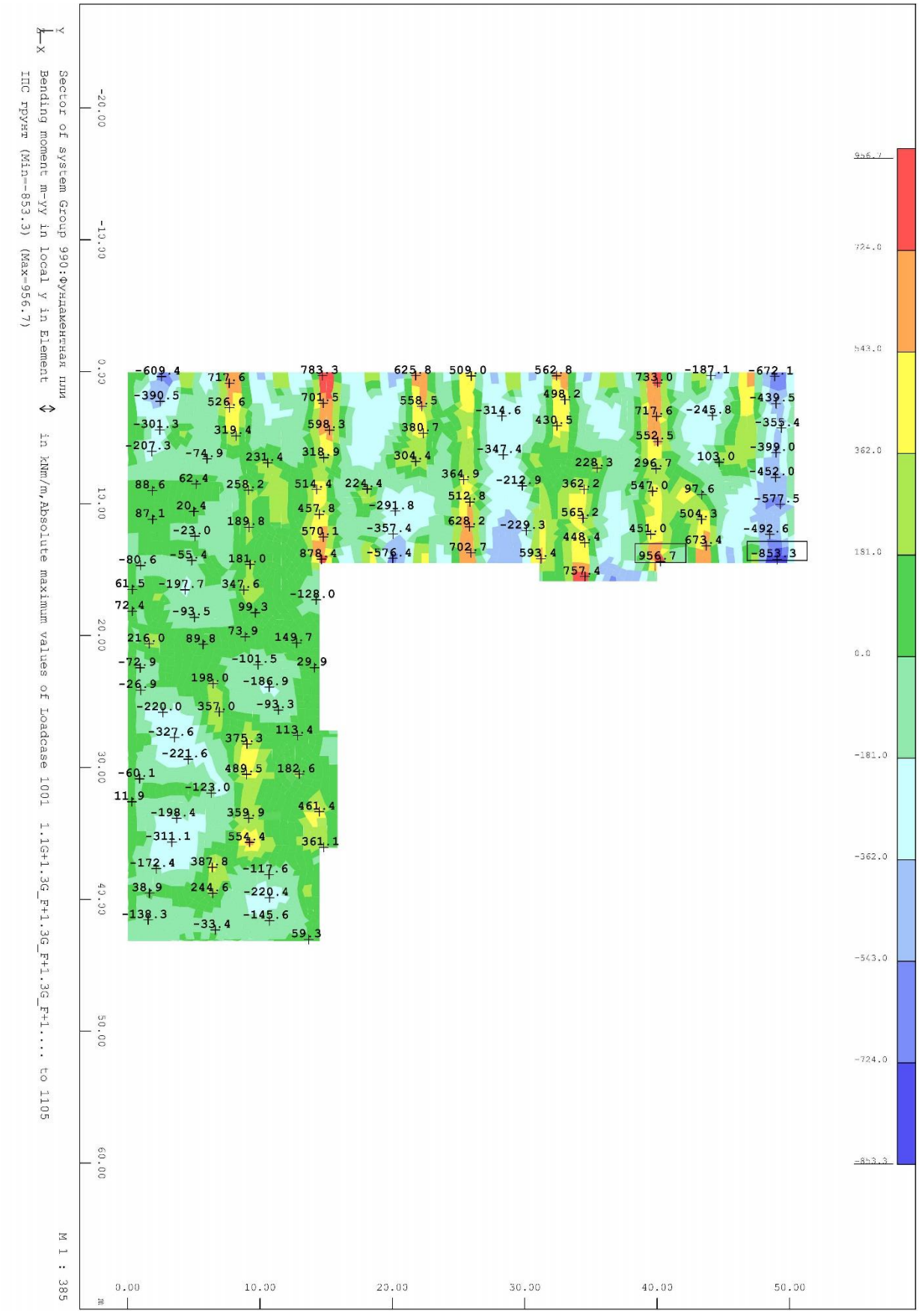
						1190-01-КР.Р4	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		331

6.6. ФУНДАМЕНТНАЯ ПЛИТА

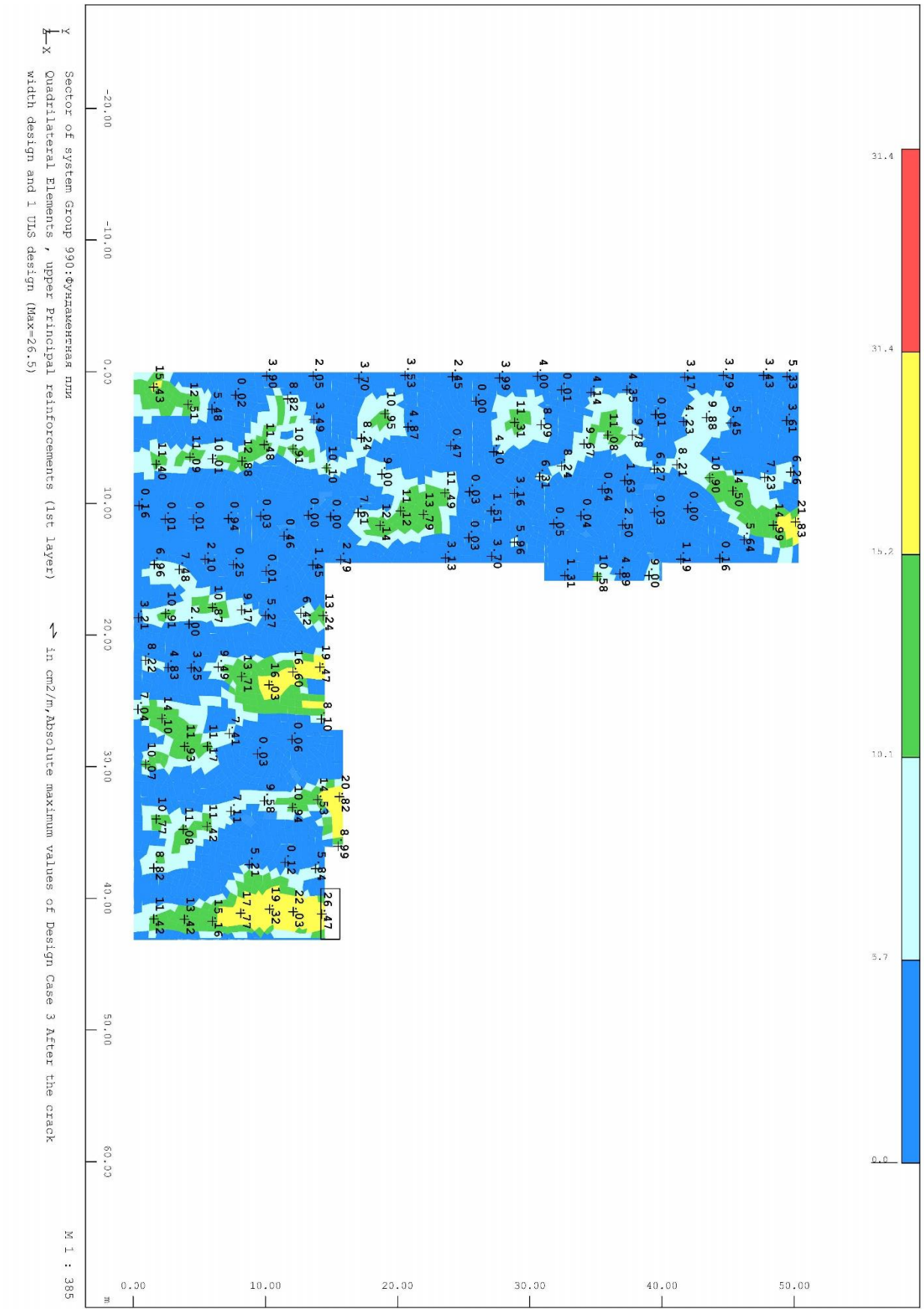
Момент M_x, кН·м/м



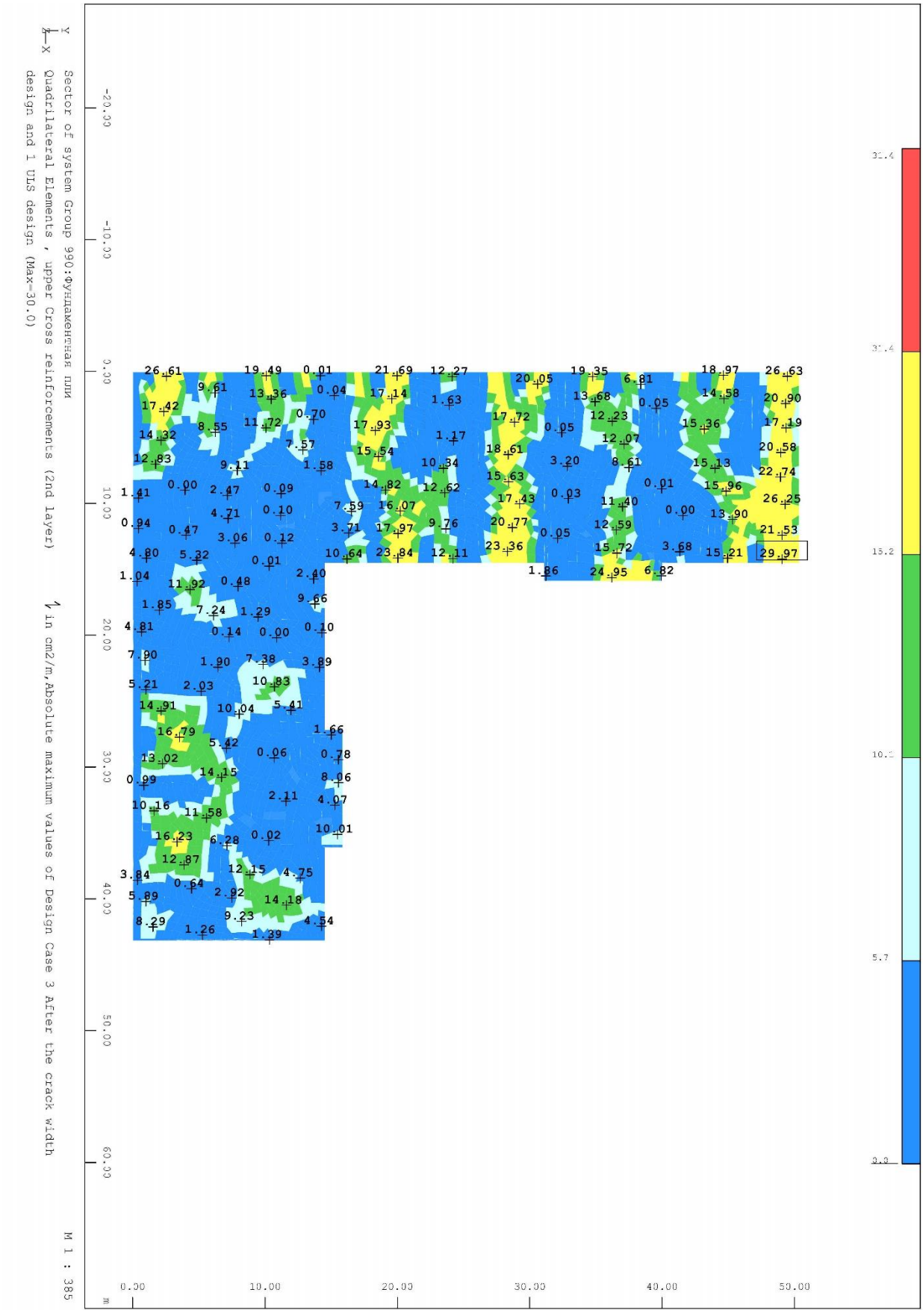
Момент M_y, кН·м/м



Верхнее армирование по оси X, см^2/м

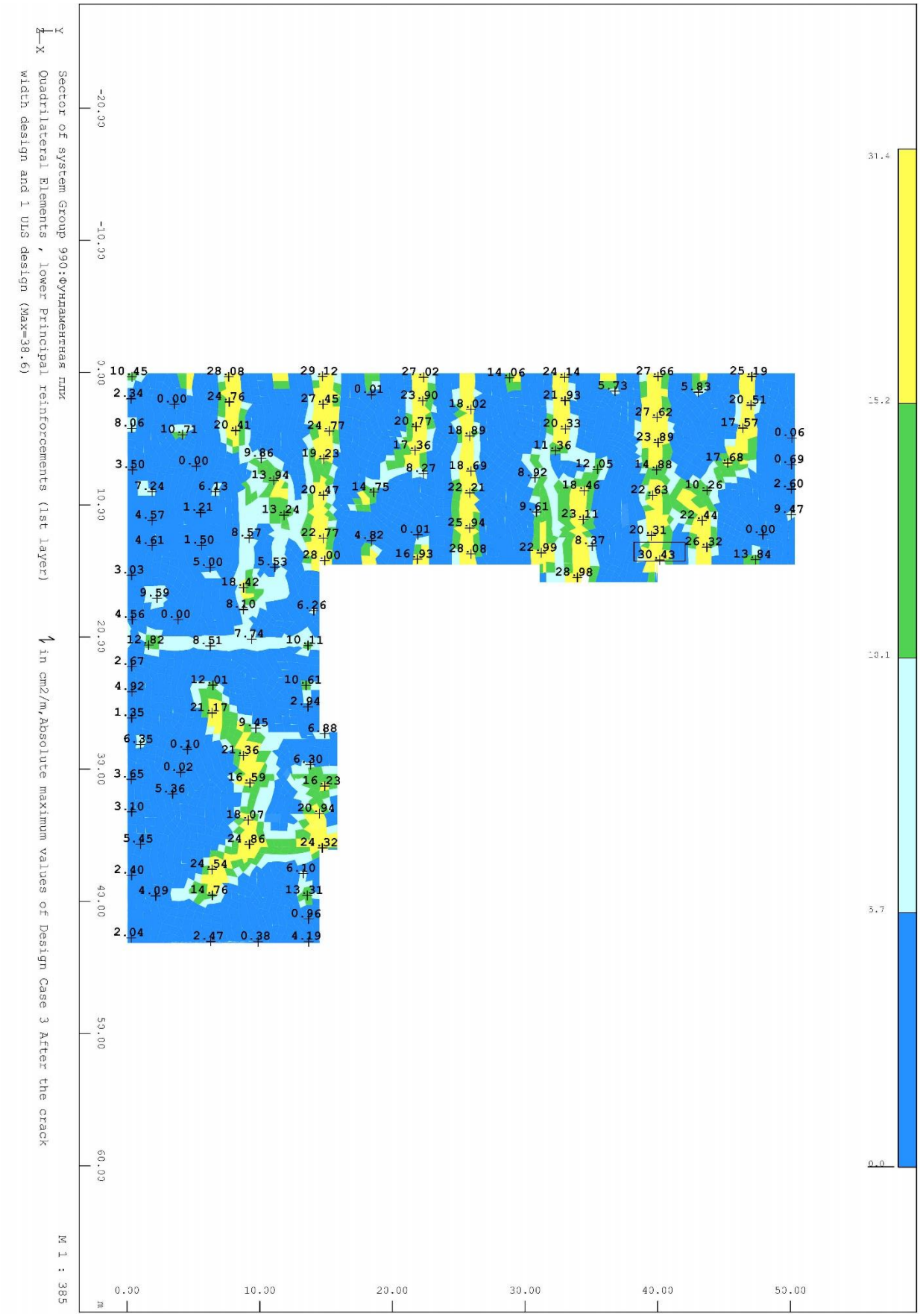


Верхнее армирование по оси Y, см^2/м



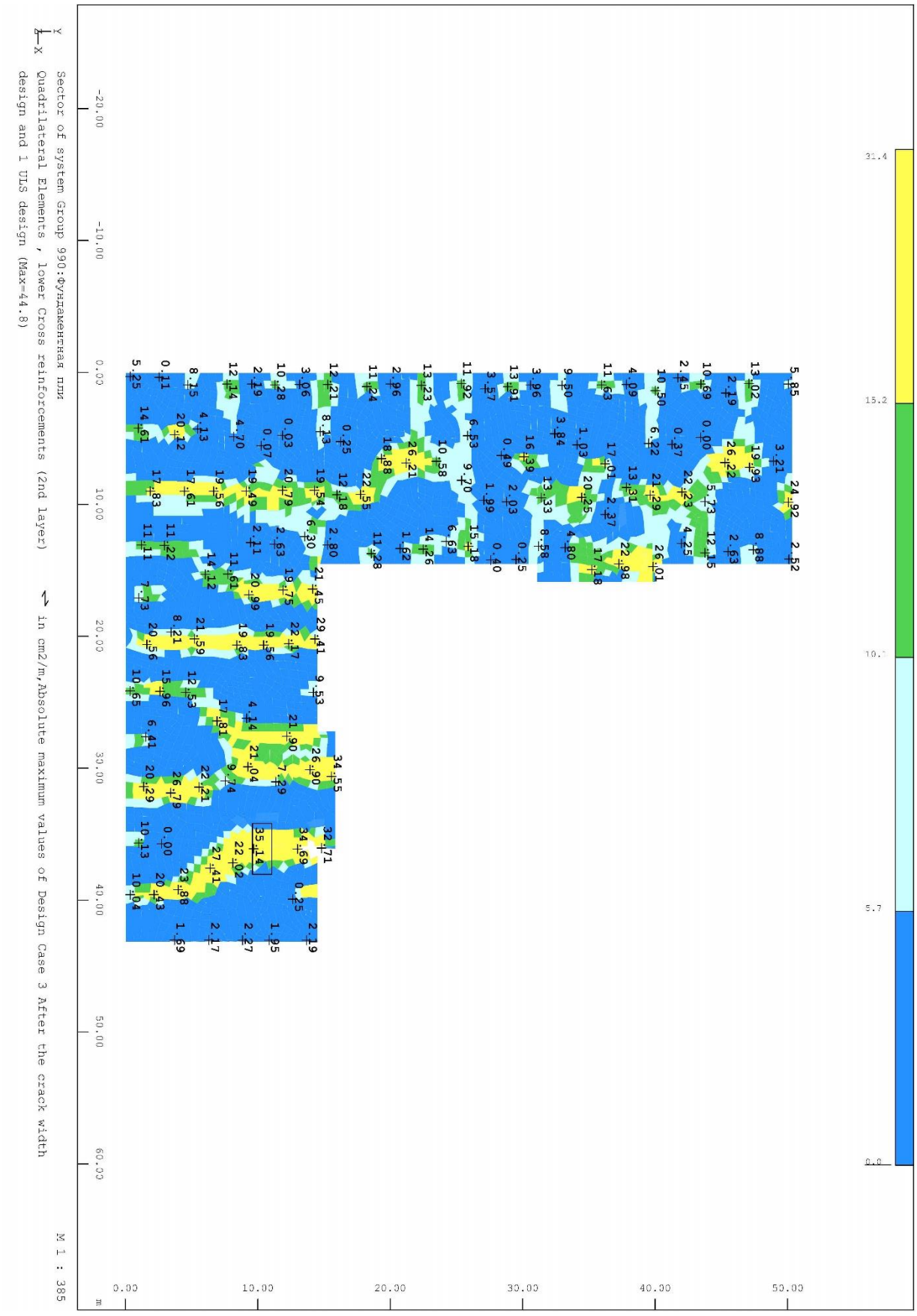
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата	1190-01-КР.Р4	Лист 335

Нижнее армирование по оси X, см^2/м



						1190-01-КР.Р4	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		336

Нижнее армирование по оси Y см^2/м



Проверка армирования фундаментной плиты толщиной 800 мм под опорой

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	156,0	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	10,6	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,9	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h= 800 мм -толщина плиты
a_x= 58 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси X)
a'_x= 54 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси X)
$h_{0,x}$= 742 мм -рабочая высота сечения(по оси X)
a_y= 74 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси Y)
a'_y= 38 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси Y)
$h_{0,y}$= 726 мм -рабочая высота сечения(по оси Y)

Армирование по X:

Растянутая арматура
$d_{s,ф}$= 16 мм -диаметр основной арматуры
$s_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d_{s,д}$= 25 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 10,1 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 24,5 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 34,6 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура
$d'_{s,ф}$= 16 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 10,1 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 10,1 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 7,21 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,10 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 107,6 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 70 тс· м
$M_{дл}$= 67,0 тс· м

M_{crc}= 25,333 тс· м -момент образования трещин
φ_2= 0,5
φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,29 мм -непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$= 0,28 мм -продолжительное раскрытие трещин

Армирование по Y:

Растянутая арматура
$d_{s,ф}$= 16 мм -диаметр основной арматуры
$s_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d_{s,д}$= 25 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 10,1 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 24,5 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 34,6 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура
$d'_{s,ф}$= 16 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 10,1 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 10,1 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 7,21 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,10 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 105,8 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 40 тс· м
$M_{дл}$= 37,0 тс· м

M_{crc}= 25,333 тс· м -момент образования трещин
φ_2= 0,5
φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,12 мм -непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$= 0,11 мм -продолжительное раскрытие трещин

Проверка армирования фундаментной плиты толщиной 800 мм в пролете

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	156,0	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	10,6	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,9	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h= 800 мм -толщина плиты
a_x= 54 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси X)
a'_x= 58 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси X)
$h_{0,x}$= 746 мм -рабочая высота сечения(по оси X)
a_y= 38 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси Y)
a'_y= 74 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси Y)
$h_{0,y}$= 762 мм -рабочая высота сечения(по оси Y)

Армирование по X:

Растянутая арматура
$d_{s,\phi}$= 16 мм -диаметр основной арматуры
s_ϕ= 200 мм -шаг основной арматуры
$d_{s,д}$= 25 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A_{s,\phi}$= 10,1 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 24,5 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 34,6 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура
$d'_{s,\phi}$= 16 мм -диаметр основной арматуры
s'_ϕ= 200 мм -шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,\phi}$= 10,1 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 10,1 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 7,21 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,10 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 108,1 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 60 тс· м
$M_{дл}$= 55,0 тс· м

M_{crc}= 25,3421 тс· м -момент образования трещин
φ_2= 0,5
φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,23 мм -непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$= 0,21 мм -продолжительное раскрытие трещин

Армирование по Y:

Растянутая арматура
$d_{s,\phi}$= 16 мм -диаметр основной арматуры
s_ϕ= 200 мм -шаг основной арматуры
$d_{s,д}$= 25 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A_{s,\phi}$= 10,1 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 24,5 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 34,6 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура
$d'_{s,\phi}$= 16 мм -диаметр основной арматуры
s'_ϕ= 200 мм -шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,\phi}$= 10,1 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 10,1 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 7,21 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,09 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 109,9 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

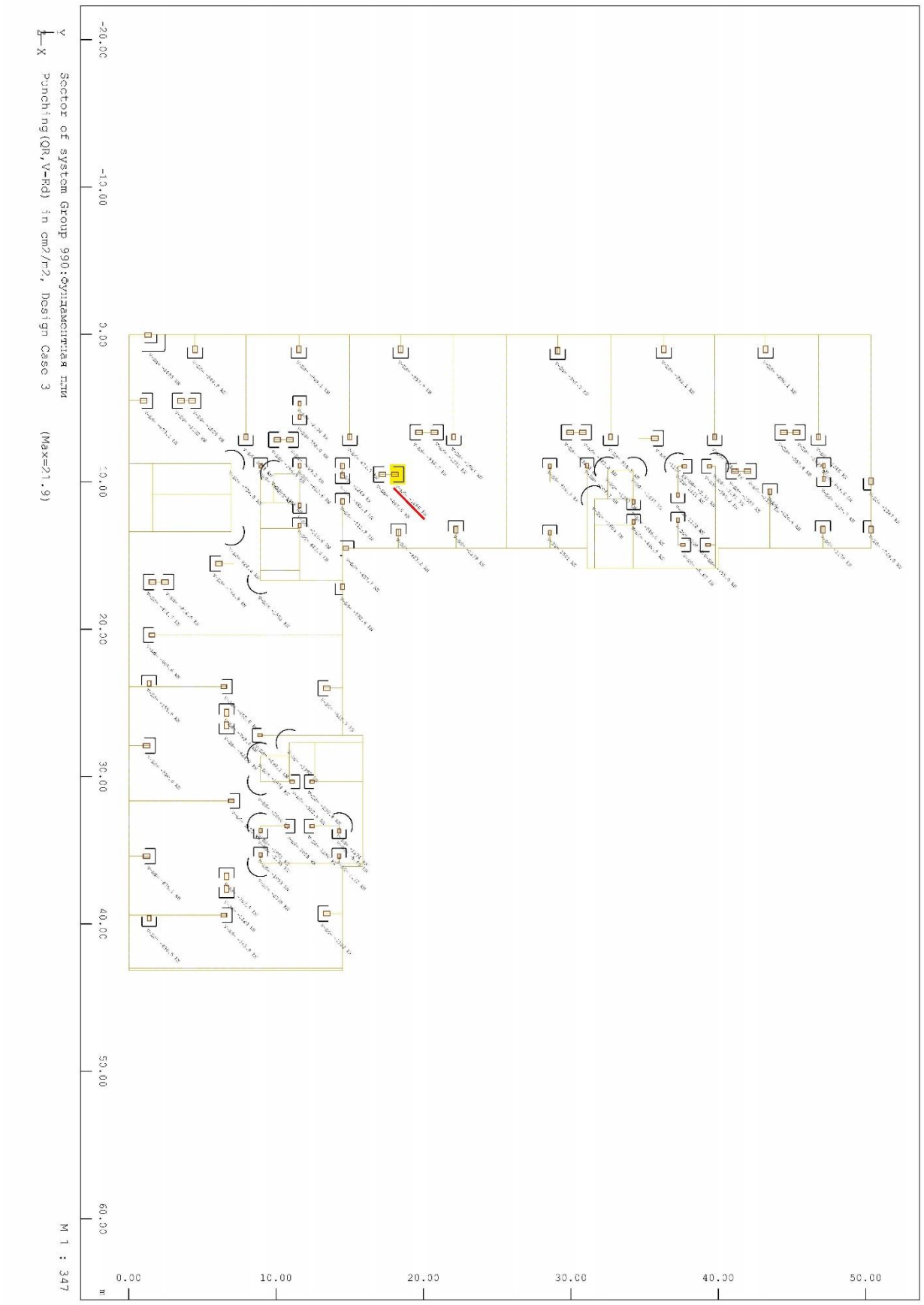
Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 60 тс· м
$M_{дл}$= 55,0 тс· м

M_{crc}= 25,3421 тс· м -момент образования трещин
φ_2= 0,5
φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,22 мм -непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$= 0,21 мм -продолжительное раскрытие трещин

Продавливание, кН



Фундаментная плита

Сечение колонны

b_1, мм	665
a_1, мм	300
c_x, мм	
c_y, мм	

Сечение плиты

h, мм	800
a_x, мм	60
a_y, мм	80
h_0, мм	730

Нагрузки у граней плиты

	над плитой	под плитой
F_i, т	170	0
M_{xi}, тм	0	0
M_{yi}, тм	3	0
q_i, т/м^2		30

Расчетный контур внутри площади плиты

l_x, м	1,395
l_y, м	1,030
u, м	3,090
x_0, м	
y_0, м	
x, м	
y, м	
e_{0x}, м	
e_{0y}, м	
A_{q1}, м^2	1,437
A_q, м^2	3,740
e_{qx}, м	
e_{qy}, м	

Нагрузки на расчетный контур

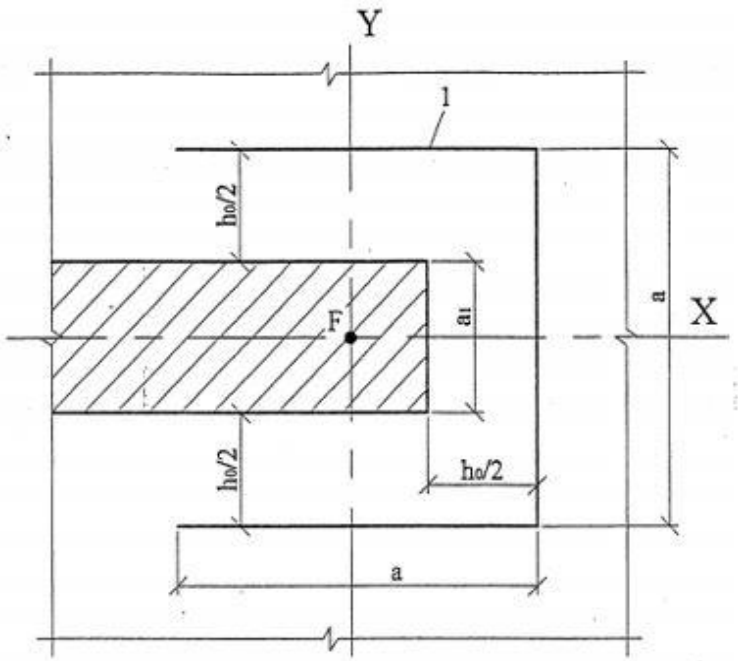
N_{sup}, т	170,000	$M_{x,sup+int}$, тм		$M_{y,sup+int}$, тм	3,000
N_{int}, т		$M_{x,q}$, тм		$M_{y,q}$, тм	
F_{q1}, т	2,158	$0.5 \cdot M_{x,loc}$, тм		$0.5 \cdot M_{y,loc}$, тм	1,500
F_q, т	112,200	$M_{x,F}$, тм		$M_{y,F}$, тм	
F, т	59,958	M_x, тм		M_y, тм	1,500

Несущая способность бетонного сечения без поперечной арматуры

Бетон		I_{bx1}, м^3	0,4525	I_{by1}, м^3	0,1821
Класс	B30	I_{bx2}, м^3	1,0022	I_{by2}, м^3	0,7400
R_{bt}, т/м^2	117	I_{bx}, м^3	1,4547	I_{by}, м^3	0,9221
γ_{b1}	0,9	W^-_{bx}, м^2	2,0855	W^-_{by}, м^2	1,7905
A_b, м^2	2,2557	W^+_{bx}, м^2	2,0855	W^+_{by}, м^2	1,7905
$F_{b,ult}$, т	237,525	$M_{bx,ult}$, тм	160,312	$M_{by,ult}$, тм	137,633
$F/F_{b,ult}$	0,252	$M_x/M_{bx,ult}$		$M_y/M_{by,ult}$	0,011

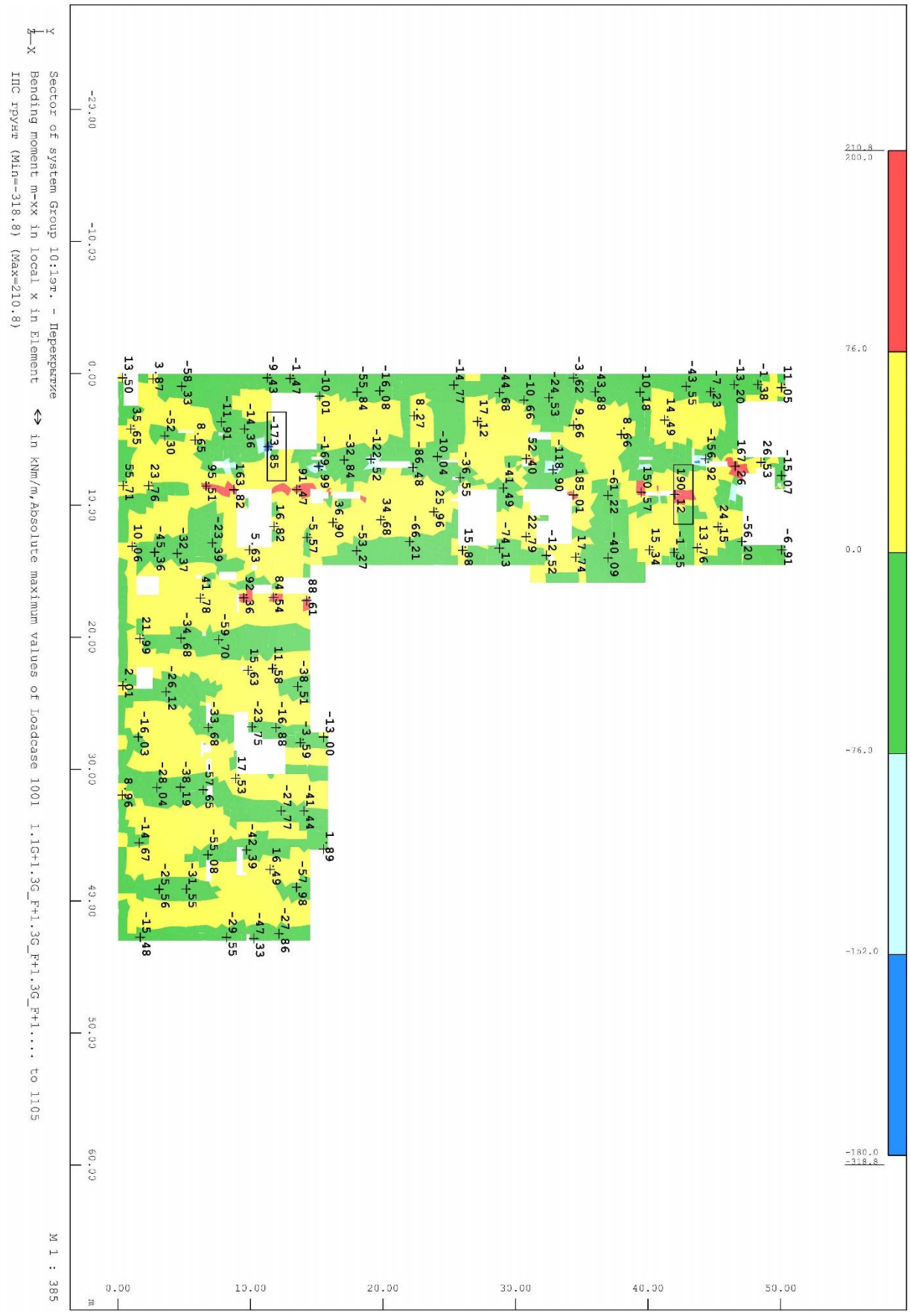
0,263 < 1 Условие прочности выполнено. Прочность обеспечена.

В установке поперечной арматуры нет необходимости.

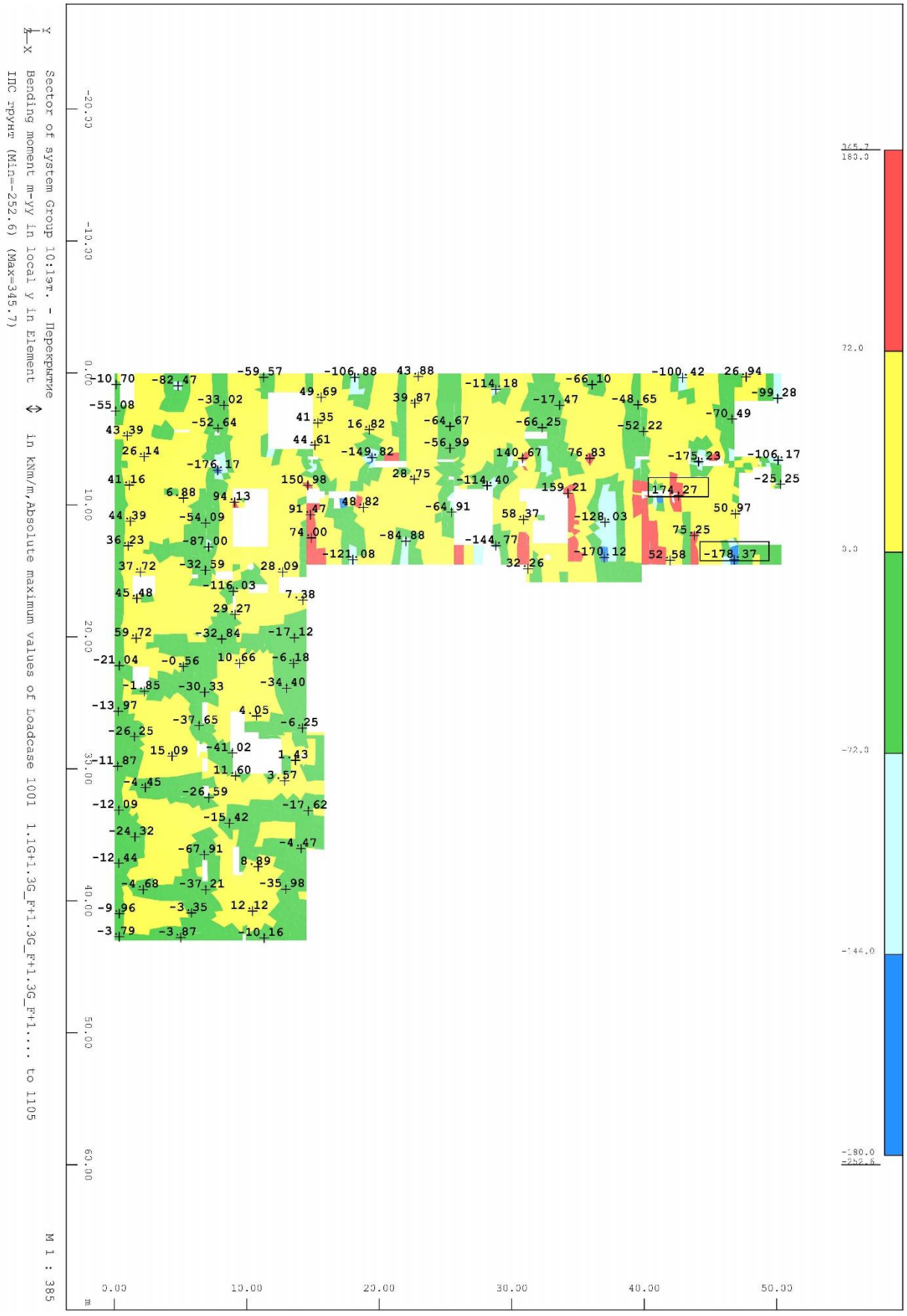


6.7. ПЛИТА ПЕРЕКРЫТИЯ НАД -1 ЭТАЖОМ

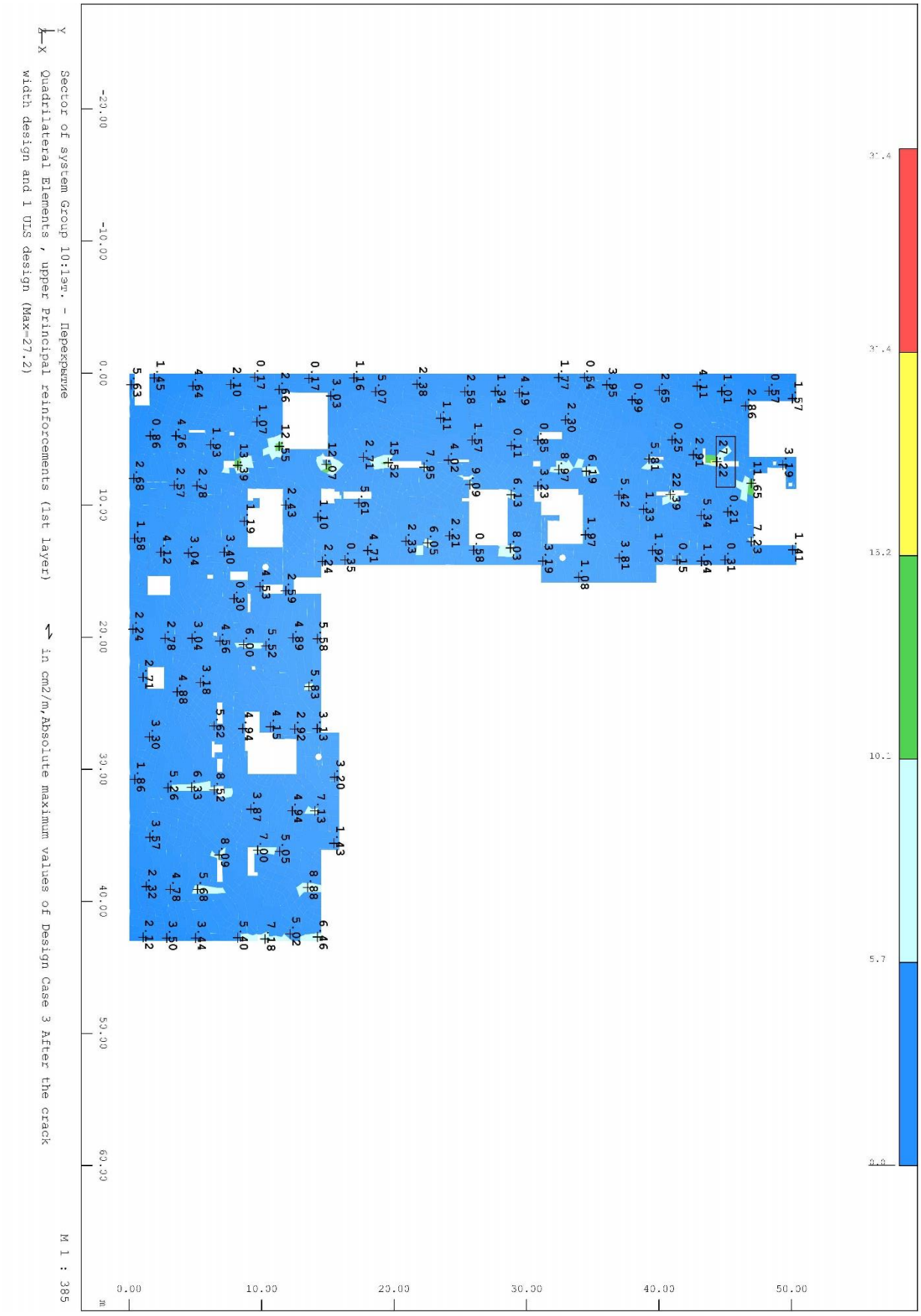
Момент M_x, кН·м/м



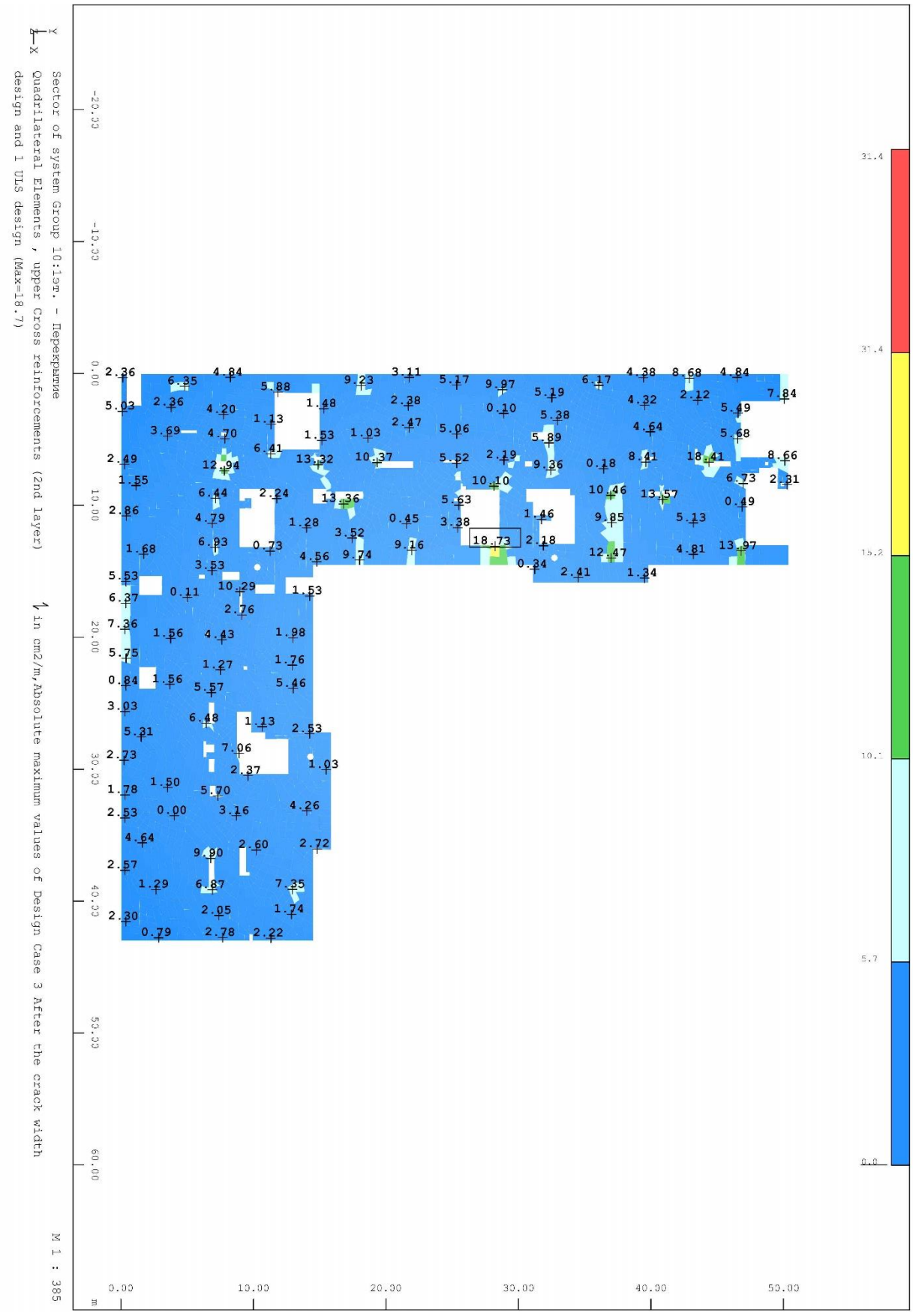
Момент M_y, кН·м/м



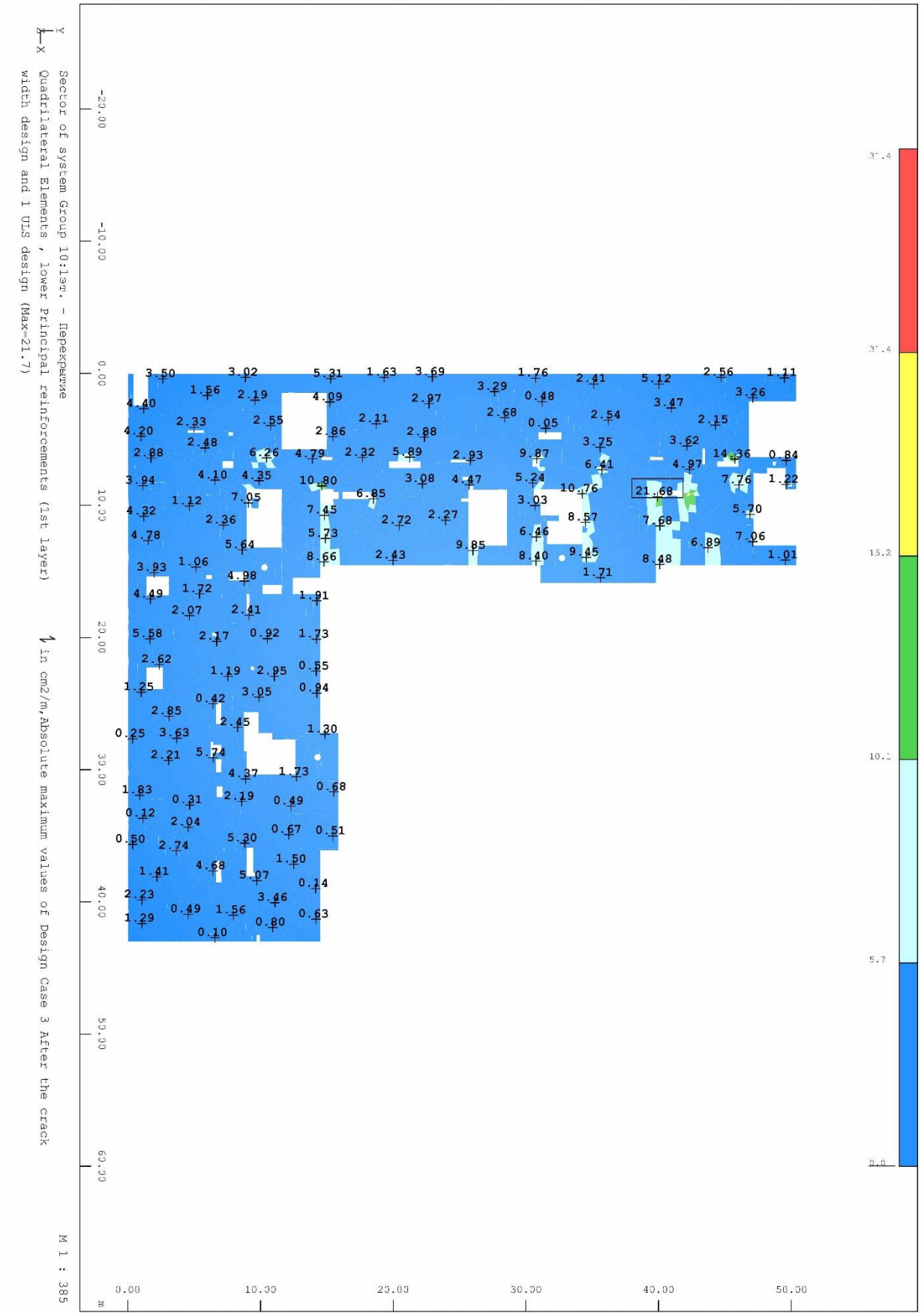
Верхнее армирование по оси X, см^2/м



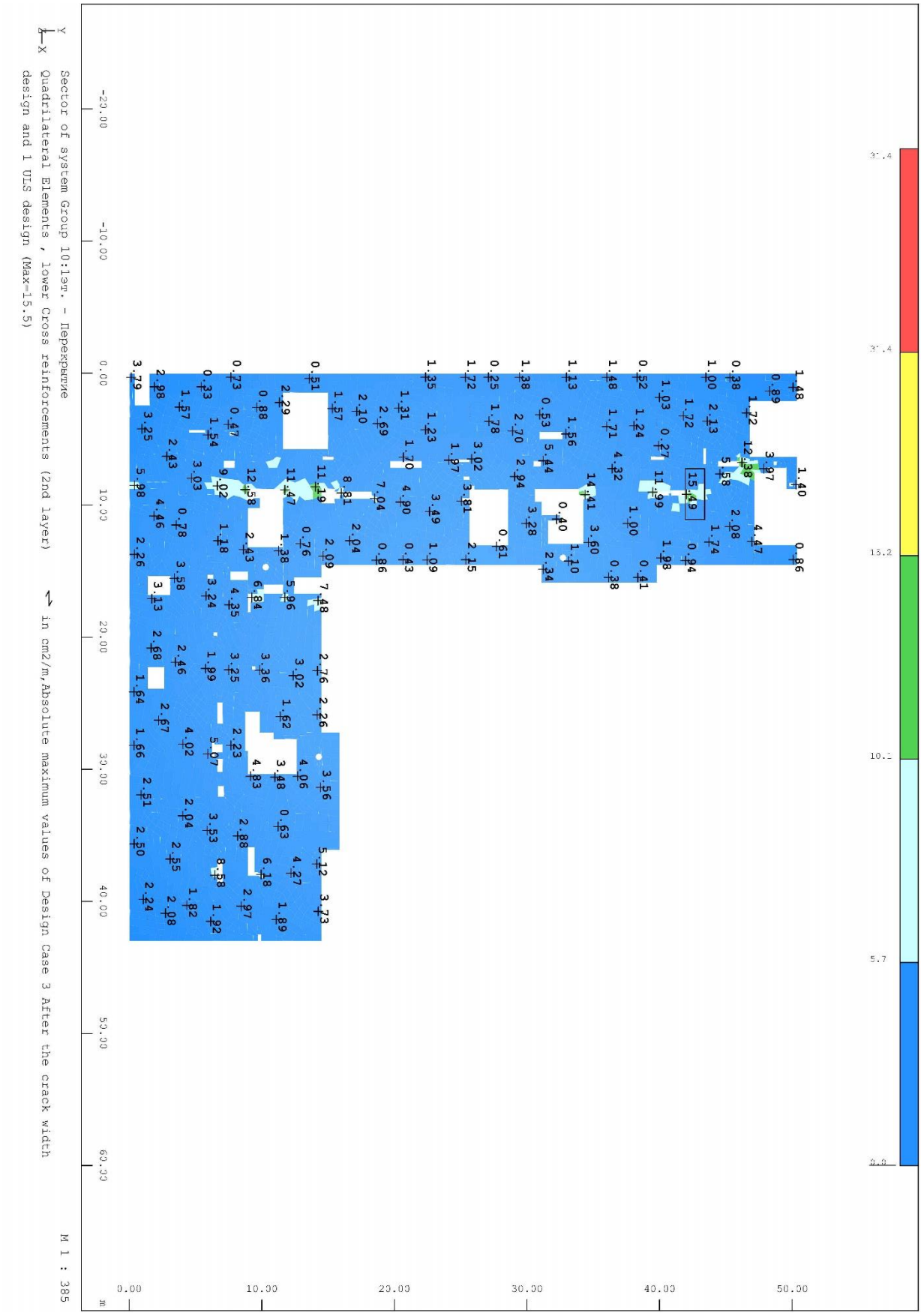
Верхнее армирование по оси Y, см^2/м



Нижнее армирование по оси X, см^2/м



Нижнее армирование по оси Y см^2/м



Проверка армирования плиты над -1 этажом толщиной 220 мм на опоре

Класс бетона: B30 | Класс арматуры: A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	156,0	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	10,6	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,9	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h= 220 мм -толщина плиты
a_x= 40 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси X)
a'_x= 30 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси X)
$h_{0,x}$= 180 мм -рабочая высота сечения(по оси X)
a_y= 40 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси Y)
a'_y= 50 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси Y)
$h_{0,y}$= 180 мм -рабочая высота сечения(по оси Y)

