

## Содержание

1. Принципиальные расчетные положения
  2. Нагрузки и воздействия
  3. Правила чтения результатов расчета
  4. Выводы
  5. Список литературы
- Приложения
- №1. Расчет оснований и фундаментов
- №2. Результаты статического расчета каркаса здания
- №3. Результаты подбора конструктивных элементов здания

Согласовано														
Взам. инв. №														
Подпись и дата														
Инв. № подл.														
	Разраб.		Сухой				07.22	2022-11-КР  Раздел 4. Конструктивные и объемно-планировочные решения			Стадия	Лист	Листов	
	Проверил					07.22	П				1	21		
	Н. контр.					07.22	ООО «Металлокаркас»							

## 1. Принципиальные расчетные положения

Цель расчета: определить перемещения узлов конструкции, напряжения и усилия в элементах конструкции, требуемое армирование железобетонных элементов и сечения металлических элементов, их несущую способность, оценить устойчивость здания.

### 1.1. Описание расчетной схемы.

Пространственные статические расчеты выполнены методом конечных элементов (КЭ), с помощью сертифицированного программного комплекса «Лири 2013 R5». Расчеты выполнялись по схеме совместного деформирования конструкции и основания с использованием пространственной расчетной модели. Под действием нагрузок все подземные конструкции деформируются, причем на тех участках, где перемещения происходят в сторону грунта, обладающего упругими свойствами, возникают реактивные усилия упругий отпор. Моделирование упругого отпора осуществлялось по гипотезе местных деформаций Фусса-Винклера (или гипотезе коэффициента постели). Для учета сил упругого отпора по этой гипотезе действие сплошной упругой среды имитировалось системой упругих связей по модели линейно-деформируемого полупространства.

### 1.2. Расчетная схема железобетонной плиты.

В расчетных схемах железобетонная плита и конструкция ростверка моделировались конечным элементом «оболочка».

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №					2022-11-КР	Лист РР
			Изм.	Кол.уч	Лист	Недок		

## 2. Нагрузки и воздействия

Классификация нагрузок принята в соответствии с СП 20.13330.2016 "Нагрузки и воздействия". Коэффициенты надежности по нагрузке для веса строительных конструкций приняты по таблице 7.1 для железобетонных 1,1 по СП 20.13330.2016 "Нагрузки и воздействия".

Планировочные отметки приняты на основании ИГИ.

Коэффициент надежности по нагрузке  $\gamma_f = 1,2$  для равномерно распределенных нагрузок принимаем для нормативного значения свыше 2 кПа, для всех нагрузок действующих на расчетную схему.

Коэффициент надежности по нагрузке  $\gamma_f = 1,5$  для сосредоточенных сил принимаем для всех нагрузок действующих от колонн на расчетную схему.

### Сбор нагрузок на фундамент

1. Выбор глубины заложения фундамента:

Вид сооружения - железобетонная монолитная плита.

Расчетное значение нагрузки от обслуживающего персонала определяем по нормативной нагрузки от людей по СП 20.13330.2016:  $200 * 1,2 = 240 \text{ кгс/м}^2$

Расчетное значение технологической нагрузки от автотранспорта определяем по нормативной нагрузки от автомобилей весом от 3-16 тонн СП 20.13330.2016:  $500 * 1,2 = 600 \text{ кгс/м}^2$

Расчетное значение статической нагрузки от колонн определяем по заданию на расчет от заказчика  $20770 * 1,5 = 31155 \text{ кгс}$

Примыкающие сооружения отсутствуют. Инженерно-геологические условия слоя ИГЭ1 однородны. Модуль деформации 15 МПа.

Грунтом основания будет служить слой ИГЭ1, песок пылеватый, средней плотности, маловлажный.