Армирование по X:

Растянутая арматура
$d_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d_{s,д}$= 12 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 5,65 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 9,58 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура
$d'_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 3,93 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,7 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,09 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 6,9 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 3,1 тс· м
$M_{дл}$= 2,8 тс· м

M_{crc}= 1,9011 тс· м -момент образования трещин
φ_2= 0,5
φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,14 мм -непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$= 0,13 мм -продолжительное раскрытие трещин

Армирование по Y:

Растянутая арматура
$d_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d_{s,д}$= 12 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 5,65 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 9,58 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура
$d'_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 3,93 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,7 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,09 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 6,6 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 2,4 тс· м
$M_{дл}$= 2,1 тс· м

M_{crc}= 1,9011 тс· м -момент образования трещин
φ_2= 0,5
φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,08 мм -непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$= 0,07 мм -продолжительное раскрытие трещин

Проверка армирования плиты над -1 этажом толщиной 220 мм в пролете

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	156,0	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	10,6	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,9	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h= 220 мм -толщина плиты
a_x= 30 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси X)
a'_x= 40 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси X)
$h_{0,x}$= 190 мм -рабочая высота сечения(по оси X)
a_y= 50 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси Y)
a'_y= 40 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси Y)
$h_{0,y}$= 170 мм -рабочая высота сечения(по оси Y)

Армирование по X:

Растянутая арматура
$d_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d_{s,д}$= 10 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 3,93 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 7,85 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура
$d'_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 3,93 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,21 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,06 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 5,9 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 2 тс· м
$M_{дл}$= 1,4 тс· м

M_{crc}= 1,9007 тс· м -момент образования трещин
φ_2= 0,5
φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,04 мм -непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$= 0,03 мм -продолжительное раскрытие трещин

Армирование по Y:

Растянутая арматура
$d_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d_{s,д}$= 10 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 3,93 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 7,85 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура
$d'_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 3,93 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,21 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,07 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 5,2 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 1,5 тс· м
$M_{дл}$= 1,3 тс· м

M_{crc}= 1,9007 тс· м -момент образования трещин
φ_2= 0,5
φ_3= 1

$a_{кратк}$= -0 мм -непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$= -0 мм -продолжительное раскрытие трещин

Проверка армирования плиты над -1 этажом толщиной 460 мм на опоре

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	156,0	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	10,6	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,9	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h= 460 мм -толщина плиты
a_x= 40 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси X)
a'_x= 30 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси X)
$h_{0,x}$= 420 мм -рабочая высота сечения(по оси X)
a_y= 40 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси Y)
a'_y= 50 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси Y)
$h_{0,y}$= 420 мм -рабочая высота сечения(по оси Y)

Армирование по X:

Растянутая арматура
$d_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d_{s,д}$= 14 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 7,7 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 11,6 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура
$d'_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 3,93 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 2,28 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,05 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 20,8 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 5,2 тс· м
$M_{дл}$= 5,1 тс· м

M_{crc}= 8,2892 тс· м -момент образования трещин
φ_2= 0,5
φ_3= 1

$a_{кратк}$= -0 мм -непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$= -0 мм -продолжительное раскрытие трещин

Армирование по Y:

Растянутая арматура
$d_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d_{s,д}$= 14 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 7,7 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 11,6 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура
$d'_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 3,93 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 2,28 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,05 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 20,4 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 14 тс· м
$M_{дл}$= 13,0 тс· м

M_{crc}= 8,2892 тс· м -момент образования трещин
φ_2= 0,5
φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,22 мм -непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$= 0,21 мм -продолжительное раскрытие трещин

Проверка армирования плиты над -1 этажом толщиной 460 мм в пролете

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	156,0	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	10,6	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,9	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h= 460 мм -толщина плиты
a_x= 30 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси X)
a'_x= 40 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси X)
$h_{0,x}$= 430 мм -рабочая высота сечения(по оси X)
a_y= 50 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси Y)
a'_y= 40 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси Y)
$h_{0,y}$= 410 мм -рабочая высота сечения(по оси Y)

Армирование по X:

Растянутая арматура
$d_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d_{s,д}$= 10 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 3,93 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 7,85 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура
$d'_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 3,93 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,21 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,03 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 14,2 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 8,1 тс· м
$M_{дл}$= 7,3 тс· м

M_{crc}= 8,259 тс· м -момент образования трещин
φ_2= 0,5
φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,06 мм -непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$= 0,06 мм -продолжительное раскрытие трещин

Армирование по Y:

Растянутая арматура
$d_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d_{s,д}$= 10 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 3,93 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 7,85 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура
$d'_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 3,93 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,21 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,03 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 13,5 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

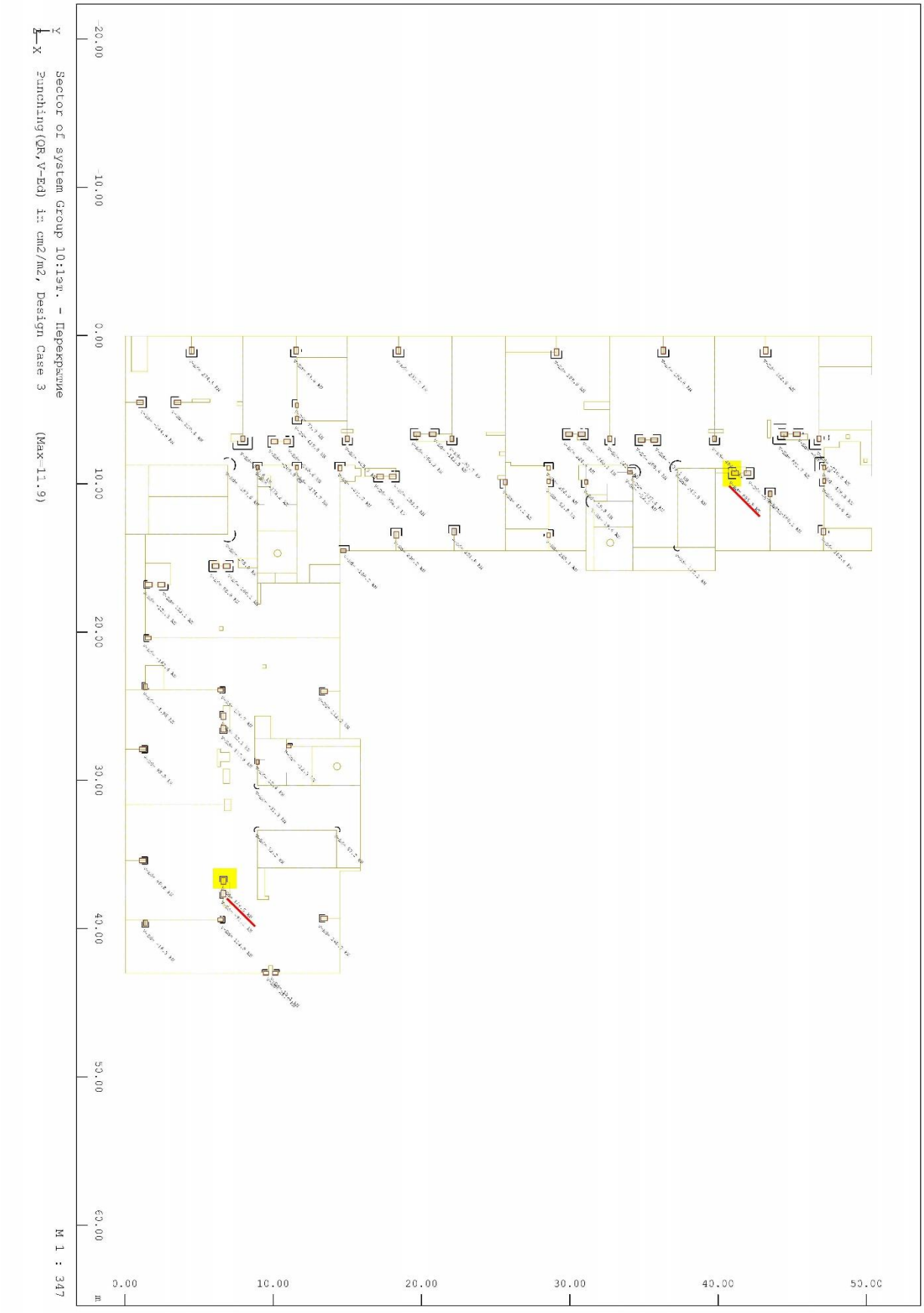
Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 8,3 тс· м
$M_{дл}$= 7,7 тс· м

M_{crc}= 8,259 тс· м -момент образования трещин
φ_2= 0,5
φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,08 мм -непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$= 0,07 мм -продолжительное раскрытие трещин

Продавливание, кН



Плита перекрытия

Сечение колонны

b_1, мм	342,5
a_1, мм	250
c_x, мм	
c_y, мм	

Сечение плиты

h, мм	220
a_x, мм	30
a_y, мм	40
h_0, мм	185

Нагрузки у граней плиты

	над плитой	под плитой
F_i, т	330	344,5
M_{xi}, тм	0	0
M_{yi}, тм	2,3	-1,1
q_i, т/м^2	0	

Расчетный контур внутри площади плиты

l_x, м	0,528
l_y, м	0,435
u, м	1,305
x_0, м	
y_0, м	
x, м	
y, м	
e_{0x}, м	
e_{0y}, м	
A_{q1}, м^2	0,229
A_q, м^2	0,356
e_{qx}, м	
e_{qy}, м	

Нагрузки на расчетный контур

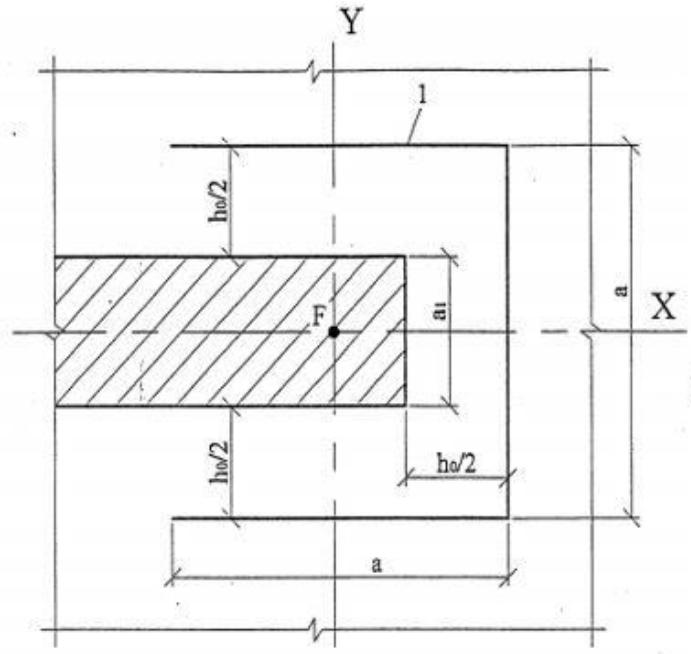
N_{sup}, т	330,000	$M_{x,sup+int}$, тм		$M_{y,sup+int}$, тм	1,200
N_{int}, т	344,500	$M_{x,q}$, тм		$M_{y,q}$, тм	
F_{q1}, т	0,219	$0.5 \cdot M_{x,loc}$, тм		$0.5 \cdot M_{y,loc}$, тм	0,600
F_q, т		$M_{x,F}$, тм		$M_{y,F}$, тм	
F, т	14,281	M_x, тм		M_y, тм	0,600

Несущая способность бетонного сечения без поперечной арматуры

Бетон		I_{bx1}, м^3	0,0245	I_{by1}, м^3	0,0137
Класс	B30	I_{bx2}, м^3	0,0605	I_{by2}, м^3	0,0499
R_{bt}, т/м^2	117	I_{bx}, м^3	0,0850	I_{by}, м^3	0,0636
γ_{b1}	0,9	W^-_{bx}, м^2	0,3222	W^-_{by}, м^2	0,2925
A_b, м^2	0,2414	W^+_{bx}, м^2	0,3222	W^+_{by}, м^2	0,2925
$F_{b,ult}$, т	25,422	$M_{bx,ult}$, тм	6,277	$M_{by,ult}$, тм	5,699
$F/F_{b,ult}$	0,562	$M_x/M_{bx,ult}$		$M_y/M_{by,ult}$	0,105

0.667 < 1 Условие прочности выполнено. Прочность обеспечена.

В установке поперечной арматуры нет необходимости.



Плита перекрытия

Сечение колонны

b_1, мм	462,5
a_1, мм	250
c_x, мм	
c_y, мм	

Сечение плиты

h, мм	460
a_x, мм	30
a_y, мм	40
h_0, мм	425

Нагрузки у граней плиты

	над плитой	под плитой
F_i, т	300	389
M_{xi}, тм	0	0
M_{yi}, тм	-2,2	4,3
q_i, т/м^2	0	

Расчетный контур внутри площади плиты

l_x, м	0,888
l_y, м	0,675
u, м	1,013
x_0, м	
y_0, м	
x, м	
y, м	
e_{0x}, м	
e_{0y}, м	
A_{q1}, м^2	0,599
A_q, м^2	1,328
e_{qx}, м	
e_{qy}, м	

Нагрузки на расчетный контур

N_{sup}, т	300,000	$M_{x,sup+int}$, тм		$M_{y,sup+int}$, тм	2,100
N_{int}, т	389,000	$M_{x,q}$, тм		$M_{y,q}$, тм	
F_{q1}, т	1,638	$0.5 \cdot M_{x,loc}$, тм		$0.5 \cdot M_{y,loc}$, тм	1,050
F_q, т		$M_{x,F}$, тм		$M_{y,F}$, тм	
F, т	87,362	M_x, тм		M_y, тм	1,050

Несущая способность бетонного сечения без поперечной арматуры

Бетон		I_{bx1}, м^3	0,1165	I_{by1}, м^3	0,0513
Класс	B30	I_{bx2}, м^3	0,2658	I_{by2}, м^3	0,2022
R_{bt}, т/м^2	117	I_{bx}, м^3	0,3823	I_{by}, м^3	0,2534
γ_{b1}	0,9	W^-_{bx}, м^2	0,8616	W^-_{by}, м^2	0,7509
A_b, м^2	0,4303	W^+_{bx}, м^2	0,8616	W^+_{by}, м^2	0,7509
$F_{b,ult}$, т	45,312	$M_{bx,ult}$, тм	38,559	$M_{by,ult}$, тм	33,606
$F/F_{b,ult}$	1,928	$M_x/M_{bx,ult}$		$M_y/M_{by,ult}$	0,031

1,959 > 1 Условие прочности не выполнено.

Сечение плиты достаточно. Необходимо установить поперечную арматуру:

$q_{sw}^{тр} =$

Арматура

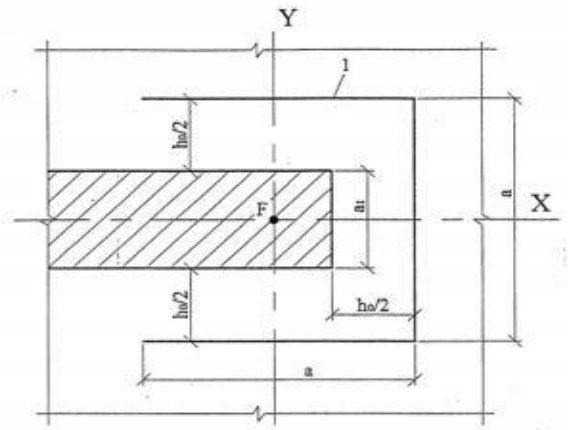
Класс	A500
R_{sw}, т/м^2	30600
Ø , мм	10
n, шт	2
A_{sw}, см^2	1,571
s_w, мм	50
q_{sw}, т/м	96,133

Несущая способность бетонного сечения с поперечной арматуры

$F_{sw,ult}$, т	77,868	$M_{swx,ult}$, тм	66,263	$M_{swy,ult}$, тм	57,752
F_{ult}, т	90,624	$M_{x,ult}$, тм	77,119	$M_{y,ult}$, тм	67,213
F/F_{ult}	0,964	$M_x/M_{x,ult}$		$M_y/M_{y,ult}$	0,016

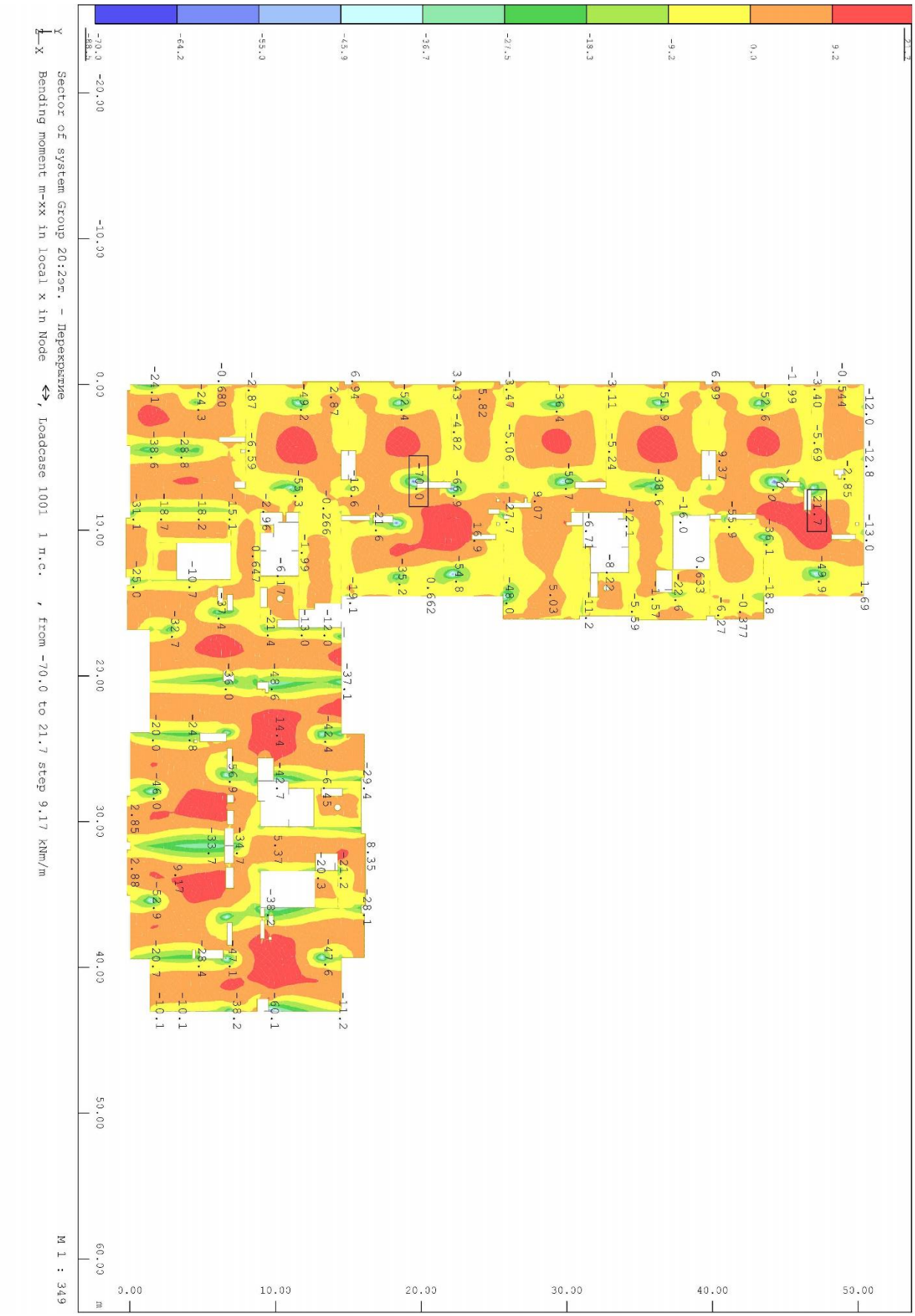
0,980 < 1 Условие прочности выполнено. Прочность обеспечена

Арматура установлена с избытком. Часть 'лишней' арматуры в расчете не учтена

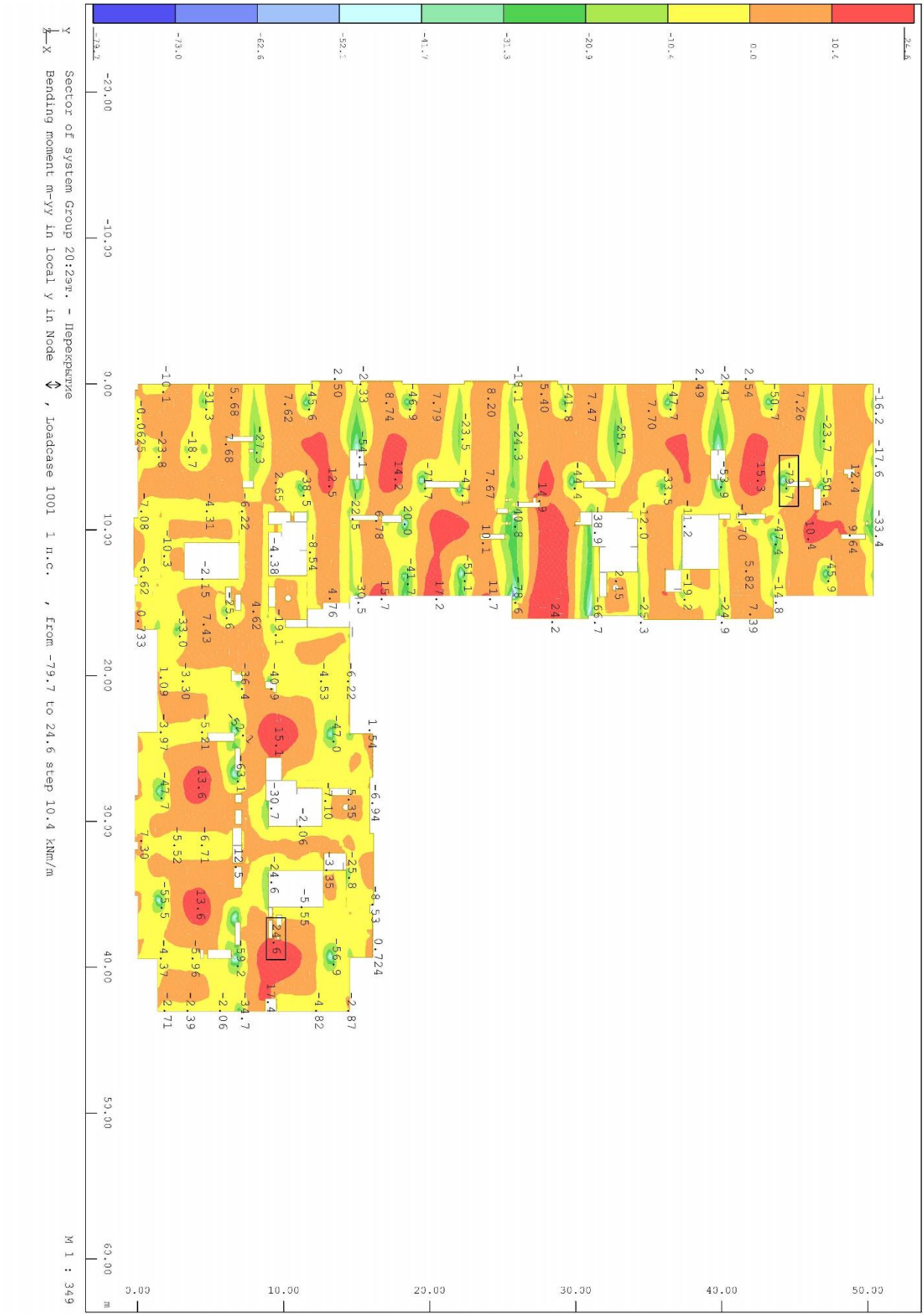


6.8. ПЛИТА ПЕРЕКРЫТИЯ НАД 1 ЭТАЖОМ

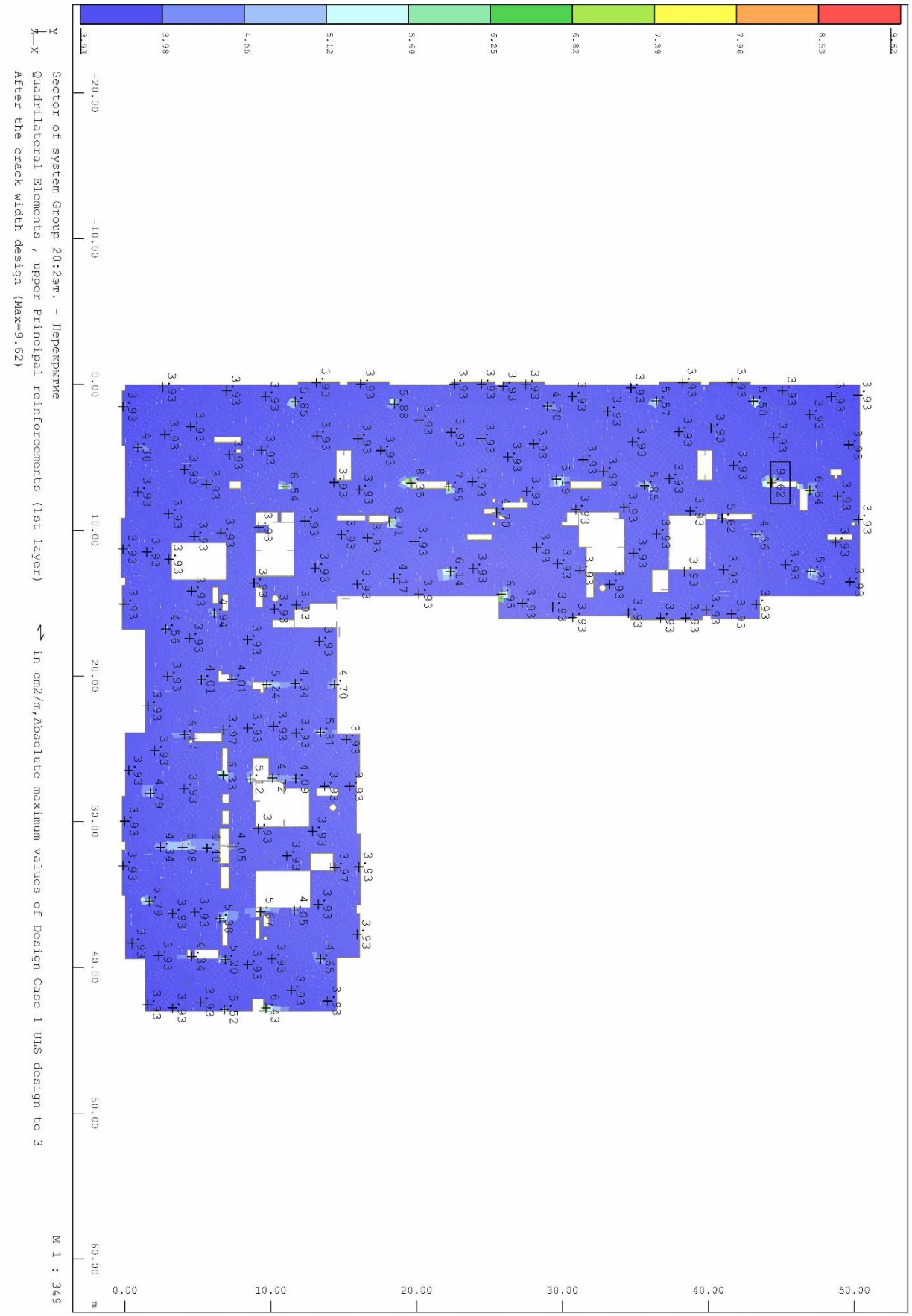
Момент M_x, кН·м/м



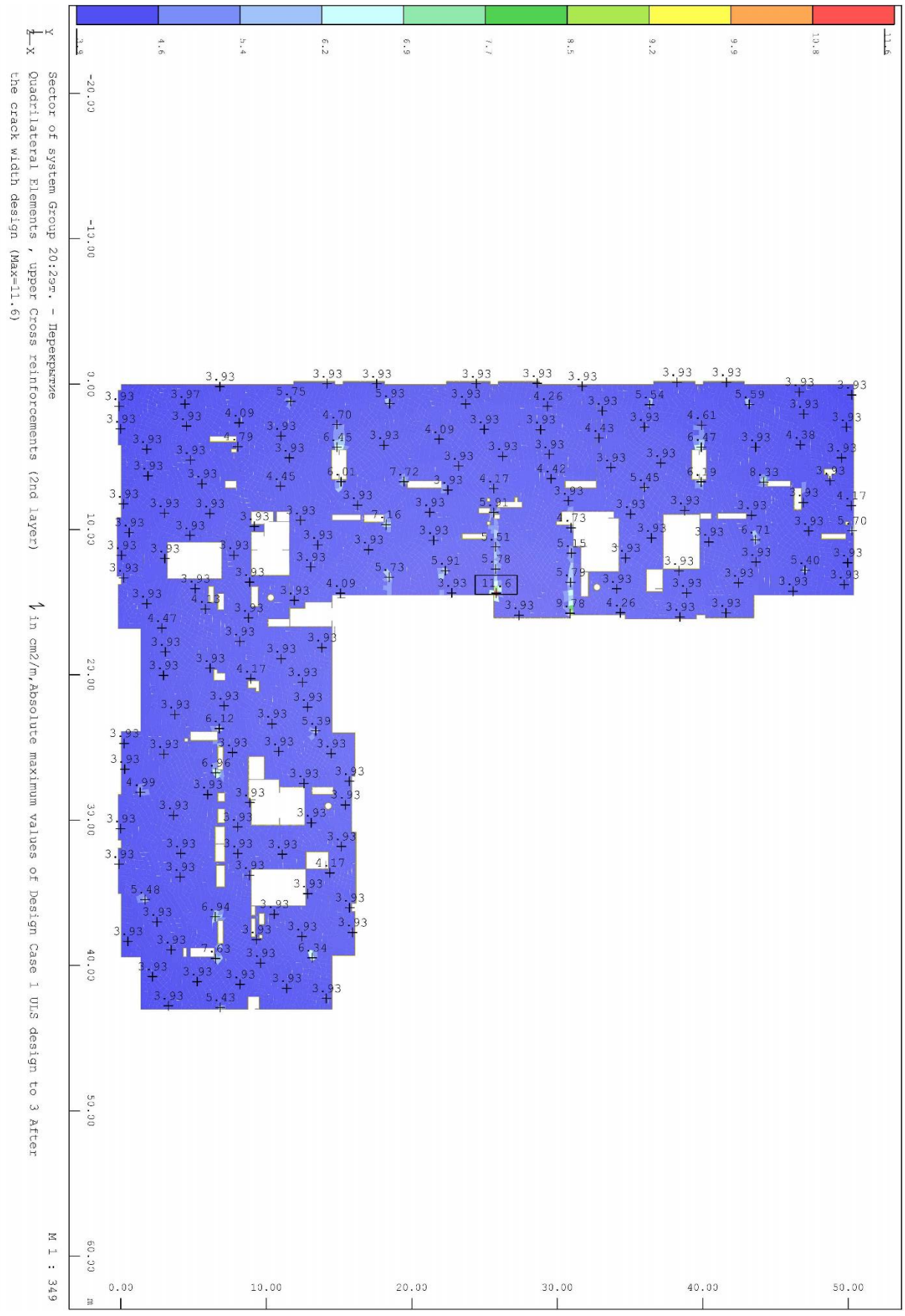
Момент M_y, кН·м/м



Верхнее армирование по оси X, см^2/м

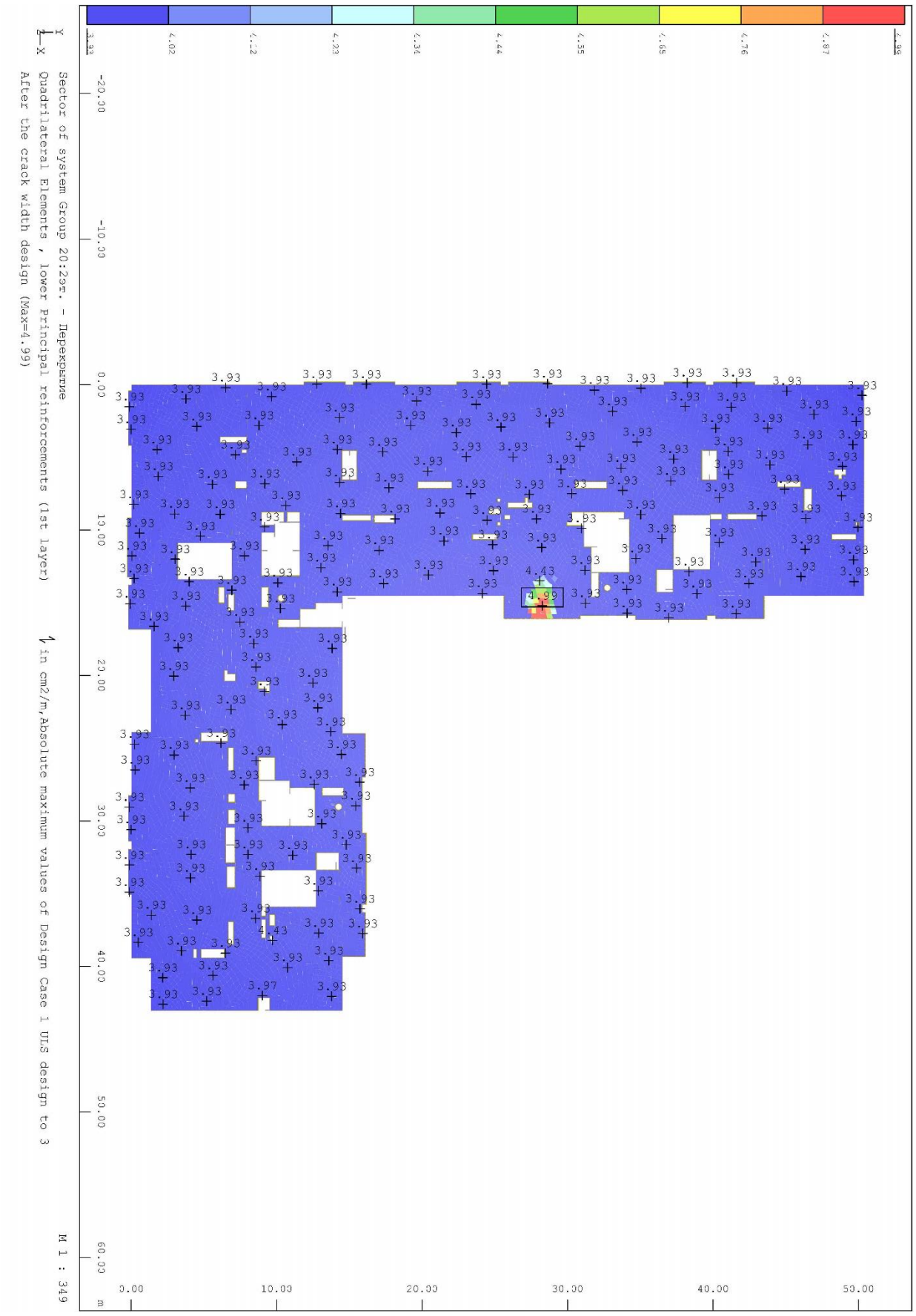


Верхнее армирование по оси Y, см^2/м



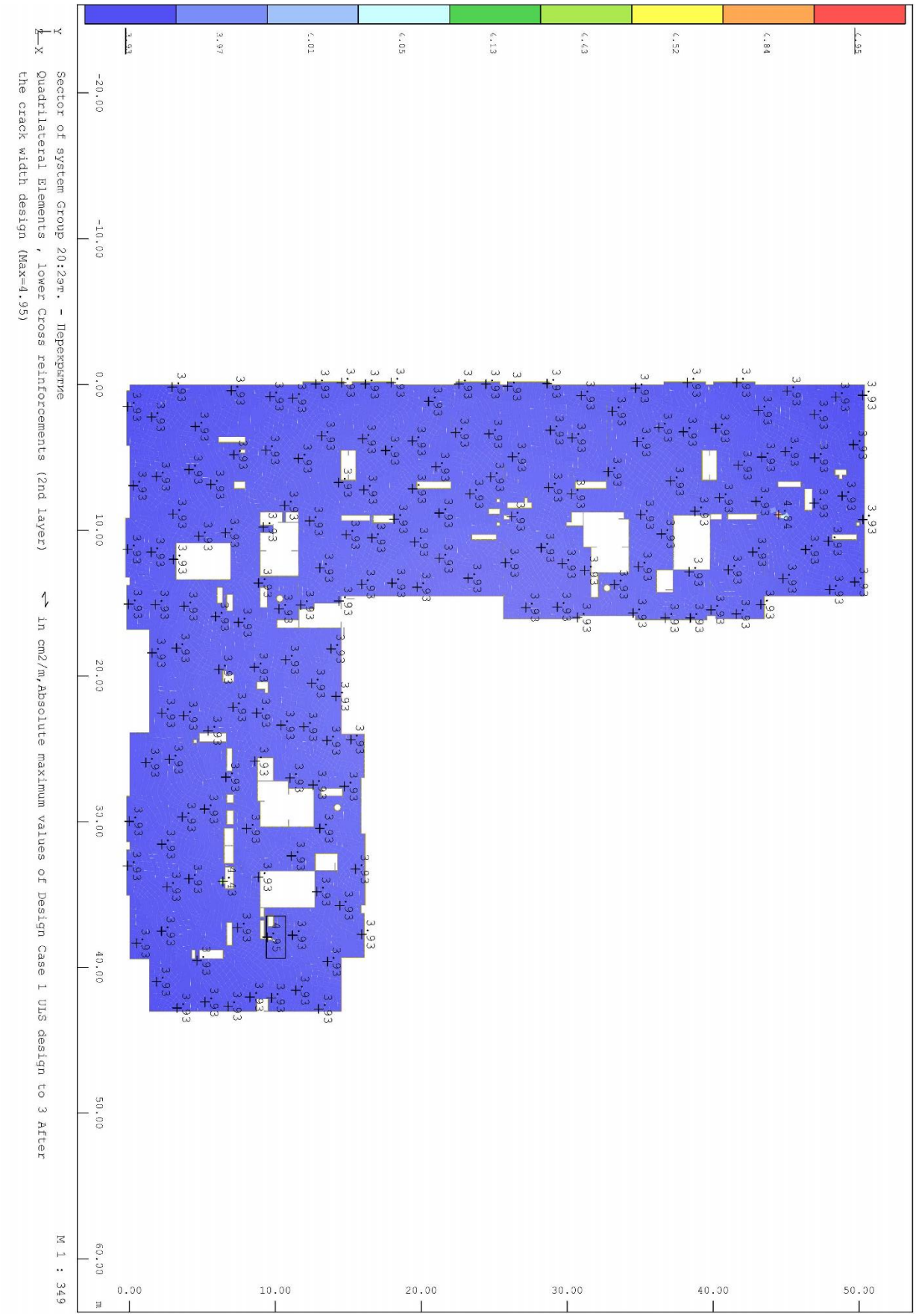
						1190-01-КР.Р4	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		358

Нижнее армирование по оси X, см^2/м



						1190-01-КР.Р4	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		359

Нижнее армирование по оси Y см^2/м



Проверка армирования плиты над 1 этажом толщиной 200 мм на опоре

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	156,0	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	10,6	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,9	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h= 200 мм -толщина плиты
a_x= 40 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси X)
a'_x= 30 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси X)
$h_{0,x}$= 160 мм -рабочая высота сечения(по оси X)
a_y= 40 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси Y)
a'_y= 50 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси Y)
$h_{0,y}$= 160 мм -рабочая высота сечения(по оси Y)

Армирование по X:

Растянутая арматура
$d_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d_{s,д}$= 14 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 7,7 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 11,6 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура
$d'_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 3,93 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 2,28 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,14 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 7,4 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 3,4 тс· м
$M_{дл}$= 3,2 тс· м

M_{crc}= 1,5779 тс· м -момент образования трещин
φ_2= 0,5
φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,18 мм -непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$= 0,17 мм -продолжительное раскрытие трещин

Армирование по Y:

Растянутая арматура
$d_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d_{s,д}$= 14 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 7,7 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 11,6 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура
$d'_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 3,93 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 2,28 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,14 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 7,0 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 3,8 тс· м
$M_{дл}$= 3,5 тс· м

M_{crc}= 1,5779 тс· м -момент образования трещин
φ_2= 0,5
φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,21 мм -непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$= 0,2 мм -продолжительное раскрытие трещин

Проверка армирования плиты над 1 этажом толщиной 200 мм в пролете

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	156,0	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	10,6	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,9	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h=	200	мм	-толщина плиты
a_x=	30	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси X)
a'_x=	40	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси X)
$h_{0,x}$=	170	мм	-рабочая высота сечения(по оси X)
a_y=	50	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси Y)
a'_y=	40	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси Y)
$h_{0,y}$=	150	мм	-рабочая высота сечения(по оси Y)

Армирование по X:

Растянутая арматура

$d_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d_{s,д}$=	10	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	3,93	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	7,85	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s'_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$=	0	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	3,93	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,21 см -высота сжатой зоны бетона

ξ= 0,07 -относительная высота сжатой зоны бетона

M_{ult}= 5,2 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 2 тс· м

$M_{дл}$= 1,8 тс· м

M_{crc}= 1,572 тс· м -момент образования трещин

φ_2= 0,5

φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,08 мм -непродолжительное раскрытие трещин

$a_{длит}$= 0,08 мм -продолжительное раскрытие трещин

Армирование по Y:

Растянутая арматура

$d_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d_{s,д}$=	10	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	3,93	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	7,85	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s'_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$=	0	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	3,93	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,21 см -высота сжатой зоны бетона

ξ= 0,08 -относительная высота сжатой зоны бетона

M_{ult}= 4,5 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 1,5 тс· м

$M_{дл}$= 1,3 тс· м

M_{crc}= 1,572 тс· м -момент образования трещин

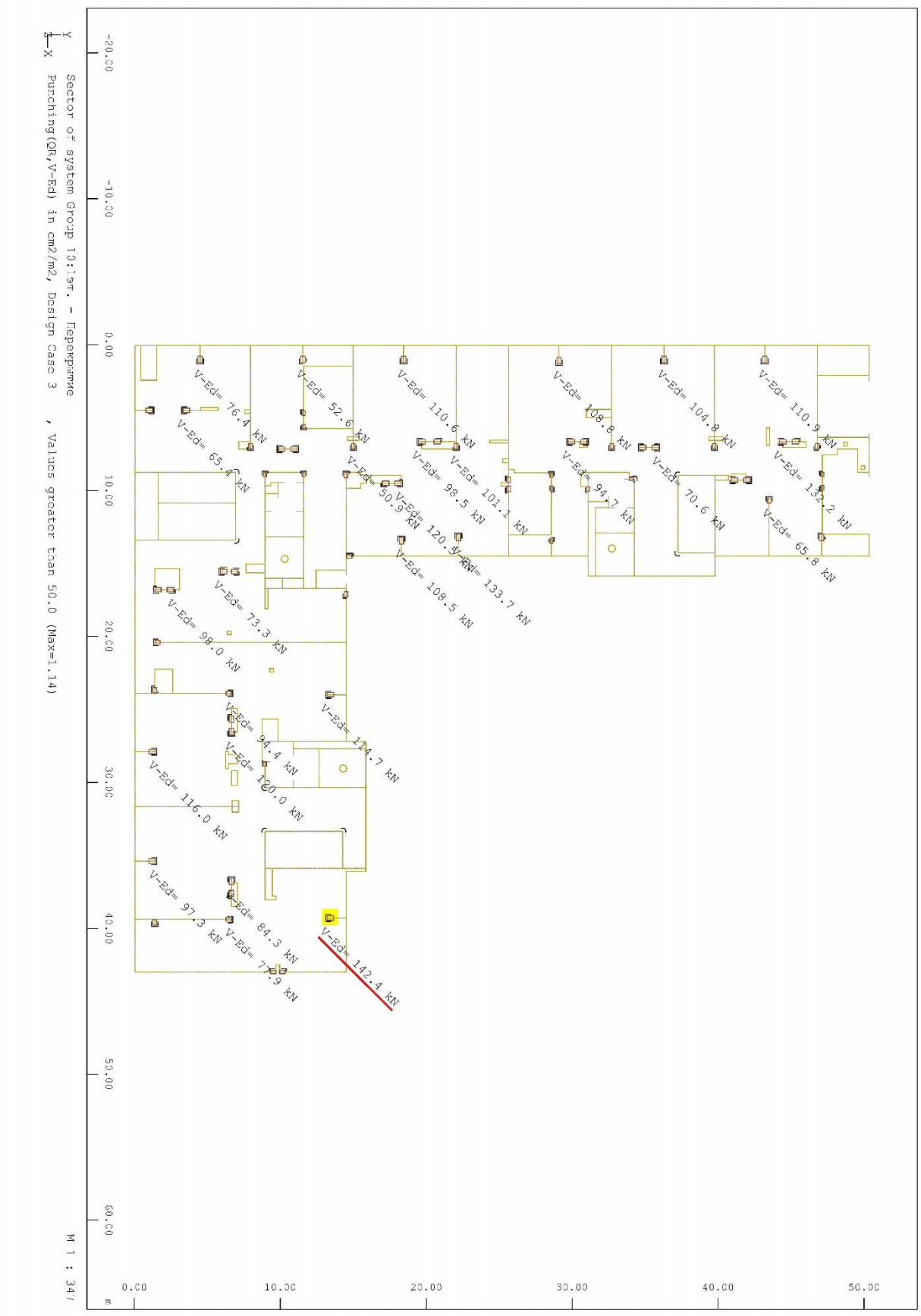
φ_2= 0,5

φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,01 мм -непродолжительное раскрытие трещин

$a_{длит}$= 0,01 мм -продолжительное раскрытие трещин

Продавливание, кН



						1190-01-КР.Р4	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		363

Плита перекрытия

Сечение колонны

b_1, мм	302,5
a_1, мм	220
c_x, мм	
c_y, мм	

Сечение плиты

h, мм	200
a_x, мм	30
a_y, мм	40
h_0, мм	165

Нагрузки у граней плиты

	над плитой	под плитой
F_i, т	300	315
M_{xi}, тм	0	0
M_{yi}, тм	4,1	-2,8
q_i, т/м^2	0	

Расчетный контур внутри площади плиты

l_x, м	0,468
l_y, м	0,385
u, м	1,155
x_0, м	
y_0, м	
x, м	
y, м	
e_{0x}, м	
e_{0y}, м	
A_{ql}, м^2	0,180
A_q, м^2	0,281
e_{qx}, м	
e_{qy}, м	

Нагрузки на расчетный контур

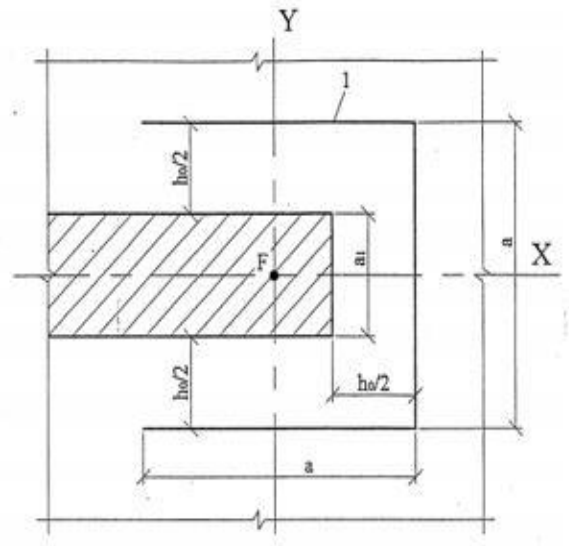
N_{sup}, т	300,000	$M_{x,sup+int}$, тм		$M_{y,sup+int}$, тм	1,300
N_{int}, т	315,000	$M_{x,q}$, тм		$M_{y,q}$, тм	
F_{ql}, т	0,090	$0.5 \cdot M_{x,loc}$, тм		$0.5 \cdot M_{y,loc}$, тм	0,650
F_q, т		$M_{x,F}$, тм		$M_{y,F}$, тм	
F, т	14,910	M_x, тм		M_y, тм	0,650

Несущая способность бетонного сечения без поперечной арматуры

Бетон		I_{bx1}, м^3	0,0170	I_{by1}, м^3	0,0095
Класс	B30	I_{bx2}, м^3	0,0421	I_{by2}, м^3	0,0346
R_{bt}, т/м^2	117	I_{bx}, м^3	0,0591	I_{by}, м^3	0,0442
γ_{b1}	0,9	W^-_{bx}, м^2	0,2528	W^-_{by}, м^2	0,2294
A_b, м^2	0,1906	W^+_{bx}, м^2	0,2528	W^+_{by}, м^2	0,2294
$F_{b,ult}$, т	20,068	$M_{bx,ult}$, тм	4,393	$M_{by,ult}$, тм	3,986
$F/F_{b,ult}$	0,743	$M_x/M_{bx,ult}$		$M_y/M_{by,ult}$	0,163

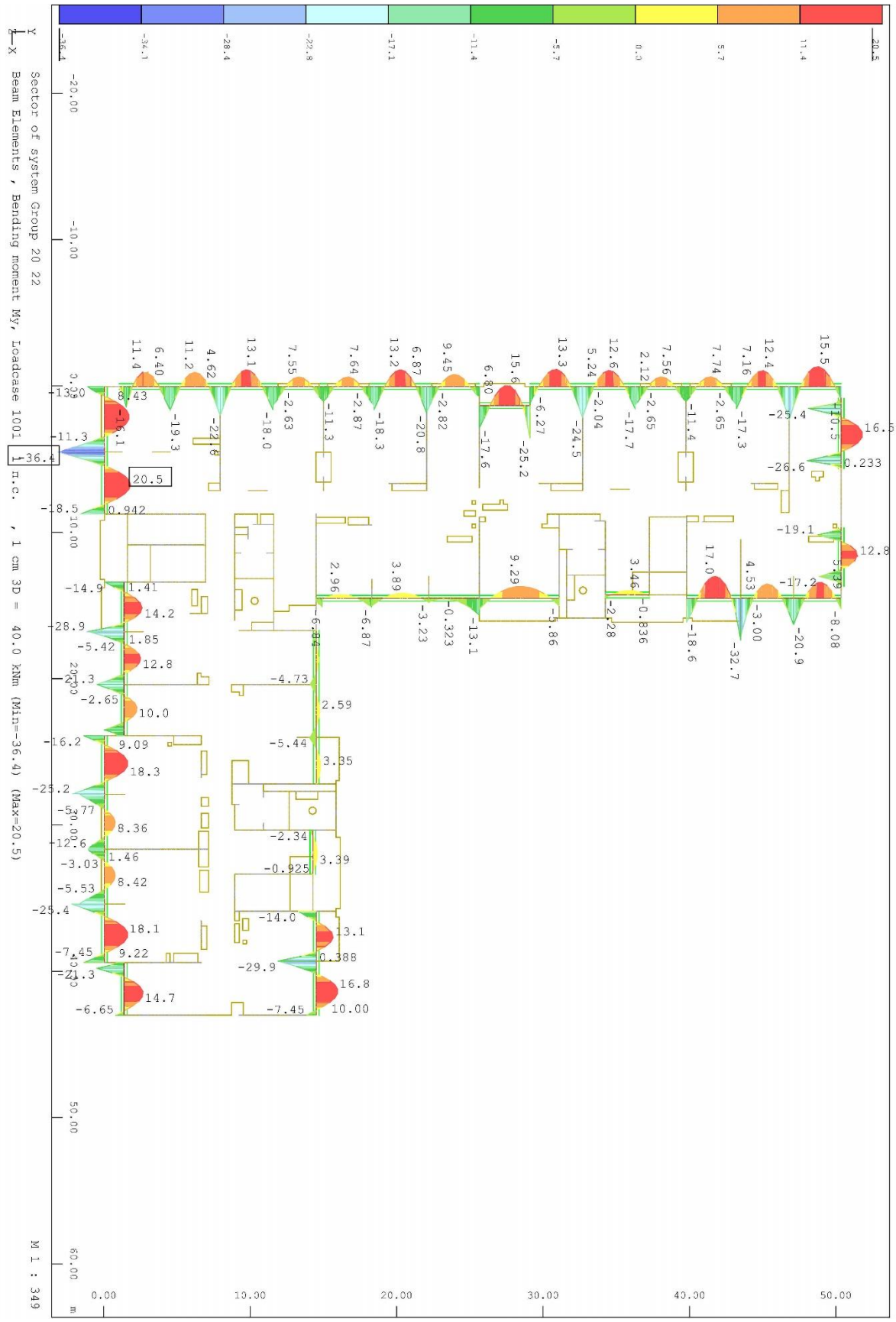
0,906 < 1 Условие прочности выполнено. Прочность обеспечена.

В установке поперечной арматуры нет необходимости.

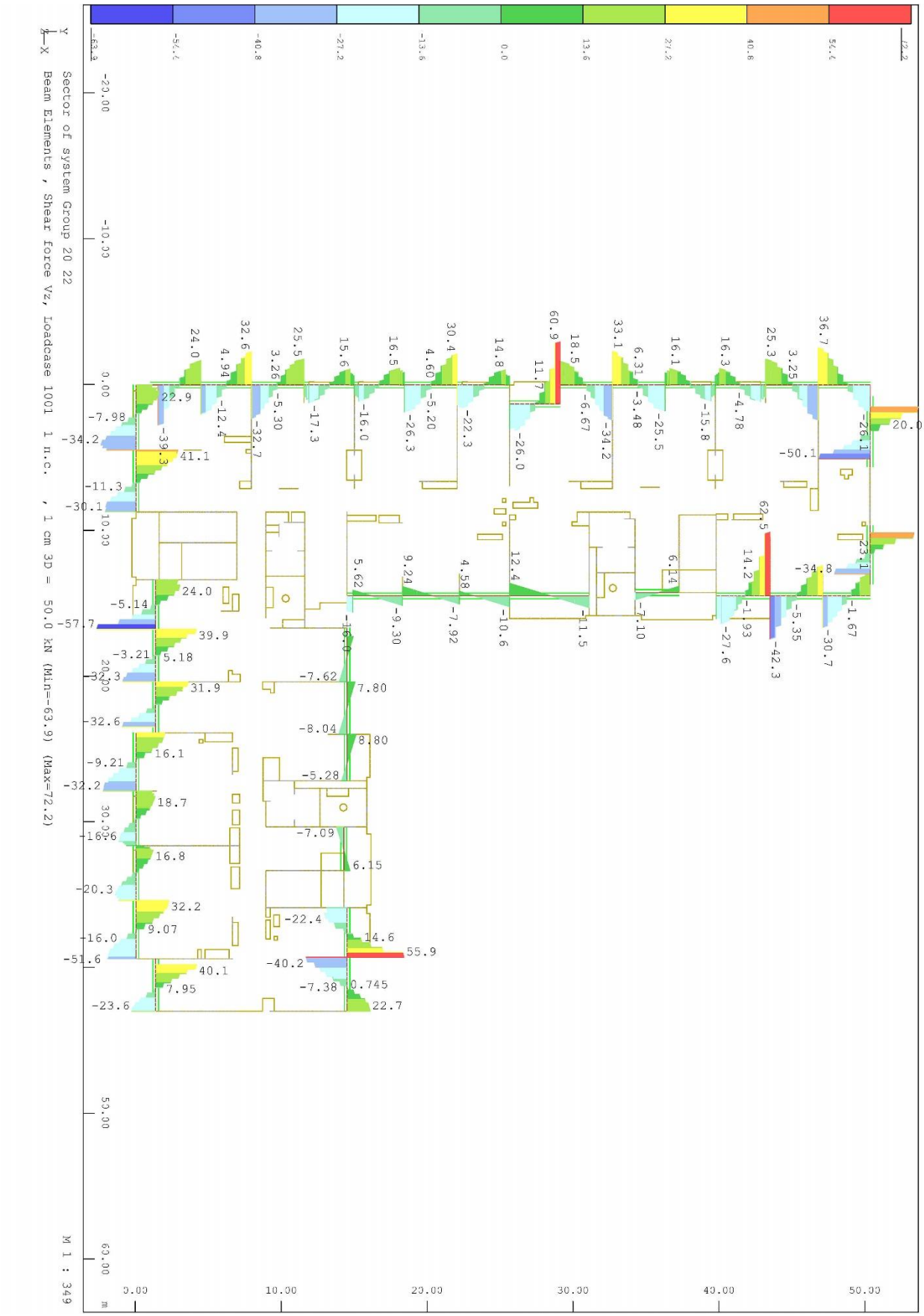


Балки в плите над 1 этажом

Момент My, кН·м/м



Поперечная сила Q, кН



						1190-01-КР.Р4	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		366

ПРОВЕРКА АРМИРОВАНИЯ БАЛКИ 200Х400(Н). ОПОРНОЕ СЕЧЕНИЕ.

Расчет выполнен по СП 63.13330.2018

Коэффициент надежности по ответственности $\gamma_n = 1$

Коэффициент надежности по ответственности (2-е предельное состояние) = 1

Длина элемента 4,3 м

Коэффициент расчетной длины в плоскости XoY 0,8

Коэффициент расчетной длины в плоскости XoZ 0,8

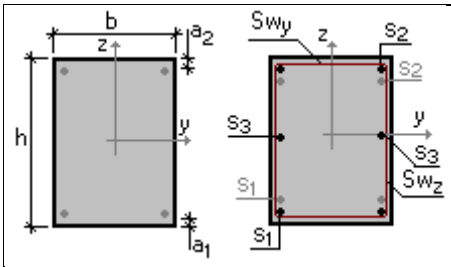
Случайный эксцентриситет по Z принят по СП 63.13330.2018

Случайный эксцентриситет по Y принят по СП 63.13330.2018

Конструкция статически определимая

Предельная гибкость - 200

СЕЧЕНИЕ

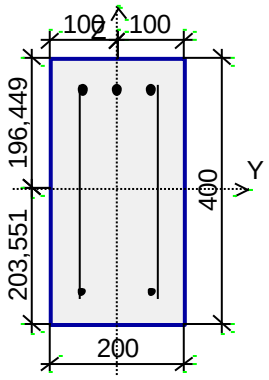


b = 200 мм

h = 400 мм

a_1 = 40 мм

a_2 = 40 мм



S_1 - 2∅14

S_2 - 3∅16

Поперечная арматура вдоль оси Z 2∅10, шаг поперечной арматуры 100 мм

Поперечная арматура вдоль оси Y 2∅10, шаг поперечной арматуры 100 мм

Арматура	Класс	Коэффициент условий работы
Продольная	A500	1
Поперечная	A240	1

БЕТОН

Вид бетона: Тяжелый

Класс бетона: B30

Коэффициенты условий работы бетона		
γ_{b1}	учет нагрузок длительного действия	0,9
γ_{b2}	учет характера разрушения	1
γ_{b3}	учет вертикального положения при бетонировании	1
γ_{b5}	учет замораживания/оттаивания и отрицательных температур	1

Влажность воздуха окружающей среды - 40-75%

ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ

Ограниченная ширина раскрытия трещин

Требования к ширине раскрытия трещин выбираются из условия сохранности арматуры

Допустимая ширина раскрытия трещин:

Непродолжительное раскрытие 0,4 мм

Продолжительное раскрытие 0,3 мм

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ПО КОМБИНАЦИЯМ ЗАГРУЖЕНИЙ

	N	M_y	Q_z	M_z	Q_y	T	Коэффициент надежности по нагрузке	Коэффициент длительной части	Кратковременная	Сейсмика
	T	T*м	T	T*м	T	T*м				
1	0	-3,7	4,1	0	0	0	1	1	+	

Проверено по СНиП	Проверка	Коэффициент использования
п.п. 8.1.8-8.1.14	Прочность по предельному моменту сечения	0,432
пп. 8.1.20-8.1.30	Деформации в сжатом бетоне	0,166
пп. 8.1.20-8.1.30	Деформации в растянутой арматуре	0,039
пп. 8.2.15, 8.2.16, 8.2.6	Ширина раскрытия трещин (кратковременная)	0,623
пп. 8.2.6, 8.2.15, 8.2.16	Ширина раскрытия трещин (длительная)	0,83
пп. 8.1.32, 8.1.34	Прочность по бетонной полосе между наклонными сечениями	0,102
пп. 8.1.33, 8.1.34	Прочность по наклонному сечению	0,216

Коэффициент использования 0,83 - Ширина раскрытия трещин (длительная)

ПРОВЕРКА АРМИРОВАНИЯ БАЛКИ 200Х400(Н). СЕЧЕНИЕ В СЕРЕДИНЕ ПРОЛЕТА.

Расчет выполнен по СП 63.13330.2018

Коэффициент надежности по ответственности $\gamma_n = 1$

Коэффициент надежности по ответственности (2-е предельное состояние) = 1

Длина элемента 4,3 м

Коэффициент расчетной длины в плоскости XoY 0,8

Коэффициент расчетной длины в плоскости XoZ 0,8

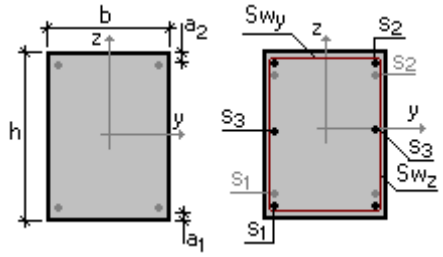
Случайный эксцентриситет по Z принят по СП 63.13330.2018

Случайный эксцентриситет по Y принят по СП 63.13330.2018

Конструкция статически определимая

Предельная гибкость - 200

СЕЧЕНИЕ

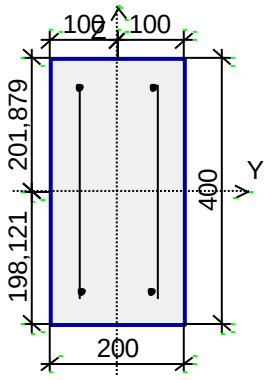


b = 200 мм

h = 400 мм

a_1 = 40 мм

a_2 = 40 мм



S_1 - 2∅16

S_2 - 2∅10

Поперечная арматура вдоль оси Z 2∅10, шаг поперечной арматуры 100 мм

Поперечная арматура вдоль оси Y 2∅10, шаг поперечной арматуры 100 мм

Арматура	Класс	Коэффициент условий работы
Продольная	A500	1
Поперечная	A240	1

БЕТОН

Вид бетона: Тяжелый

Класс бетона: B30

Коэффициенты условий работы бетона		
γ_{b1}	учет нагрузок длительного действия	0,9
γ_{b2}	учет характера разрушения	1
γ_{b3}	учет вертикального положения при бетонировании	1
γ_{b5}	учет замораживания/оттаивания и отрицательных температур	1

Влажность воздуха окружающей среды - 40-75%

ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ

Ограниченная ширина раскрытия трещин

Требования к ширине раскрытия трещин выбираются из условия сохранности арматуры

Допустимая ширина раскрытия трещин:

Непродолжительное раскрытие 0,4 мм

Продолжительное раскрытие 0,3 мм

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ПО КОМБИНАЦИЯМ ЗАГРУЖЕНИЙ

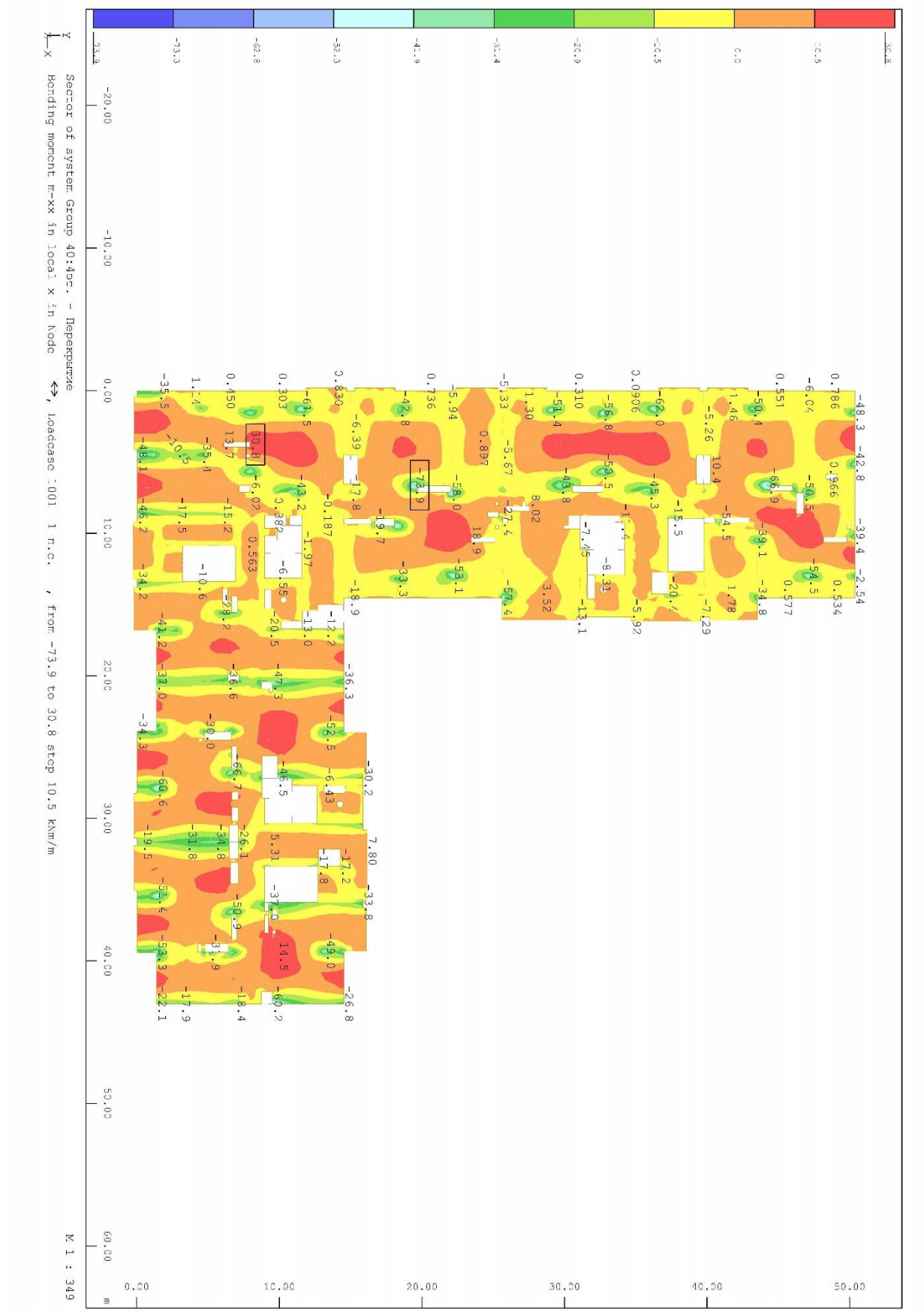
	N	M_y	Q_z	M_z	Q_y	T	Коэффициент надежности по нагрузке	Коэффициент длительной части	Кратковременная	Сейсмика
	T	T*м	T	T*м	T	T*м				
1	0	2	0	0	0	0	1	1	+	

Проверено по СНиП	Проверка	Коэффициент использования
п.п. 8.1.8-8.1.14	Прочность по предельному моменту сечения	0,438
пп. 8.1.20-8.1.30	Деформации в сжатом бетоне	0,12
пп. 8.1.20-8.1.30	Деформации в растянутой арматуре	0,04
пп. 8.2.15, 8.2.16, 8.2.6	Ширина раскрытия трещин (кратковременная)	0,6
пп. 8.2.6, 8.2.15, 8.2.16	Ширина раскрытия трещин (длительная)	0,8

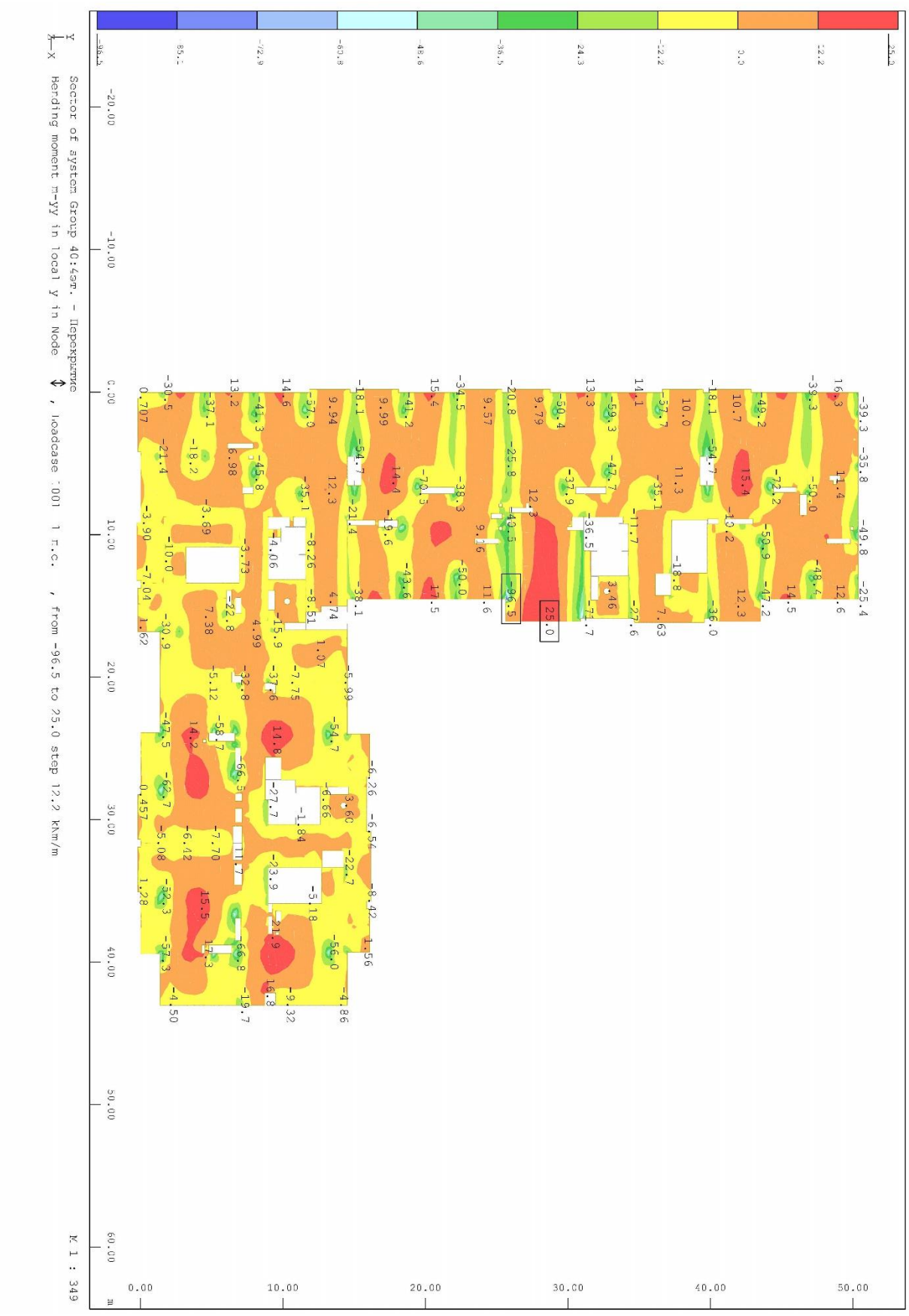
Коэффициент использования 0,8 - Ширина раскрытия трещин (длительная)

6.9. ПЛИТЫ ПЕРЕКРЫТИЯ ТИПОВЫХ ЭТАЖЕЙ

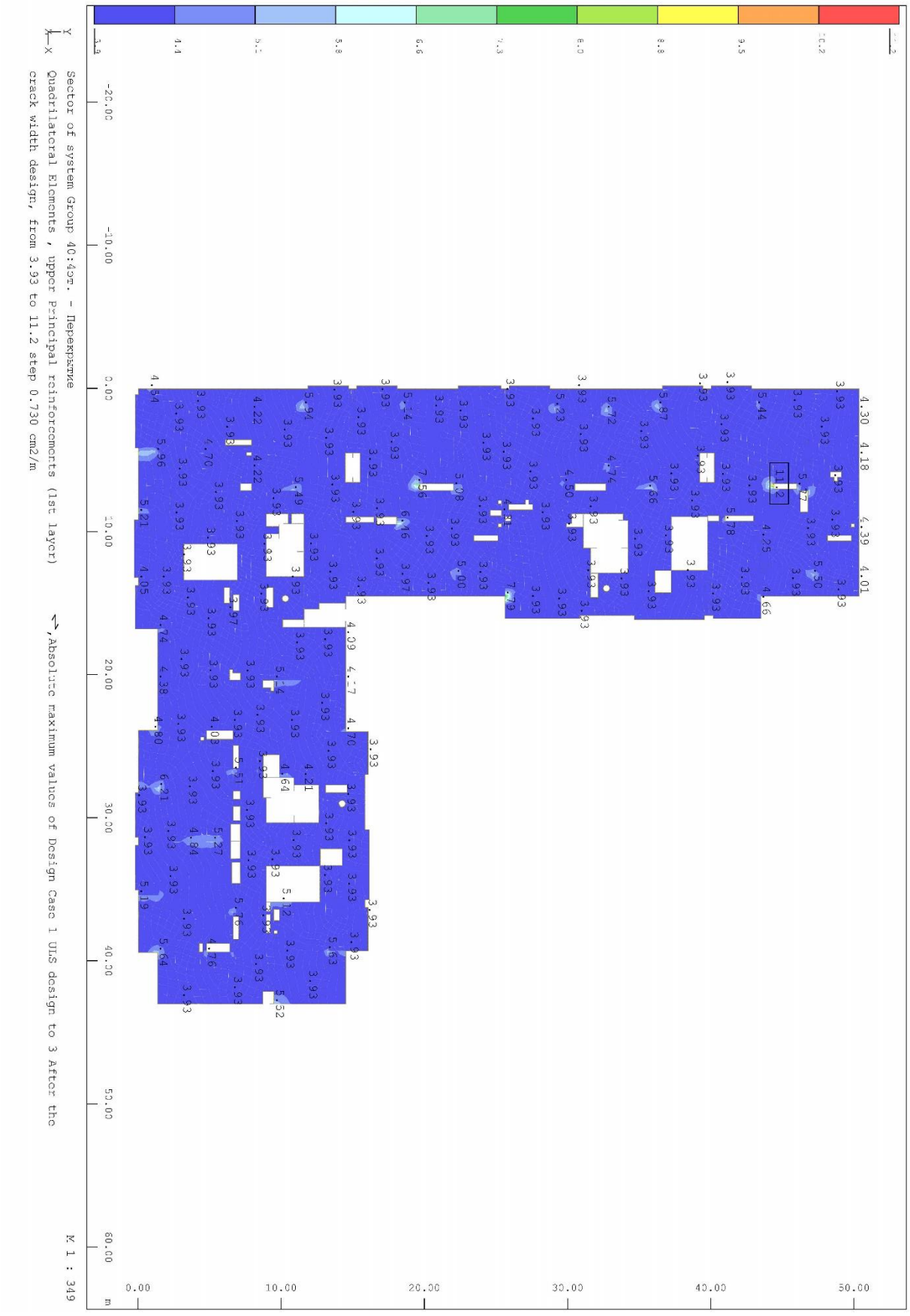
Момент M_x, кН·м/м



Момент M_y, кН·м/м

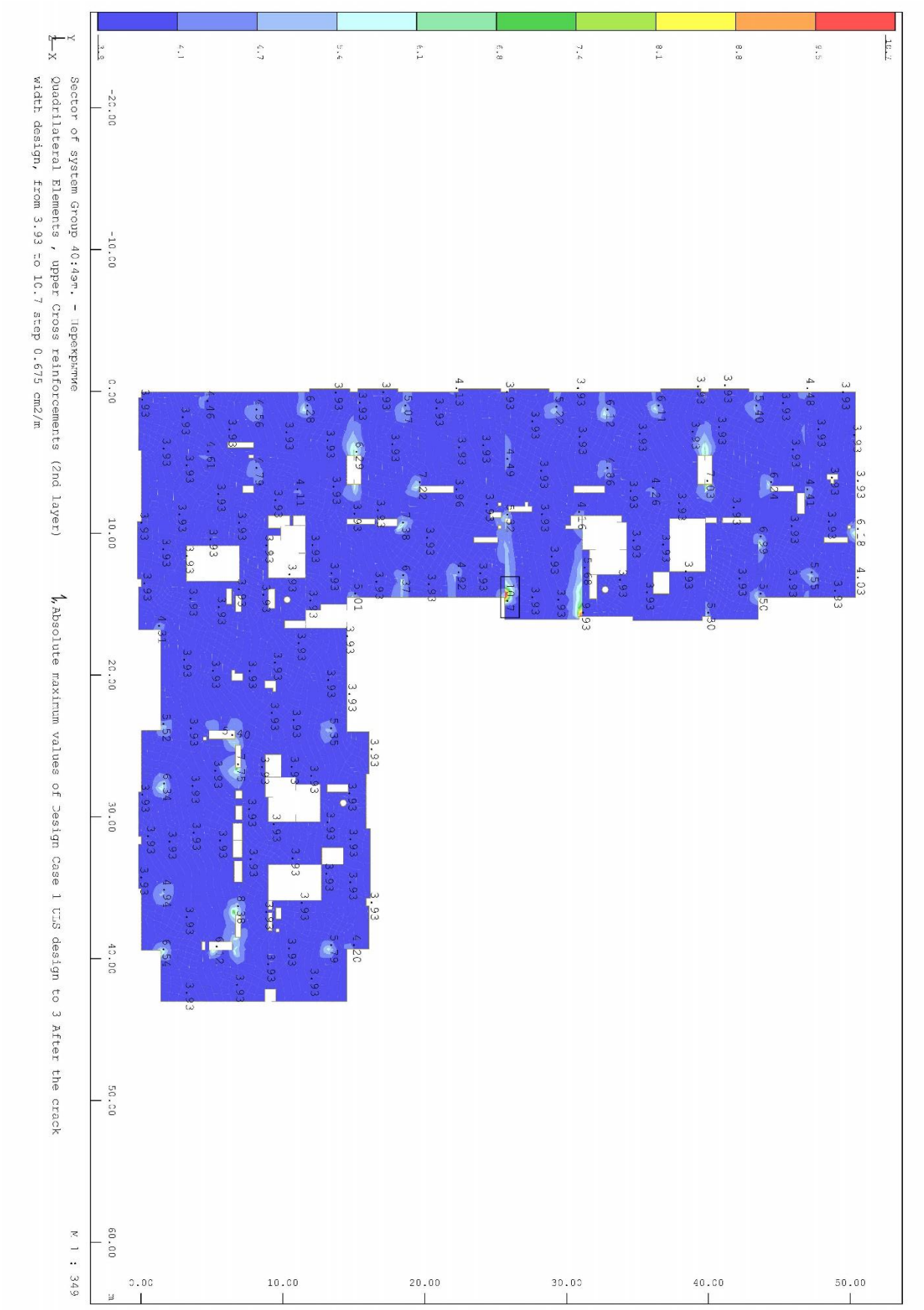


Верхнее армирование по оси X, см^2/м

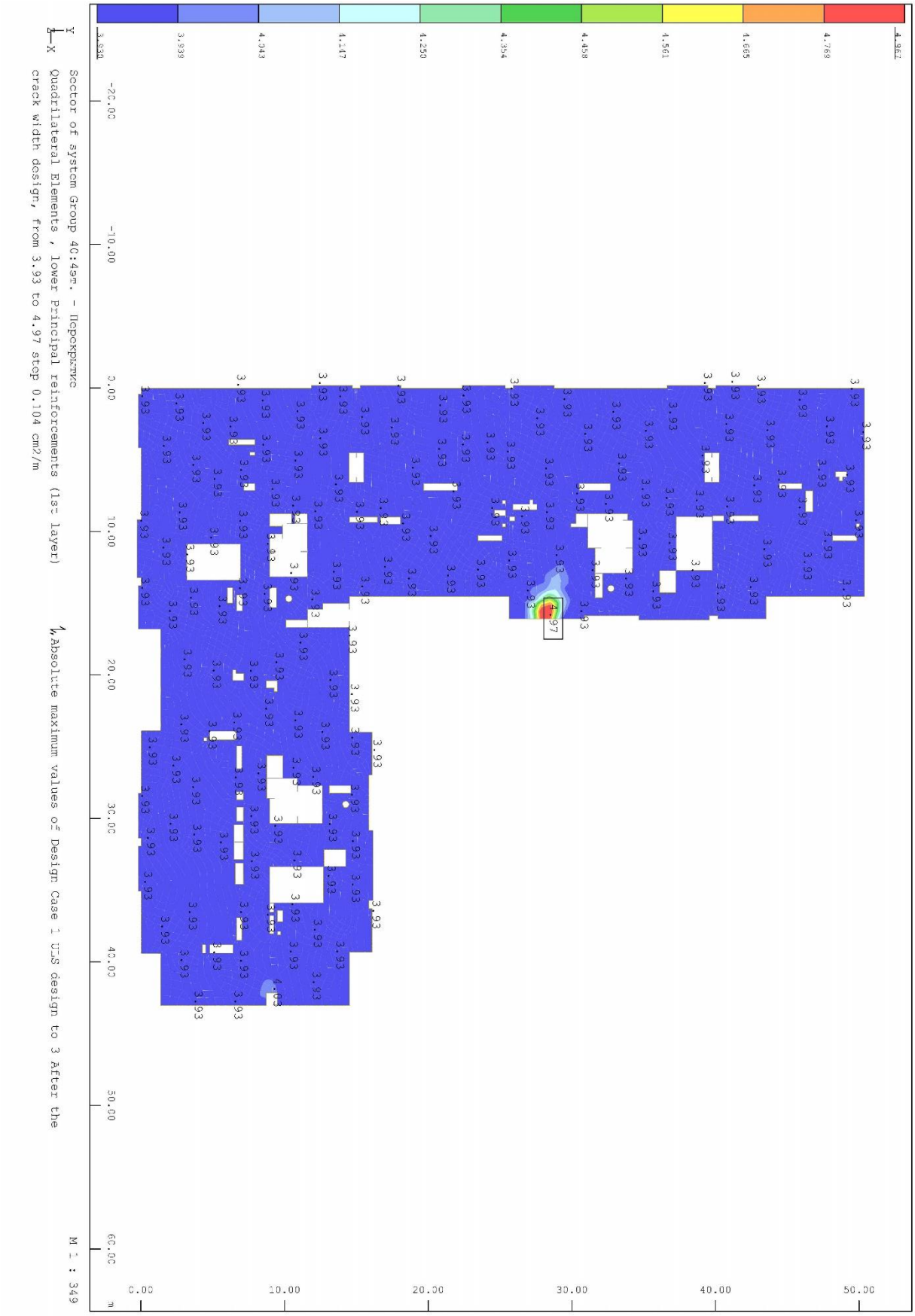


						1190-01-КР.Р4	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		373

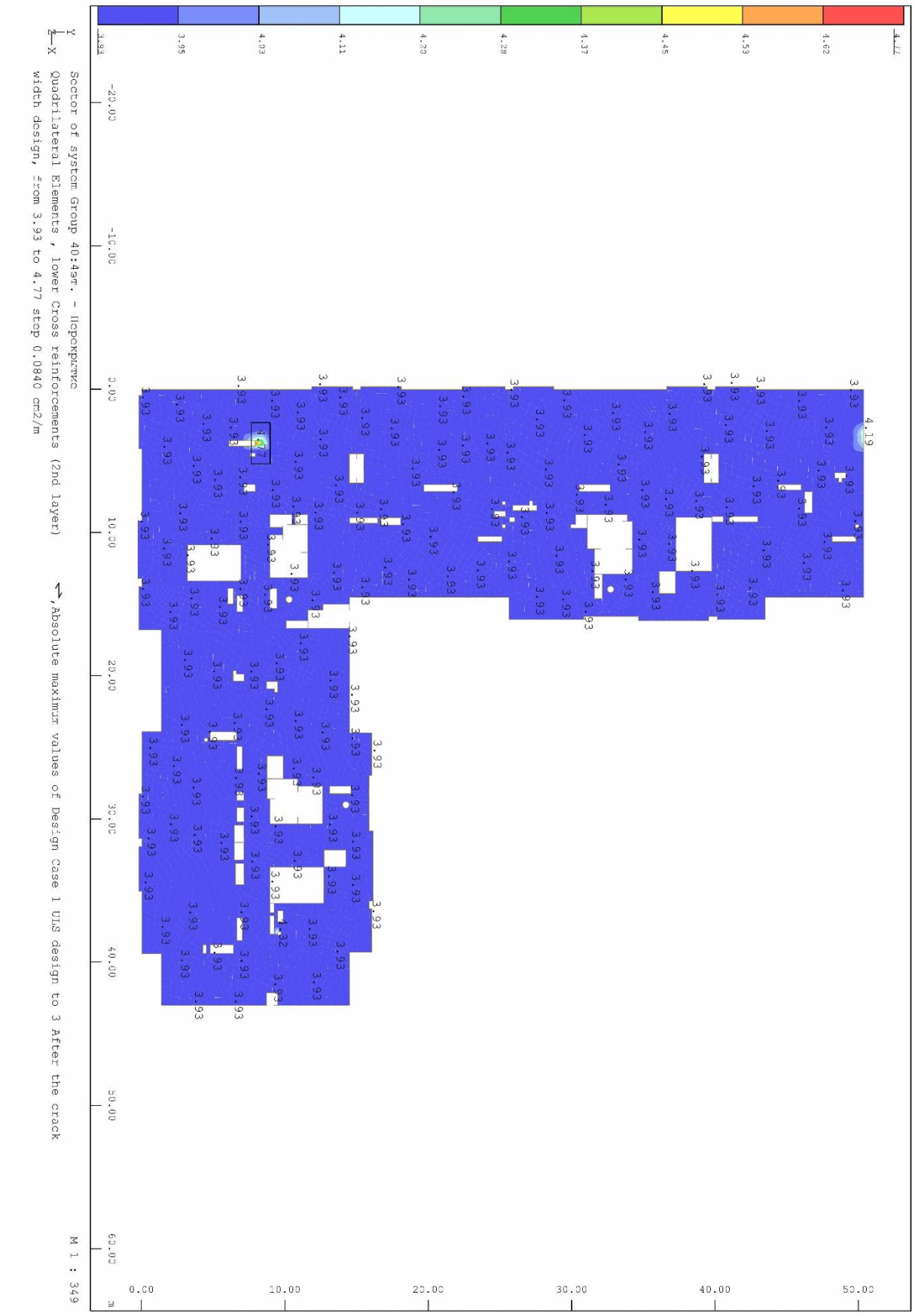
Верхнее армирование по оси Y, см^2/м



Нижнее армирование по оси X, см^2/м



Нижнее армирование по оси Y, см^2/м



						1190-01-КР.Р4	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		376

Проверка армирования плиты над 2 этажом толщиной 200 мм на опоре

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	156,0	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	10,6	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,9	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h= 200 мм -толщина плиты
a_x= 40 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси X)
a'_x= 30 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси X)
$h_{0,x}$= 160 мм -рабочая высота сечения(по оси X)
a_y= 40 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси Y)
a'_y= 50 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси Y)
$h_{0,y}$= 160 мм -рабочая высота сечения(по оси Y)

Армирование по X:

Растянутая арматура
$d_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d_{s,д}$= 12 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 5,65 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 9,58 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура
$d'_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 3,93 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,7 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,11 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 6,1 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 3,6 тс· м
$M_{дл}$= 3,5 тс· м

M_{crc}= 1,5715 тс· м -момент образования трещин
φ_2= 0,5
φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,23 мм -непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$= 0,23 мм -продолжительное раскрытие трещин

Армирование по Y:

Растянутая арматура
$d_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d_{s,д}$= 12 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 5,65 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 9,58 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура
$d'_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 3,93 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,7 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,11 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 5,8 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 3,6 тс· м
$M_{дл}$= 3,3 тс· м

M_{crc}= 1,5715 тс· м -момент образования трещин
φ_2= 0,5
φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,23 мм -непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$= 0,22 мм -продолжительное раскрытие трещин

Проверка армирования плиты над 2 этажом толщиной 200 мм в пролете

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	156,0	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	10,6	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,9	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h= 200 мм -толщина плиты
a_x= 30 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси X)
a'_x= 40 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси X)
$h_{0,x}$= 170 мм -рабочая высота сечения(по оси X)
a_y= 50 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси Y)
a'_y= 40 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси Y)
$h_{0,y}$= 150 мм -рабочая высота сечения(по оси Y)

Армирование по X:

Растянутая арматура
$d_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d_{s,д}$= 10 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 3,93 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 7,85 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура
$d'_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 3,93 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,21 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,07 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 5,2 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 2 тс· м
$M_{дл}$= 1,8 тс· м

M_{crc}= 1,572 тс· м -момент образования трещин
φ_2= 0,5
φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,08 мм -непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$= 0,08 мм -продолжительное раскрытие трещин

Армирование по Y:

Растянутая арматура
$d_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d_{s,д}$= 10 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 3,93 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 7,85 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура
$d'_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 3,93 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,21 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,08 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 4,5 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