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							2022-11-КР	Лист РР
			Изм.	Кол.уч	Лист	Недок	Подп.	Дата		

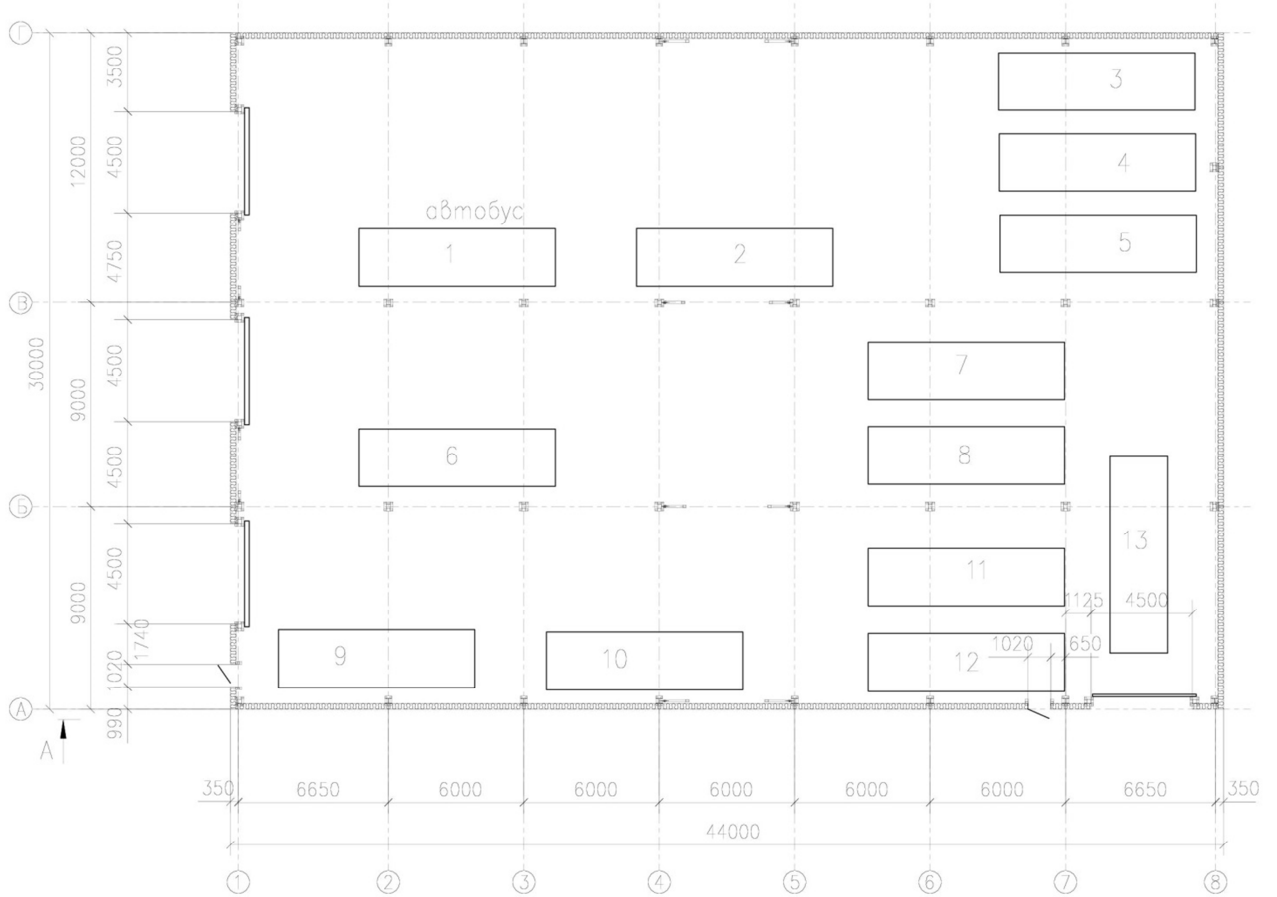


Схема размещения технологического оборудования на отм. 0,000.

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №

Изм.	Кол.уч	Лист	Недок	Подп.	Дата

2022-11-КР



Расчет выполнен на следующие загрузки:

1. Постоянное
2. Длительное

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №					2022-11-КР	Лист
			Изм.	Кол.уч	Лист	Недок		Подп.