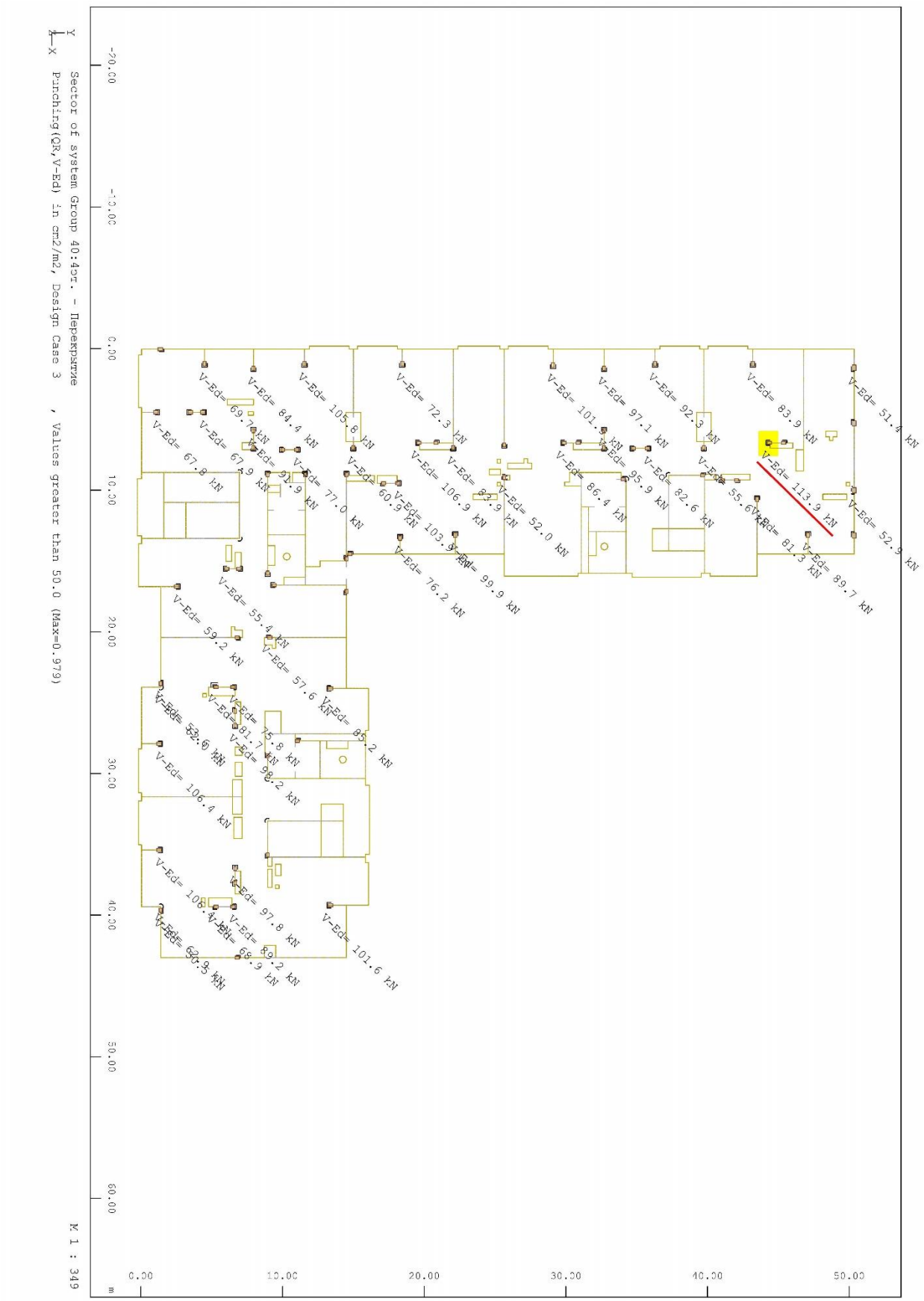
Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 2,3 тс· м
$M_{дл}$= 2,1 тс· м

M_{crc}= 1,572 тс· м -момент образования трещин
φ_2= 0,5
φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,03 мм -непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$= 0,03 мм -продолжительное раскрытие трещин

Продавливание, кН



Плита перекрытия

Сечение колонны

b_1, мм	282,5
a_1, мм	200
c_x, мм	
c_y, мм	

Сечение плиты

h, мм	200
a_x, мм	30
a_y, мм	40
h_0, мм	165

Нагрузки у граней плиты

	над плитой	под плитой
F_i, т	220	232
M_{xi}, тм	0	0
M_{yi}, тм	4,1	-2,8
q_i, т/м^2	0	

Расчетный контур внутри площади плиты

l_x, м	0,448
l_y, м	0,365
u, м	1,095
x_0, м	
y_0, м	
x, м	
y, м	
e_{0x}, м	
e_{0y}, м	
A_{q1}, м^2	0,163
A_q, м^2	0,268
e_{qx}, м	
e_{qy}, м	

Нагрузки на расчетный контур

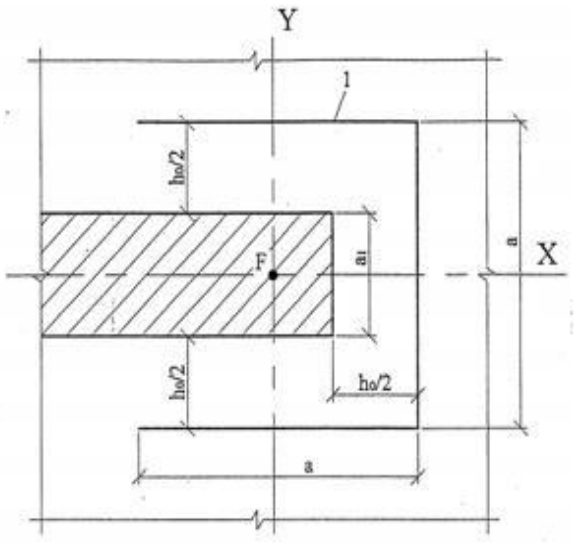
N_{sup}, т	220,000	$M_{x,sup+int}$, тм		$M_{y,sup+int}$, тм	1,300
N_{int}, т	232,000	$M_{x,q}$, тм		$M_{y,q}$, тм	
F_{q1}, т	0,083	$0.5 \cdot M_{x,loc}$, тм		$0.5 \cdot M_{y,loc}$, тм	0,650
F_q, т		$M_{x,F}$, тм		$M_{y,F}$, тм	
F, т	11,917	M_x, тм		M_y, тм	0,650

Несущая способность бетонного сечения без поперечной арматуры

Бетон		I_{bx1}, м^3	0,0149	I_{by1}, м^3	0,0081
Класс	B30	I_{bx2}, м^3	0,0365	I_{by2}, м^3	0,0298
R_{bt}, т/м^2	117	I_{bx}, м^3	0,0515	I_{by}, м^3	0,0379
γ_{b1}	0,9	W^-_{bx}, м^2	0,2301	W^-_{by}, м^2	0,2077
A_b, м^2	0,1807	W^+_{bx}, м^2	0,2301	W^+_{by}, м^2	0,2077
$F_{b,ult}$, т	19,025	$M_{bx,ult}$, тм	3,998	$M_{by,ult}$, тм	3,609
$F/F_{b,ult}$	0,626	$M_x/M_{bx,ult}$		$M_y/M_{by,ult}$	0,180

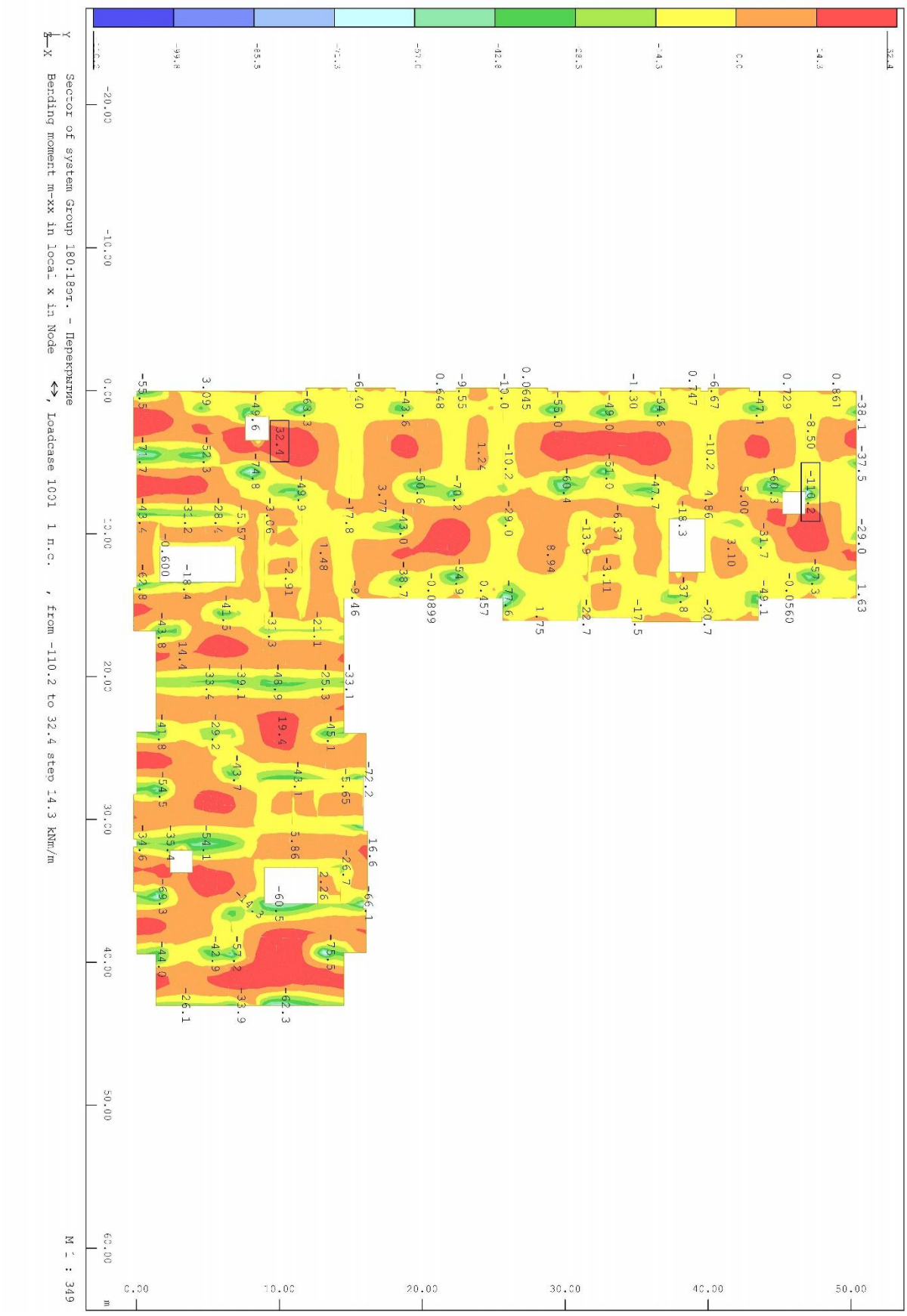
0,806 < 1 Условие прочности выполнено. Прочность обеспечена.

В установке поперечной арматуры нет необходимости.

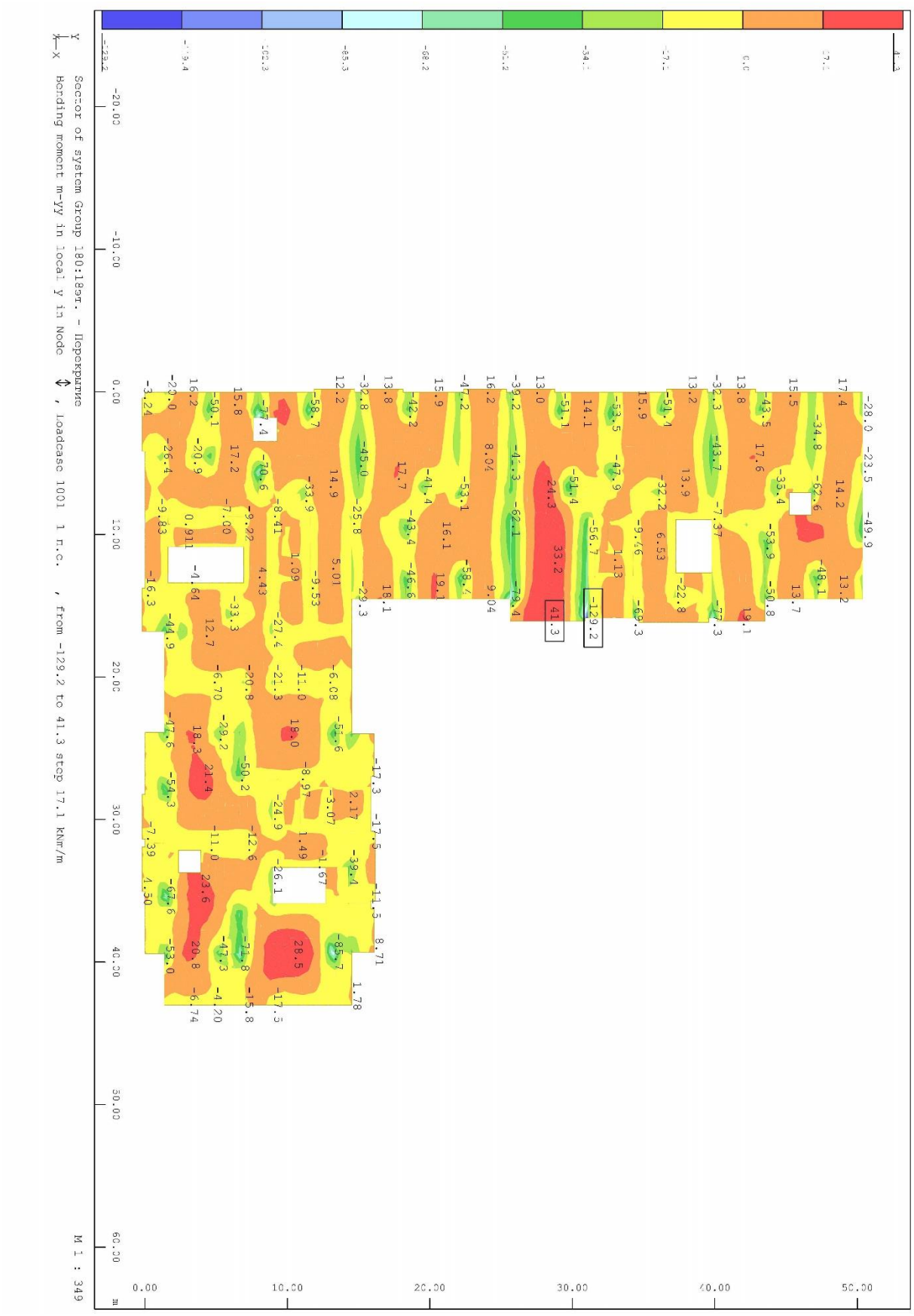


6.10. ПЛИТА ПОКРЫТИЯ

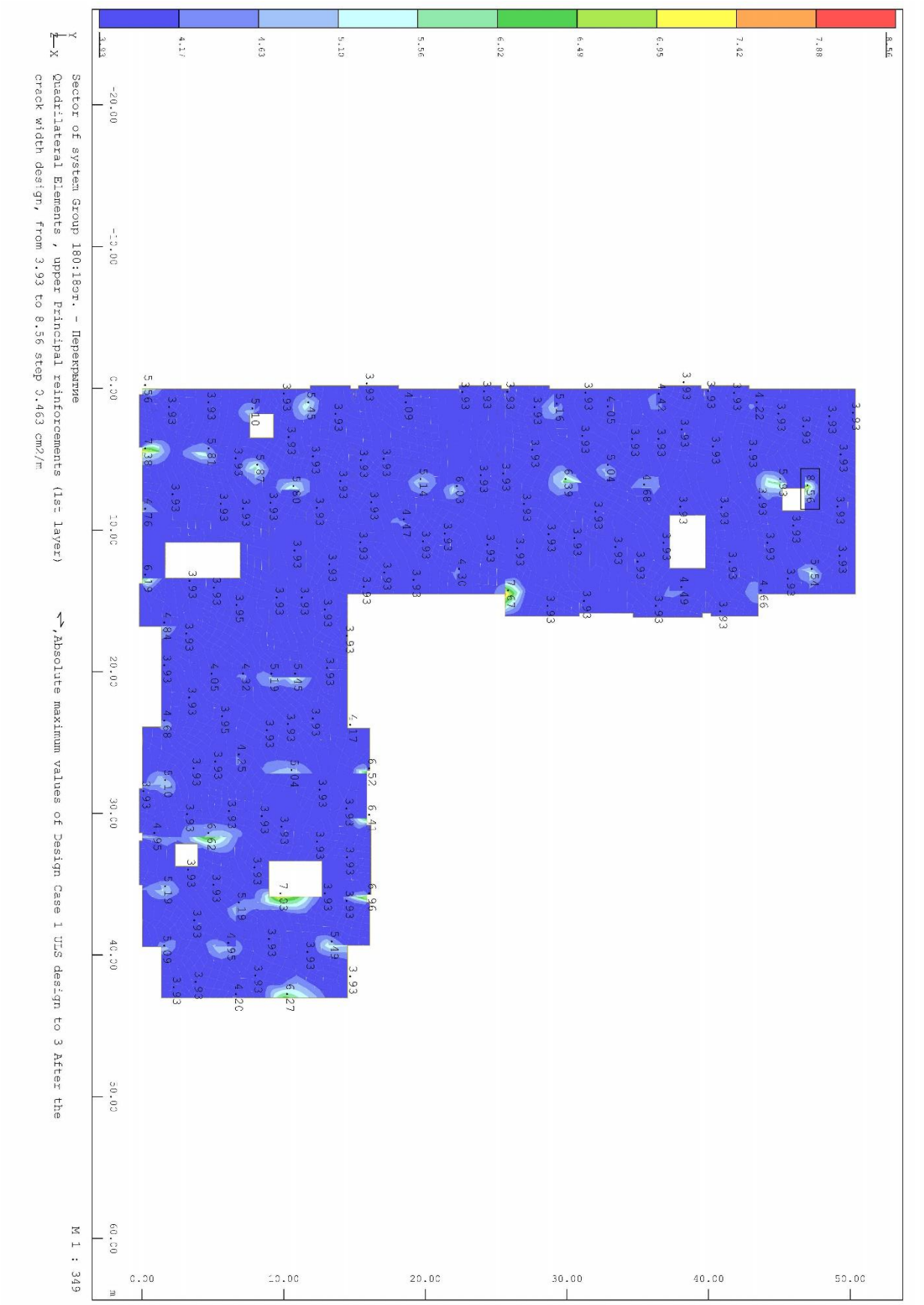
Момент M_x, кН·м/м



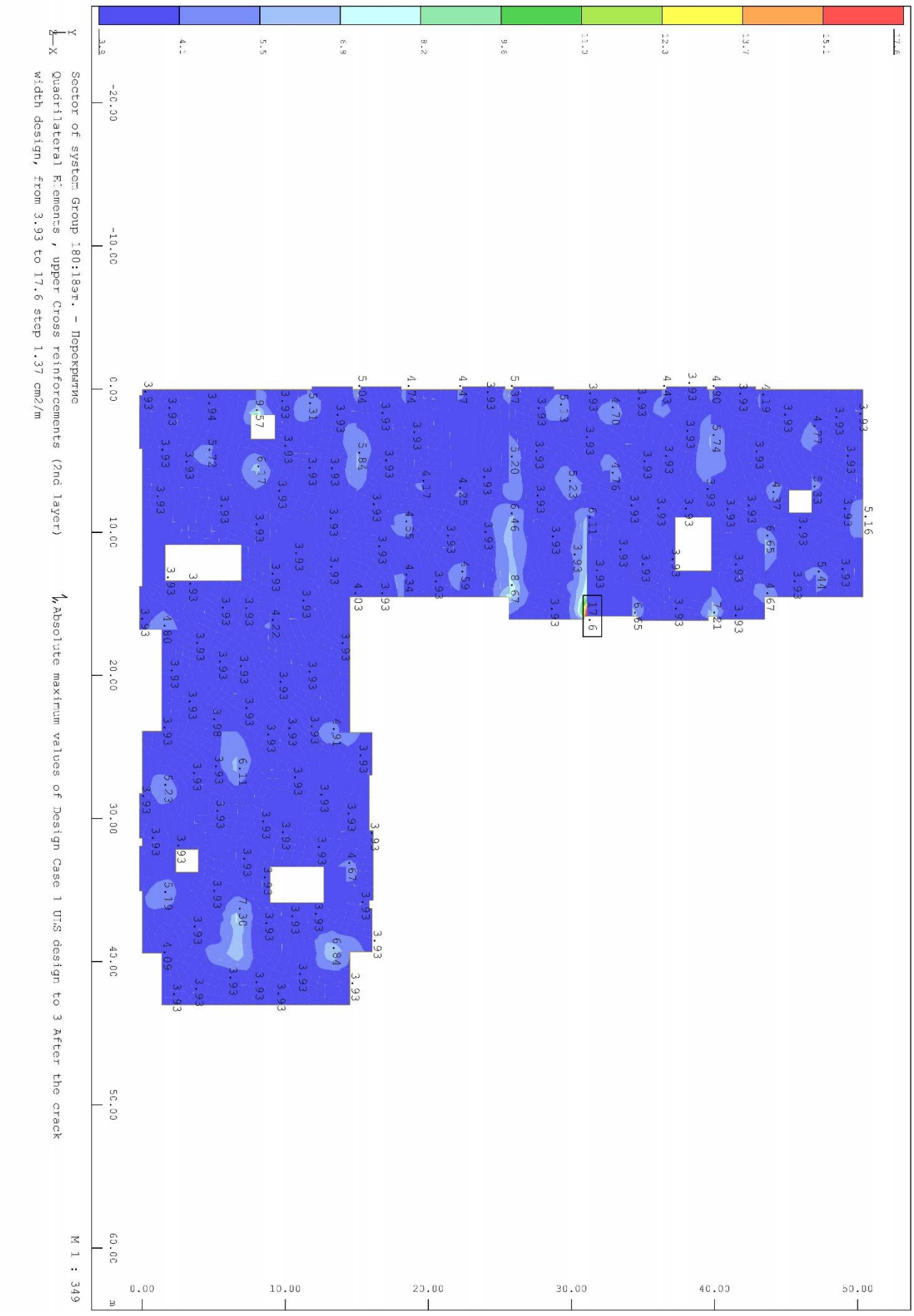
Момент M_y, кН·м/м



Верхнее армирование по оси X, см^2/м

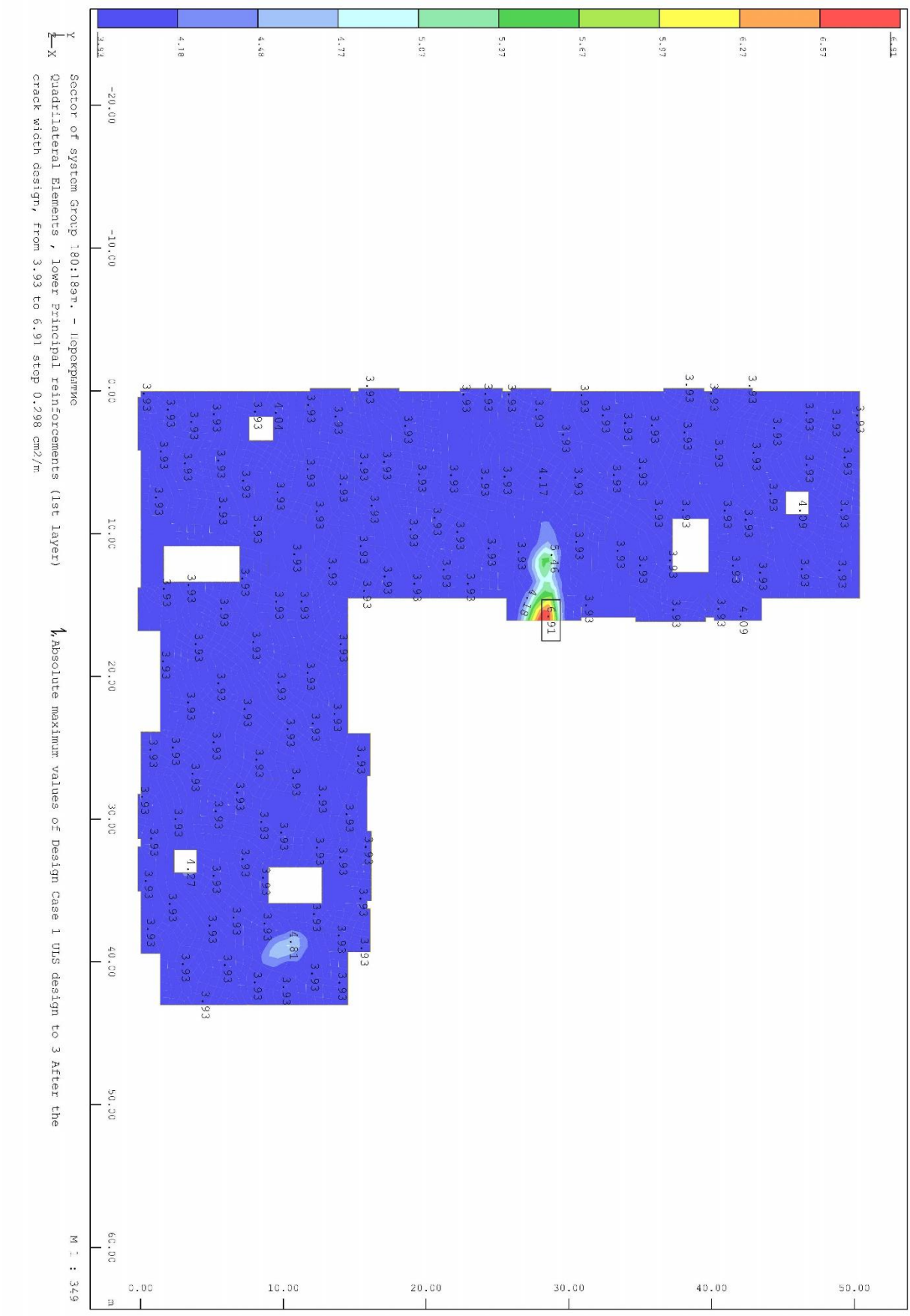


Верхнее армирование по оси Y, см^2/м

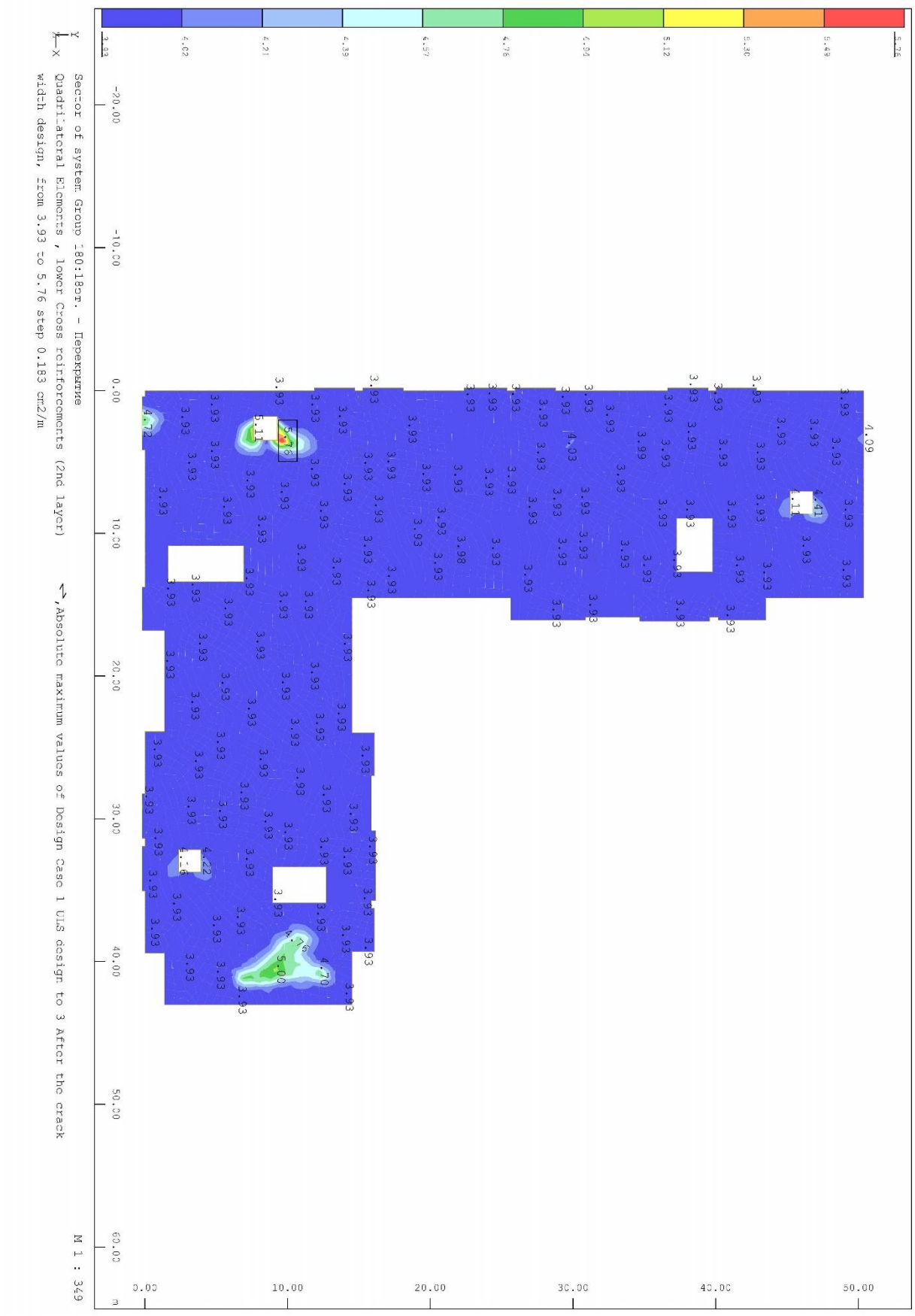


						1190-01-КР.Р4	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		384

Нижнее армирование по оси X, см^2/м



Нижнее армирование по оси Y см^2/м



Проверка армирования плиты покрытия толщиной 220 мм на опоре

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	156,0	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	10,6	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,9	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h= 220 мм -толщина плиты
a_x= 40 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси X)
a'_x= 30 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси X)
$h_{0,x}$= 180 мм -рабочая высота сечения(по оси X)
a_y= 40 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси Y)
a'_y= 50 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси Y)
$h_{0,y}$= 180 мм -рабочая высота сечения(по оси Y)

Армирование по X:

Растянутая арматура
$d_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d_{s,д}$= 14 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 7,7 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 11,6 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура
$d'_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 3,93 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 2,28 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,13 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 8,4 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 3 тс· м
$M_{дл}$= 2,9 тс· м

M_{crc}= 1,9085 тс· м -момент образования трещин
φ_2= 0,5
φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,11 мм -непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$= 0,11 мм -продолжительное раскрытие трещин

Армирование по Y:

Растянутая арматура
$d_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d_{s,д}$= 14 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 7,7 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 11,6 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура
$d'_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 3,93 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 2,28 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,13 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 8,1 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 4,7 тс· м
$M_{дл}$= 4,2 тс· м

M_{crc}= 1,9085 тс· м -момент образования трещин
φ_2= 0,5
φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,23 мм -непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$= 0,21 мм -продолжительное раскрытие трещин

Проверка армирования плиты покрытия толщиной 220 мм в пролете

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	156,0	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	10,6	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,9	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h=	220	мм	-толщина плиты
a_x=	30	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси X)
a'_x=	40	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси X)
$h_{0,x}$=	190	мм	-рабочая высота сечения(по оси X)
a_y=	50	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси Y)
a'_y=	40	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси Y)
$h_{0,y}$=	170	мм	-рабочая высота сечения(по оси Y)

Армирование по X:

Растянутая арматура

$d_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d_{s,д}$=	10	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	3,93	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	7,85	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s'_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$=	0	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	3,93	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x=	1,21	см	-высота сжатой зоны бетона
ξ=	0,06		-относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}=	5,9	тс· м	-предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$=	3	тс· м	
$M_{дл}$=	2,8	тс· м	
M_{crc}=	1,9007	тс· м	-момент образования трещин
φ_2=	0,5		
φ_3=	1		
$a_{кратк}$=	0,15	мм	-непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$=	0,14	мм	-продолжительное раскрытие трещин

Армирование по Y:

Растянутая арматура

$d_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d_{s,д}$=	10	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	3,93	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	7,85	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s'_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$=	0	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	3,93	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

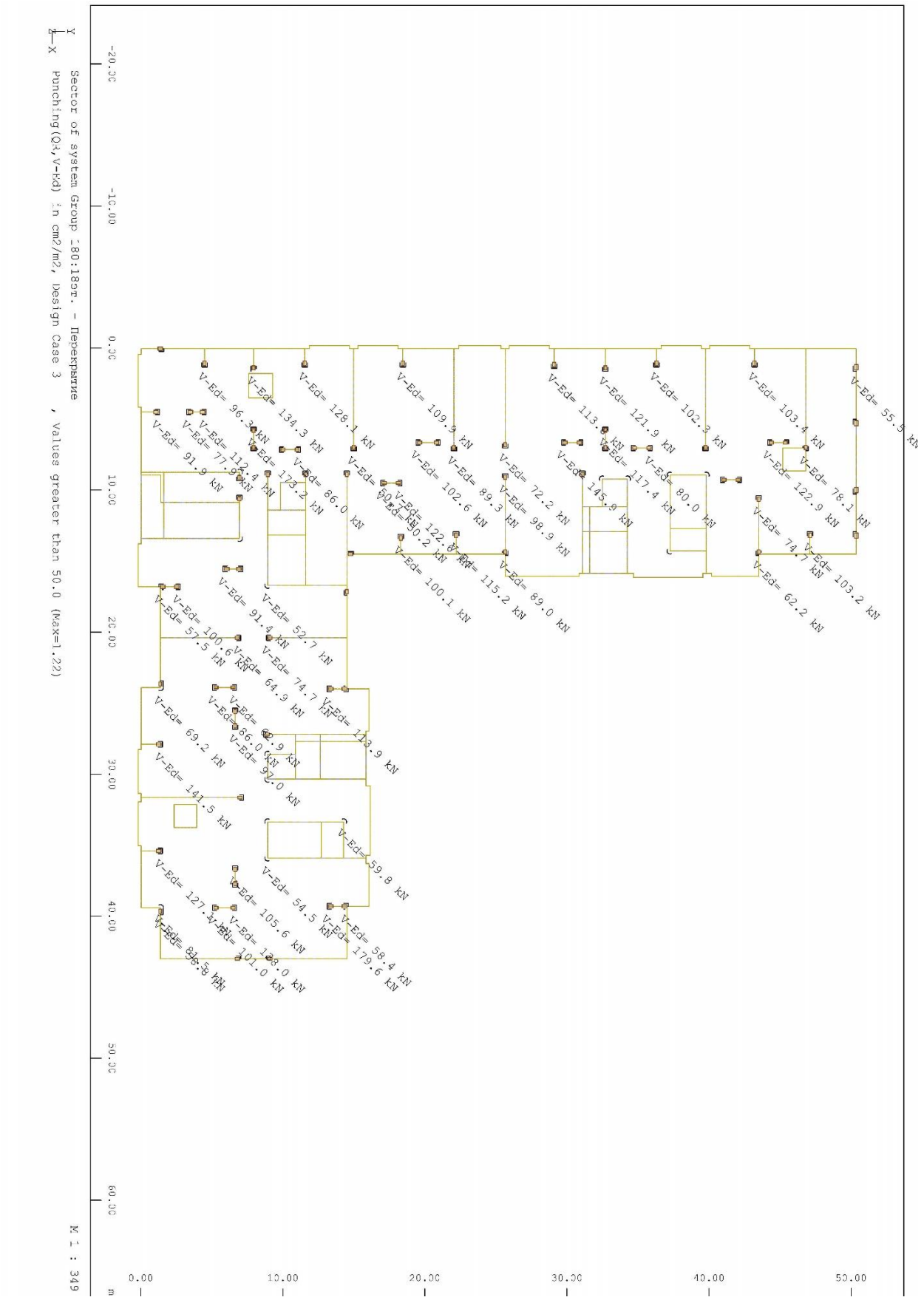
Проверка прочности:

x=	1,21	см	-высота сжатой зоны бетона
ξ=	0,07		-относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}=	5,2	тс· м	-предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$=	3,4	тс· м	
$M_{дл}$=	3,0	тс· м	
M_{crc}=	1,9007	тс· м	-момент образования трещин
φ_2=	0,5		
φ_3=	1		
$a_{кратк}$=	0,21	мм	-непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$=	0,19	мм	-продолжительное раскрытие трещин

Продавливание, кН



						1190-01-КР.Р4	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		389

Плита покрытия

Сечение колонны

b_1, мм	292,5
a_1, мм	200
c_x, мм	
c_y, мм	

Сечение плиты

h, мм	220
a_x, мм	30
a_y, мм	40
h_0, мм	185

Нагрузки у граней плиты

	над плитой	под плитой
F_i, т	0	18
M_{xi}, тм	0	0
M_{yi}, тм	0	-5
q_i, т/м^2	0	

Расчетный контур внутри площади плиты

l_x, м	0,478
l_y, м	0,385
u, м	1,155
x_0, м	
y_0, м	
x, м	
y, м	
e_{0x}, м	
e_{0y}, м	
A_{q1}, м^2	0,184
A_q, м^2	0,378
e_{qx}, м	
e_{qy}, м	

Нагрузки на расчетный контур

N_{sup}, т		$M_{x,sup+int}$, тм		$M_{y,sup+int}$, тм	-5,000
N_{int}, т	18,000	$M_{x,q}$, тм		$M_{y,q}$, тм	
F_{q1}, т	0,187	$0.5 \cdot M_{x,loc}$, тм		$0.5 \cdot M_{y,loc}$, тм	-2,500
F_q, т		$M_{x,F}$, тм		$M_{y,F}$, тм	
F, т	17,813	M_x, тм		M_y, тм	-2,500

Несущая способность бетонного сечения без поперечной арматуры

Бетон		I_{bx1}, м^3	0,0181	I_{by1}, м^3	0,0095
Класс	B30	I_{bx2}, м^3	0,0439	I_{by2}, м^3	0,0354
R_{bt}, т/м^2	117	I_{bx}, м^3	0,0620	I_{by}, м^3	0,0449
γ_{b1}	0,9	W^-_{bx}, м^2	0,2598	W^-_{by}, м^2	0,2332
A_b, м^2	0,2137	W^+_{bx}, м^2	0,2598	W^+_{by}, м^2	0,2332
$F_{b,ult}$, т	22,500	$M_{bx,ult}$, тм	5,062	$M_{by,ult}$, тм	4,544
$F/F_{b,ult}$	0,792	$M_x/M_{bx,ult}$		$M_y/M_{by,ult}$	0,550

1,188 > 1 Условие прочности не выполнено.

Сечение плиты достаточно. Необходимо установить поперечную арматуру:

$q_{sw}^{тр} =$

Арматура

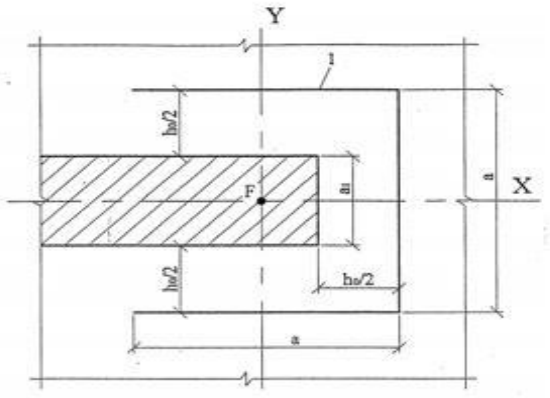
Класс	A500
R_{sw}, т/м^2	30600
Ø , мм	10
n, шт	2
A_{sw}, см^2	1,571
s_w, мм	50
q_{sw}, т/м	96,133

Несущая способность бетонного сечения с поперечной арматуры

$F_{sw,ult}$, т	88,827	$M_{swx,ult}$, тм	19,983	$M_{swy,ult}$, тм	17,938
F_{ult}, т	45,000	$M_{x,ult}$, тм	10,124	$M_{y,ult}$, тм	9,087
F/F_{ult}	0,396	$M_x/M_{x,ult}$		$M_y/M_{y,ult}$	0,275

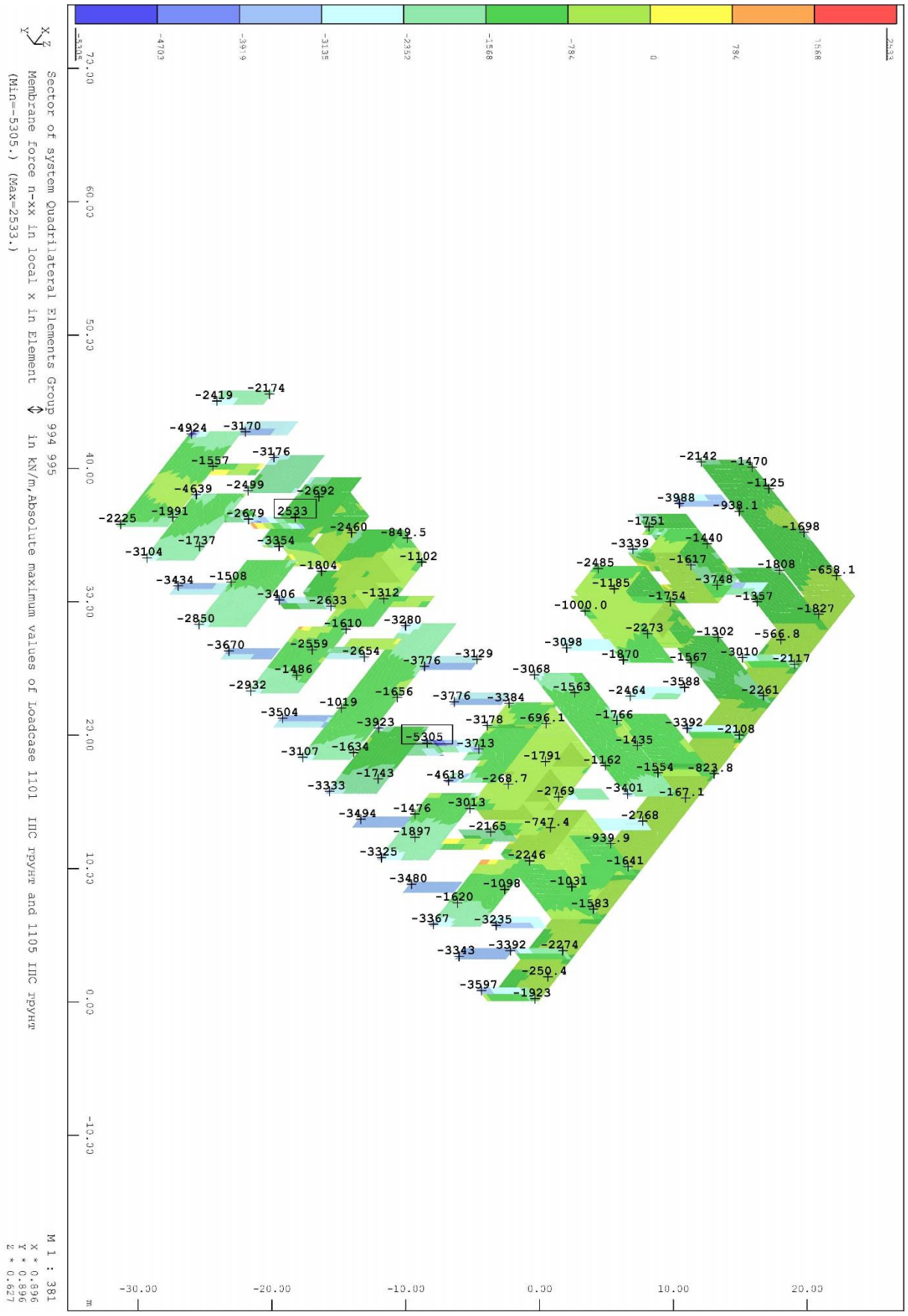
0,594 < 1 Условие прочности выполнено. Прочность обеспечена

Арматура установлена с избытком. Часть 'лишней' арматуры в расчете не учтена

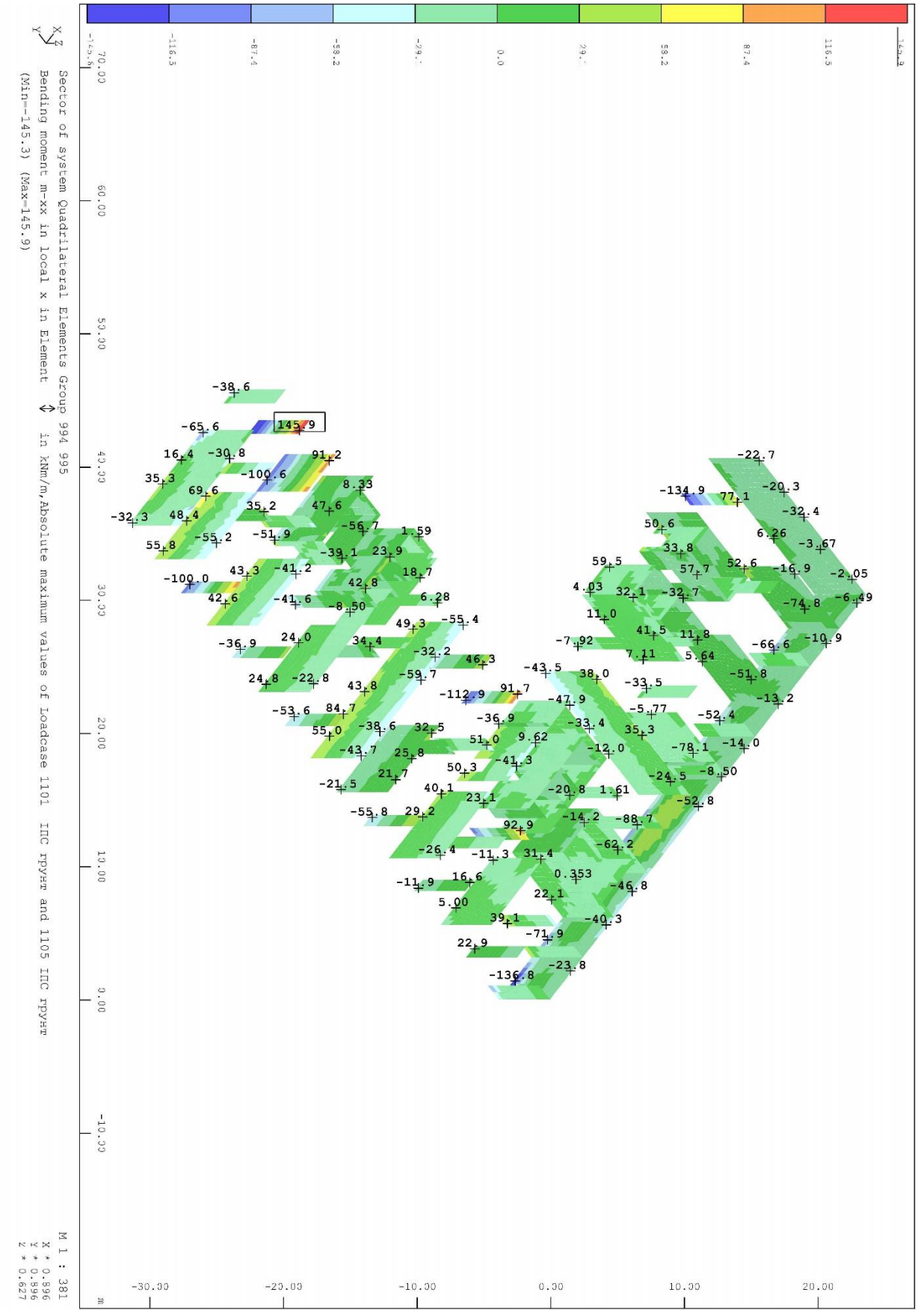


6.11. НЕСУЩИЕ СТЕНЫ И ПИЛОНЫ ПОДЗЕМНОЙ ЧАСТИ

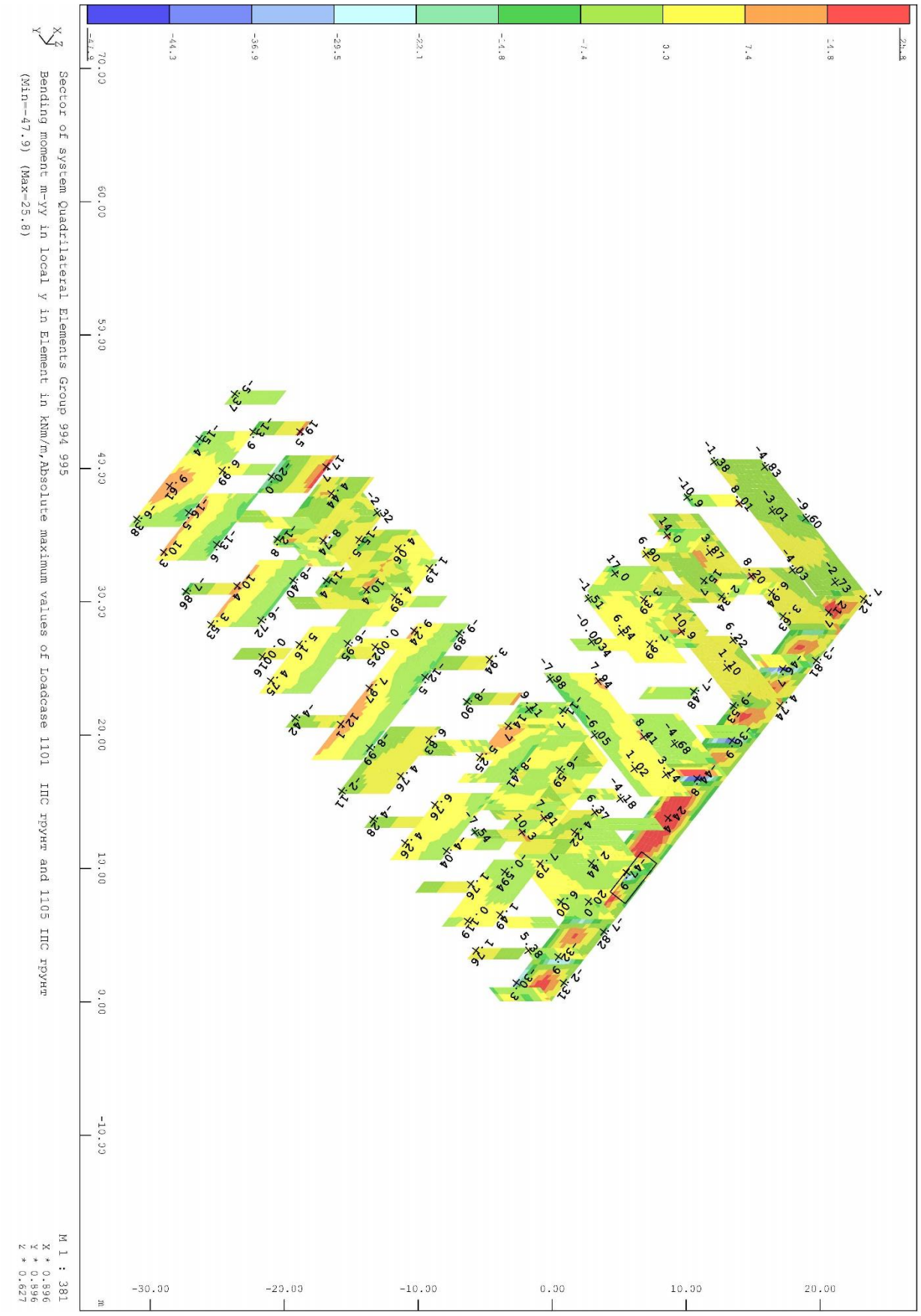
Вертикальные усилия (N) в стенах и пилонах -1 этажа, кН/м



Изгибающие моменты (Mx) в стенах и пилонах -1 этажа, кН*м/м

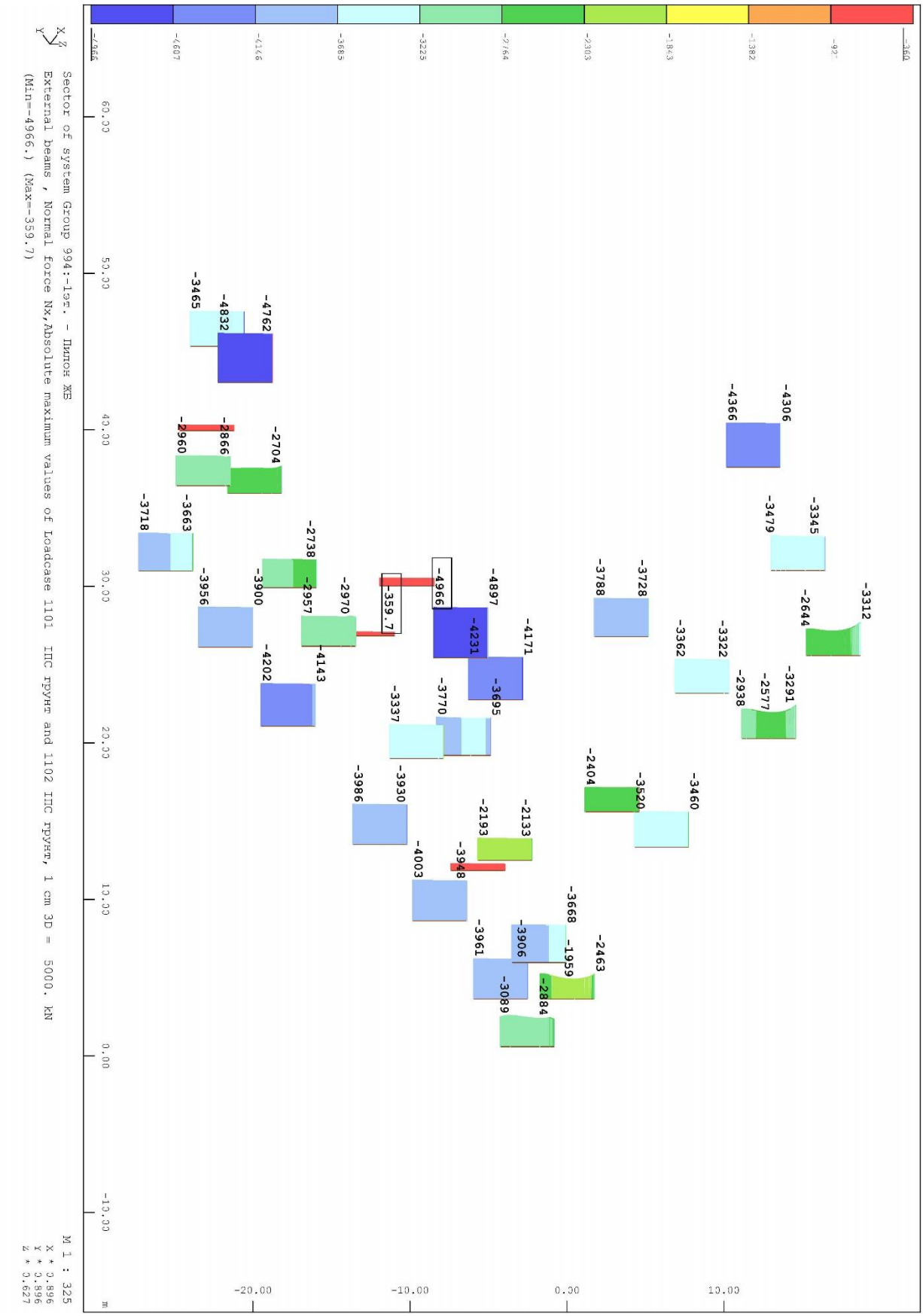


Изгибающие моменты (My) в стенах и пилонах -1 этажа, кН*м/м

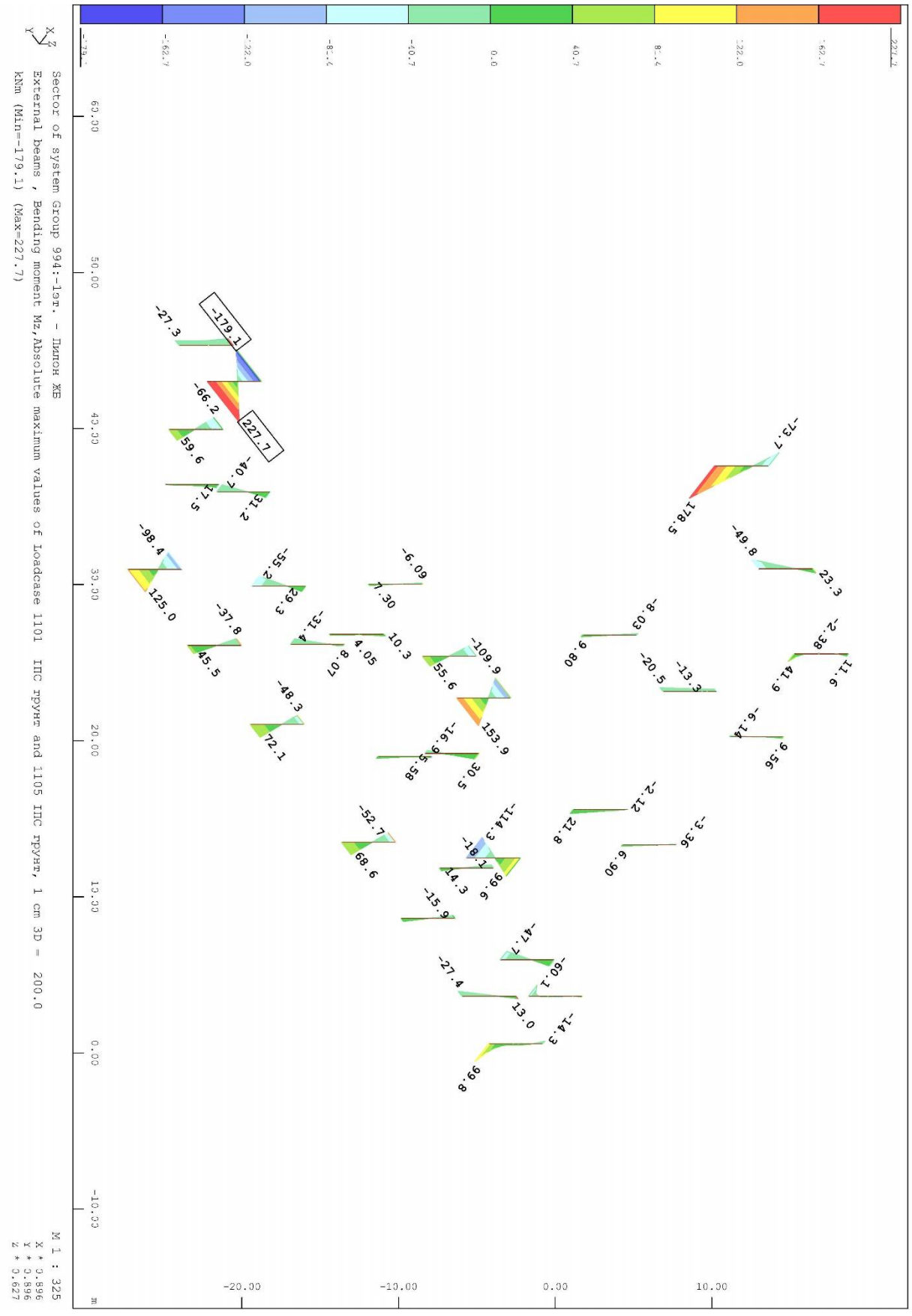


						1190-01-КР.Р4	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		393

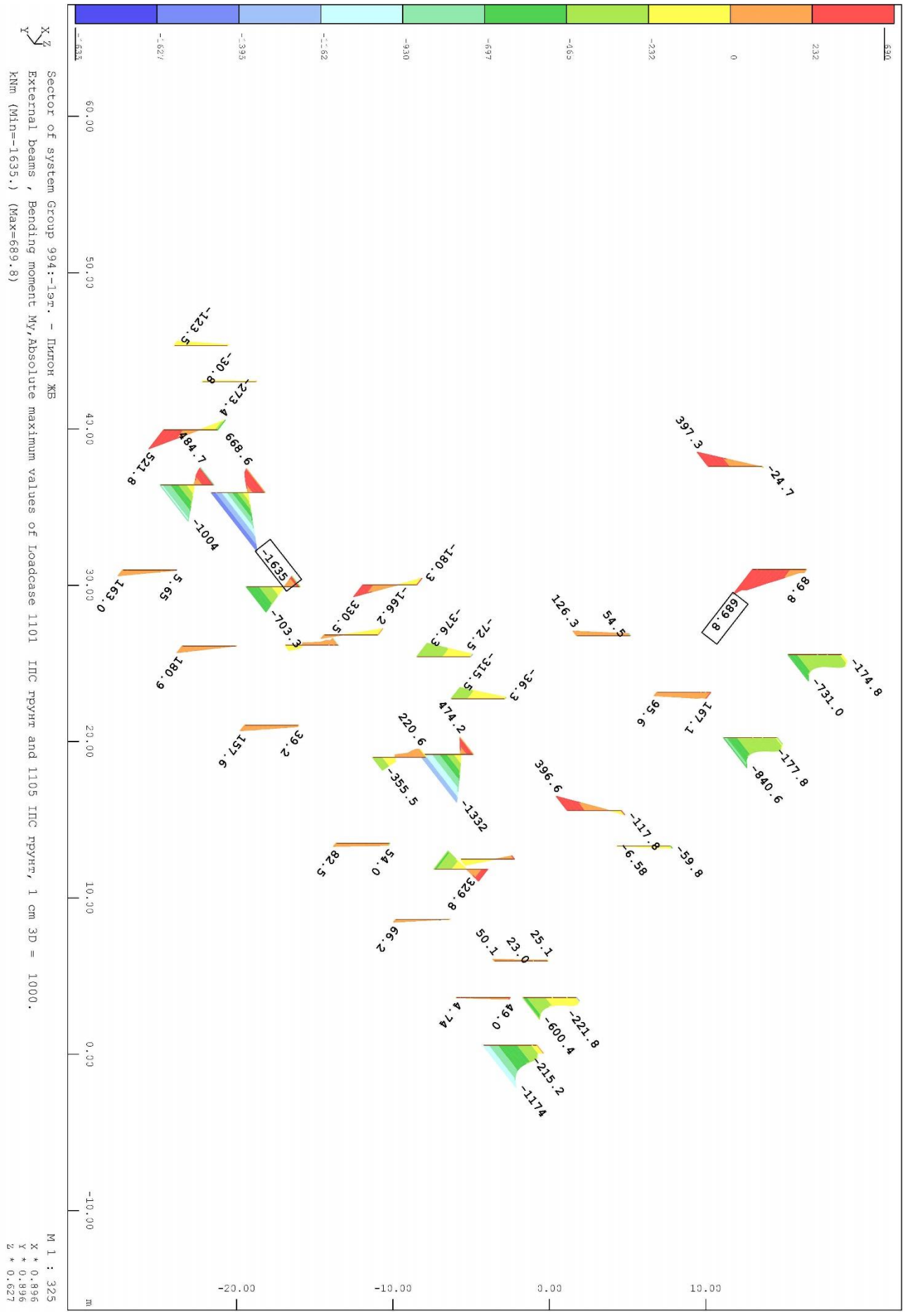
Вертикальные усилия (N) в пилонах -1 этажа, кН



Изгибающие моменты (Mz) из плоскости пилонов -1 этажа, кН*м



Изгибающие моменты (My) в плоскости пилонов -1 этажа, кН*м



Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата	1190-01-КР.Р4	Лист 396

ПИЛОН 200Х1200 В ОСЯХ 2.Д-2.Ж / 2.2-2.3 НА -1 ЭТАЖЕ

1.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 600$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 570$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 80$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 76$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 20$ см $= 0.2$м
- Ширина сечения $b = 120$ см $= 1.2$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.2 - 0.05 = 0.15$м
- Диаметр стержней $d_s = 20$мм $= 0.02$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 14)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 21.99$ см^2 $= 2.1991E - 003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A_s' = 21.99$ см^2 $= 2.1991E - 003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\% \frac{A_s + A_s'}{bh_0} = 100\% \frac{2.1991E-003 + 2.1991E-003}{1.2 \cdot 0.15} = 2.44\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона B30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.77$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.77 = 13.09$МПа $= 13090$кН/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_{b2} = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры A500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_{sc} = 400$МПа $= 400000$ кН/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 588$ см $= 5.88$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 5.88 \cdot 0.8 = 4.704$м
- Конструкция статически неопределимая

1.2. РАСЧЕТ

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$\frac{L}{600} = \frac{5.88}{600} = 0.01\text{м}$$

$$\frac{h}{30} = \frac{0.2}{30} = 0.007\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01\text{м}$

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{80}{600} = 0.133\text{м}$$

$$\delta_e = \frac{e_0}{h} = \frac{0.133}{0.2} = 0.667$$

$$M_1 = M + N\left(\frac{h}{2} - a\right) = 80 + 600 \cdot \left(\frac{0.2}{2} - 0.05\right) = 110\text{кНм}$$

$$M_{l1} = M_l + N_l\left(\frac{h}{2} - a\right) = 76 + 570 \cdot \left(\frac{0.2}{2} - 0.05\right) = 104.5\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + \frac{M_{l1}}{M_1} = \frac{104.5}{110} = 1.95$$

$$k_b = \frac{0.15}{\varphi_l(0.3 + \delta_e)} = \frac{0.15}{1.95(0.3 + 0.667)} = 0.08$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{1.2 \cdot 0.2^3}{12} = 8.00000E - 004\text{м}^4$$

$$I_s = A_s\left(\frac{h}{2} - a\right)^2 + A'_s\left(\frac{h}{2} - a'\right)^2$$

$$= 2.1991E - 003\left(\frac{0.2}{2} - 0.05\right)^2 + 2.1991E - 003\left(\frac{0.2}{2} - 0.05\right)^2$$
$$= 1.0996E - 005\text{м}^4$$

$$D = k_b E_b I + k_s E_s I_s$$
$$= 0.08 \cdot 32500000 \cdot 8.00000E - 004 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 1.09956E - 005$$
$$= 3608.35\text{кНм}^2$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 D}{l_0^2} = \frac{3.14^2 \cdot 3608.35}{4.704^2} = 1609.43\text{кН}$$

Условие $N = 600\text{кН} \leq N_{cr} = 1609.43\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{600}{1609.43}} = 1.594$$

$$e = e_0\eta + \frac{h_0 - a'}{2} = 0.133 \cdot 1.594 + \frac{0.15 - 0.05}{2} = 0.263\text{м}$$

$$\varepsilon_{sel} = \frac{R_s}{E_s} = \frac{435000}{200000000} = 0.002175$$

$$\xi_R = \frac{0.8}{1 + \frac{\varepsilon_{sel}}{\varepsilon_{bult}}} = \frac{0.8}{1 + \frac{0.002175}{0.0042}} = 0.527$$

$$x = \frac{N + R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_b b} = \frac{600 + 435000 \cdot 2.1991E-003 - 400000 \cdot 2.1991E-003}{13090 \cdot 1.2}$$
$$= 0.043\text{м}$$

$$\#\xi = x/h_0 = 0.043/0.15 = 0.287 < \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны принмается равной $\#x = 0.043$м

$$Ne \leq R_b b x(h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a')$$

$$Ne = 600 \cdot 0.263 = 157.55\text{кНм}$$

$$R_b b x(h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a')$$
$$= 13090 \cdot 1.2 \cdot 0.043(0.15 - 0.5 \cdot 0.043) + 400000 \cdot 2.1991E$$
$$- 003(0.15 - 0.05) = 174.92\text{кНм}$$

$$Ne = 157.55\text{кНм} \leq R_b b x(h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') = 174.92\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.9007

ПИЛОН 300Х1200 В ОСЯХ 2.Т-2.Ш / 2.1-2.2 НА -1 ЭТАЖЕ

1.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 4400$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 4180$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 170$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 161.5$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 30$ см $= 0.3$м
- Ширина сечения $b = 120$ см $= 1.2$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.3 - 0.05 = 0.25$м
- Диаметр стержней $d_s = 25$мм $= 0.025$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 14)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 34.36$ см^2 $= 3.4361E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 34.36$ см^2 $= 3.4361E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\% \frac{A_s + A'_s}{bh_0} = 100\% \frac{3.4361E-003 + 3.4361E-003}{1.2 \cdot 0.25} = 2.29\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.77$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.77 = 13.09$МПа $= 13090$кН/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_{b2} = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_{sc} = 400$МПа $= 400000$ кН/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 588$ см $= 5.88$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 5.88 \cdot 0.8 = 4.704$м
- Конструкция статически неопределимая

1.2. РАСЧЕТ

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$\frac{L}{600} = \frac{5.88}{600} = 0.01\text{м}$$

$$\frac{h}{30} = \frac{0.3}{30} = 0.01\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01\text{м}$

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{170}{4400} = 0.039\text{м}$$

$$\delta_e = \frac{e_0}{h} = \frac{0.039}{0.3} = 0.129$$

Так как $\delta_e = 0.129 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N\left(\frac{h}{2} - a\right) = 170 + 4400 \cdot \left(\frac{0.3}{2} - 0.05\right) = 610\text{кНм}$$

$$M_{l1} = M_l + N_l\left(\frac{h}{2} - a\right) = 161.5 + 4180 \cdot \left(\frac{0.3}{2} - 0.05\right) = 579.5\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + \frac{M_{l1}}{M_1} = \frac{579.5}{610} = 1.95$$

$$k_b = \frac{0.15}{\varphi_l(0.3 + \delta_e)} = \frac{0.15}{1.95(0.3 + 0.15)} = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{1.2 \cdot 0.3^3}{12} = 2.70000E - 003\text{м}^4$$

$$I_s = A_s\left(\frac{h}{2} - a\right)^2 + A_s'\left(\frac{h}{2} - a'\right)^2$$

$$= 3.4361E - 003\left(\frac{0.3}{2} - 0.05\right)^2 + 3.4361E - 003\left(\frac{0.3}{2} - 0.05\right)^2$$
$$= 6.8722E - 005\text{м}^4$$

$$D = k_b E_b I + k_s E_s I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 2.70000E - 003 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 6.87223E - 005$$
$$= 24621.13\text{кНм}^2$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 D}{l_0^2} = \frac{3.14^2 \cdot 24621.13}{4.704^2} = 10981.79\text{кН}$$

Условие $N = 4400\text{кН} \leq N_{cr} = 10981.79\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{4400}{10981.79}} = 1.669$$

$$e = e_0\eta + \frac{h_0 - a'}{2} = 0.039 \cdot 1.669 + \frac{0.25 - 0.05}{2} = 0.164\text{м}$$

$$\varepsilon_{sel} = \frac{R_s}{E_s} = \frac{435000}{200000000} = 0.002175$$

$$\xi_R = \frac{0.8}{1 + \frac{\varepsilon_{sel}}{\varepsilon_{bult}}} = \frac{0.8}{1 + \frac{0.002175}{0.0042}} = 0.527$$

$$x = \frac{N + R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_b b} = \frac{4400 + 435000 \cdot 3.4361E-003 - 400000 \cdot 3.4361E-003}{13090 \cdot 1.2} = 0.288\text{м}$$

$$\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{0.288}{0.25} = 1.151 > \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x = \frac{N + R_s A_s \frac{1 + \xi_R}{1 - \xi_R} - R_{sc} A'_s}{R_b b + \frac{2 R_s A_s}{h_0 (1 - \xi_R)}}$$

$$= \frac{4400 + 435000 \cdot 3.4361E-003 \frac{1 + 0.527}{1 - 0.527} - 400000 \cdot 3.4361E-003}{13090 \cdot 1.2 + \frac{2 \cdot 435000 \cdot 3.4361E-003}{0.25(1 - 0.527)}}$$

$$= 0.192\text{м}$$

$$Ne \leq R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a')$$

$$Ne = 4400 \cdot 0.164 = 723.65\text{кНм}$$

$$R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') = 13090 \cdot 1.2 \cdot 0.192(0.25 - 0.5 \cdot 0.192) + 400000 \cdot 3.4361E-003(0.25 - 0.05) = 738.93\text{кНм}$$

$$Ne = 723.65\text{кНм} \leq R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') = 738.93\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.9793

ПИЛОН 300Х1300 В ОСЯХ 2.И-2.Н / 2.4-2.5 НА -1 ЭТАЖЕ

1.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 5300$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 5035$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 130$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 123.5$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 30$ см $= 0.3$м
- Ширина сечения $b = 130$ см $= 1.3$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.3 - 0.05 = 0.25$м
- Диаметр стержней $d_s = 25$мм $= 0.025$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 14)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 34.36$ см^2 $= 3.4361E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 34.36$ см^2 $= 3.4361E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\% \frac{A_s + A'_s}{bh_0} = 100\% \frac{3.4361E-003 + 3.4361E-003}{1.3 \cdot 0.25} = 2.11\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.77$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.77 = 13.09$МПа $= 13090$кН/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_{b2} = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_{sc} = 400$МПа $= 400000$ кН/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 588$ см $= 5.88$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 5.88 \cdot 0.8 = 4.704$м
- Конструкция статически неопределимая

1.2. РАСЧЕТ

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$\frac{L}{600} = \frac{5.88}{600} = 0.01\text{м}$$

$$\frac{h}{30} = \frac{0.3}{30} = 0.01\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01\text{м}$

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{130}{5300} = 0.025\text{м}$$

$$\delta_e = \frac{e_0}{h} = \frac{0.025}{0.3} = 0.082$$

Так как $\delta_e = 0.082 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N\left(\frac{h}{2} - a\right) = 130 + 5300 \cdot \left(\frac{0.3}{2} - 0.05\right) = 660\text{кНм}$$

$$M_{l1} = M_l + N_l\left(\frac{h}{2} - a\right) = 123.5 + 5035 \cdot \left(\frac{0.3}{2} - 0.05\right) = 627\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + \frac{M_{l1}}{M_1} = \frac{627}{660} = 1.95$$

$$k_b = \frac{0.15}{\varphi_l(0.3 + \delta_e)} = \frac{0.15}{1.95(0.3 + 0.15)} = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{1.3 \cdot 0.3^3}{12} = 2.92500E - 003\text{м}^4$$

$$I_s = A_s\left(\frac{h}{2} - a\right)^2 + A_s'\left(\frac{h}{2} - a'\right)^2$$

$$= 3.4361E - 003\left(\frac{0.3}{2} - 0.05\right)^2 + 3.4361E - 003\left(\frac{0.3}{2} - 0.05\right)^2$$
$$= 6.8722E - 005\text{м}^4$$

$$D = k_b E_b I + k_s E_s I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 2.92500E - 003 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 6.87223E - 005$$
$$= 25871.13\text{кНм}^2$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 D}{l_0^2} = \frac{3.14^2 \cdot 25871.13}{4.704^2} = 11539.33\text{кН}$$

Условие $N = 5300\text{кН} \leq N_{cr} = 11539.33\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{5300}{11539.33}} = 1.849$$

$$e = e_0\eta + \frac{h_0 - a'}{2} = 0.025 \cdot 1.849 + \frac{0.25 - 0.05}{2} = 0.145\text{м}$$

$$\varepsilon_{sel} = \frac{R_s}{E_s} = \frac{435000}{200000000} = 0.002175$$

$$\xi_R = \frac{0.8}{1 + \frac{\varepsilon_{sel}}{\varepsilon_{bult}}} = \frac{0.8}{1 + \frac{0.002175}{0.0042}} = 0.527$$

$$x = \frac{N + R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_b b} = \frac{5300 + 435000 \cdot 3.4361E-003 - 400000 \cdot 3.4361E-003}{13090 \cdot 1.3} = 0.319\text{м}$$

$$\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{0.319}{0.25} = 1.274 > \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x = \frac{N + R_s A_s \frac{1+\xi_R}{1-\xi_R} - R_{sc} A'_s}{R_b b + \frac{2R_s A_s}{h_0(1-\xi_R)}}$$

$$= \frac{5300 + 435000 \cdot 3.4361E-003 \frac{1+0.527}{1-0.527} - 400000 \cdot 3.4361E-003}{13090 \cdot 1.3 + \frac{2 \cdot 435000 \cdot 3.4361E-003}{0.25(1-0.527)}}$$

$$= 0.207\text{м}$$

$$Ne \leq R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a')$$

$$Ne = 5300 \cdot 0.145 = 770.43\text{кНм}$$

$$R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') = 13090 \cdot 1.3 \cdot 0.207(0.25 - 0.5 \cdot 0.207) + 400000 \cdot 3.4361E - 003(0.25 - 0.05) = 790.86\text{кНм}$$

$$Ne = 770.43\text{кНм} \leq R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') = 790.86\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.9742

ПИЛОН 300Х1500 В ОСЯХ 2.Л-2.Р / 2.5-2.7 НА -1 ЭТАЖЕ

1.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 5400$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 5130$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 180$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 171$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 30$ см $= 0.3$м
- Ширина сечения $b = 150$ см $= 1.5$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.3 - 0.05 = 0.25$м
- Диаметр стержней $d_s = 25$мм $= 0.025$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 16)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 39.27$ см^2 $= 3.9270E - 003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 39.27$ см^2 $= 3.9270E - 003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\% \frac{A_s + A'_s}{bh_0} = 100\% \frac{3.9270E-003 + 3.9270E-003}{1.5 \cdot 0.25} = 2.09\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.77$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.77 = 13.09$МПа $= 13090$кН/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_{b2} = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_{sc} = 400$МПа $= 400000$ кН/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 588$ см $= 5.88$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 5.88 \cdot 0.8 = 4.704$м
- Конструкция статически неопределимая

1.2. РАСЧЕТ

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$\frac{L}{600} = \frac{5.88}{600} = 0.01\text{м}$$

$$\frac{h}{30} = \frac{0.3}{30} = 0.01\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01\text{м}$

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{180}{5400} = 0.033\text{м}$$

$$\delta_e = \frac{e_0}{h} = \frac{0.033}{0.3} = 0.111$$

Так как $\delta_e = 0.111 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N\left(\frac{h}{2} - a\right) = 180 + 5400 \cdot \left(\frac{0.3}{2} - 0.05\right) = 720\text{кНм}$$

$$M_{l1} = M_l + N_l\left(\frac{h}{2} - a\right) = 171 + 5130 \cdot \left(\frac{0.3}{2} - 0.05\right) = 684\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + \frac{M_{l1}}{M_1} = \frac{684}{720} = 1.95$$

$$k_b = \frac{0.15}{\varphi_l(0.3 + \delta_e)} = \frac{0.15}{1.95(0.3 + 0.15)} = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{1.5 \cdot 0.3^3}{12} = 3.37500E - 003\text{м}^4$$

$$I_s = A_s\left(\frac{h}{2} - a\right)^2 + A_s'\left(\frac{h}{2} - a'\right)^2$$

$$= 3.9270E - 003\left(\frac{0.3}{2} - 0.05\right)^2 + 3.9270E - 003\left(\frac{0.3}{2} - 0.05\right)^2$$
$$= 7.8540E - 005\text{м}^4$$

$$D = k_b E_b I + k_s E_s I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 3.37500E - 003 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 7.85398E - 005$$
$$= 29745.57\text{кНм}^2$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 D}{l_0^2} = \frac{3.14^2 \cdot 29745.57}{4.704^2} = 13267.45\text{кН}$$

Условие $N = 5400\text{кН} \leq N_{cr} = 13267.45\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{5400}{13267.45}} = 1.686$$

$$e = e_0\eta + \frac{h_0 - a'}{2} = 0.033 \cdot 1.686 + \frac{0.25 - 0.05}{2} = 0.156\text{м}$$

$$\varepsilon_{sel} = \frac{R_s}{E_s} = \frac{435000}{200000000} = 0.002175$$

$$\xi_R = \frac{0.8}{1 + \frac{\varepsilon_{sel}}{\varepsilon_{bult}}} = \frac{0.8}{1 + \frac{0.002175}{0.0042}} = 0.527$$

$$x = \frac{N + R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_b b} = \frac{5400 + 435000 \cdot 3.9270E-003 - 400000 \cdot 3.9270E-003}{13090 \cdot 1.5} = 0.282\text{м}$$

$$\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{0.282}{0.25} = 1.128 > \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x = \frac{N + R_s A_s \frac{1 + \xi_R}{1 - \xi_R} - R_{sc} A'_s}{R_b b + \frac{2 R_s A_s}{h_0 (1 - \xi_R)}}$$

$$= \frac{5400 + 435000 \cdot 3.9270E-003 \frac{1 + 0.527}{1 - 0.527} - 400000 \cdot 3.9270E-003}{13090 \cdot 1.5 + \frac{2 \cdot 435000 \cdot 3.9270E-003}{0.25(1 - 0.527)}}$$

$$= 0.193\text{м}$$

$$Ne \leq R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a')$$

$$Ne = 5400 \cdot 0.156 = 843.55\text{кНм}$$

$$R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') = 13090 \cdot 1.5 \cdot 0.193(0.25 - 0.5 \cdot 0.193) + 400000 \cdot 3.9270E-003(0.25 - 0.05) = 895.36\text{кНм}$$

$$Ne = 843.55\text{кНм} \leq R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') = 895.36\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.9421

Проверка армирования стены -1 этажа толщиной 200 мм

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	132,6	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	9,0	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,77		γ_s	1,0	
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h= 200 мм -высота сечения колонны
b= 1000 мм -ширина сечения колонны
a= 50 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона
a'= 50 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона
L= 5880 мм -высота колонны
μ= 0,8 -коэффициент расчетной длины
h_0= 150 мм -рабочая высота сечения
L_0= 470 см -расчетная высота колонны

Усилия:

N= 100 тс -продольная сила
M= 4 тс· м -момент от полной нагрузки
M_l= 3,2 тс· м -момент от длительных нагрузок

Армирование:

Растянутая арматура
$d_{s,ф}$= 16 мм -диаметр основной арматуры
$n_ф$= 5 шт -количество основной арматуры
$d_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$n_д$= 0 шт -количество дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 10,1 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 10,1 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура
$d'_{s,ф}$= 16 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 5 шт -колчество основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 0 шт -количество дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 10,1 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 10,1 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 0,27 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,02 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 4,6 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет:

e_0= 4 см -эксцентриситет приложения продольной силы к сечению
x= 7,62 см -высота сжатой зоны бетона
I= 66666,667 см⁴ -момент инерции площади бетона
I_s= 505,93162 см⁴ -момент инерции площади арматуры
δ_e= 0,2 -относительное значение эксцентриситета продольной силы
φ_l= 1,8 -коэффициент, учитывающий влияние длительности нагрузки
k_b= 0,17
k_s= 0,7
D= 4,405E+09 кгс· см² -жесткость железобетонного элемента в предельной по прочности стадии
N_{cr}= 196,46 тс -условная критическая сила
η= 2,04 -коэффициент, учитывающий влияние продольного изгиба
e= 13,1 см -расстояние от точки приложения продольной силы N до центра тяжести сечения растянутой или наименее сжатой арматуры

$N \cdot e \le R_b \cdot b \cdot x(h_0 - 0,5x) + R_{sc} \cdot A'_s \cdot (h_0 - a')$ = 15,407 тс· м

1 условие прочности выполнено

$N \cdot e$ = 13,147 тс· м

Проверка армирования стены -1 этажа толщиной 220 мм

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	132,6	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	9,0	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,77		γ_s	1,0	
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h= 220 мм -высота сечения колонны
b= 1000 мм -ширина сечения колонны
a= 50 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона
a'= 50 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона
L= 5880 мм -высота колонны
μ= 0,8 -коэффициент расчетной длины
h_0= 170 мм -рабочая высота сечения
L_0= 470 см -расчетная высота колонны

Усилия:

N= 130 тс -продольная сила
M= 5 тс· м -момент от полной нагрузки
M_l= 4 тс· м -момент от длительных нагрузок

Армирование:

Растянутая арматура
$d_{s,ф}$= 16 мм -диаметр основной арматуры
$n_ф$= 5 шт -количество основной арматуры
$d_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$n_д$= 0 шт -количество дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 10,1 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 10,1 см² -суммарная площадь растянутой арматуры
Сжатая арматура
$d'_{s,ф}$= 16 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 5 шт -колчество основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 0 шт -количество дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 10,1 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 10,1 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 0,27 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,02 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 5,5 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет:

e_0= 3,85 см -эксцентриситет приложения продольной силы к сечению
x= 9,33 см -высота сжатой зоны бетона
I= 88733,333 см⁴ -момент инерции площади бетона
I_s= 727,09975 см⁴ -момент инерции площади арматуры
δ_e= 0,17 -относительное значение эксцентриситета продольной силы
φ_l= 1,8 -коэффициент, учитывающий влияние длительности нагрузки
k_b= 0,18
k_s= 0,7
D= 6,199E+09 кгс· см² -жесткость железобетонного элемента в предельной по прочности стадии
N_{cr}= 276,5 тс -условная критическая сила
η= 1,89 -коэффициент, учитывающий влияние продольного изгиба
e= 13,3 см -расстояние от точки приложения продольной силы N до центра тяжести сечения растянутой или наименее сжатой арматуры

$N \cdot e \le R_b \cdot b \cdot x(h_0 - 0{,}5x) + R_{sc} \cdot A'_s \cdot (h_0 - a')$ = 20,187 тс· м

1 условие прочности выполнено

$N \cdot e$ = 17,237 тс· м

Проверка армирования стены -1 этажа толщиной 250 мм

Класс бетона: B30 | Класс арматуры: A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	132,6	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	9,0	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,77		γ_s	1,0	
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h= 250 мм -высота сечения колонны
b= 1000 мм -ширина сечения колонны
a= 50 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона
a'= 50 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона
L= 5880 мм -высота колонны
μ= 0,8 -коэффициент расчетной длины
h_0= 200 мм -рабочая высота сечения
L_0= 470 см -расчетная высота колонны

Усилия:

N= 210 тс -продольная сила
M= 5 тс· м -момент от полной нагрузки
M_l= 4 тс· м -момент от длительных нагрузок

Армирование:

Растянутая арматура
$d_{s,ф}$= 16 мм -диаметр основной арматуры
$n_ф$= 5 шт -количество основной арматуры
$d_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$n_д$= 0 шт -количество дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 10,1 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 10,1 см² -суммарная площадь растянутой арматуры
Сжатая арматура
$d'_{s,ф}$= 16 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 5 шт -колчество основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 0 шт -количество дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 10,1 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 10,1 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 0,27 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,01 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 6,9 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет:

e_0= 2,38 см -эксцентриситет приложения продольной силы к сечению
x= 13,6 см -высота сжатой зоны бетона
I= 130208,33 см⁴ -момент инерции площади бетона
I_s= 1134,2502 см⁴ -момент инерции площади арматуры
δ_e= 0,15 -относительное значение эксцентриситета продольной силы
φ_l= 1,8 -коэффициент, учитывающий влияние длительности нагрузки
k_b= 0,19
k_0= 0,7
D= 9,61E+09 кгс· см² -жесткость железобетонного элемента в предельной по прочности стадии
N_{cr}= 428,65 тс -условная критическая сила
η= 1,96 -коэффициент, учитывающий влияние продольного изгиба
e= 12,2 см -расстояние от точки приложения продольной силы N до центра тяжести сечения растянутой или наименее сжатой арматуры

$N \cdot e \le R_b \cdot b \cdot x(h_0 - 0{,}5x) + R_{sc} \cdot A'_s \cdot (h_0 - a')$ = 29,972 тс· м

1 условие прочности выполнено

$N \cdot e$ = 25,552 тс· м

Проверка армирования стены -1 этажа толщиной 300 мм

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	132,6	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	9,0	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,77		γ_s	1,0	
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h=	300	мм	-высота сечения колонны
b=	1000	мм	-ширина сечения колонны
a=	50	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона
a'=	50	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона
L=	5880	мм	-высота колонны
μ=	0,8		-коэффициент расчетной длины
h_0=	250	мм	-рабочая высота сечения
L_0=	470	см	-расчетная высота колонны

Усилия:

N=	240	тс	-продольная сила
M=	13	тс· м	-момент от полной нагрузки
M_l=	4,8	тс· м	-момент от длительных нагрузок

Армирование:

Растянутая арматура

$d_{s,ф}$=	16	мм	-диаметр основной арматуры
$n_ф$=	5	шт	-количество основной арматуры
$d_{s,д}$=	0	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$n_д$=	0	шт	-количество дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$=	10,1	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	10,1	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,ф}$=	16	мм	-диаметр основной арматуры
$s'_ф$=	5	шт	-колчество основной арматуры
$d'_{s,д}$=	0	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=	0	шт	-количество дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$=	10,1	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	10,1	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x=	0,27	см	-высота сжатой зоны бетона
ξ=	0,01		-относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}=	9,1	тс· м	-предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет:

e_0=	5,42	см	-эксцентриситет приложения продольной силы к сечению
x=	16,3	см	-высота сжатой зоны бетона
I=	225000	см⁴	-момент инерции площади бетона
I_s=	2013,8961	см⁴	-момент инерции площади арматуры
δ_e=	0,18		-относительное значение эксцентриситета продольной силы
φ_l=	1,37		-коэффициент, учитывающий влияние длительности нагрузки
k_b=	0,23		
k_s=	0,7		
D=	1,987E+10	кгс· см²	-жесткость железобетонного элемента в предельной по прочности стадии
N_{cr}=	886,43	тс	-условная критическая сила
η=	1,37		-коэффициент, учитывающий влияние продольного изгиба
e=	17,4	см	-расстояние от точки приложения продольной силы N до центра тяжести сечения растянутой или наименее сжатой арматуры

$N \cdot e \le R_b \cdot b \cdot x(h_0 - 0,5x) + R_{sc} \cdot A'_s \cdot (h_0 - a')$ = 44,596 тс· м

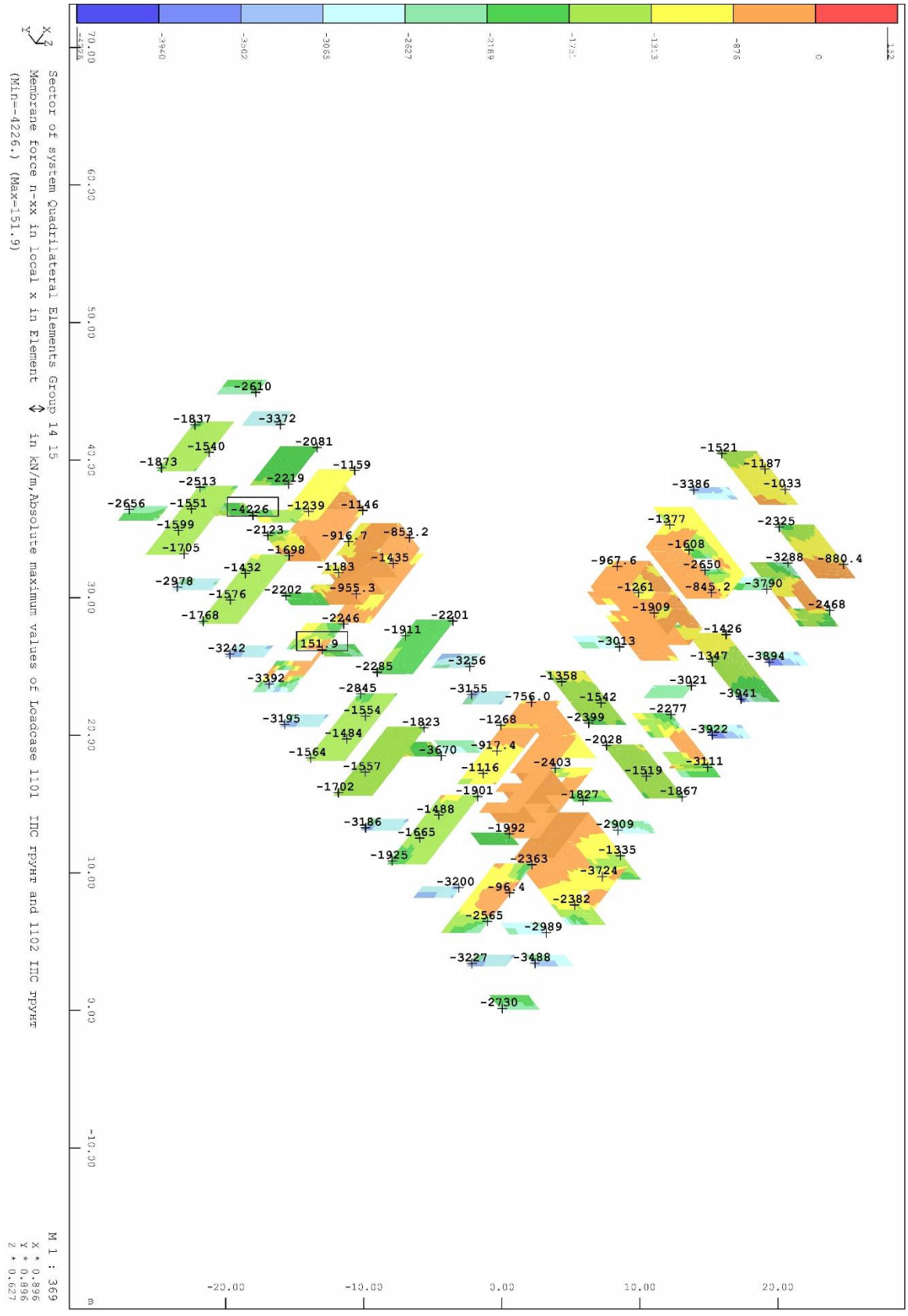
1 условие прочности выполнено

$N \cdot e$ = 41,826 тс· м

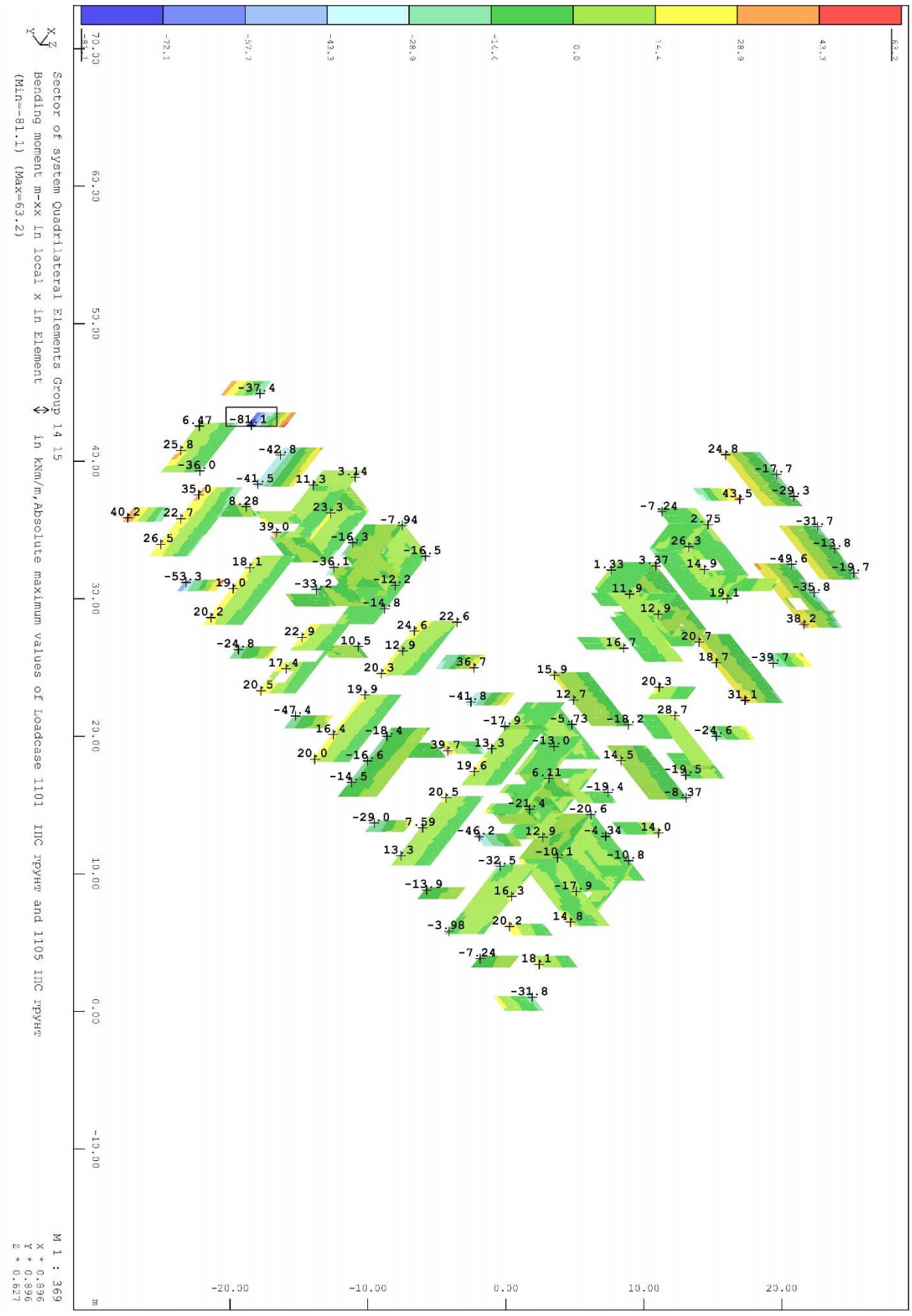
6.12. НЕСУЩИЕ СТЕНЫ И ПИЛОНЫ НАДЗЕМНОЙ ЧАСТИ