### 3. Правила чтения результатов расчета.

В приведенном в отчете результатах расчетов (приложение №2) приняты следующие правила.

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

Перемещения имеют следующую индексацию:

X - линейное по оси X;

Y - линейное по оси Y;

Z - линейное по оси Z.

Универсальный пространственный стержневой КЭ элемент воспринимает следующие виды усилий:

N - осевое усилие; положительный знак соответствует растяжению.

M изгибающий момент относительно оси Y1; Y положительный знак соответствует действию момента против часовой стрелки, если смотреть с конца оси Y1, на сечение, принадлежащее концу стержня.

M изгибающий момент относительно оси Z1; Z положительный знак соответствует действию момента против часовой стрелки, если смотреть с конца оси Z1, на сечение, принадлежащее концу стержня.

Прямоугольный пространственный КЭ оболочки воспринимает следующие виды усилий, напряжений и реакций:

N нормальное напряжение вдоль оси X1; X положительный знак соответствует растяжению.

N нормальное напряжение вдоль оси Y1; Y положительный знак соответствует растяжению.

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

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

R реактивный отпор грунта (при расчете оболочек на упругом Z основании); положительное усилие действует по направлению оси Z1 (грунт растянут).

### 4. Выводы

1. Величины усилий по элементам каркаса здания не превышают предельных значений.

2. Армирование железобетонных конструкций достаточно для восприятия расчетных нагрузок.

3. Расчетные осадки изменяются в пределах от 12 мм до 29 мм.

Относительная разность осадок менее 0,001.

В соответствии с СП 22.13330.2011 предельные деформации основания: осадка – 120мм, относительная разность осадок - 0,002.

4. В принятых конструктивных решениях пространственная жесткость и устойчивость конструкции фундамента обеспечены.

### 5. Список литературы

1. СП 20.13330.2016 "Нагрузки и воздействия"

2. СП 16.13330.2017. Стальные конструкции.

3. СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений.

4. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции.

5. СП 52-101-2003 Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного натяжения арматуры. М., 2004 г

Взам. инв. №	
Подпись и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата

2022-11-КР

Лист

PP

Инд. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №

Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата

2022-11-КР

Приложение 1  
Расчет оснований и фундаментов

Каждый составляющий ИГЭ (инженерно-геологический элемент) описывается следующими характеристиками грунта:

- Модуль деформации  $E$ ;
- Коэффициент Пуассона  $\mu$ ;
- Удельный вес грунта  $g$ ;
- Влажность  $W$ ;
- Показатель текучести  $IL$ ;
- Водонасыщенность (да, нет);
- Коэффициент пористости  $e$ ;
- Удельное сцепление  $c$ ;
- Угол внутреннего трения в градусах

1. Принимаем следующие решения по армированию:

Плитная часть фундамента толщиной **300мм, Бетон Б25, F150, W8.**

- арматурная сетка С1  $\emptyset 10$  А500 шаг 200х200мм,
- арматурная сетка С2  $\emptyset 10$  А500 шаг 200х200мм, защитный

слой 50/50 от граней плиты до центров крайних стержней арматуры.

Места операния колонн дополнительно усилить сетками 2000х2000мм.

- арматурная сетка верхняя С3  $\emptyset 25$  А500 шаг 200х200мм,
- арматурная сетка нижняя С4  $\emptyset 32$  А500 шаг 200х200мм,
- поперечная арматура  $2\emptyset 25$  А500 шаг 200мм по осям X и Y,

защитный слой 50/50 от граней плиты до центров крайних стержней арматуры.

Нахлест арматурных стержней принят из расчета  $l_1 = 49,7\text{см}$

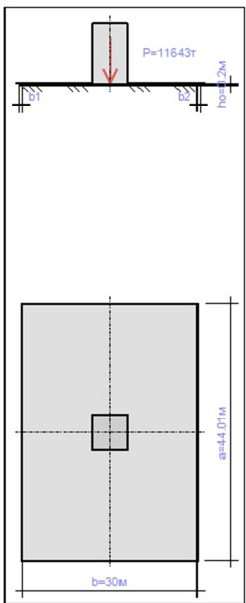
Расчётные схемы приложены ниже.