6.12.1. НЕСУЩИЕ СТЕНЫ И ПИЛОНЫ 1 ЭТАЖА

Вертикальные усилия (N) в стенах и пилонах 1 этажа, кН/м

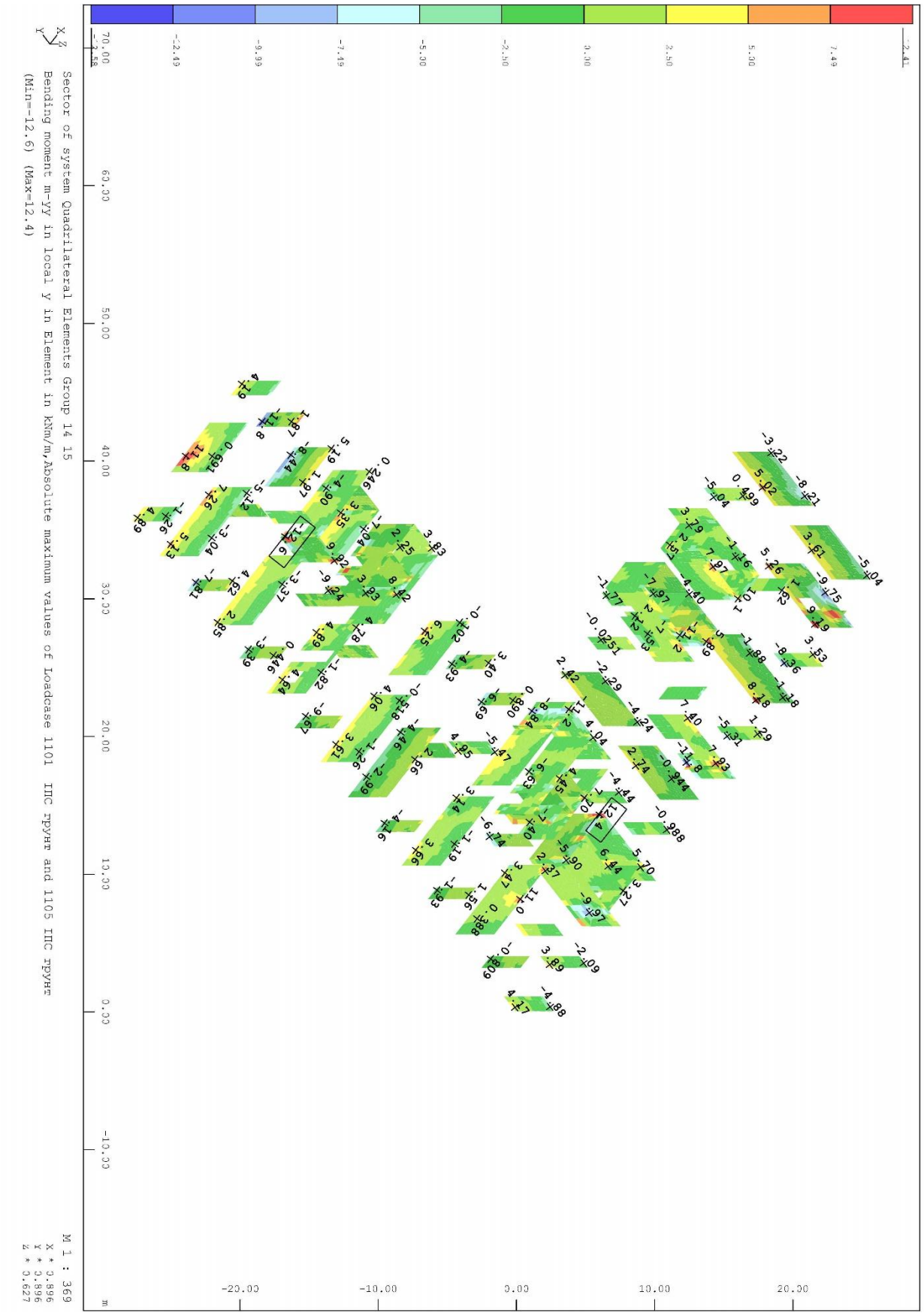


Изгибающие моменты (Mx) в стенах и пилонах 1 этажа, кН*м/м

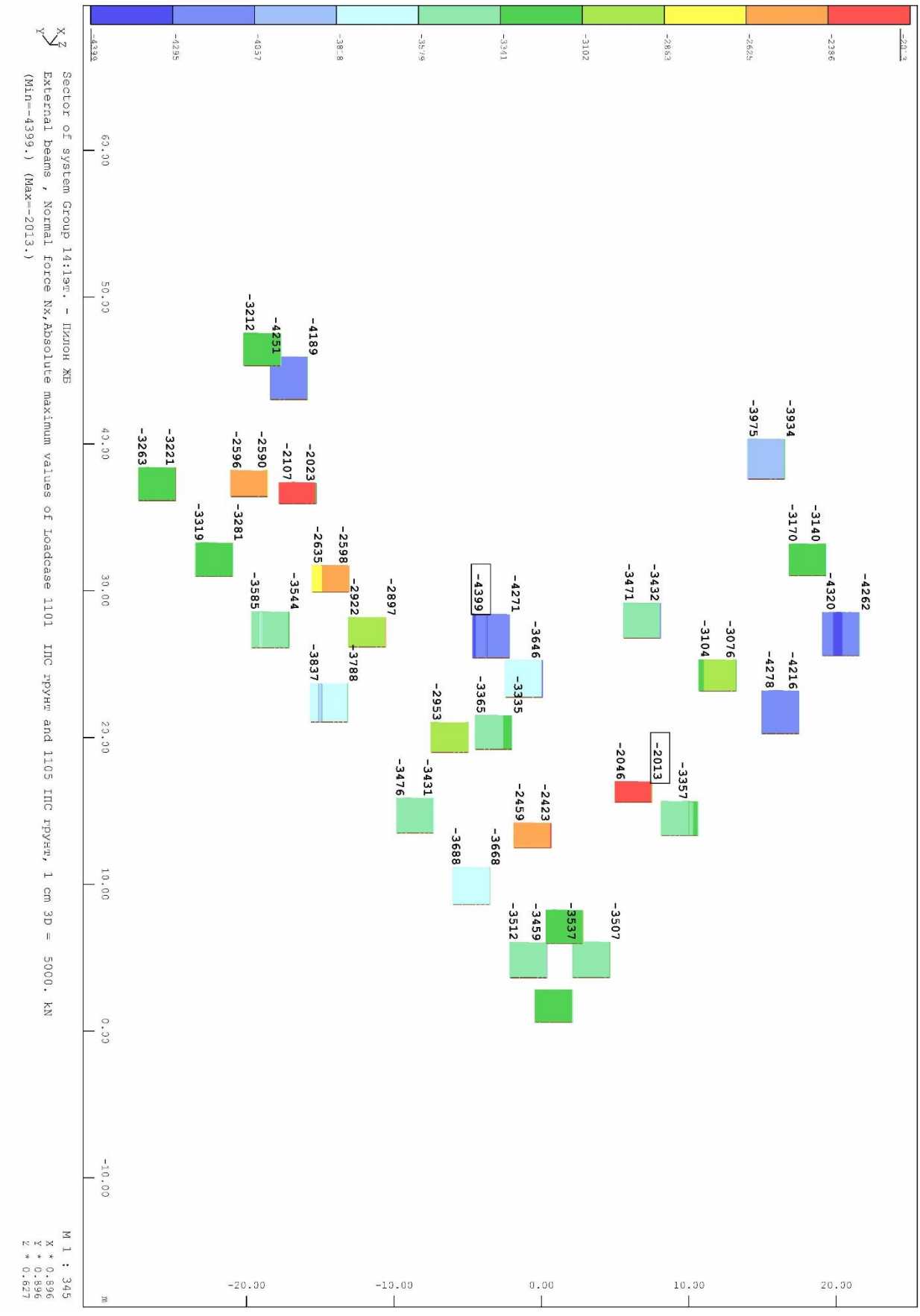


						1190-01-КР.Р4	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		414

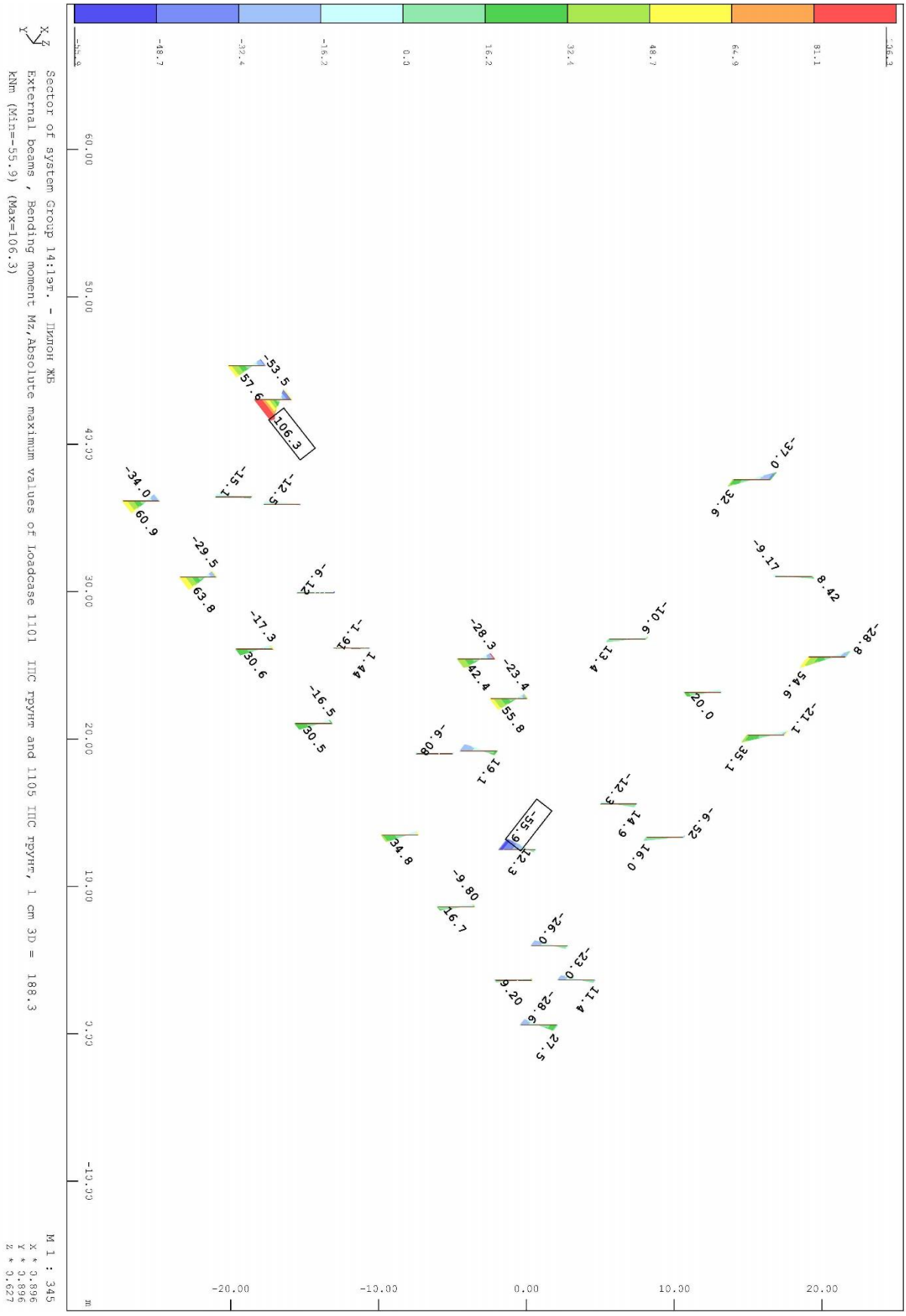
Изгибающие моменты (My) в стенах и пилонах 1 этажа, кН*м/м



Вертикальные усилия (N) в пилонах 1 этажа, кН

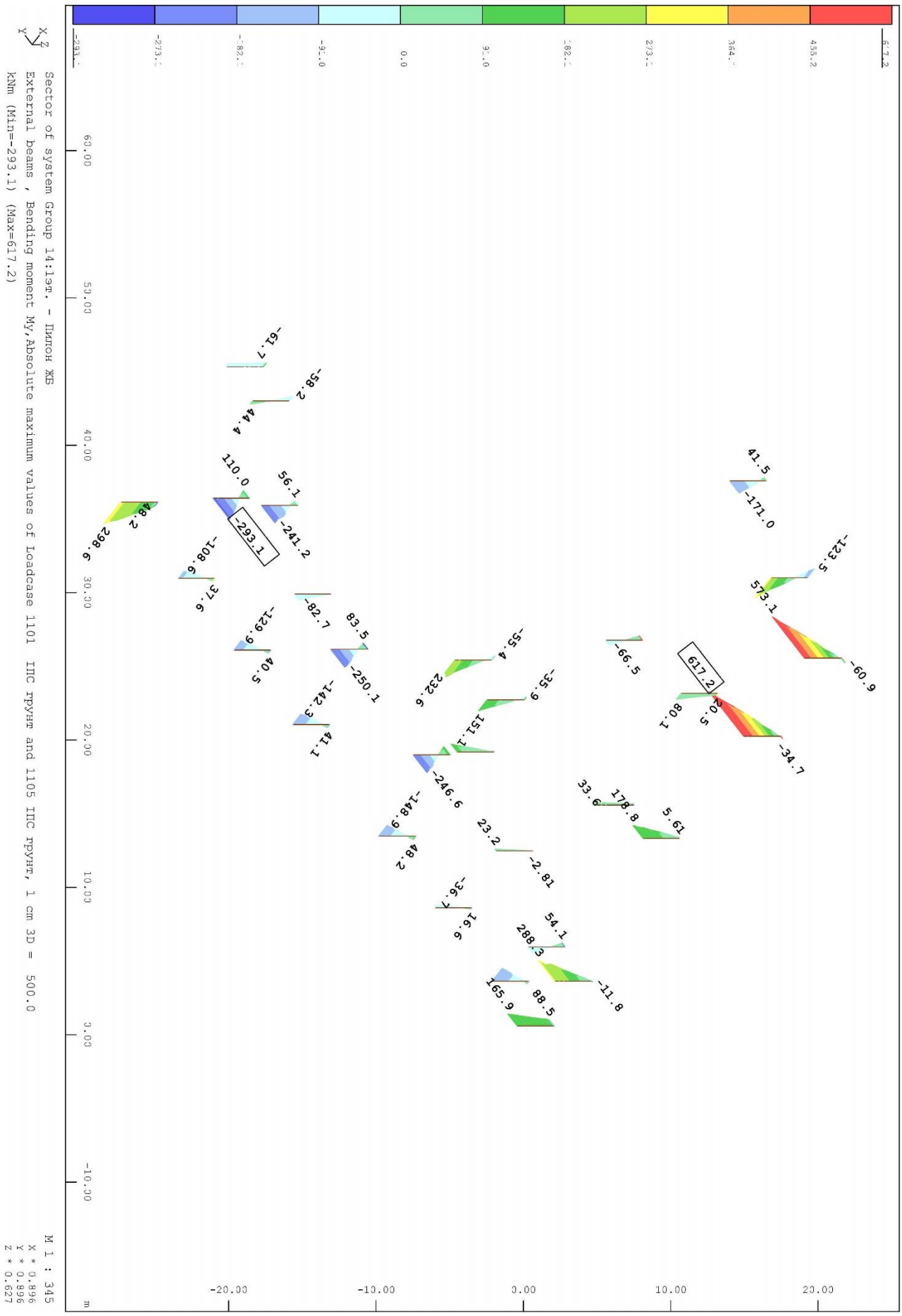


Изгибающие моменты (Mz) из плоскости пилонов 1 этажа, кН*м



Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата	1190-01-КР.Р4	Лист 417

Изгибающие моменты (My) в плоскости пилонов 1 этажа, кН*м



						1190-01-КР.Р4	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		418

ПИЛОН 250Х1200 В ОСЯХ 2.Т-2.Ш / 2.1-2.2 НА 1 ЭТАЖЕ

1.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 3800$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 3610$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 90$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 85.5$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 25$ см $= 0.25$м
- Ширина сечения $b = 120$ см $= 1.2$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.25 - 0.05 = 0.2$м
- Диаметр стержней $d_s = 25$мм $= 0.025$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 14)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 34.36$ см^2 $= 3.4361E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 34.36$ см^2 $= 3.4361E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\% \frac{A_s + A'_s}{bh_0} = 100\% \frac{3.4361E-003 + 3.4361E-003}{1.2 \cdot 0.2} = 2.86\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.77$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.77 = 13.09$МПа $= 13090$кН/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_{b2} = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_{sc} = 400$МПа $= 400000$ кН/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 430$ см $= 4.3$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 1$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 4.3 \cdot 1 = 4.3$м
- Конструкция статически неопределимая

1.2. РАСЧЕТ

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$\frac{L}{600} = \frac{4.3}{600} = 0.007\text{м}$$

$$\frac{h}{30} = \frac{0.25}{30} = 0.008\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01\text{м}$

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{90}{3800} = 0.024\text{м}$$

$$\delta_e = \frac{e_0}{h} = \frac{0.024}{0.25} = 0.095$$

Так как $\delta_e = 0.095 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N\left(\frac{h}{2} - a\right) = 90 + 3800 \cdot \left(\frac{0.25}{2} - 0.05\right) = 375\text{кНм}$$

$$M_{l1} = M_l + N_l\left(\frac{h}{2} - a\right) = 85.5 + 3610 \cdot \left(\frac{0.25}{2} - 0.05\right) = 356.25\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + \frac{M_{l1}}{M_1} = \frac{356.25}{375} = 1.95$$

$$k_b = \frac{0.15}{\varphi_l(0.3 + \delta_e)} = \frac{0.15}{1.95(0.3 + 0.15)} = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{1.2 \cdot 0.25^3}{12} = 1.56250E - 003\text{м}^4$$

$$I_s = A_s\left(\frac{h}{2} - a\right)^2 + A_s'\left(\frac{h}{2} - a'\right)^2$$

$$= 3.4361E - 003\left(\frac{0.25}{2} - 0.05\right)^2 + 3.4361E - 003\left(\frac{0.25}{2} - 0.05\right)^2$$

$$= 3.8656E - 005\text{м}^4$$

$$D = k_b E_b I + k_s E_s I_s$$

$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 1.56250E - 003 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 3.86563E - 005$$

$$= 14092.44\text{кНм}^2$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 D}{l_0^2} = \frac{3.14^2 \cdot 14092.44}{4.3^2} = 7522.27\text{кН}$$

Условие $N = 3800\text{кН} \leq N_{cr} = 7522.27\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{3800}{7522.27}} = 2.021$$

$$e = e_0\eta + \frac{h_0 - a'}{2} = 0.024 \cdot 2.021 + \frac{0.2 - 0.05}{2} = 0.123\text{м}$$

$$\varepsilon_{sel} = \frac{R_s}{E_s} = \frac{435000}{200000000} = 0.002175$$

$$\xi_R = \frac{0.8}{1 + \frac{\varepsilon_{sel}}{\varepsilon_{bult}}} = \frac{0.8}{1 + \frac{0.002175}{0.0042}} = 0.527$$

$$x = \frac{N + R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_b b} = \frac{3800 + 435000 \cdot 3.4361E-003 - 400000 \cdot 3.4361E-003}{13090 \cdot 1.2} = 0.25\text{м}$$

$$\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{0.25}{0.2} = 1.248 > \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x = \frac{N + R_s A_s \frac{1 + \xi_R}{1 - \xi_R} - R_{sc} A'_s}{R_b b + \frac{2 R_s A_s}{h_0 (1 - \xi_R)}}$$

$$= \frac{3800 + 435000 \cdot 3.4361E-003 \frac{1 + 0.527}{1 - 0.527} - 400000 \cdot 3.4361E-003}{13090 \cdot 1.2 + \frac{2 \cdot 435000 \cdot 3.4361E-003}{0.2(1 - 0.527)}}$$

$$= 0.153\text{м}$$

$$Ne \leq R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a')$$

$$Ne = 3800 \cdot 0.123 = 466.88\text{кНм}$$

$$R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a')$$

$$= 13090 \cdot 1.2 \cdot 0.153(0.2 - 0.5 \cdot 0.153) + 400000 \cdot 3.4361E-003(0.2 - 0.05) = 503.18\text{кНм}$$

$$Ne = 466.88\text{кНм} \leq R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') = 503.18\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.9279

ПИЛОН 250Х1300 В ОСЯХ 2.Е-2.Ж / 2.17-2.21 НА 1 ЭТАЖЕ

1.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 4200\text{кН}$
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 3990\text{кН}$
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 50\text{кНм}$
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 47.5\text{кНм}$
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 25\text{ см} = 0.25\text{м}$
- Ширина сечения $b = 130\text{ см} = 1.3\text{м}$
- Расстояние до центра арматуры $a = 5\text{ см} = 0.05\text{м}$
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5\text{ см} = 0.05\text{м}$
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.25 - 0.05 = 0.2\text{м}$
- Диаметр стержней $d_s = 20\text{мм} = 0.02\text{м}$
- Количество стержней в сечении $n_s = 14)\text{ шт}$
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 21.99\text{ см}^2 = 2.1991E-003\text{м}^2$
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 21.99\text{ см}^2 = 2.1991E-003\text{м}^2$
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%\frac{A_s+A'_s}{bh_0} = 100\%\frac{2.1991E-003 + 2.1991E-003}{1.3 \cdot 0.2} = 1.69\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.77$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.77 = 13.09\text{МПа} = 13090\text{кН/м}^2$
- Модуль упругости $E_b = 32500\text{МПа} = 32500000\text{ кН/м}^2$
- Относительные деформации $\varepsilon_{b2} = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435\text{МПа} = 435000\text{ кН/м}^2$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_{sc} = 400\text{МПа} = 400000\text{ кН/м}^2$
- Модуль упругости $E_s = 200000\text{МПа} = 200000000\text{ кН/м}^2$

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 430\text{ см} = 4.3\text{м}$
- Коэффициент приведения длины $\mu = 1$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 4.3 \cdot 1 = 4.3\text{м}$
- Конструкция статически неопределимая

1.2. РАСЧЕТ

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$\frac{L}{600} = \frac{4.3}{600} = 0.007\text{м}$$

$$\frac{h}{30} = \frac{0.25}{30} = 0.008\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01\text{м}$

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{50}{4200} = 0.012\text{м}$$

$$\delta_e = \frac{e_0}{h} = \frac{0.012}{0.25} = 0.048$$

Так как $\delta_e = 0.048 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N\left(\frac{h}{2} - a\right) = 50 + 4200 \cdot \left(\frac{0.25}{2} - 0.05\right) = 365\text{кНм}$$

$$M_{l1} = M_l + N_l\left(\frac{h}{2} - a\right) = 47.5 + 3990 \cdot \left(\frac{0.25}{2} - 0.05\right) = 346.75\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + \frac{M_{l1}}{M_1} = \frac{346.75}{365} = 1.95$$

$$k_b = \frac{0.15}{\varphi_l(0.3 + \delta_e)} = \frac{0.15}{1.95(0.3 + 0.15)} = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{1.3 \cdot 0.25^3}{12} = 1.69271E - 003\text{м}^4$$

$$I_s = A_s\left(\frac{h}{2} - a\right)^2 + A'_s\left(\frac{h}{2} - a'\right)^2$$

$$= 2.1991E - 003\left(\frac{0.25}{2} - 0.05\right)^2 + 2.1991E - 003\left(\frac{0.25}{2} - 0.05\right)^2$$
$$= 2.4740E - 005\text{м}^4$$

$$D = k_b E_b I + k_s E_s I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 1.69271E - 003 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 2.47400E - 005$$
$$= 12867.54\text{кНм}^2$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 D}{l_0^2} = \frac{3.14^2 \cdot 12867.54}{4.3^2} = 6868.44\text{кН}$$

Условие $N = 4200\text{кН} \leq N_{cr} = 6868.44\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{4200}{6868.44}} = 2.574$$

$$e = e_0\eta + \frac{h_0 - a'}{2} = 0.012 \cdot 2.574 + \frac{0.2 - 0.05}{2} = 0.106\text{м}$$

$$\varepsilon_{sel} = \frac{R_s}{E_s} = \frac{435000}{200000000} = 0.002175$$

$$\xi_R = \frac{0.8}{1 + \frac{\varepsilon_{sel}}{\varepsilon_{bult}}} = \frac{0.8}{1 + \frac{0.002175}{0.0042}} = 0.527$$

$$x = \frac{N + R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_b b} = \frac{4200 + 435000 \cdot 2.1991E-003 - 400000 \cdot 2.1991E-003}{13090 \cdot 1.3} = 0.251\text{м}$$

$$\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{0.251}{0.2} = 1.257 > \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x = \frac{N + R_s A_s \frac{1+\xi_R}{1-\xi_R} - R_{sc} A'_s}{R_b b + \frac{2R_s A_s}{h_0(1-\xi_R)}}$$

$$= \frac{4200 + 435000 \cdot 2.1991E-003 \frac{1+0.527}{1-0.527} - 400000 \cdot 2.1991E-003}{13090 \cdot 1.3 + \frac{2 \cdot 435000 \cdot 2.1991E-003}{0.2(1-0.527)}}$$

$$= 0.172\text{м}$$

$$Ne \leq R_b b x(h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a')$$

$$Ne = 4200 \cdot 0.106 = 443.7\text{кНм}$$

$$R_b b x(h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a')$$
$$= 13090 \cdot 1.3 \cdot 0.172(0.2 - 0.5 \cdot 0.172) + 400000 \cdot 2.1991E$$
$$- 003(0.2 - 0.05) = 465.66\text{кНм}$$

$$Ne = 443.7\text{кНм} \leq R_b b x(h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') = 465.66\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.9528

ПИЛОН 250Х1400 В ОСЯХ 2.А-2.Б / 2.15-2.17 НА 1 ЭТАЖЕ

1.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 4400$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 4180$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 60$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 57$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 25$ см $= 0.25$м
- Ширина сечения $b = 140$ см $= 1.4$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.25 - 0.05 = 0.2$м
- Диаметр стержней $d_s = 20$мм $= 0.02$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 16)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 25.13$ см^2 $= 2.5133E - 003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 25.13$ см^2 $= 2.5133E - 003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\% \frac{A_s + A'_s}{bh_0} = 100\% \frac{2.5133E-003 + 2.5133E-003}{1.4 \cdot 0.2} = 1.8\,\%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.77$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.77 = 13.09$МПа $= 13090$кН/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_{b2} = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_{sc} = 400$МПа $= 400000$ кН/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 430$ см $= 4.3$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 1$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 4.3 \cdot 1 = 4.3$м
- Конструкция статически неопределимая

1.2. РАСЧЕТ

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$\frac{L}{600} = \frac{4.3}{600} = 0.007\text{м}$$

$$\frac{h}{30} = \frac{0.25}{30} = 0.008\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01\text{м}$

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{60}{4400} = 0.014\text{м}$$

$$\delta_e = \frac{e_0}{h} = \frac{0.014}{0.25} = 0.055$$

Так как $\delta_e = 0.055 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N\left(\frac{h}{2} - a\right) = 60 + 4400 \cdot \left(\frac{0.25}{2} - 0.05\right) = 390\text{кНм}$$

$$M_{l1} = M_l + N_l\left(\frac{h}{2} - a\right) = 57 + 4180 \cdot \left(\frac{0.25}{2} - 0.05\right) = 370.5\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + \frac{M_{l1}}{M_1} = \frac{370.5}{390} = 1.95$$

$$k_b = \frac{0.15}{\varphi_l(0.3 + \delta_e)} = \frac{0.15}{1.95(0.3 + 0.15)} = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{1.4 \cdot 0.25^3}{12} = 1.82292E - 003\text{м}^4$$

$$I_s = A_s\left(\frac{h}{2} - a\right)^2 + A_s'\left(\frac{h}{2} - a'\right)^2$$

$$= 2.5133E - 003\left(\frac{0.25}{2} - 0.05\right)^2 + 2.5133E - 003\left(\frac{0.25}{2} - 0.05\right)^2$$

$$= 2.8274E - 005\text{м}^4$$

$$D = k_b E_b I + k_s E_s I_s$$

$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 1.82292E - 003 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 2.82743E - 005$$

$$= 14085.72\text{кНм}^2$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 D}{l_0^2} = \frac{3.14^2 \cdot 14085.72}{4.3^2} = 7518.69\text{кН}$$

Условие $N = 4400\text{кН} \leq N_{cr} = 7518.69\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{4400}{7518.69}} = 2.411$$

$$e = e_0\eta + \frac{h_0 - a'}{2} = 0.014 \cdot 2.411 + \frac{0.2 - 0.05}{2} = 0.108\text{м}$$

$$\varepsilon_{sel} = \frac{R_s}{E_s} = \frac{435000}{200000000} = 0.002175$$

$$\xi_R = \frac{0.8}{1 + \frac{\varepsilon_{sel}}{\varepsilon_{bult}}} = \frac{0.8}{1 + \frac{0.002175}{0.0042}} = 0.527$$

$$x = \frac{N + R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_b b} = \frac{4400 + 435000 \cdot 2.5133E-003 - 400000 \cdot 2.5133E-003}{13090 \cdot 1.4} = 0.245\text{м}$$

$$\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{0.245}{0.2} = 1.224 > \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x = \frac{N + R_s A_s \frac{1 + \xi_R}{1 - \xi_R} - R_{sc} A'_s}{R_b b + \frac{2 R_s A_s}{h_0 (1 - \xi_R)}}$$

$$= \frac{4400 + 435000 \cdot 2.5133E-003 \frac{1 + 0.527}{1 - 0.527} - 400000 \cdot 2.5133E-003}{13090 \cdot 1.4 + \frac{2 \cdot 435000 \cdot 2.5133E-003}{0.2(1 - 0.527)}}$$

$$= 0.167\text{м}$$

$$Ne \leq R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a')$$

$$Ne = 4400 \cdot 0.108 = 474.65\text{кНм}$$

$$R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') = 13090 \cdot 1.4 \cdot 0.167(0.2 - 0.5 \cdot 0.167) + 400000 \cdot 2.5133E-003(0.2 - 0.05) = 507.39\text{кНм}$$

$$Ne = 474.65\text{кНм} \leq R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') = 507.39\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.9355

ПИЛОН 250Х1500 В ОСЯХ 2.Л-2.Р / 2.5-2.6 НА 1 ЭТАЖЕ

1.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 4500$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 4275$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 60$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 57$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 25$ см $= 0.25$м
- Ширина сечения $b = 150$ см $= 1.5$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.25 - 0.05 = 0.2$м
- Диаметр стержней $d_s = 20$мм $= 0.02$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 16)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 25.13$ см^2 $= 2.5133E - 003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 25.13$ см^2 $= 2.5133E - 003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\% \frac{A_s + A'_s}{bh_0} = 100\% \frac{2.5133E-003 + 2.5133E-003}{1.5 \cdot 0.2} = 1.68\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.77$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.77 = 13.09$МПа $= 13090$кН/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_{b2} = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_{sc} = 400$МПа $= 400000$ кН/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 430$ см $= 4.3$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 1$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 4.3 \cdot 1 = 4.3$м
- Конструкция статически неопределимая

1.2. РАСЧЕТ

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$\frac{L}{600} = \frac{4.3}{600} = 0.007\text{м}$$

$$\frac{h}{30} = \frac{0.25}{30} = 0.008\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01\text{м}$

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{60}{4500} = 0.013\text{м}$$

$$\delta_e = \frac{e_0}{h} = \frac{0.013}{0.25} = 0.053$$

Так как $\delta_e = 0.053 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N\left(\frac{h}{2} - a\right) = 60 + 4500 \cdot \left(\frac{0.25}{2} - 0.05\right) = 397.5\text{кНм}$$

$$M_{l1} = M_l + N_l\left(\frac{h}{2} - a\right) = 57 + 4275 \cdot \left(\frac{0.25}{2} - 0.05\right) = 377.63\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + \frac{M_{l1}}{M_1} = \frac{377.63}{397.5} = 1.95$$

$$k_b = \frac{0.15}{\varphi_l(0.3 + \delta_e)} = \frac{0.15}{1.95(0.3 + 0.15)} = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{1.5 \cdot 0.25^3}{12} = 1.95313E - 003\text{м}^4$$

$$I_s = A_s\left(\frac{h}{2} - a\right)^2 + A'_s\left(\frac{h}{2} - a'\right)^2$$

$$= 2.5133E - 003\left(\frac{0.25}{2} - 0.05\right)^2 + 2.5133E - 003\left(\frac{0.25}{2} - 0.05\right)^2$$
$$= 2.8274E - 005\text{м}^4$$

$$D = k_b E_b I + k_s E_s I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 1.95313E - 003 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 2.82743E - 005$$
$$= 14809.1\text{кНм}^2$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 D}{l_0^2} = \frac{3.14^2 \cdot 14809.1}{4.3^2} = 7904.81\text{кН}$$

Условие $N = 4500\text{кН} \leq N_{cr} = 7904.81\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{4500}{7904.81}} = 2.322$$

$$e = e_0\eta + \frac{h_0 - a'}{2} = 0.013 \cdot 2.322 + \frac{0.2 - 0.05}{2} = 0.106\text{м}$$

$$\varepsilon_{sel} = \frac{R_s}{E_s} = \frac{435000}{200000000} = 0.002175$$

$$\xi_R = \frac{0.8}{1 + \frac{\varepsilon_{sel}}{\varepsilon_{bult}}} = \frac{0.8}{1 + \frac{0.002175}{0.0042}} = 0.527$$

$$x = \frac{N + R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_b b} = \frac{4500 + 435000 \cdot 2.5133E-003 - 400000 \cdot 2.5133E-003}{13090 \cdot 1.5} = 0.234\text{м}$$

$$\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{0.234}{0.2} = 1.168 > \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x = \frac{N + R_s A_s \frac{1+\xi_R}{1-\xi_R} - R_{sc} A'_s}{R_b b + \frac{2R_s A_s}{h_0(1-\xi_R)}}$$

$$= \frac{4500 + 435000 \cdot 2.5133E-003 \frac{1+0.527}{1-0.527} - 400000 \cdot 2.5133E-003}{13090 \cdot 1.5 + \frac{2 \cdot 435000 \cdot 2.5133E-003}{0.2(1-0.527)}} = 0.164\text{м}$$

$$Ne \leq R_b b x(h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s(h_0 - a')$$

$$Ne = 4500 \cdot 0.106 = 476.8\text{кНм}$$

$$R_b b x(h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s(h_0 - a') = 13090 \cdot 1.5 \cdot 0.164(0.2 - 0.5 \cdot 0.164) + 400000 \cdot 2.5133E-003(0.2 - 0.05) = 530.99\text{кНм}$$

$$Ne = 476.8\text{кНм} \leq R_b b x(h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s(h_0 - a') = 530.99\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2012 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.8979

Проверка армирования стены 1 этажа толщиной 200 мм

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	132,6	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	9,0	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,77		γ_s	1,0	
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h= 200 мм -высота сечения колонны
b= 1000 мм -ширина сечения колонны
a= 50 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона
a'= 50 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона
L= 4300 мм -высота колонны
μ= 1 -коэффициент расчетной длины
h_0= 150 мм -рабочая высота сечения
L_0= 430 см -расчетная высота колонны

Усилия:

N= 170 тс -продольная сила
M= 2 тс· м -момент от полной нагрузки
M_l= 1,6 тс· м -момент от длительных нагрузок

Армирование:

Растянутая арматура

$d_{s,ф}$= 16 мм -диаметр основной арматуры
$n_ф$= 5 шт -количество основной арматуры
$d_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$n_д$= 0 шт -количество дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 10,1 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 10,1 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,ф}$= 16 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 5 шт -колчество основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 0 шт -количество дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 10,1 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 10,1 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 0,27 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,02 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 4,6 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет:

e_0= 1,18 см -эксцентриситет приложения продольной силы к сечению
x= 10,4 см -высота сжатой зоны бетона
I= 66666,667 см⁴ -момент инерции площади бетона
I_s= 505,93162 см⁴ -момент инерции площади арматуры
δ_e= 0,15 -относительное значение эксцентриситета продольной силы
φ_l= 1,8 -коэффициент, учитывающий влияние длительности нагрузки
k_b= 0,19
k_s= 0,7
D= 4,814E+09 кгс· см² -жесткость железобетонного элемента в предельной по прочности стадии
N_{cr}= 256,95 тс -условная критическая сила
η= 2,96 -коэффициент, учитывающий влияние продольного изгиба
e= 8,48 см -расстояние от точки приложения продольной силы N до центра тяжести сечения растянутой или наименее сжатой арматуры

$N \cdot e \le R_b \cdot b \cdot x(h_0 - 0{,}5x) + R_{sc} \cdot A'_s \cdot (h_0 - a')$ = 17,628 тс· м

1 условие прочности выполнено

$N \cdot e$ = 14,41 тс· м

Проверка армирования стены 1 этажа толщиной 250 мм

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	132,6	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	9,0	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,77		γ_s	1,0	
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h= 250 мм -высота сечения колонны
b= 1000 мм -ширина сечения колонны
a= 50 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона
a'= 50 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона
L= 4300 мм -высота колонны
μ= 1 -коэффициент расчетной длины
h_0= 200 мм -рабочая высота сечения
L_0= 430 см -расчетная высота колонны

Усилия:

N= 270 тс -продольная сила
M= 2 тс· м -момент от полной нагрузки
M_l= 1,6 тс· м -момент от длительных нагрузок

Армирование:

Растянутая арматура

$d_{s,ф}$= 16 мм -диаметр основной арматуры
$n_ф$= 5 шт -количество основной арматуры
$d_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$n_д$= 0 шт -количество дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 10,1 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 10,1 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,ф}$= 16 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 5 шт -колчество основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 0 шт -количество дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 10,1 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 10,1 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 0,27 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,01 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 6,9 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет:

e_0= 1 см -эксцентриситет приложения продольной силы к сечению
x= 16,3 см -высота сжатой зоны бетона
I= 130208,33 см⁴ -момент инерции площади бетона
I_s= 1134,2502 см⁴ -момент инерции площади арматуры
δ_e= 0,15 -относительное значение эксцентриситета продольной силы
φ_l= 1,8 -коэффициент, учитывающий влияние длительности нагрузки
k_b= 0,19
k_s= 0,7
D= 9,61E+09 кгс· см² -жесткость железобетонного элемента в предельной по прочности стадии
N_{cr}= 512,98 тс -условная критическая сила
η= 2,11 -коэффициент, учитывающий влияние продольного изгиба
e= 9,61 см -расстояние от точки приложения продольной силы N до центра тяжести сечения растянутой или наименее сжатой арматуры

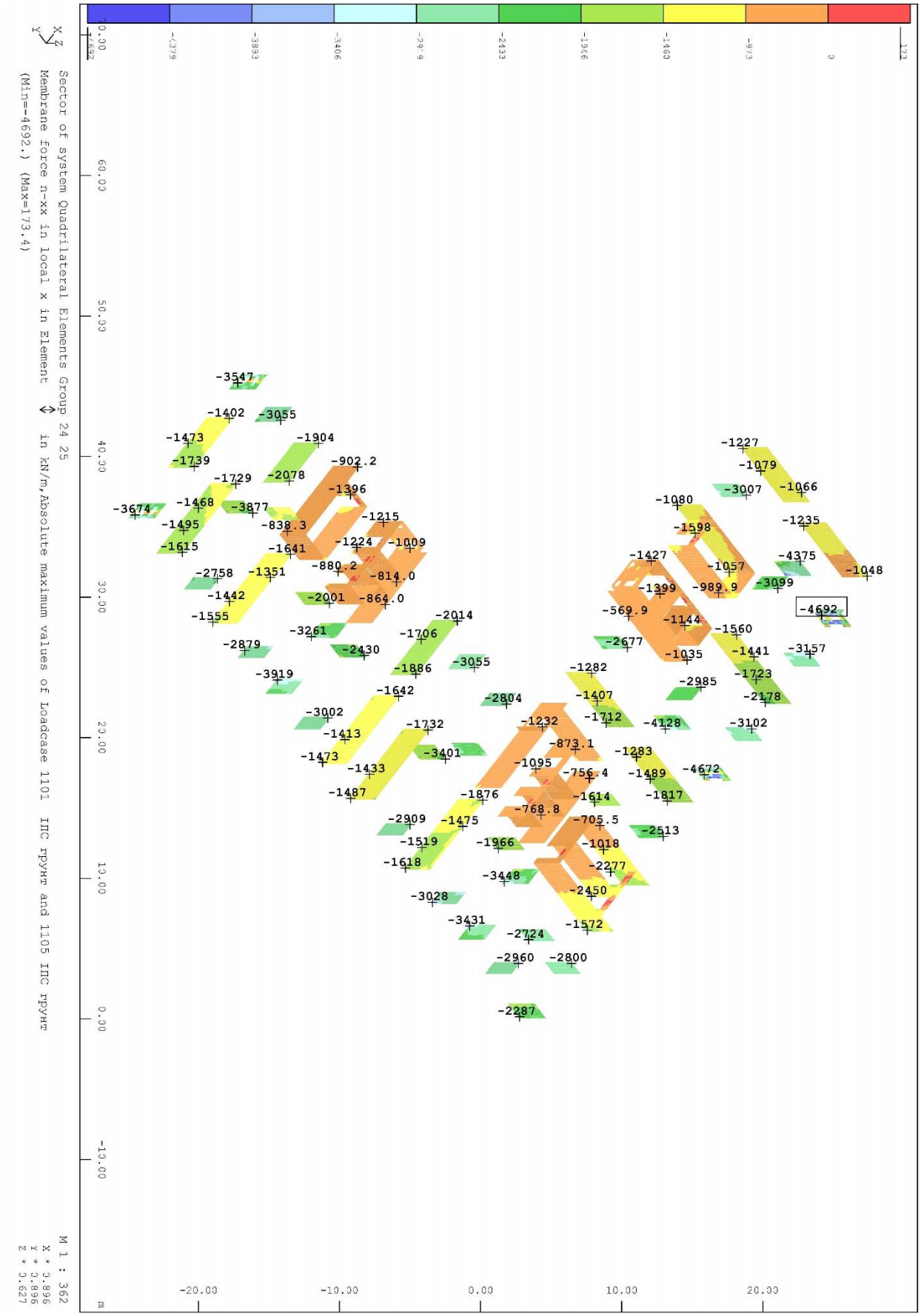
$N \cdot e \le R_b \cdot b \cdot x(h_0 - 0{,}5x) + R_{sc} \cdot A'_s \cdot (h_0 - a')$ = 31,784 тс· м

1 условие прочности выполнено

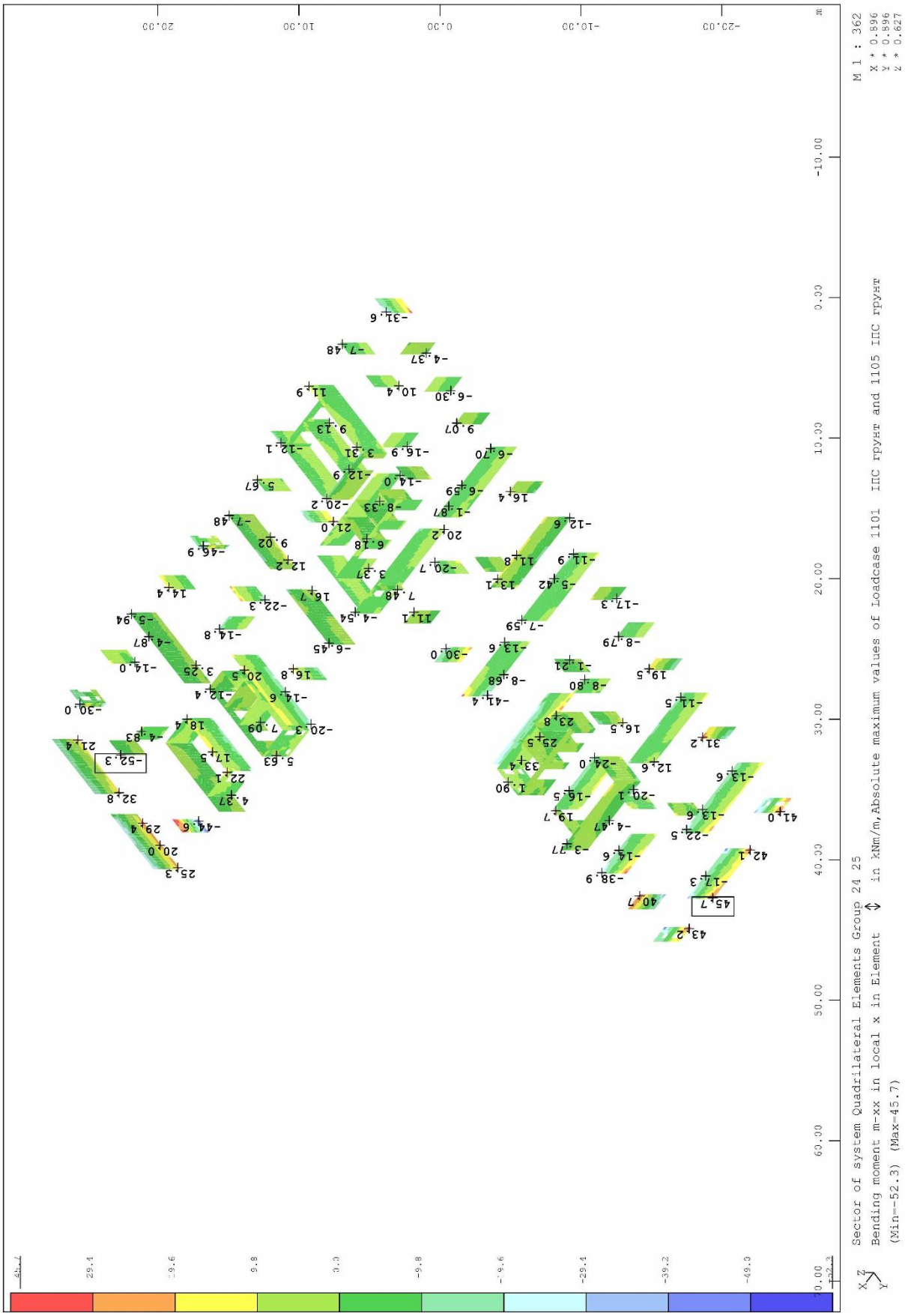
$N \cdot e$ = 25,95 тс· м

6.12.2. НЕСУЩИЕ СТЕНЫ И ПИЛОНЫ 2 ЭТАЖА

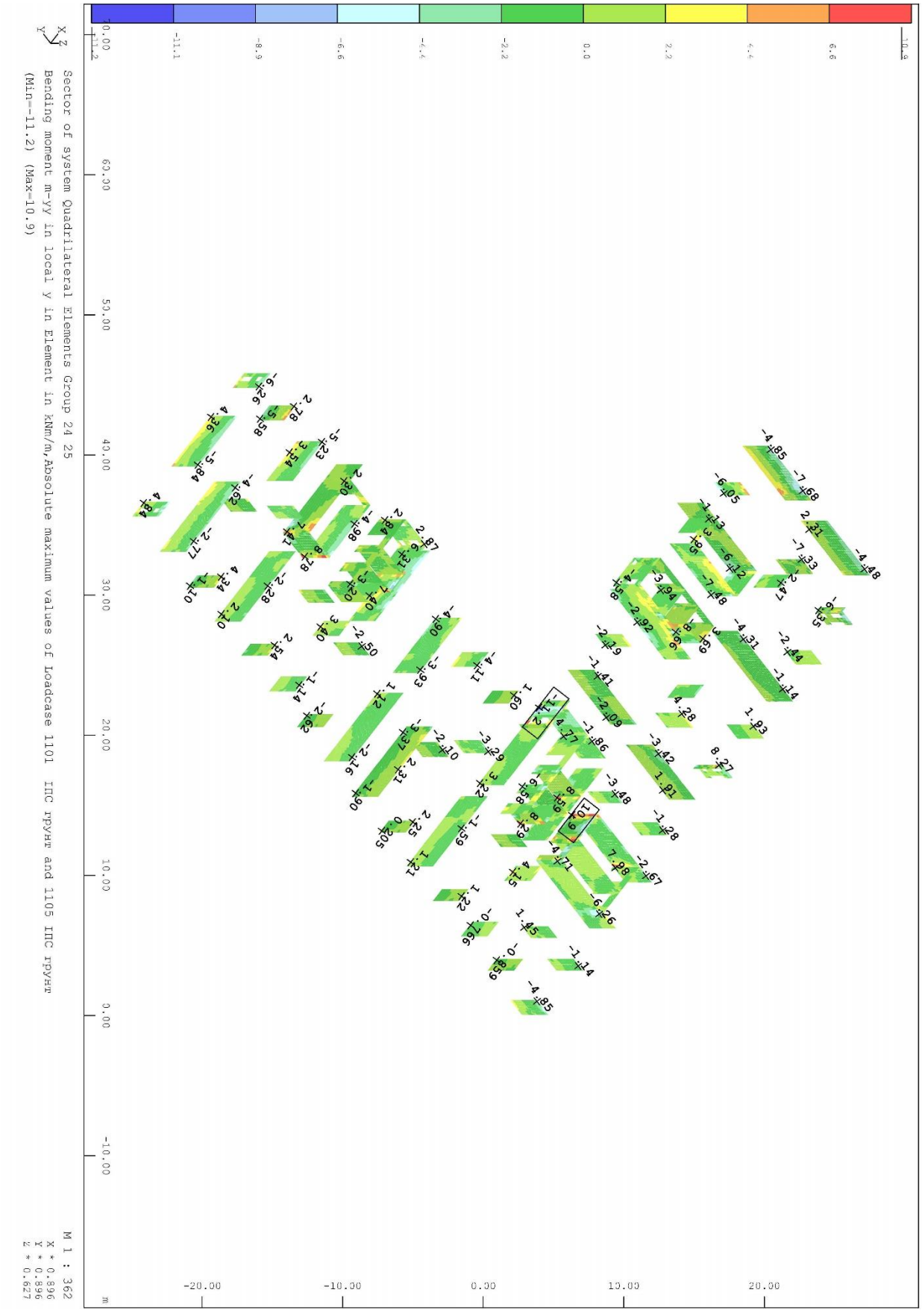
Вертикальные усилия (N) в стенах и пилонах 2 этажа, кН/м



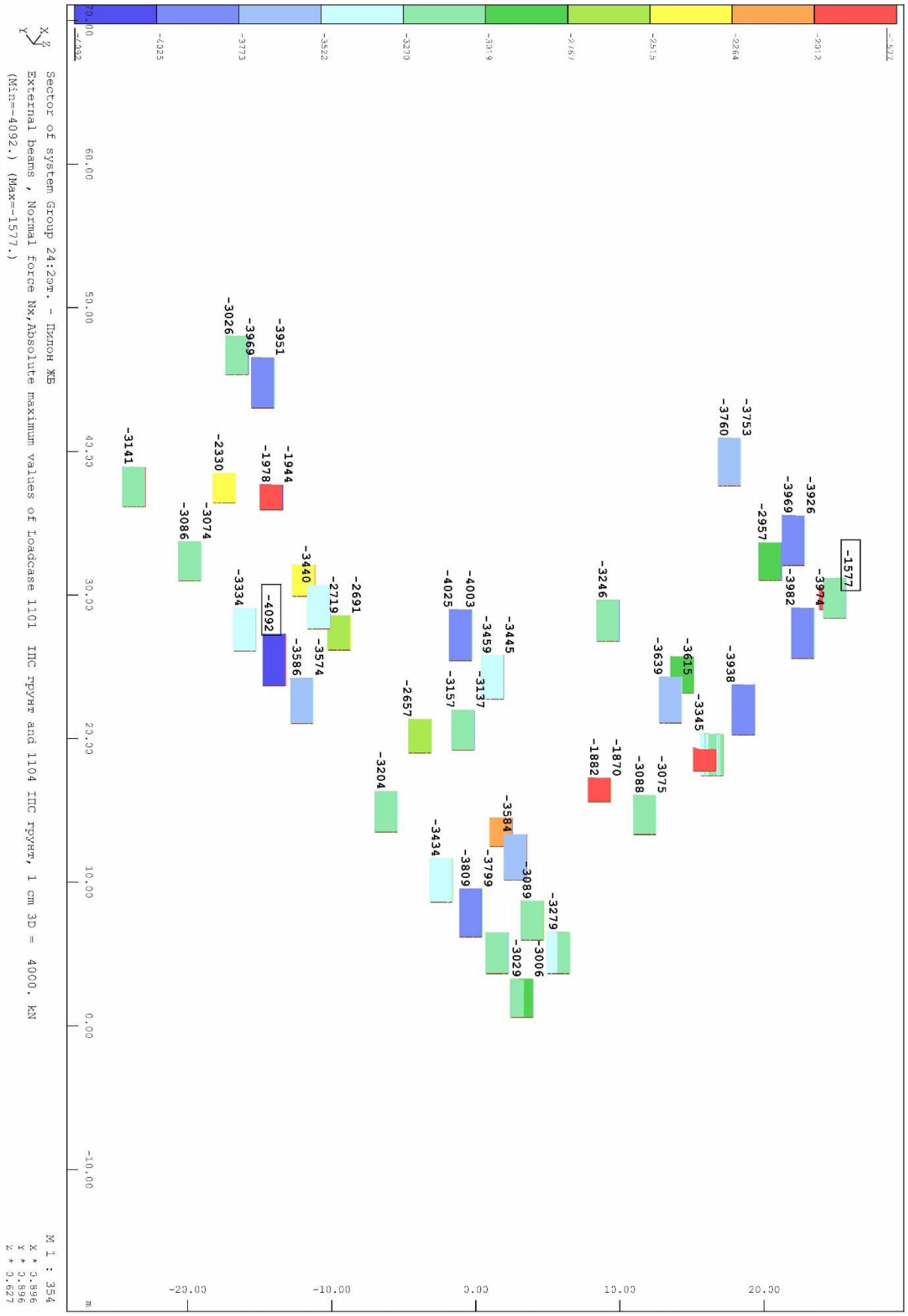
Изгибающие моменты (Mx) в стенах и пилонах 2 этажа, кН*м/м



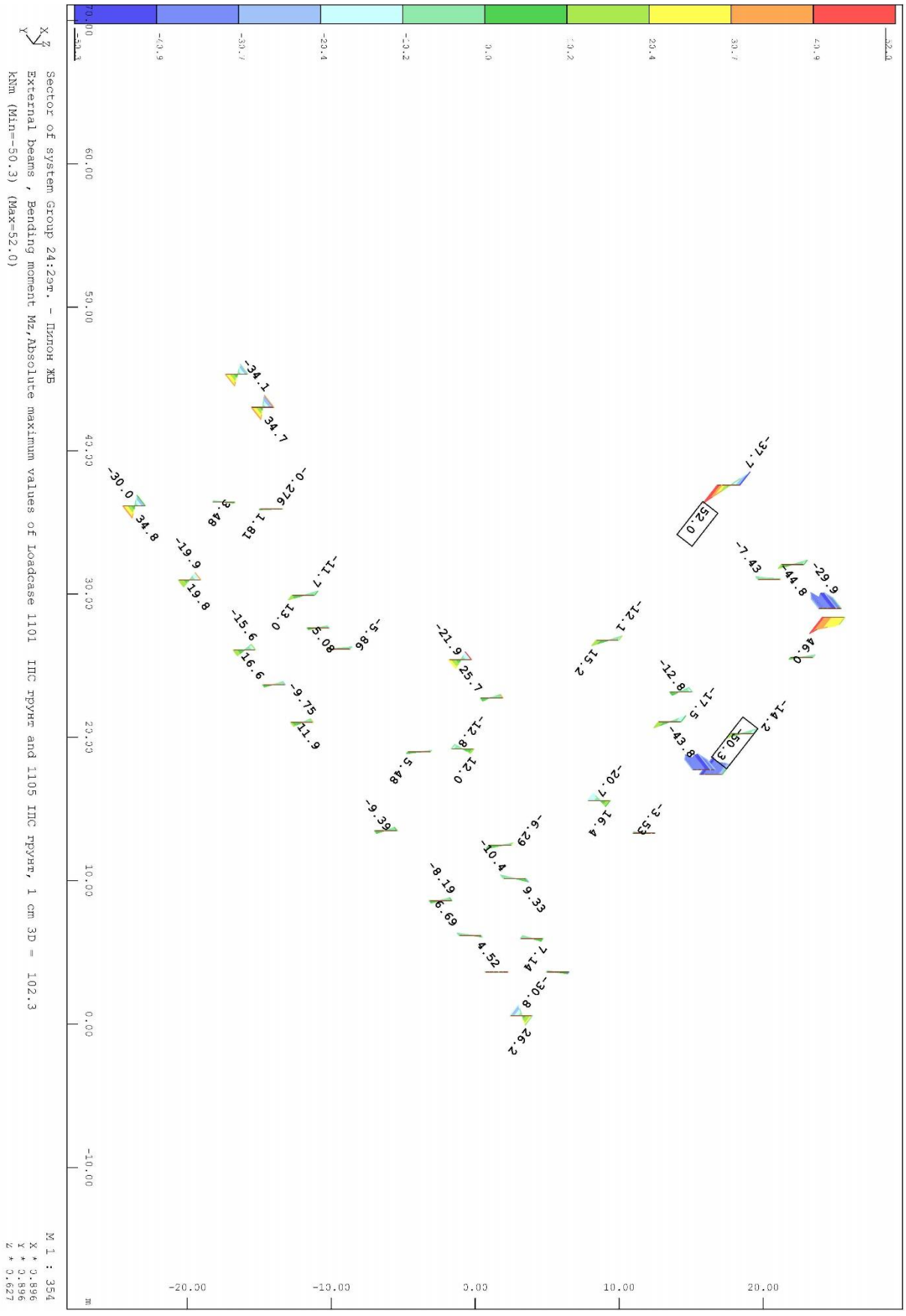
Изгибающие моменты (My) в стенах и пилонах 2 этажа, кН*м/м



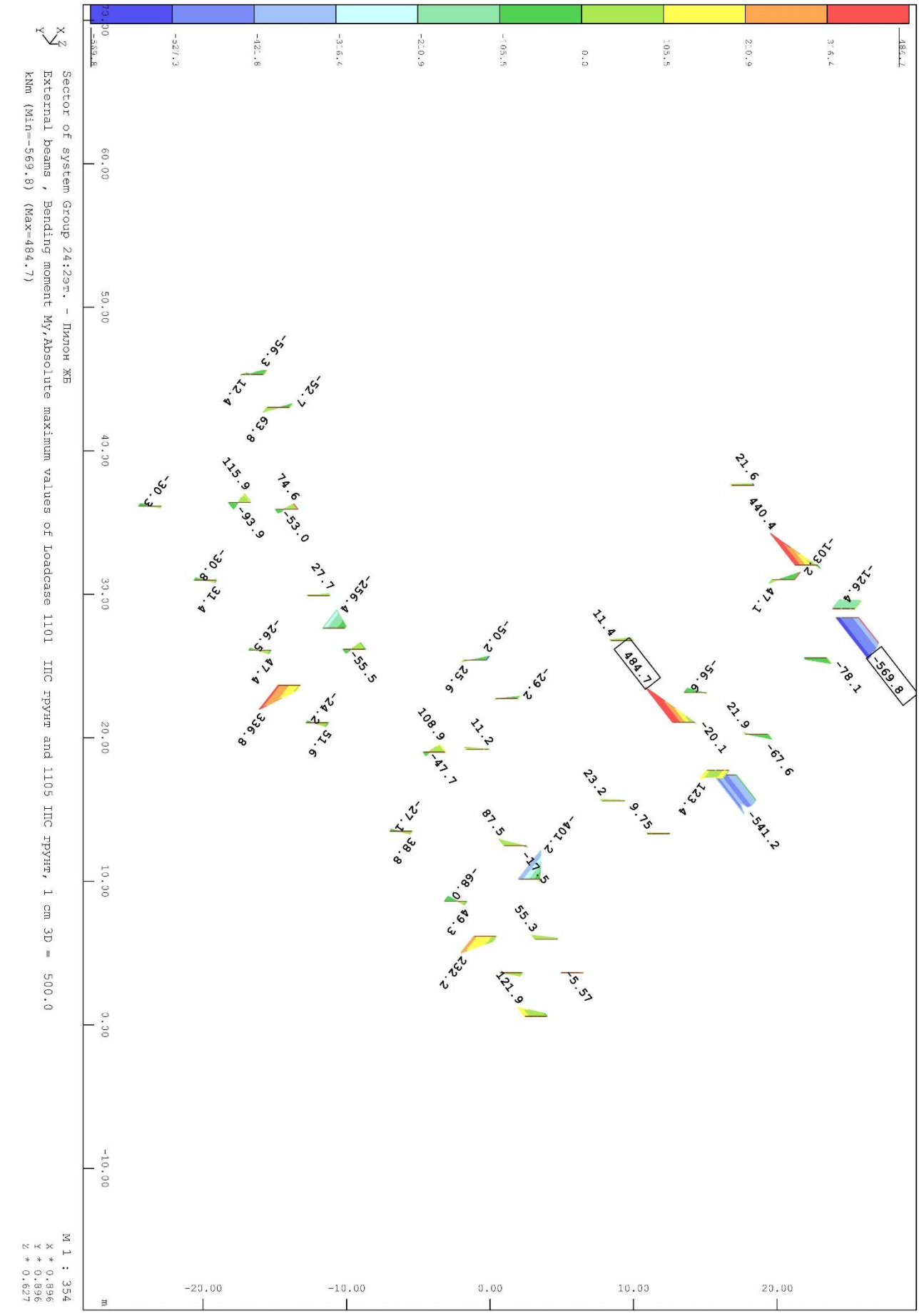
Вертикальные усилия (N) в пилонах 2 этажа, кН



Изгибающие моменты (Mz) из плоскости пилонов 2 этажа, кН*м



Изгибающие моменты (My) в плоскости пилонов 2 этажа, кН*м



Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата	1190-01-КР.Р4	Лист 438

ПИЛОН 200Х1300 В ОСЯХ 2.Л-2.И / 2.4-2.5 НА 2 ЭТАЖЕ

1.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 3200\text{кН}$
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 3040\text{кН}$
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 20\text{кНм}$
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 19\text{кНм}$
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 20\text{ см} = 0.2\text{м}$
- Ширина сечения $b = 130\text{ см} = 1.3\text{м}$
- Расстояние до центра арматуры $a = 5\text{ см} = 0.05\text{м}$
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5\text{ см} = 0.05\text{м}$
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.2 - 0.05 = 0.15\text{м}$
- Диаметр стержней $d_s = 20\text{мм} = 0.02\text{м}$
- Количество стержней в сечении $n_s = 14)\text{ шт}$
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 21.99\text{ см}^2 = 2.1991E-003\text{м}^2$
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 21.99\text{ см}^2 = 2.1991E-003\text{м}^2$
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%\frac{A_s+A'_s}{bh_0} = 100\%\frac{2.1991E-003 + 2.1991E-003}{1.3 \cdot 0.15} = 2.26\,\%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.77$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.77 = 13.09\text{МПа} = 13090\text{кН/м}^2$
- Модуль упругости $E_b = 32500\text{МПа} = 32500000\text{ кН/м}^2$
- Относительные деформации $\varepsilon_{b2} = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435\text{МПа} = 435000\text{ кН/м}^2$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_{sc} = 400\text{МПа} = 400000\text{ кН/м}^2$
- Модуль упругости $E_s = 200000\text{МПа} = 200000000\text{ кН/м}^2$

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 280\text{ см} = 2.8\text{м}$
- Коэффициент приведения длины $\mu = 1$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 2.8 \cdot 1 = 2.8\text{м}$
- Конструкция статически неопределимая

1.2. РАСЧЕТ

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$\frac{L}{600} = \frac{2.8}{600} = 0.005\text{м}$$

$$\frac{h}{30} = \frac{0.2}{30} = 0.007\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01\text{м}$

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{20}{3200} = 0.006\text{м}$$

Так как $e_0 = 0.006\text{м} < e_a = 0.01\text{м}$, то расчетный эксцентриситет принимается равным случайному $e_0 = 0.01\text{м}$

$$\delta_e = \frac{e_0}{h} = \frac{0.01}{0.2} = 0.05$$

Так как $\delta_e = 0.05 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N\left(\frac{h}{2} - a\right) = 20 + 3200 \cdot \left(\frac{0.2}{2} - 0.05\right) = 180\text{кНм}$$

$$M_{l1} = M_l + N_l\left(\frac{h}{2} - a\right) = 19 + 3040 \cdot \left(\frac{0.2}{2} - 0.05\right) = 171\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + \frac{M_{l1}}{M_1} = \frac{171}{180} = 1.95$$

$$k_b = \frac{0.15}{\varphi_l(0.3 + \delta_e)} = \frac{0.15}{1.95(0.3 + 0.15)} = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{1.3 \cdot 0.2^3}{12} = 8.66667E - 004\text{м}^4$$

$$I_s = A_s\left(\frac{h}{2} - a\right)^2 + A'_s\left(\frac{h}{2} - a'\right)^2$$

$$= 2.1991E - 003\left(\frac{0.2}{2} - 0.05\right)^2 + 2.1991E - 003\left(\frac{0.2}{2} - 0.05\right)^2$$

$$= 1.0996E - 005\text{м}^4$$

$$D = k_b E_b I + k_s E_s I_s$$

$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 8.66667E - 004 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 1.09956E - 005$$

$$= 6354.2\text{кНм}^2$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 D}{l_0^2} = \frac{3.14^2 \cdot 6354.2}{2.8^2} = 7999.16\text{кН}$$

Условие $N = 3200\text{кН} \leq N_{cr} = 7999.16\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{3200}{7999.16}} = 1.667$$

$$e = e_0\eta + \frac{h_0 - a'}{2} = 0.01 \cdot 1.667 + \frac{0.15 - 0.05}{2} = 0.067\text{м}$$

$$\varepsilon_{sel} = \frac{R_s}{E_s} = \frac{435000}{200000000} = 0.002175$$

$$\xi_R = \frac{0.8}{1 + \frac{\varepsilon_{sel}}{\varepsilon_{bult}}} = \frac{0.8}{1 + \frac{0.002175}{0.0042}} = 0.527$$

$$x = \frac{N + R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_b b} = \frac{3200 + 435000 \cdot 2.1991E-003 - 400000 \cdot 2.1991E-003}{13090 \cdot 1.3} = 0.193\text{м}$$

$$\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{0.193}{0.15} = 1.284 > \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x = \frac{N + R_s A_s \frac{1+\xi_R}{1-\xi_R} - R_{sc} A'_s}{R_b b + \frac{2R_s A_s}{h_0(1-\xi_R)}}$$

$$= \frac{3200 + 435000 \cdot 2.1991E-003 \frac{1+0.527}{1-0.527} - 400000 \cdot 2.1991E-003}{13090 \cdot 1.3 + \frac{2 \cdot 435000 \cdot 2.1991E-003}{0.15(1-0.527)}}$$

$$= 0.123\text{м}$$

$$Ne \leq R_b b x(h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a')$$

$$Ne = 3200 \cdot 0.067 = 213.34\text{кНм}$$

$$R_b b x(h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') = 13090 \cdot 1.3 \cdot 0.123(0.15 - 0.5 \cdot 0.123) + 400000 \cdot 2.1991E-003(0.15 - 0.05) = 273.19\text{кНм}$$

$$Ne = 213.34\text{кНм} \leq R_b b x(h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') = 273.19\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.7809

ПИЛОН 200Х1500 В ОСЯХ 2.С-2.У / 2.1-2.2 НА 2 ЭТАЖЕ

1.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 4300$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 4085$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 20$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 19$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 20$ см $= 0.2$м
- Ширина сечения $b = 150$ см $= 1.5$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.2 - 0.05 = 0.15$м
- Диаметр стержней $d_s = 20$мм $= 0.02$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 16)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 25.13$ см^2 $= 2.5133E - 003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 25.13$ см^2 $= 2.5133E - 003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\% \frac{A_s + A'_s}{bh_0} = 100\% \frac{2.5133E-003 + 2.5133E-003}{1.5 \cdot 0.15} = 2.23\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.77$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.77 = 13.09$МПа $= 13090$кН/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_{b2} = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_{sc} = 400$МПа $= 400000$ кН/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 280$ см $= 2.8$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 1$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 2.8 \cdot 1 = 2.8$м
- Конструкция статически неопределимая

1.2. РАСЧЕТ

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$\frac{L}{600} = \frac{2.8}{600} = 0.005\text{м}$$

$$\frac{h}{30} = \frac{0.2}{30} = 0.007\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01\text{м}$

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{20}{4300} = 0.005\text{м}$$

Так как $e_0 = 0.005\text{м} < e_a = 0.01\text{м}$, то расчетный эксцентриситет принимается равным случайному $e_0 = 0.01\text{м}$

$$\delta_e = \frac{e_0}{h} = \frac{0.01}{0.2} = 0.05$$

Так как $\delta_e = 0.05 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N\left(\frac{h}{2} - a\right) = 20 + 4300 \cdot \left(\frac{0.2}{2} - 0.05\right) = 235\text{кНм}$$

$$M_{l1} = M_l + N_l\left(\frac{h}{2} - a\right) = 19 + 4085 \cdot \left(\frac{0.2}{2} - 0.05\right) = 223.25\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + \frac{M_{l1}}{M_1} = \frac{223.25}{235} = 1.95$$

$$k_b = \frac{0.15}{\varphi_l(0.3 + \delta_e)} = \frac{0.15}{1.95(0.3 + 0.15)} = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{1.5 \cdot 0.2^3}{12} = 1.00000E - 003\text{м}^4$$

$$I_s = A_s\left(\frac{h}{2} - a\right)^2 + A_s'\left(\frac{h}{2} - a'\right)^2$$

$$= 2.5133E - 003\left(\frac{0.2}{2} - 0.05\right)^2 + 2.5133E - 003\left(\frac{0.2}{2} - 0.05\right)^2$$
$$= 1.2566E - 005\text{м}^4$$

$$D = k_b E_b I + k_s E_s I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 1.00000E - 003 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 1.25664E - 005$$
$$= 7314.85\text{кНм}^2$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 D}{l_0^2} = \frac{3.14^2 \cdot 7314.85}{2.8^2} = 9208.5\text{кН}$$

Условие $N = 4300\text{кН} \leq N_{cr} = 9208.5\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{4300}{9208.5}} = 1.876$$

$$e = e_0\eta + \frac{h_0 - a'}{2} = 0.01 \cdot 1.876 + \frac{0.15 - 0.05}{2} = 0.069\text{м}$$

$$\varepsilon_{sel} = \frac{R_s}{E_s} = \frac{435000}{200000000} = 0.002175$$

$$\xi_R = \frac{0.8}{1 + \frac{\varepsilon_{sel}}{\varepsilon_{bult}}} = \frac{0.8}{1 + \frac{0.002175}{0.0042}} = 0.527$$

$$x = \frac{N + R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_b b} = \frac{4300 + 435000 \cdot 2.5133E-003 - 400000 \cdot 2.5133E-003}{13090 \cdot 1.5} = 0.223\text{м}$$

$$\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{0.223}{0.15} = 1.49 > \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x = \frac{N + R_s A_s \frac{1 + \xi_R}{1 - \xi_R} - R_{sc} A'_s}{R_b b + \frac{2 R_s A_s}{h_0 (1 - \xi_R)}}$$

$$= \frac{4300 + 435000 \cdot 2.5133E-003 \frac{1 + 0.527}{1 - 0.527} - 400000 \cdot 2.5133E-003}{13090 \cdot 1.5 + \frac{2 \cdot 435000 \cdot 2.5133E-003}{0.15(1 - 0.527)}}$$

$$= 0.135\text{м}$$

$$Ne \leq R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a')$$

$$Ne = 4300 \cdot 0.069 = 295.67\text{кНм}$$

$$R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') = 13090 \cdot 1.5 \cdot 0.135(0.15 - 0.5 \cdot 0.135) + 400000 \cdot 2.5133E-003(0.15 - 0.05) = 319.29\text{кНм}$$

$$Ne = 295.67\text{кНм} \leq R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') = 319.29\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.926

ПИЛОН 220Х1200 В ОСЯХ 2.Е-2.Ж / 2.1-2.2 НА 2 ЭТАЖЕ

1.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 3500$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 3325$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 40$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 38$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 22$ см $= 0.22$м
- Ширина сечения $b = 120$ см $= 1.2$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.22 - 0.05 = 0.17$м
- Диаметр стержней $d_s = 20$мм $= 0.02$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 14)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 21.99$ см^2 $= 2.1991E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 21.99$ см^2 $= 2.1991E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\% \frac{A_s + A'_s}{bh_0} = 100\% \frac{2.1991E-003 + 2.1991E-003}{1.2 \cdot 0.17} = 2.16\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.77$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.77 = 13.09$МПа $= 13090$кН/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_{b2} = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_{sc} = 400$МПа $= 400000$ кН/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 280$ см $= 2.8$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 1$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 2.8 \cdot 1 = 2.8$м
- Конструкция статически неопределимая

1.2. РАСЧЕТ

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$\frac{L}{600} = \frac{2.8}{600} = 0.005\text{м}$$

$$\frac{h}{30} = \frac{0.22}{30} = 0.007\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01\text{м}$

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{40}{3500} = 0.011\text{м}$$

$$\delta_e = \frac{e_0}{h} = \frac{0.011}{0.22} = 0.052$$

Так как $\delta_e = 0.052 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N\left(\frac{h}{2} - a\right) = 40 + 3500 \cdot \left(\frac{0.22}{2} - 0.05\right) = 250\text{кНм}$$

$$M_{l1} = M_l + N_l\left(\frac{h}{2} - a\right) = 38 + 3325 \cdot \left(\frac{0.22}{2} - 0.05\right) = 237.5\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + \frac{M_{l1}}{M_1} = \frac{237.5}{250} = 1.95$$

$$k_b = \frac{0.15}{\varphi_l(0.3 + \delta_e)} = \frac{0.15}{1.95(0.3 + 0.15)} = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{1.2 \cdot 0.22^3}{12} = 1.06480E - 003\text{м}^4$$

$$I_s = A_s\left(\frac{h}{2} - a\right)^2 + A_s'\left(\frac{h}{2} - a'\right)^2$$

$$= 2.1991E - 003\left(\frac{0.22}{2} - 0.05\right)^2 + 2.1991E - 003\left(\frac{0.22}{2} - 0.05\right)^2$$
$$= 1.5834E - 005\text{м}^4$$

$$D = k_b E_b I + k_s E_s I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 1.06480E - 003 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 1.58336E - 005$$
$$= 8132.26\text{кНм}^2$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 D}{l_0^2} = \frac{3.14^2 \cdot 8132.26}{2.8^2} = 10237.53\text{кН}$$

Условие $N = 3500\text{кН} \leq N_{cr} = 10237.53\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{3500}{10237.53}} = 1.519$$

$$e = e_0\eta + \frac{h_0 - a'}{2} = 0.011 \cdot 1.519 + \frac{0.17 - 0.05}{2} = 0.077\text{м}$$

$$\varepsilon_{sel} = \frac{R_s}{E_s} = \frac{435000}{200000000} = 0.002175$$

$$\xi_R = \frac{0.8}{1 + \frac{\varepsilon_{sel}}{\varepsilon_{bult}}} = \frac{0.8}{1 + \frac{0.002175}{0.0042}} = 0.527$$

$$x = \frac{N + R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_b b} = \frac{3500 + 435000 \cdot 2.1991E-003 - 400000 \cdot 2.1991E-003}{13090 \cdot 1.2} = 0.228\text{м}$$

$$\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{0.228}{0.17} = 1.34 > \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x = \frac{N + R_s A_s \frac{1+\xi_R}{1-\xi_R} - R_{sc} A'_s}{R_b b + \frac{2R_s A_s}{h_0(1-\xi_R)}}$$

$$= \frac{3500 + 435000 \cdot 2.1991E-003 \frac{1+0.527}{1-0.527} - 400000 \cdot 2.1991E-003}{13090 \cdot 1.2 + \frac{2 \cdot 435000 \cdot 2.1991E-003}{0.17(1-0.527)}}$$

$$= 0.145\text{м}$$

$$Ne \leq R_b b x(h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a')$$

$$Ne = 3500 \cdot 0.077 = 270.78\text{кНм}$$

$$R_b b x(h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a')$$

$$= 13090 \cdot 1.2 \cdot 0.145(0.17 - 0.5 \cdot 0.145) + 400000 \cdot 2.1991E-003(0.17 - 0.05) = 327.44\text{кНм}$$

$$Ne = 270.78\text{кНм} \leq R_b b x(h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') = 327.44\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.827

ПИЛОН 220Х1300 В ОСЯХ 2.С-2.У / 2.17-2.21 НА 2 ЭТАЖЕ

1.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 3900\text{кН}$
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 3705\text{кН}$
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 60\text{кНм}$
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 57\text{кНм}$
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 22\text{ см} = 0.22\text{м}$
- Ширина сечения $b = 130\text{ см} = 1.3\text{м}$
- Расстояние до центра арматуры $a = 5\text{ см} = 0.05\text{м}$
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5\text{ см} = 0.05\text{м}$
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.22 - 0.05 = 0.17\text{м}$
- Диаметр стержней $d_s = 20\text{мм} = 0.02\text{м}$
- Количество стержней в сечении $n_s = 14)\text{ шт}$
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 21.99\text{ см}^2 = 2.1991E-003\text{м}^2$
- Площадь сжатой арматуры $A_s' = 21.99\text{ см}^2 = 2.1991E-003\text{м}^2$
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%\frac{A_s+A_s'}{bh_0} = 100\%\frac{2.1991E-003 + 2.1991E-003}{1.3 \cdot 0.17} = 1.99\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.77$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.77 = 13.09\text{МПа} = 13090\text{кН/м}^2$
- Модуль упругости $E_b = 32500\text{МПа} = 32500000\text{ кН/м}^2$
- Относительные деформации $\varepsilon_{b2} = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435\text{МПа} = 435000\text{ кН/м}^2$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_{sc} = 400\text{МПа} = 400000\text{ кН/м}^2$
- Модуль упругости $E_s = 200000\text{МПа} = 200000000\text{ кН/м}^2$

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 280\text{ см} = 2.8\text{м}$
- Коэффициент приведения длины $\mu = 1$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 2.8 \cdot 1 = 2.8\text{м}$
- Конструкция статически неопределимая

1.2. РАСЧЕТ

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$\frac{L}{600} = \frac{2.8}{600} = 0.005\text{м}$$

$$\frac{h}{30} = \frac{0.22}{30} = 0.007\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01\text{м}$

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{60}{3900} = 0.015\text{м}$$

$$\delta_e = \frac{e_0}{h} = \frac{0.015}{0.22} = 0.07$$

Так как $\delta_e = 0.07 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N\left(\frac{h}{2} - a\right) = 60 + 3900 \cdot \left(\frac{0.22}{2} - 0.05\right) = 294\text{кНм}$$

$$M_{l1} = M_l + N_l\left(\frac{h}{2} - a\right) = 57 + 3705 \cdot \left(\frac{0.22}{2} - 0.05\right) = 279.3\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + \frac{M_{l1}}{M_1} = \frac{279.3}{294} = 1.95$$

$$k_b = \frac{0.15}{\varphi_l(0.3 + \delta_e)} = \frac{0.15}{1.95(0.3 + 0.15)} = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{1.3 \cdot 0.22^3}{12} = 1.15353E - 003\text{м}^4$$

$$I_s = A_s\left(\frac{h}{2} - a\right)^2 + A'_s\left(\frac{h}{2} - a'\right)^2$$

$$= 2.1991E - 003\left(\frac{0.22}{2} - 0.05\right)^2 + 2.1991E - 003\left(\frac{0.22}{2} - 0.05\right)^2$$
$$= 1.5834E - 005\text{м}^4$$

$$D = k_b E_b I + k_s E_s I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 1.15353E - 003 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 1.58336E - 005$$
$$= 8625.23\text{кНм}^2$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 D}{l_0^2} = \frac{3.14^2 \cdot 8625.23}{2.8^2} = 10858.11\text{кН}$$

Условие $N = 3900\text{кН} \leq N_{cr} = 10858.11\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{3900}{10858.11}} = 1.56$$

$$e = e_0\eta + \frac{h_0 - a'}{2} = 0.015 \cdot 1.56 + \frac{0.17 - 0.05}{2} = 0.084\text{м}$$

$$\varepsilon_{sel} = \frac{R_s}{E_s} = \frac{435000}{200000000} = 0.002175$$

$$\xi_R = \frac{0.8}{1 + \frac{\varepsilon_{sel}}{\varepsilon_{bult}}} = \frac{0.8}{1 + \frac{0.002175}{0.0042}} = 0.527$$

$$x = \frac{N + R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_b b} = \frac{3900 + 435000 \cdot 2.1991E-003 - 400000 \cdot 2.1991E-003}{13090 \cdot 1.3} = 0.234\text{м}$$

$$\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{0.234}{0.17} = 1.375 > \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x = \frac{N + R_s A_s \frac{1+\xi_R}{1-\xi_R} - R_{sc} A'_s}{R_b b + \frac{2R_s A_s}{h_0(1-\xi_R)}} = \frac{3900 + 435000 \cdot 2.1991E-003 \frac{1+0.527}{1-0.527} - 400000 \cdot 2.1991E-003}{13090 \cdot 1.3 + \frac{2 \cdot 435000 \cdot 2.1991E-003}{0.17(1-0.527)}} = 0.15\text{м}$$

$$Ne \leq R_b b x(h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s(h_0 - a')$$

$$Ne = 3900 \cdot 0.084 = 327.63\text{кНм}$$

$$R_b b x(h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s(h_0 - a') = 13090 \cdot 1.3 \cdot 0.15(0.17 - 0.5 \cdot 0.15) + 400000 \cdot 2.1991E - 003(0.17 - 0.05) = 347.94\text{кНм}$$

$$Ne = 327.63\text{кНм} \leq R_b b x(h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s(h_0 - a') = 347.94\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.9416

ПИЛОН 220Х1400 В ОСЯХ 2.А-2.Б / 2.15-2.19 НА 2 ЭТАЖЕ

1.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 4100$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 3895$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 20$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 19$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 22$ см $= 0.22$м
- Ширина сечения $b = 140$ см $= 1.4$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.22 - 0.05 = 0.17$м
- Диаметр стержней $d_s = 20$мм $= 0.02$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 16)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 25.13$ см^2 $= 2.5133E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 25.13$ см^2 $= 2.5133E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\% \frac{A_s + A'_s}{bh_0} = 100\% \frac{2.5133E-003 + 2.5133E-003}{1.4 \cdot 0.17} = 2.11\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.77$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.77 = 13.09$МПа $= 13090$кН/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_{b2} = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_{sc} = 400$МПа $= 400000$ кН/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 280$ см $= 2.8$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 1$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 2.8 \cdot 1 = 2.8$м
- Конструкция статически неопределимая

1.2. РАСЧЕТ

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$\frac{L}{600} = \frac{2.8}{600} = 0.005\text{м}$$

$$\frac{h}{30} = \frac{0.22}{30} = 0.007\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01\text{м}$

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{20}{4100} = 0.005\text{м}$$

Так как $e_0 = 0.005\text{м} < e_a = 0.01\text{м}$, то расчетный эксцентриситет принимается равным случайному $e_0 = 0.01\text{м}$

$$\delta_e = \frac{e_0}{h} = \frac{0.01}{0.22} = 0.045$$

Так как $\delta_e = 0.045 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N\left(\frac{h}{2} - a\right) = 20 + 4100 \cdot \left(\frac{0.22}{2} - 0.05\right) = 266\text{кНм}$$

$$M_{l1} = M_l + N_l\left(\frac{h}{2} - a\right) = 19 + 3895 \cdot \left(\frac{0.22}{2} - 0.05\right) = 252.7\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + \frac{M_{l1}}{M_1} = \frac{252.7}{266} = 1.95$$

$$k_b = \frac{0.15}{\varphi_l(0.3 + \delta_e)} = \frac{0.15}{1.95(0.3 + 0.15)} = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{1.4 \cdot 0.22^3}{12} = 1.24227E - 003\text{м}^4$$

$$I_s = A_s\left(\frac{h}{2} - a\right)^2 + A'_s\left(\frac{h}{2} - a'\right)^2$$

$$= 2.5133E - 003\left(\frac{0.22}{2} - 0.05\right)^2 + 2.5133E - 003\left(\frac{0.22}{2} - 0.05\right)^2$$
$$= 1.8096E - 005\text{м}^4$$

$$D = k_b E_b I + k_s E_s I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 1.24227E - 003 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 1.80956E - 005$$
$$= 9434.86\text{кНм}^2$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 D}{l_0^2} = \frac{3.14^2 \cdot 9434.86}{2.8^2} = 11877.34\text{кН}$$

Условие $N = 4100\text{кН} \leq N_{cr} = 11877.34\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{4100}{11877.34}} = 1.527$$

$$e = e_0\eta + \frac{h_0 - a'}{2} = 0.01 \cdot 1.527 + \frac{0.17 - 0.05}{2} = 0.075\text{м}$$

$$\varepsilon_{sel} = \frac{R_s}{E_s} = \frac{435000}{200000000} = 0.002175$$

$$\xi_R = \frac{0.8}{1 + \frac{\varepsilon_{sel}}{\varepsilon_{bult}}} = \frac{0.8}{1 + \frac{0.002175}{0.0042}} = 0.527$$

$$x = \frac{N + R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_b b} = \frac{4100 + 435000 \cdot 2.5133E-003 - 400000 \cdot 2.5133E-003}{13090 \cdot 1.4} = 0.229\text{м}$$

$$\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{0.229}{0.17} = 1.344 > \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x = \frac{N + R_s A_s \frac{1 + \xi_R}{1 - \xi_R} - R_{sc} A'_s}{R_b b + \frac{2 R_s A_s}{h_0 (1 - \xi_R)}}$$

$$= \frac{4100 + 435000 \cdot 2.5133E-003 \frac{1 + 0.527}{1 - 0.527} - 400000 \cdot 2.5133E-003}{13090 \cdot 1.4 + \frac{2 \cdot 435000 \cdot 2.5133E-003}{0.17(1 - 0.527)}}$$

$$= 0.146\text{м}$$

$$Ne \leq R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a')$$

$$Ne = 4100 \cdot 0.075 = 308.61\text{кНм}$$

$$R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') = 13090 \cdot 1.4 \cdot 0.146(0.17 - 0.5 \cdot 0.146) + 400000 \cdot 2.5133E-003(0.17 - 0.05) = 379.96\text{кНм}$$

$$Ne = 308.61\text{кНм} \leq R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') = 379.96\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.8122

ПИЛОН 220Х1500 В ОСЯХ 2.Ю-2.ГГ / 2.5-2.6 НА 2 ЭТАЖЕ

1.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 4200$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 3990$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 50$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 47.5$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 22$ см $= 0.22$м
- Ширина сечения $b = 150$ см $= 1.5$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.22 - 0.05 = 0.17$м
- Диаметр стержней $d_s = 20$мм $= 0.02$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 16)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 25.13$ см^2 $= 2.5133E - 003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 25.13$ см^2 $= 2.5133E - 003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\% \frac{A_s + A'_s}{bh_0} = 100\% \frac{2.5133E-003 + 2.5133E-003}{1.5 \cdot 0.17} = 1.97\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.77$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.77 = 13.09$МПа $= 13090$кН/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_{b2} = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_{sc} = 400$МПа $= 400000$ кН/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 280$ см $= 2.8$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 1$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 2.8 \cdot 1 = 2.8$м
- Конструкция статически неопределимая

1.2. РАСЧЕТ

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$\frac{L}{600} = \frac{2.8}{600} = 0.005\text{м}$$

$$\frac{h}{30} = \frac{0.22}{30} = 0.007\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01\text{м}$

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{50}{4200} = 0.012\text{м}$$

$$\delta_e = \frac{e_0}{h} = \frac{0.012}{0.22} = 0.054$$

Так как $\delta_e = 0.054 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N\left(\frac{h}{2} - a\right) = 50 + 4200 \cdot \left(\frac{0.22}{2} - 0.05\right) = 302\text{кНм}$$

$$M_{l1} = M_l + N_l\left(\frac{h}{2} - a\right) = 47.5 + 3990 \cdot \left(\frac{0.22}{2} - 0.05\right) = 286.9\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + \frac{M_{l1}}{M_1} = \frac{286.9}{302} = 1.95$$

$$k_b = \frac{0.15}{\varphi_l(0.3 + \delta_e)} = \frac{0.15}{1.95(0.3 + 0.15)} = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{1.5 \cdot 0.22^3}{12} = 1.33100E - 003\text{м}^4$$

$$I_s = A_s\left(\frac{h}{2} - a\right)^2 + A_s'\left(\frac{h}{2} - a'\right)^2$$

$$= 2.5133E - 003\left(\frac{0.22}{2} - 0.05\right)^2 + 2.5133E - 003\left(\frac{0.22}{2} - 0.05\right)^2$$
$$= 1.8096E - 005\text{м}^4$$

$$D = k_b E_b I + k_s E_s I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 1.33100E - 003 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 1.80956E - 005$$
$$= 9927.82\text{кНм}^2$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 D}{l_0^2} = \frac{3.14^2 \cdot 9927.82}{2.8^2} = 12497.92\text{кН}$$

Условие $N = 4200\text{кН} \leq N_{cr} = 12497.92\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{4200}{12497.92}} = 1.506$$

$$e = e_0\eta + \frac{h_0 - a'}{2} = 0.012 \cdot 1.506 + \frac{0.17 - 0.05}{2} = 0.078\text{м}$$

$$\varepsilon_{sel} = \frac{R_s}{E_s} = \frac{435000}{200000000} = 0.002175$$

$$\xi_R = \frac{0.8}{1 + \frac{\varepsilon_{sel}}{\varepsilon_{bult}}} = \frac{0.8}{1 + \frac{0.002175}{0.0042}} = 0.527$$

$$x = \frac{N + R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_b b} = \frac{4200 + 435000 \cdot 2.5133E-003 - 400000 \cdot 2.5133E-003}{13090 \cdot 1.5} = 0.218\text{м}$$

$$\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{0.218}{0.17} = 1.285 > \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x = \frac{N + R_s A_s \frac{1 + \xi_R}{1 - \xi_R} - R_{sc} A'_s}{R_b b + \frac{2 R_s A_s}{h_0 (1 - \xi_R)}}$$

$$= \frac{4200 + 435000 \cdot 2.5133E-003 \frac{1 + 0.527}{1 - 0.527} - 400000 \cdot 2.5133E-003}{13090 \cdot 1.5 + \frac{2 \cdot 435000 \cdot 2.5133E-003}{0.17(1 - 0.527)}}$$

$$= 0.144\text{м}$$

$$Ne \leq R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a')$$

$$Ne = 4200 \cdot 0.078 = 327.31\text{кНм}$$

$$R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') = 13090 \cdot 1.5 \cdot 0.144(0.17 - 0.5 \cdot 0.144) + 400000 \cdot 2.5133E-003(0.17 - 0.05) = 397.52\text{кНм}$$

$$Ne = 327.31\text{кНм} \leq R_b b x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') = 397.52\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.8234

Проверка армирования стены 2 этажа толщиной 200 мм

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	132,6	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	9,0	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,77		γ_s	1,0	
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h= 200 мм -высота сечения колонны
b= 1000 мм -ширина сечения колонны
a= 50 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона
a'= 50 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона
L= 2800 мм -высота колонны
μ= 1 -коэффициент расчетной длины
h_0= 150 мм -рабочая высота сечения
L_0= 280 см -расчетная высота колонны

Усилия:

N= 100 тс -продольная сила
M= 5 тс· м -момент от полной нагрузки
M_l= 4 тс· м -момент от длительных нагрузок

Армирование:

Растянутая арматура
$d_{s,ф}$= 12 мм -диаметр основной арматуры
$n_ф$= 5 шт -количество основной арматуры
$d_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$n_д$= 0 шт -количество дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$= 5,65 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 5,65 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура
$d'_{s,ф}$= 12 мм -диаметр основной арматуры
$s'_ф$= 5 шт -колчество основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 0 шт -количество дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$= 5,65 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 5,65 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 0,15 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,01 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 2,6 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет:

e_0= 5 см -эксцентриситет приложения продольной силы к сечению
x= 7,6 см -высота сжатой зоны бетона
I= 66666,667 см⁴ -момент инерции площади бетона
I_s= 283,78014 см⁴ -момент инерции площади арматуры
δ_e= 0,25 -относительное значение эксцентриситета продольной силы
φ_l= 1,8 -коэффициент, учитывающий влияние длительности нагрузки
k_b= 0,15
k_0= 0,7
D= 3,753E+09 кгс· см² -жесткость железобетонного элемента в предельной по прочности стадии
N_{cr}= 472,42 тс -условная критическая сила
η= 1,27 -коэффициент, учитывающий влияние продольного изгиба
e= 11,3 см -расстояние от точки приложения продольной силы N до центра тяжести сечения растянутой или наименее сжатой арматуры

$N \cdot e \le R_b \cdot b \cdot x(h_0 - 0{,}5x) + R_{sc} \cdot A'_s \cdot (h_0 - a')$ = 13,591 тс· м

1 условие прочности выполнено

$N \cdot e$ = 11,343 тс· м

Проверка армирования стены 2 этажа толщиной 250 мм

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	132,6	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	9,0	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,77		γ_s	1,0	
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h= 250 мм -высота сечения колонны
b= 1000 мм -ширина сечения колонны
a= 50 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона
a'= 50 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона
L= 2800 мм -высота колонны
μ= 1 -коэффициент расчетной длины
h_0= 200 мм -рабочая высота сечения
L_0= 280 см -расчетная высота колонны

Усилия:

N= 250 тс -продольная сила
M= 5 тс· м -момент от полной нагрузки
M_l= 4 тс· м -момент от длительных нагрузок

Армирование:

Растянутая арматура
$d_{s,\phi}$= 12 мм -диаметр основной арматуры
n_ϕ= 5 шт -количество основной арматуры
$d_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$n_д$= 0 шт -количество дополнительной арматуры
$A_{s,\phi}$= 5,65 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 5,65 см² -суммарная площадь растянутой арматуры
Сжатая арматура
$d'_{s,\phi}$= 12 мм -диаметр основной арматуры
s'_ϕ= 5 шт -колчество основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 0 шт -количество дополнительной арматуры
$A'_{s,\phi}$= 5,65 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 5,65 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 0,15 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,01 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 3,9 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет:

e_0= 2 см -эксцентриситет приложения продольной силы к сечению
x= 16,5 см -высота сжатой зоны бетона
I= 130208,33 см⁴ -момент инерции площади бетона
I_s= 637,20931 см⁴ -момент инерции площади арматуры
δ_e= 0,15 -относительное значение эксцентриситета продольной силы
φ_l= 1,8 -коэффициент, учитывающий влияние длительности нагрузки
k_b= 0,19
k_s= 0,7
D= 8,901E+09 кгс· см² -жесткость железобетонного элемента в предельной по прочности стадии
N_{cr}= 1120,5 тс -условная критическая сила
η= 1,29 -коэффициент, учитывающий влияние продольного изгиба
e= 10,1 см -расстояние от точки приложения продольной силы N до центра тяжести сечения растянутой или наименее сжатой арматуры

$N \cdot e \le R_b \cdot b \cdot x(h_0 - 0,5x) + R_{sc} \cdot A'_s \cdot (h_0 - a')$ = 29,18 тс· м

1 условие прочности выполнено

$N \cdot e$ = 25,186 тс· м

8. ВЫВОДЫ

Горизонтальные перемещения здания, вертикальные перемещения фундаментной плиты, давление под подошвой фундаментной плиты, прогибы плит перекрытий, коэффициенты использования несущей способности сечений вертикальных ж.б. элементов не превышают предельно допустимых.

Давление под подошвой фундаментной плиты корпуса 2

Секции	Расчетное сопротивление грунта в основании фундаментной плиты R, кН/м²	Среднее давление под подошвой фундаментной плиты, кН/м²
Секции 10-13	1515	320
Секции 14-16	1010	330
Секции 17-19	1045	340

Деформации основания (осадка) фундаментной плиты корпуса 2

Секции	Предельно допустимое значение перемещений	Средняя осадка Su, мм	Максимальная осадка S, мм	Относительная разность осадок (ΔS/L)
Секции 10-13	Su =150 мм* (ΔS/L) = 0.003	72,3	78,5	0.0003
Секции 14-16	Su =150 мм* (ΔS/L) = 0.003	90,2	102,5	0,0006
Секции 17-19	Su =150 мм* (ΔS/L) = 0.003	92,4	109,9	0,0005

* - предельная средняя осадка по приложению Д табл. Д.1 СП 22.13330.2016 "Основания зданий и сооружений" для сооружений, возводимых на едином монолитном железобетонном фундаменте.