Изм.	Кол.уч	Лист	Недок	Подп.	Дата	2022-11-КР	Лист
Взам. инв. №	Подпись и дата	Инд. № подл.					

## Результат по схеме линейно-упругого полупространства Осадка основания под фундаментом

8 август 2022

### Конструктивное решение



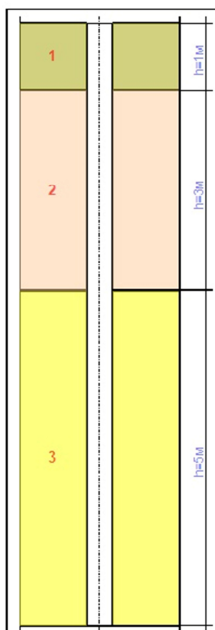
Наименование	Значение
Вертикальная нагрузка (P)	11643.000 т
Эксцентриситет (e)	0.000 м
Глубина заложения (ho)	0.200 м
Форма фундамента	Прямоугольный
Меньшая сторона фундамента (b)	30.000 м
Соотношение сторон фундамента	1.467
Расстояние до стенок котлована (b1+b2)	0.000 м
Удельный вес грунта выше подошвы фундамента (g0)	1.610 т/м <sup>3</sup>
Соотношение напряжений для ограничения глубины сжимаемой толщи	0.500
Схема расчета	Схема линейно-упругого полупространства (СП 22.13330.2011)

Взам. инв. №	
Подпись и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч	Лист	Недок	Подп.	Дата				

2022-11-КР

8 август 2022

**Геология**

Наименование	Значение
Номер текущего слоя	1
Модуль деформации слоя	1500.000 т/м**2
Коэффициент к модулю деформации по ветви вторичного нагружения	1.000
Коэффициент Пуассона	0.350
Толщина слоя	1.000 м
Удельный вес грунта	1.610 т/м**3
Признак грунта	песчаный
Коэффициент жесткости для формулы О.А.Савинова	1000.000 т/м**3
Номер текущего слоя	2
Модуль деформации слоя	1700.000 т/м**2
Коэффициент к модулю деформации по ветви вторичного нагружения	1.000
Коэффициент Пуассона	0.350
Толщина слоя	3.000 м
Удельный вес грунта	1.810 т/м**3
Признак грунта	песчаный
Коэффициент жесткости для формулы О.А.Савинова	1000.000 т/м**3
Номер текущего слоя	3
Модуль деформации слоя	2700.000 т/м**2
Коэффициент к модулю деформации по ветви вторичного нагружения	1.000
Коэффициент Пуассона	0.350
Толщина слоя	5.000 м
Удельный вес грунта	1.760 т/м**3
Признак грунта	песчаный
Коэффициент жесткости для формулы О.А.Савинова	1000.000 т/м**3

Взам. инв. №	
Подпись и дата	
Инв. № подл.	

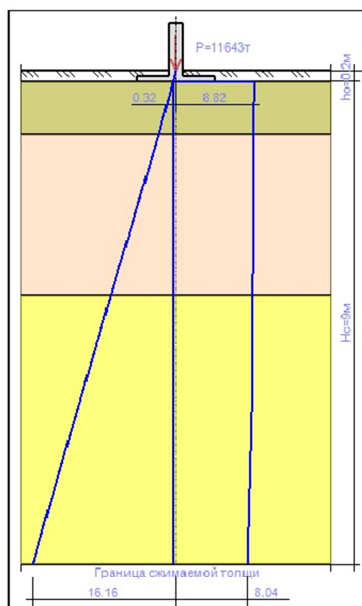
Изм.	Кол.уч	Лист	Недок	Подп.	Дата

2022-11-КР

Лист

PP

8 август 2022

**Результат**

Наименование	Значение
Осадка (S)	0.029 м
Глубина сжимаемой толщи (Hс)	9.000 м
Среднее значение модуля деформации (Егр)	2091.739 т/м**2
Среднее значение коэффициента Пуассона (mгр)	0.350
Усредненное значение модуля деформации (Егр3)	4649.431 т/м**2
Крен фундамента (i)	0.000
Соотношение напряжений для ограничения глубины сжимаемой толщи	0.497
Выбранный метод	3
Коэффициент постели (С1)	684.243 т/м**3
Коэффициент постели (С2)	5166.034 т/м

Инд. № подл.	Взам. инв. №
Подпись и дата	

Изм.	Кол.уч	Лист	Недок	Подп.	Дата
------	--------	------	-------	-------	------

2022-11-КР

Лист

РР

## Расчет нахлеста арматурных стержней

### Определение расчетной длины перепуска (нахлестки) арматуры

**Допущения и предпосылки.** Методика расчета принята согласно СП 63.13330.2018 (без изменений) пп.10.3.21-10.3.25, 10.3.30. Арматура - ненапрягаемая. В одном расчетном сечении стыкуется не более 50% рабочей растянутой арматуры периодического профиля.

**Исходные данные.**  $d_s = 1.0$  см, арматура класса А500,  $R_s = 43.50$  кН/см<sup>2</sup>,  $A_{s,cal}/A_{s,ef} = 1.00$ , бетон класса В25,  $\gamma_{bt} = 1.00$ ,  $R_{bt} = 0.105 \cdot 1.00 = 0.105$  кН/см<sup>2</sup>, стержень растянут, требуется вычислить длину нахлестки.

**Расчет.**

$$\eta_1 = 2.5, \quad \eta_2 = 1.0, \quad \alpha = 1.20$$

$$R_{bond} = \eta_1 \eta_2 R_{bt} = 2.5 \cdot 1.0 \cdot 0.105 = 0.263 \text{ кН/см}^2$$

$$A_s = \pi d_s^2 / 4 = 3.142 \cdot 1.0^2 / 4 = 0.785 \text{ см}^2$$

$$u_s = \pi d_s = 3.142 \cdot 1.0 = 3.14 \text{ см}$$

$$l_{0an} = \frac{R_s A_s}{R_{bond} u_s} = \frac{43.50 \cdot 0.785}{0.263 \cdot 3.14} = 41.4 \text{ см}$$

$$l_l = \alpha l_{0an} A_{s,cal} / A_{s,ef} = 1.20 \cdot 41.4 \cdot 1.00 = 49.7 \text{ см}$$

Условие  $l_l = 49.7 \text{ см} \geq 0.4 \alpha l_{0an} = 0.4 \cdot 1.20 \cdot 41.4 = 19.9 \text{ см}$  выполняется.

Условие  $l_l = 49.7 \text{ см} \geq 20 d_s = 20 \cdot 1.0 = 20.0 \text{ см}$  выполняется.

Условие  $l_l = 49.7 \text{ см} \geq 25 \text{ см}$  выполняется.

Относительная длина перепуска в диаметрах  $l_l / d_s = 49.7 / 1.0 = 49.7$ .

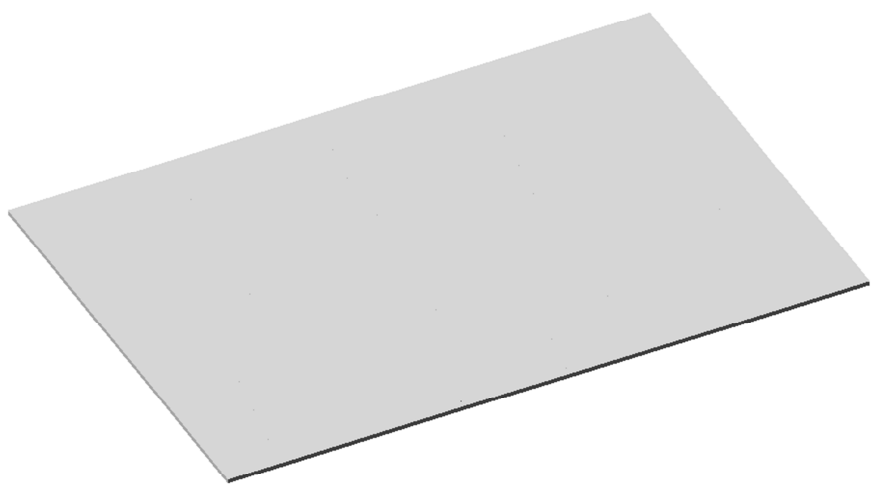
**Вывод.** Требуемая расчетная длина перепуска (нахлестки) составляет  $l_l = 49.7 \text{ см}$ .