Горизонтальные перемещения корпуса 2 в уровне покрытия

Секции	Направление	Предельно допустимое значение перемещений, мм	Перемещение, мм
Секции 10-13	X	h/500=51350/500=102,7*	-34.2
	Y		-61.5
	XY		64.3
Секции 14-16	X	h/500=51350/500=102,7*	-61.3
	Y		69.9
	XY		81.2
Секции 17-19	X	h/500=51350/500=102,7*	63.9
	Y		69.8
	XY		83.0

* - предельное перемещение по табл. Е.4 СП 20.13330.2016 "Нагрузки и воздействия"

h - расстояние от верха фундаментной плиты до верха плиты покрытия

Ускорения верхних этажей корпуса 2 от воздействия ветра

Секции	Направление	Предельно допустимое значение, м/с²	Максимальное ускорение полученное по результатам расчета, м/с²
Секции 10-13	X	0.08	0.039
	Y		0.048
	XY		0.052
Секции 14-16	X	0.08	0.044
	Y		0.046
	XY		0.053
Секции 17-19	X	0,08	0.042
	Y		0.040
	XY		0.047

* - предельное ускорение этажа здания по п. 11.4. СП 20.13330.2016 "Нагрузки и воздействия"

Прогибы плит перекрытий 2 корпуса

Секции	Плита перекрытия	Предельно допустимое значение прогиба, мм	Максимальный прогиб, полученный по результатам расчета, мм
Секции 10-13	Плита перекрытия над -1 этажом в осях 2.РР-2.ФФ / 2.40-2.44	L/206=6760/206=32,8	12.9
	Плита перекрытия над 1 этажом в осях 2.РР-2.ФФ / 2.40-2.44	L/206=6760/206=32,8	14.0
	Плита перекрытия над типовым этажом в осях 2.РР-2.ФФ / 2.40-2.44	L/206=6760/206=32,8	13.7
	Плита покрытия в осях 2.РР-2.ФФ / 2.40-2.44	L/206=6760/206=32,8	20.0
Секции 14-16	Плита перекрытия над -1 этажом в осях 2.Ф-2.Я / 2.38-2.42	L/205=6560/205=32,1	7.81
	Плита перекрытия над 1 этажом в осях 2.Д-2.Ж / 2.33-2.37	L/213=7600/213=35.6	10.3
	Плита перекрытия над типовым этажом в осях 2.А-2.Г / 2.41-2.44	L/189=5330/189=28.2	13.4
	Плита покрытия в осях 2.Ф-2.Я / 2.40-2.44	L/165=3900/165=23,6	9.76
Секции 17-19	Плита перекрытия над -1 этажом в осях 2.Л-2.Р / 2.3-2.6	L/198=5860/198=29,6	8.13
	Плита перекрытия над 1 этажом в осях 2.Р-2.Т / 2.4-2.6	L/189=5350/189=28.3	12.9
	Плита перекрытия над типовым этажом в осях 2.Р-2.Т / 2.4-2.6	L/189=5350/189=28.3	13.5
	Плита покрытия в осях 2.Р-2.Т / 2.4-2.6	L/189=5350/189=28.3	18.8

* - предельные прогибы по Д.2.1 СП 20.13330.2016 "Нагрузки и воздействия"

Коэффициенты использования балок

Секции	Балка 200x400(h)	Предельно допустимый коэффициент использования, %	Максимальный коэффициент использования, полученный по результатам расчета, %
Секции 10-13	На опоре	100	76
	В пролете	100	98
Секции 14-16	На опоре	100	88
	В пролете	100	91
Секции 17-19	На опоре	100	83
	В пролете	100	80

Коэффициенты использования пилонов

Пилон	Предельно допустимый коэффициент использования, %	Максимальный коэффициент использования, полученный по результатам расчета, %
Секция 10-13		
Пилоны -1-го этажа		
300х1200 в осях 2.НН-2.ММ / 2.16-2.20	100	75
300х1300 в осях 2.ЛЛ-2.ММ / 2.40-2.42	100	70
300х1400 в осях 2.КК-2.КК' / 2.37-2.38	100	76
300х1500 в осях 2.СС-2.УУ / 2.34-2.37	100	63
Пилоны 1-го этажа		
250х1200 В ОСЯХ 2.ТТ-2.УУ / 2.34-2.44	100	86
250х1300 В ОСЯХ 2.СС-2.РР / 2.43-2.44	100	85
250х1400 В ОСЯХ 2.ИИ-2.ЕЕ / 2.37-2.38	100	89
250х1500 В ОСЯХ 2.ТТ-2.УУ / 2.10-2.12	100	62
Пилоны 2-го этажа		
200х1200 В ОСЯХ 2.НН-2.ММ / 2.30-2.34	100	95
200х1300 В ОСЯХ 2.ПП-2.НН / 2.30-2.32	100	78
200х1400 В ОСЯХ 2.ПП-2.НН / 2.22'-2.25	100	90
200х1500 В ОСЯХ 2.ПП-2.НН / 2.10-2.12	100	86
220х1200 В ОСЯХ 2.ТТ-2.УУ / 2.41-2.43	100	89
220х1300 В ОСЯХ 2.ИИ-2.ЕЕ / 2.43-2.44	100	80
220х1400 В ОСЯХ 2.ИИ-2.ЕЕ / 2.37-2.38	100	87
220х1500 В ОСЯХ 2.ТТ-2.УУ / 2.36-2.37	100	60

Пилон	Предельно допустимый коэффициент использования, %	Максимальный коэффициент использования, полученный по результатам расчета, %
Секция 14-16		
Пилоны -1-го этажа		
200х1200 в осях 2.Д-2.Е / 2.23	100	82
300х1000 в осях 2.Б-2.В / 2.41-2.42	100	82
300х1200 в осях 2.М-2.П / 2.38-2.39	100	76
300х1300 в осях 2.Е-2.Ж / 2.35-2.37	100	76
300х1500 в осях 2.Ж-2.И / 2.41-2.42	100	60
Пилоны 1-го этажа		
250х1200 В ОСЯХ 2.А-2.Б / 2.41-2.42	100	87
250х1300 В ОСЯХ 2.Е-2.Ж / 2.35-2.37	100	77
250х1400 В ОСЯХ 2.А-2.Б / 2.26	100	86
250х1500 В ОСЯХ 2.А-2.Б / 2.43-2.44	100	70
250х1550 В ОСЯХ 2.А-2.Б / 2.43-2.44	100	68
Пилоны 2-го этажа		
200х1300 В ОСЯХ 2.Ф-2.Э / 2.41-2.42	100	73
200х1500 В ОСЯХ 2.В-2.Г / 2.23	100	85
220х1200 В ОСЯХ 2.А-2.Б / 2.41-2.42	100	81
220х1300 В ОСЯХ 2.Е-2.Ж / 2.35-2.37	100	81
220х1400 В ОСЯХ 2.А-2.Б / 2.26	100	80

Пилон	Предельно допустимый коэффициент использования, %	Максимальный коэффициент использования, полученный по результатам расчета, %
Секция 17-19		
Пилоны -1-го этажа		
200х1200 в осях 2.Д-2.Ж / 2.2-2.3	100	90
300х1200 в осях 2.Т-2.Ш / 2.1-2.2	100	98
300х1300 в осях 2.И-2.Н / 2.4-2.5	100	97
300х1500 в осях 2.Л-2.Р / 2.5-2.7	100	94
Пилоны 1-го этажа		
250х1200 В ОСЯХ 2.Т-2.Ш / 2.1-2.2	100	93
250х1300 В ОСЯХ 2.Е-2.Ж / 2.17-2.21	100	95
250х1400 В ОСЯХ 2.А-2.Б / 2.15-2.17	100	94
250х1500 В ОСЯХ 2.Л-2.Р / 2.5-2.6	100	90
Пилоны 2-го этажа		
200х1300 В ОСЯХ 2.Л-2.И / 2.4-2.5	100	78
200х1500 В ОСЯХ 2.С-2.У / 2.1-2.2	100	93
220х1200 В ОСЯХ 2.Е-2.Ж / 2.1-2.2	100	83
220х1300 В ОСЯХ 2.С-2.У / 2.17-2.21	100	94
220х1400 В ОСЯХ 2.А-2.Б / 2.15-2.19	100	81
220х1500 В ОСЯХ 2.Ю-2.ГГ / 2.5-2.6	100	82

Коэффициенты использования стен

Стены	Предельно допустимый коэффициент использования, %	Максимальный коэффициент использования, полученный по результатам расчета, %
Секция 10-13		
Стены -1-го этажа		
Стены толщиной 200 мм	100	56
Стены толщиной 220 мм	100	59
Стены толщиной 250 мм	100	66
Стены толщиной 300 мм	100	90
Стены 1-го этажа		
Стены толщиной 200 мм	100	82
Стены толщиной 250 мм	100	82
Стены 2-го этажа		
Стены толщиной 200 мм	100	81
Стены толщиной 250 мм	100	80

Стены	Предельно допустимый коэффициент использования, %	Максимальный коэффициент использования, полученный по результатам расчета, %
Секция 14-16		
Стены -1-го этажа		
Стены толщиной 200 мм	100	82
Стены толщиной 220 мм	100	77
Стены толщиной 250 мм	100	82
Стены толщиной 300 мм	100	82
Стены 1-го этажа		
Стены толщиной 200 мм	100	81
Стены толщиной 250 мм	100	82
Стены 2-го этажа		
Стены толщиной 200 мм	100	83

Стены	Предельно допустимый коэффициент использования, %	Максимальный коэффициент использования, полученный по результатам расчета, %
Секция 17-19		
Стены -1-го этажа		
Стены толщиной 200 мм	100	84
Стены толщиной 220 мм	100	85
Стены толщиной 250 мм	100	85
Стены толщиной 300 мм	100	93
Стены 1-го этажа		
Стены толщиной 200 мм	100	82
Стены толщиной 250 мм	100	82
Стены 2-го этажа		
Стены толщиной 200 мм	100	83
Стены толщиной 250 мм	100	86

Коэффициенты использования плит

Плита	Предельно допустимый коэффициент использования, %	Максимальный коэффициент использования, полученный по результатам расчета, %
Секция 10-13		
Фундаментная плита 800 мм		
По нормальным напряжениям под опорой	100	98
По нормальным напряжениям в пролете	100	85
По продавливанию, процент использования по бетону	100	13
По продавливанию, процент использования с учетом поперечного армирования	100	-
Плита 220 мм над -1-м этажом		
По нормальным напряжениям на опоре	100	75
По нормальным напряжениям в пролете	100	81
По продавливанию, процент использования по бетону	100	140
По продавливанию, процент использования с учетом поперечного армирования	100	71
Плита 200 мм над 1-м этажом		
По нормальным напряжениям на опоре	100	91
По нормальным напряжениям в пролете	100	77
По продавливанию, процент использования по бетону	100	74
По продавливанию, процент использования с учетом поперечного армирования	100	-
Плита типового этажа 200мм		
По нормальным напряжениям на опоре	100	95
По нормальным напряжениям в пролете	100	71
По продавливанию, процент использования по бетону	100	130
По продавливанию, процент использования с учетом поперечного армирования	100	65

Плита покрытия 220 мм		
По нормальным напряжениям на опоре	100	95
По нормальным напряжениям в пролете	100	91
По продавливанию, процент использования по бетону	100	160
По продавливанию, процент использования с учетом поперечного армирования	100	80

Плита	Предельно допустимый коэффициент использования, %	Максимальный коэффициент использования, полученный по результатам расчета, %
Секция 14-16		
Фундаментная плита 800 мм		
По нормальным напряжениям на опоре	100	96
По нормальным напряжениям в пролете	100	91
По продавливанию, процент использования по бетону	100	61
По продавливанию, процент использования с учетом поперечного армирования	100	-
Плита 220 мм над -1-м этажом		
По нормальным напряжениям на опоре	100	88
По нормальным напряжениям в пролете	100	84
По продавливанию, процент использования по бетону	100	71
По продавливанию, процент использования с учетом поперечного армирования	100	-
Плита 200 мм над 1-м этажом		
По нормальным напряжениям на опоре	100	93
По нормальным напряжениям в пролете	100	58
По продавливанию, процент использования по бетону	100	77
По продавливанию, процент использования с учетом поперечного армирования	100	-
Плита типового этажа 200мм		
По нормальным напряжениям на опоре	100	82
По нормальным напряжениям в пролете	100	61
По продавливанию, процент использования по бетону	100	64
По продавливанию, процент использования с учетом поперечного армирования	100	-

Плита покрытия 220 мм		
По нормальным напряжениям на опоре	100	90
По нормальным напряжениям в пролете	100	76
По продавливанию, процент использования по бетону	100	187
По продавливанию, процент использования с учетом поперечного армирования	100	94

Плита	Предельно допустимый коэффициент использования, %	Максимальный коэффициент использования, полученный по результатам расчета, %
Секция 17-19		
Фундаментная плита 800 мм		
По нормальным напряжениям на опоре	100	92
По нормальным напряжениям в пролете	100	84
По продавливанию, процент использования по бетону	100	26
По продавливанию, процент использования с учетом поперечного армирования	100	-
Плита 220 / 480 мм над -1-м этажом		
По нормальным напряжениям на опоре	100	87/83
По нормальным напряжениям в пролете	100	80/53
По продавливанию, процент использования по бетону	100	68/196
По продавливанию, процент использования с учетом поперечного армирования	100	-/98
Плита 200 мм над 1-м этажом		
По нормальным напряжениям на опоре	100	95
По нормальным напряжениям в пролете	100	46
По продавливанию, процент использования по бетону	100	91
По продавливанию, процент использования с учетом поперечного армирования	100	-
Плита типового этажа 200мм		
По нормальным напряжениям на опоре	100	97
По нормальным напряжениям в пролете	100	59
По продавливанию, процент использования по бетону	100	81
По продавливанию, процент использования с учетом поперечного армирования	100	-

Плита покрытия 220 мм		
По нормальным напряжениям на опоре	100	86
По нормальным напряжениям в пролете	100	70
По продавливанию, процент использования по бетону	100	188
По продавливанию, процент использования с учетом поперечного армирования	100	59

Учитывая приведенные расчёты по Объекту, можно сделать выводы:

- Осадки фундаментной плиты не превышают предельных нормативных;
- Относительная разность осадок не превышает предельных нормативных значений;
- Давление под подошвой фундаментной плиты не превышает расчётного сопротивления грунта основания;
- Принятые конструктивные решение обеспечивают прочность и устойчивость вертикальных несущих конструкций;
- Прогибы и перемещения конструкций не превышают предельных нормативных значений;
- Принятые конструктивные решения обеспечивают прочность фундаментной плиты, плит перекрытий и покрытия, в том числе на продавливание вертикальными несущими конструкциями;

Анализ полученных результатов расчётов позволяет сделать заключение, что проектные решения несущих элементов, принятые в проекте, при действии нормативно регламентированных сочетаний нагрузок, удовлетворяют требованиям нормативных документов и обеспечивают необходимую надёжность зданий (несущую способность, устойчивость, геометрическую неизменяемость).

9. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И НОРМАТИВНАЯ БАЗА

1. СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия».
2. СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений».
3. СП 28.13330.2017 «Защита строительных конструкций от коррозии».
4. СП 47.13330.2016 «Инженерные изыскания для строительства».
5. СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий».
6. СП 63.13330.2018 «Бетонные и железобетонные конструкции».
7. СП 131.13330.2020 «Строительная климатология».
8. СП 52-101-2003 «Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры».
9. СП 52-103-2007 «Железобетонные монолитные конструкции зданий»
10. СП 2.13130.2020 «Системы противопожарной защиты».
11. СП 430.1325800.2018 «Монолитные конструктивные системы».
12. 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
13. 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».
14. ГОСТ 27751-2014 «Надёжность строительных конструкций и оснований. Основные положения и требования».
15. Пособие по производству работ при устройстве оснований и фундаментов (к СНиП 3.02.01-83).
16. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжёлого бетона без предварительного напряжения арматуры (к СП 52-101-2003).

10. ПРИЛОЖЕНИЯ

СИСТЕМА СЕРТИФИКАЦИИ ГОСТ Р

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

Добровольная сертификация

СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ

№ **RA.DE.АБ86.Н01215**

Срок действия с 04.09.2019 по 04.09.2022

№ 0536627

ОРГАН ПО СЕРТИФИКАЦИИ RA.RU.11АБ86

ООО ЦСПС. Орган по сертификации программной продукции в строительстве
125057 г. Москва, Ленинградский проспект, дом 63, тел. (499) 157-1990

ПРОДУКЦИЯ **Программа SOFiSTiK**
для прочностного расчета строительных конструкций методом конечных элементов

код ОК
58.29.29.000

обеспечение программное прикладное прочее на электронном носителе, серийный выпуск

СООТВЕТСТВУЕТ ТРЕБОВАНИЯМ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ

код ТН ВЭД

ГОСТ 28195-89, разд. 2, п.2.1 (пп.1.1, 1.2, 2.1 - 2.3, 3.1 - 3.3, 6.1, 6.2), ГОСТ 28806-90, разд. 2, пп.13 – 16, ГОСТ Р ИСО/МЭК 9126-93, разд. 4, пп.4.1 – 4.4, ГОСТ Р ИСО 9127-94, разд. 6, пп.6.1.1, 6.3.1, 6.3.3, 6.5.1 – 6.5.3, ГОСТ Р ИСО/МЭК 12119-2000, разд. 3, пп.3.1.1, 3.1.3, 3.2.1 – 3.2.5

ИЗГОТОВИТЕЛЬ **SOFiSTiK AG**
Bruckmannring 38, D-85764 Oberschleissheim, Germany, tel.: +49 89 3158780, fax: +49 89 31587823

СЕРТИФИКАТ ВЫДАН **SOFiSTiK AG, Bruckmannring 38, D-85764 Oberschleissheim, Germany, tel.: +49 89 3158780, fax:+ 49 89 31587823; ООО "ПСС" ИНН 7842346242, Россия, 191040, г. Санкт-Петербург, Лиговский просп., д. 56, лит. Г, тел. (812) 6221014, факс (812) 7643868**

НА ОСНОВАНИИ

Заключения ООО ЦСПС № 01-72-19 от 03 сентября 2019 г. на 8-и страницах.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ **Схема сертификации 3**

РОСАККРЕДАЦИЯ * АБ 86 * ООО ЦСПС * для сертификатов * Система Сертификации ГОСТ Р

М.П.

Руководитель органа _____ (подпись) **С.Д.Ратнер** (инициалы, фамилия)

Эксперт _____ (подпись) **Т.Н.Бубнова** (инициалы, фамилия)

Сертификат не применяется при обязательной сертификации

ЗАКЛЮЧЕНИЕ № 01-72-19

ОРГАНА ПО СЕРТИФИКАЦИИ ПРОГРАММНОЙ ПРОДУКЦИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ
на базе ООО «Центр сертификации программной продукции в строительстве» (ООО ЦСПС)

о соответствии разделам и пунктам нормативных документов программы SOFiSTiK от 03.09.2019г.
(к сертификату соответствия № RA.DE.АБ86.Н01215, срок действия 04.09.2019 – 04.09.2022)

1. Обозначение программной продукции

Программа SOFiSTiK.

2. Название программной продукции

Программа прочностного расчета строительных конструкций методом конечных элементов SOFiSTiK.

3. Назначение программной продукции

Прочностной расчет строительных конструкций методом конечных элементов с возможностью индивидуальной настройки под конкретный строительный объект.

4. Версия - 2020

5. Решаемые задачи

Модульная концепция программы позволяет осуществлять индивидуальную настройку под конкретный строительный объект для решения широкого спектра задач, в том числе:

- сочетания нагрузок;
- статический и динамический расчеты;
- расчеты по деформациям;
- сейсмические расчеты.

6. Соответствует требованиям пунктов нормативных документов по состоянию на 03 сентября 2019 г.

ГОСТ Р ИСО 9127-94 "Документация пользователя и информация на упаковке потребительских программных пакетов":

- раздел 6. Справочная документация (ОБ). Подраздел 6.1. Обозначение пакета (ОБ), п.6.1.1. Подраздел 6.3. Функциональное описание программного средства (ОБ), пп.6.3.1, 6.3.3. Подраздел 6.5. Использование программного средства (ОБ), пп.6.5.1 – 6.5.3.

ГОСТ Р ИСО/МЭК 12119-2000 "Информационная технология. Пакеты программ. Требования к качеству и тестирование":

- раздел 3. Требования к качеству. Подраздел 3.1. Описание продукта, пп.3.1.1, 3.1.3. Подраздел 3.2. Документация пользователя, пп.3.2.1 – 3.2.5.

ГОСТ Р ИСО/МЭК 9126-93 "Информационная технология. Оценка программной продукции. Характеристики качества и руководства по их применению":

- раздел 4. Характеристики качества программного обеспечения, пп.4.1 – 4.4.

ГОСТ 28195-89 "Оценка качества программных средств. Общие положения"

- раздел 2. Номенклатура показателей качества программных средств, п.2.1 (пп.1.1, 1.2, 2.1 - 2.3, 3.1 - 3.3, 6.1, 6.2).

ГОСТ 28806-90 "Качество программных средств. Термины и определения":

- раздел 2. Общие характеристики качества программного средства, пп.13 – 16.

Заместитель генерального директора ООО ЦСПС — **Д.Ю.Бубнов**

Эксперт — **Т.Н.Бубнова**

7. Адекватность и эффективность в части прикладных характеристик подтверждена соответствием требованиям пунктов нормативных документов по состоянию на 03 сентября 2019 г.

СП 14.13330.2014 - Актуализированная редакция СНиП II-7-81* "Строительство в сейсмических районах":

- раздел 5. Расчетные нагрузки, пп.5.1 - 5.4.

СП 14.13330.2018 - Актуализированная редакция СНиП II-7-81* "Строительство в сейсмических районах":

- раздел 5. Расчетные сейсмические нагрузки, пп.5.1 - 5.4.

СП 15.13330.2012 - Актуализированная редакция СНиП II-22-81* "Каменные и армокаменные конструкции":

- раздел 7. Расчет элементов конструкций по предельным состояниям первой группы (по несущей способности). Центрально-сжатые элементы, п.7.1. Внецентренно-сжатые элементы, п.7.7. Косое внецентренное сжатие, п.7.12. Изгибаемые элементы, п. 7.18. Центрально-растянутые элементы, п.7.19;
- раздел 8. Расчет элементов конструкций по предельным состояниям второй группы (по образованию и раскрытию трещин и по деформациям), пп.8.1 - 8.3.

СП 16.13330.2011 - Актуализированная редакция СНиП II-23-81* "Стальные конструкции":

- раздел 4. Общие положения. Подраздел 4.2. Основные расчетные требования, пп.4.2.4, 4.2.5;
- раздел 7. Расчет элементов стальных конструкций при центральном растяжении и сжатии. Подраздел 7.1. Расчет элементов сплошного сечения, п.7.1.1;
- раздел 8. Расчет элементов стальных конструкций при изгибе. Подраздел 8.2. Расчет на прочность изгибаемых элементов сплошного сечения, п.8.2.1.

СП 16.13330.2017 - Актуализированная редакция СНиП II-23-81* "Стальные конструкции":

- раздел 4. Общие положения. Подраздел 4.2. Основные расчетные требования, пп.4.2.4, 4.2.5;
- раздел 7. Расчет элементов стальных конструкций при центральном растяжении и сжатии. Подраздел 7.1. Расчет элементов сплошного сечения, п.7.1.1;
- раздел 8. Расчет элементов стальных конструкций при изгибе. Подраздел 8.2. Расчет на прочность изгибаемых элементов сплошного сечения, п.8.2.1.

СП 20.13330.2011 - Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* "Нагрузки и воздействия":

- раздел 4. Общие требования, пп.4.1 - 4.3;
- раздел 6. Сочетания нагрузок, пп.6.1 – 6.3;
- раздел 7. Вес конструкций и грунтов, п.7.2;
- раздел 8. Нагрузки от оборудования, людей, животных, складируемых материалов и изделий. Подраздел 8.1. Определение нагрузок от оборудования, складируемых материалов и изделий, пп.8.1.3, 8.1.4. Подраздел 8.2. Равномерно распределенные нагрузки, пп.8.2.1, 8.2.2;
- раздел 11. Воздействия ветра. Подраздел 11.1. Ветровые нагрузки, пп.11.1 - 11.3;
- раздел 13. Температурные климатические воздействия, пп.13.1, 13.2;
- раздел 15. Прогибы и перемещения. Подраздел 15.1. Общие указания, п.15.1.1. Подраздел 15.2. Предельные прогибы, п.15.2.1.

Заместитель генерального директора ООО ЦСПС **Д.Ю.Бубнов**

Эксперт **Т.Н.Бубнова**

СП 20.13330.2016 – Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* "Нагрузки и воздействия":

- раздел 4. Общие требования, пп.4.1 – 4.3;
- раздел 6. Сочетания нагрузок, пп.6.1 – 6.3;
- раздел 7. Вес конструкций и грунтов, п.7.2;
- раздел 8. Нагрузки от оборудования, людей, животных, складируемых материалов и изделий Подраздел 8.1. Определение нагрузок от оборудования, складируемых материалов и изделий, пп.8.1.3 8.1.4. Подраздел 8.2. Равномерно распределенные нагрузки, пп.8.2.1, 8.2.2;
- раздел 11. Воздействия ветра. Подраздел 11.1. Ветровые нагрузки, пп.11.1 - 11.3;
- раздел 13. Температурные климатические воздействия, пп.13.1, 13.2;
- раздел 15. Прогибы и перемещения. Подраздел 15.1. Общие указания, п.15.1.1. Подраздел 15.2. Предельные прогибы, п.15.2.1.

СП 22.13330.2011 - Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83* "Основания зданий и сооружений":

- раздел 5. Проектирование оснований. Подраздел 5.1. Общие указания, пп.5.1.1, 5.1.2. Подраздел 5.2. Нагрузки и воздействия, учитываемые в расчетах оснований, пп.5.2.1 - 5.2.5.

раздел 9. Особенности проектирования оснований подземных частей сооружений и геотехнический прогноз, пп.9.1 – 9.39.

СП 22.13330.2016 - Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83* "Основания зданий и сооружений":

- раздел 5. Проектирование оснований. Подраздел 5.1. Общие указания, пп.5.1.1, 5.1.2. Подраздел 5.2. Нагрузки и воздействия, учитываемые в расчетах оснований, пп.5.2.1 - 5.2.5.

раздел 9. Особенности проектирования оснований подземных частей сооружений и геотехнический прогноз, пп.9.1 – 9.39.

СП 24.13330.2011 - Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85* "Свайные фундаменты":

- раздел 7. Проектирование свайных фундаментов. Подраздел 7.1. Основные указания по расчету, пп.7.1.1 - 7.1.4.

СП 35.13330.2011 - Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84* "Мосты и трубы":

- раздел 5. Основные положения. Общие указания, пп.5.2, 5.3. Расположение мостов и труб, п.5.5. Основные требования к конструкциям, пп.5.9, 5.10. Расчет несущих конструкций и оснований мостов и труб, пп.5.35. – 5.38;
- раздел 6. Нагрузки и воздействия. Сочетания нагрузок, пп.6.1. – 6.3. Постоянные нагрузки и воздействия, пп.6.4. – 6.10. Временные нагрузки и воздействия, пп.6.11 – 6.23. Прочие временные нагрузки и воздействия, пп.6.24 – 6.32;
- раздел 7. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные расчётные требования, пп.7.1 - 7.10, 7.13 - 7.15. Бетон. Характеристики материалов, пп.7.18, 7.24 -7.32. Арматура. Характеристики материалов, пп.7.33 – 7.48. Расчёт по предельным состояниям первой группы, пп.7.49 - 7.85. Расчёт по предельным состояниям второй группы, пп.7.95 – 7.98, 7.104 – 7.115;
- раздел 8. Стальные конструкции. Общие положения, пп.8.1 – 8.3. Учет условий работы и назначения конструкций, пп.8.25 – 8.32. Расчет на прочность и ползучесть стальных канатов, п.8.33. Расчёты по устойчивости, пп.8.36 – 8.43;
- раздел 9. Сталежелезобетонные конструкции. Расчёты, пп.9.4 – 9.18, 9.19 – 9.36;
- приложение Р. Потери предварительного напряжения арматуры, табл.Р.1 - Р.2.

Заместитель генерального директора ООО ЦСПС **Д.Ю.Бубнов**

Эксперт **Т.Н.Бубнова**

СП 36.13330.2012 - Актуализированная редакция СНиП 2.05.06-85* "Магистральные трубопроводы":

- раздел 12. Расчет трубопроводов на прочность и устойчивость. Расчетные характеристики материалов, пп.12.1, 12.2. Нагрузки и воздействия, п.12.4.

СП 38.13330.2012 - Актуализированная редакция СНиП 2.06.04-82* "Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов) ":

- раздел 4. Общие положения;
- раздел 5. Нагрузки и воздействия волн на гидротехнические сооружения;
- раздел 6. Нагрузки от судов (плавучих объектов) на гидротехнические сооружения;
- раздел 7. Ледовые нагрузки на гидротехнические сооружения.

СП 41.13330.2012 - Актуализированная редакция СНиП 2.06.08-87 "Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений":

- раздел 5. Материалы для бетонных и железобетонных конструкций. Бетон, пп.5.5 - 5.8, 5.13 - 5.28. Арматура, пп.5.30 - 5.35;
- раздел 6. Конструктивные требования, пп.6.1, 6.1.1. Устройство постоянных и временных швов, п.6.2. Назначение продольного и поперечного армирования, пп.6.6 – 6.8, 6.10 – 6.13, 6.15 – 6.22. Дополнительные указания по конструированию предварительно напряженных элементов, пп.6.26 – 6.31;
- раздел 7. Основные расчетные положения;
- раздел 8 Расчеты элементов бетонных и железобетонных конструкций на прочность и выносливость;
- раздел 9. Расчет элементов бетонных и железобетонных конструкций по образованию и раскрытию трещин и по деформациям;
- раздел 10. Расчет элементов бетонных и железобетонных конструкций на температурные и влажностные воздействия.

СП 45.13330.2012 - Актуализированная редакция СНиП 3.02.01-87 "Земляные сооружения, основания и фундаменты":

- раздел 6. Вертикальная планировка, разработка выемок, подготовка территории под застройку гидронамывом. Подраздел 6.1. Вертикальная планировка, разработка выемок, пп.6.1.10, 6.1.12, 6.1.14 - 6.1.16, 6.1.19, 6.1.21;
- раздел 8. Земляные работы в особых грунтовых условиях, пп.8.3, 8.19;
- раздел 11. Фундаменты мелкого заложения, пп.11.30, 11.43;
- раздел 12. Свайные фундаменты, шпунтовые ограждения, анкеры, нагели. Подраздел 12.1. Погружаемые сваи, сваи-оболочки, шпунт, табл.12.7. Подраздел 12.8. Грунтовые инъекционные анкеры, п.12.8.18, табл.12.2;
- раздел 14. Сооружения, возводимые способом "стена в грунте". Подраздел 14.1. Общие требования, пп.14.1.29, табл. 14.4.

СП 58.13330.2012 - Актуализированная редакция СНиП 33-01-2003 "Гидротехнические сооружения. Основные положения":

- раздел 4. Общие указания по проектированию гидротехнических сооружений;
- раздел 8. Основные расчетные положения;
- приложение Г (обязательное). Перечень нагрузок и воздействий на гидротехнические сооружения;
- приложение Д (обязательное). Значения коэффициента надежности по нагрузке при расчетах по предельным состояниям первой группы.

Заместитель генерального директора ООО ЦСПС **Д.Ю.Бубнов**

Эксперт **Т.Н.Бубнова**

СП 63.13330.2012 - Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003 "Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения":

- раздел 5. Требования к расчёту бетонных и железобетонных конструкций. Подраздел 5.1 Общие положения, пп.5.1.1 – 5.1.5, 5.1.7, 5.1.8. Подраздел 5.2. Требования к расчёту бетонных и железобетонных элементов по прочности, п.5.2.1. Расчёт железобетонных элементов по образованию трещин, пп.5.2.2 - 5.2.10. Общие требования к расчету бетонных и железобетонных элементов, пп.5.3.1, 5.3.3, 5.3.4. Подраздел 5.4. Требования к расчёту железобетонных элементов по раскрытию трещин;

- раздел 6. Материалы для бетонных и железобетонных конструкций. Подраздел 6.1. Бетон, пп.6.1.10, 6.1.11, 6.1.13 - 6.1.22. Подраздел 6.2. Арматура, пп.6.2.7 – 6.2.14;

- раздел 7. Бетонные конструкции. Подраздел 7.1. Расчёт бетонных элементов по прочности, пп.7.1.2 - 7.1.4, 7.1.9 - 7.1.12;

- раздел 8. Железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры. Подраздел 8.1. Расчёт элементов железобетонных конструкций по предельным состояниям первой группы, пп.8.1.1 - 8.1.10, 8.1.23, 8.1.31 - 8.1.44. Подраздел 8.2. Расчёт элементов железобетонных конструкций по предельным состояниям второй группы, пп.8.2.4, 8.2.8 - 8.2.10, 8.2.15 - 8.2.16;

- раздел 9. Предварительно напряжённые железобетонные конструкции. Подраздел 9.1. Предварительные напряжения арматуры, пп.9.1.2 - 9.1.10. Подраздел 9.2. Расчёт предварительно напряжённых элементов железобетонных конструкций по предельным состояниям первой группы, пп.9.2.2, 9.2.8 - 9.2.14. Подраздел 9.3. Расчёт предварительно напряжённых элементов железобетонных конструкций по предельным состояниям второй группы, пп.9.3.8, 9.3.11.

СП 63.13330.2018 - Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003 "Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения":

- раздел 5. Требования к расчёту бетонных и железобетонных конструкций. Подраздел 5.1. Общие положения, пп.5.1.1 – 5.1.5, 5.1.7, 5.1.8. Подраздел 5.2. Требования к расчёту бетонных и железобетонных элементов по прочности, п.5.2.1. Расчёт железобетонных элементов по образованию трещин, пп.5.2.2 - 5.2.10. Общие требования к расчету бетонных и железобетонных элементов, пп.5.3.1, 5.3.3, 5.3.4. Подраздел 5.4. Требования к расчёту железобетонных элементов по раскрытию трещин;

- раздел 6. Материалы для бетонных и железобетонных конструкций. Подраздел 6.1. Бетон, пп.6.1.10, 6.1.11, 6.1.13 - 6.1.22. Подраздел 6.2. Арматура, пп.6.2.7 – 6.2.14;

- раздел 7. Бетонные конструкции. Подраздел 7.1. Расчёт бетонных элементов по прочности, пп.7.1.2 - 7.1.4, 7.1.9 - 7.1.12;

- раздел 8. Железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры. Подраздел 8.1. Расчёт элементов железобетонных конструкций по предельным состояниям первой группы, пп.8.1.1 - 8.1.10, 8.1.23, 8.1.31 - 8.1.44. Подраздел 8.2. Расчёт элементов железобетонных конструкций по предельным состояниям второй группы, пп.8.2.4, 8.2.8 - 8.2.10, 8.2.15 - 8.2.16;

- раздел 9. Предварительно напряжённые железобетонные конструкции. Подраздел 9.1. Предварительные напряжения арматуры, пп.9.1.2 - 9.1.10. Подраздел 9.2. Расчёт предварительно напряжённых элементов железобетонных конструкций по предельным состояниям первой группы, пп.9.2.2, 9.2.8 - 9.2.14. Подраздел 9.3. Расчёт предварительно напряжённых элементов железобетонных конструкций по предельным состояниям второй группы, пп.9.3.8, 9.3.11.

СП 101.13330.2012 - Актуализированная редакция СНиП 2.06.07-87 "Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения":

- раздел 5. Общие положения, пп.5.3 - 5.8.

Заместитель генерального директора ООО ЦСПС **Д.Ю.Бубнов**

Эксперт **Т.Н.Бубнова**

- раздел 6. Подпорные стены, пп.6.4 - 6.12;
- раздел 10. Основные расчетные положения.

СП 159.1325800.2014 "Сталежелезобетонные пролётные строения автодорожных мостов. Правила расчёта":

- раздел 4. Общие положения, пп.4.1 – 4.3;
- раздел 5. Нагрузки и воздействия, пп.5.1 – 5.5;
- раздел 7. Учёт образования трещин, пп.7.1, 7.2;
- раздел 11. Расчёт на временные нагрузки, пп.11.1, 11.2.

СП 260.1325800.2016 "Конструкции стальные тонкостенные из холодногнутых оцинкованныхых профилей и гофрированных листов. Правила проектирования":

- раздел 5. Основные положения. Подраздел 5.2. Основные расчётные требования, п.5.2.1. Подраздел 5.3. Учёт коэффициентов надежности по нагрузкам и сопротивлению материала, пп.5.3.1, 5.3.2. Подраздел 5.5. Учет начальных несовершенств элементов несущего каркаса, пп.5.5.1, 5.5.2.

СП 266.1325800.2016 "Конструкции сталежелезобетонные. Правила проектирования":

- раздел 4. Общие положения. Подраздел 4.3. Основные положения по расчетам, пп.4.3.1 – 4.3.6. Подраздел 4.4. Требования к расчетам, пп.4.4.1 – 4.4.3;
- раздел 5. Материалы. Подраздел 5.1. Бетон, пп.5.1.1 – 5.1.3. Подраздел 5.2. Арматура, п.5.2.1. Подраздел 5.3. Сталь, пп.5.3.1, 5.3.2.

СП 267.1325800.2016 "Здания и комплексы высотные. Правила проектирования":

- раздел 4. Общие положения;
- раздел 7. Общие положения расчета причальных сооружений;
- раздел 8. Нагрузки и воздействия;
- раздел 9. Определение расположения поверхностей скольжения при глубинном сдвиге;
- раздел 10. Проектирование причальных сооружений гравитационного типа;
- раздел 11. Проектирование причальных сооружений типа больверк. Подраздел 11.2. Основные положения расчёта;
- раздел 12. Проектирование причальных сооружений эстакадного типа. Подраздел 12. 2. Основные положения расчёта;
- раздел 13 Проектирование отбойного пала. Подраздел 13.3 Основные положения расчета;
- раздел 14 Проектирование конструкций из цилиндрических ячеек и узких засыпных пирсов. Подраздел 14.2 Расчет конструкций из цилиндрических ячеек, Подраздел 14.3 Расчет конструкций узких засыпных пирсов;
- раздел 16 Особенности проектирования портовых сооружений в сейсмических районах. Подраздел 16.1 Основные положения расчета.

СП 268.1325800.2016 "Транспортные сооружения в сейсмических районах. Правила проектирования":

- раздел 8. Мосты. Подраздел 8.3. Нагрузки и воздействия, пп.8.3.1 - 8.3.3, 8.3.8, 8.3.13 – 8.3.17, 8.3.21, 8.3.22, 8.3.30, 8.3.31, 8.3.34 – 8.3.37. Подраздел 8.4. Расчёты на сейсмостойкость, пп.8.4.1, 8.4.2.

СП 287.1325800.2016 "Сооружения морские причальные. Правила проектирования и строительства":

- раздел 7. Нагрузки и воздействия. Подраздел 7.1. Общие положения, пп.7.1.2, 7.1.3. Подраздел 7.2. Равномерно распределённые и временные нагрузки, пп.7.2.1, 7.2.2. Подраздел 7.4. Ветровые нагрузки. Подраздел 7.6. Температурные климатические воздействия.

Заместитель генерального директора ООО ЦСПС **Д.Ю.Бубнов**

Эксперт **Т.Н.Бубнова**

СП 294.1325800.2017 "Конструкции стальные. Правила проектирования":

- раздел 4. Основные положения расчета. Подраздел 4.1. Общие положения, пп.4.1.1, 4.1.3 - 4.1.4, 4.1.6 – 4.1.15. Подраздел 4.2. Предельные состояния стальных конструкций, пп.4.2.1 – 4.2.8.

СП 52-101-2003 "Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры":

- раздел 4. Общие указания. Подраздел 4.1. Основные положения, пп.4.1.1, 4.1.2. Подраздел 4.2. Основные расчетные требования, пп.4.2.1 - 4.2.5;

- раздел 5. Материалы для бетонных и железобетонных конструкций. Подраздел 5.1. Бетон Нормативные значения прочностных характеристик бетона, п.5.1.8. Расчетные значения прочностных характеристик бетона, пп.5.1.9, 5.1.10;

- раздел 6. Расчет элементов бетонных и железобетонных конструкций по предельным состояниям первой группы. Подраздел 6.2. Расчет железобетонных элементов по прочности. Общие положения, п.6.2.3. Расчет по прочности нормальных сечений по предельным усилиям, пп.6.2.5, 6.2.6. Расчет изгибаемых элементов, п.6.2.9;

- раздел 7. Расчет элементов железобетонных конструкций по предельным состояниям второй группы. Подраздел 7.1. Общие положения, пп.7.1.1 – 7.1.3. Подраздел 7.3. Расчет элементов железобетонных конструкций по деформациям. Общие положения, п.7.3.1.

СП 52-102-2004 "Предварительно напряженные железобетонные конструкции":

- раздел 1. Общие указания. Подраздел 1.2. Основные расчетные требования, пп.1.2.1 - 1.2.4;

- раздел 2. Материалы для предварительно напряженных железобетонных конструкций. Подраздел 2.1. Бетон. Подраздел 2.1.2. Нормативные и расчетные значения характеристик бетона, пп.2.1.2.1, 2.1.2.2.

СП 53-102-2004 "Общие правила проектирования стальных конструкций":

- раздел 5. Общие положения. Подраздел 5.2. Основные расчетные требования, пп.5.2.3 - 5.2.5.

СП 52-103-2007 "Железобетонные монолитные конструкции зданий":

- раздел 6. Расчет несущих конструктивных систем. Подраздел 6.1 Расчетная схема, пп.6.1.1 - 6.1.6. Подраздел 6.2. Требования к расчету, пп.6.2.1 - 6.2.11. Подраздел 6.3. Методы расчета, пп.6.3.1 - 6.3.11.

СП 50-101-2004 "Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений":

- раздел 5. Проектирование оснований. Подраздел 5.1. Общие указания, пп.5.1.1 - 5.1.6. Подраздел 5.2. Нагрузки и воздействия, учитываемые в расчетах оснований, пп.5.2.1 - 5.2.4.

СП 50-102-2003 "Проектирование и устройство свайных фундаментов":

- раздел 7. Проектирование свайных фундаментов. Подраздел 7.1. Основные указания по расчету, пп.7.1.1 - 7.1.4, 7.1.8.

СП 31-114-2004 "Правила проектирования жилых и общественных зданий для строительства в сейсмических районах":

- раздел 4. Общие положения, п.4.2;

- раздел 6. Расчет на сейсмические воздействия. Подраздел. 6.1. Расчетная модель сооружения и воздействия, пп.6.1.1 - 6.1.3. Подраздел 6.2. Методы расчетов на сейсмические воздействия, п.6.2.2;

- раздел 7. Жилые и общественные здания. Подраздел 7.1. Основные положения, пп.7.1.1, 7.1.2.

Заместитель генерального директора ООО ЦСПС **Д.Ю.Бубнов**

Эксперт **Т.Н.Бубноваё**

СТО 02494680-0049-2005 "Конструкции стальные строительные. Основные принципы расчета на прочность, устойчивость, усталостную долговечность и сопротивление хрупкому разрушению":

- раздел 4. Общие положения, пп.4.2 – 4.5;
- раздел 5. Требования по составлению расчетных схем сооружений, конструкций и их элементов. Подраздел 5.1, пп.5.1.1, 5.1.2.

СТО 36554501-006-2006 "Правила по обеспечению огнестойкости и огнесохранности железобетонных конструкций":

- раздел 4. Общие требования, пп.4.2, 4.10, 4.12, 4.13.

8. Программная документация

SOFiSTiK. Пакет программ анализа. Версия 2020. SOFISTIK AG, Oberschleissheim.

Заместитель генерального директора ООО ЦСПС **Д.Ю.Бубнов**

Эксперт **Т.Н.Бубнова**

E-1e

End-User License Agreement

between Licensor:	and Licensee:	
SOFiSTiK AG Bruckmannring 38 85764 Oberschleißheim Germany **("SOFiSTiK")**	PB APEKS OOO Derbenevskaya nab, 7, str. 9 115114 Moscow Russische Föderation **("Customer")**	
Date: 2018-02-20	ID: 135885/001U	Cust. No.: 5962

SOFiSTiK agrees to license to the Customer the software products identified in the table below on a permanent basis. SOFiSTiK's End-User License Terms (current as of: 01-07-2015) apply accordingly. SOFiSTiK is not the seller of the Software.

Pos.	Product Name	Version No.	Software License Number of Licenses Local	 Network
1	3D-FEM-PREM	2018	1	5
2	AQBS	2018	1	
3	ASE3	2018	1	
4	ASE4	2018	1	
5	DOLFYN	2018	1	
6	ELLA	2018	1	
7	HASE-3D	2018	1	
8	HISOLV	2018	1	
9	HYDRA	2018	1	
10	NONL-DYN	2018	1	
11	RHINOINT	2018	1	
12	SOFILOAD-DW	2018	1	
13	SOFILOAD-W	2018	1	
14	TENDON	2018	1	
15	WINTUBE-3D+	2018	1	

Attachments: SOFiSTiK's End-User License Terms - current as of: 01-07-2015 (all attachments are available under www.sofistik.com/en/home/legal-notes)
Software Service Agreement 135885/001US dated 2017-09-28

Oberschleißheim, Date: 15/03/2018

Moscow, Date:

SOFiSTiK
Bruckmannring 38, 85764 Oberschleißheim
T +49 (0)89 315878-0 F +49 (0)89 315878-23
www.sofistik.de - info@sofistik.de

Signature (SOFiSTiK)

Signature (Customer)

191040, г.Санкт-Петербург,
Лиговский пр., 56 литер Г
(812) 622-10-14, 764-38-68
cad@pss.spb.ru www.pss.spb.ru

ПСС ГРАЙТЕК Москва 7-911-032-28-18 msk@pss.spb.ru
ПСС ГРАЙТЕК Новосибирск (383) 221-58-80 nsk@pss.spb.ru
ПСС ГРАЙТЕК Юг (Краснодар) (861) 299-96-95 ug@pss.spb.ru
ПСС ГРАЙТЕК Тула (4872) 25-21-19 tula@pss.spb.ru

ООО «ПСС ГРАЙТЕК»

Всем заинтересованным лицам

Информационное письмо

Настоящим письмом информируем Вас, что компания «ПСС ГРАЙТЕК» - Авторизованный Реселлер SOFiSTiK на территории Российской Федерации подтверждает приобретение по Договору ДГ – 54778/18 Обществом с ограниченной ответственностью "Проектное бюро АПЕКС" лицензий SOFiSTIk:

Продукт	Кол-во	Версия	Тип
3D FEM PREMIUM сетевая лицензии	5	2018, 2020	Бессрочная
3D FEM ULTIMATE сетевая лицензии	1	2018, 2020	Бессрочная

Генеральный директор
ООО «ПСС ГРАЙТЕК»
П.М.Балобанов



16 мая 2017

SOFiSTiK

СЕРТИФИКАТ

Настоящим подтверждается, что

Общество с ограниченной ответственностью
«Проектное бюро АПЕКС»

имеет статус

ЦЕНТР КОМПЕТЕНЦИИ

по расчетам строительных конструкций,
решению геотехнических и газодинамических задач
с использованием программного комплекса

SOFiSTiK

(подпись)

Christine Katz

Директор администрации
SOFiSTiK AG - Oberschleißheim

(подпись)

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ПСС ГРАЙТЕК» PSS GRAITEC САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

А.А.Кукин

Генеральный директор ПСС ГРАЙТЕК,
авторизованный дистрибьютор
SOFiSTiK в России и СНГ