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №					2022-11-КР	Лист РР
			Изм.	Кол.уч	Лист	№док		



## Приложение №2. Результаты статического расчета конструкции плиты

жБ Плита Бокс.13д



3D модель фундамента

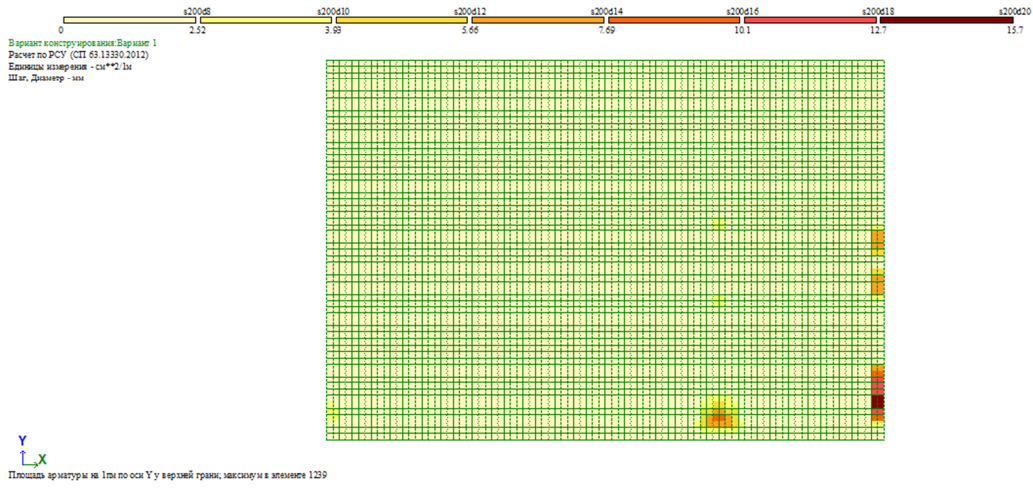
Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №

Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата

2022-11-КР



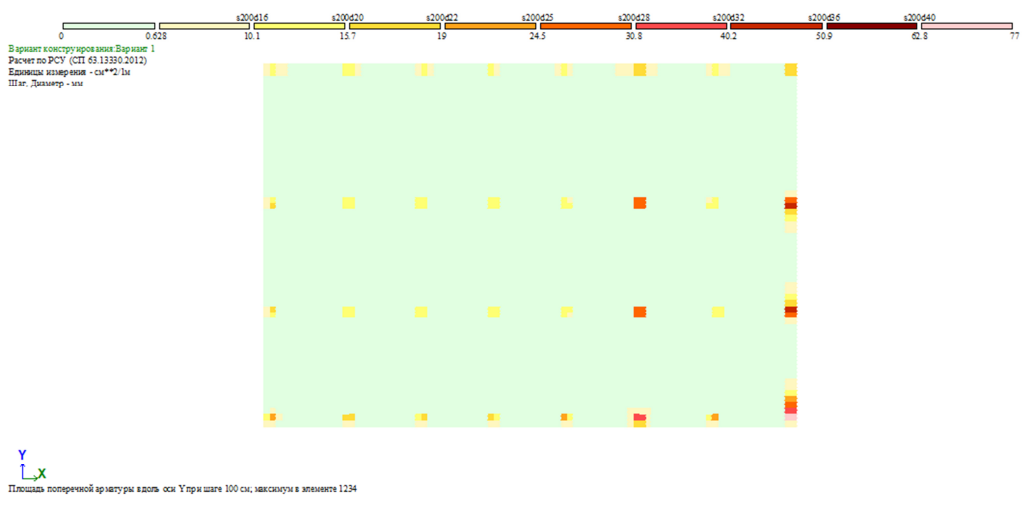
### Результаты нижнего армирования по Y



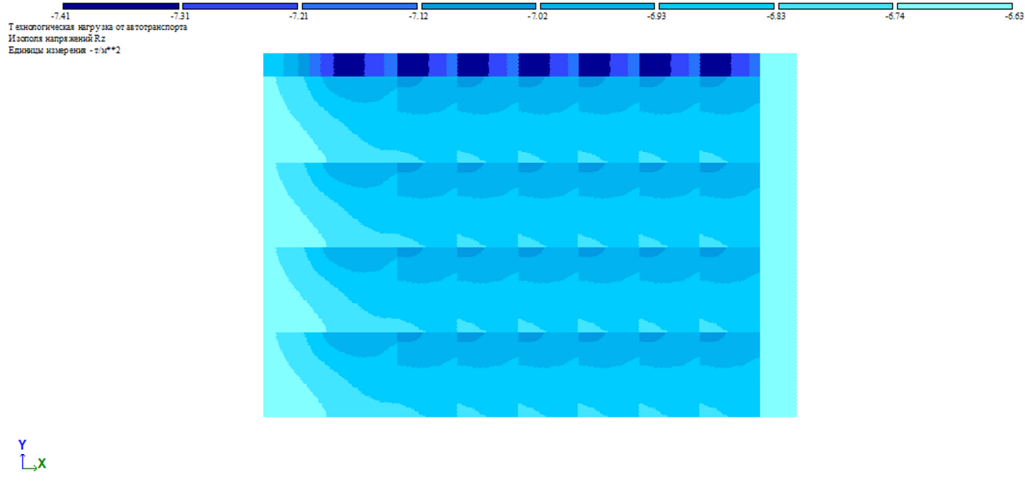
### Результаты верхнего армирования по Y

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №					
			Изм.	Кол.уч	Лист	Недок	Подп.

2022-11-КР



### Результаты поперечного армирования по Y

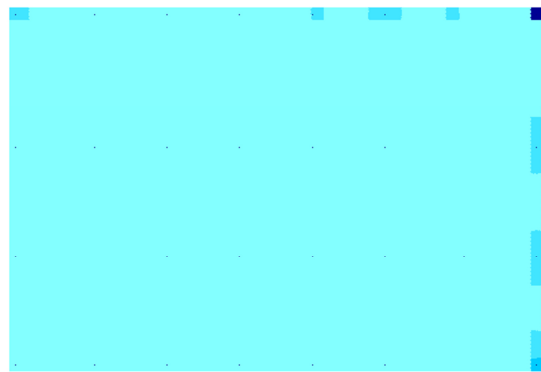


### Изополюс напряжений Rz от технологической нагрузки

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №

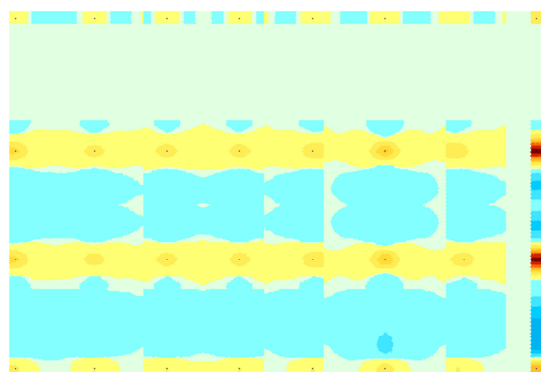
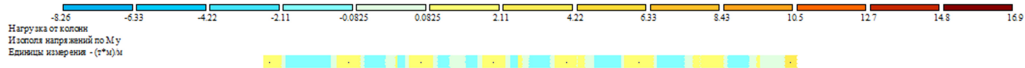
Изм.	Кол.уч	Лист	Недок	Подп.	Дата

2022-11-КР



Y  
L, x

Изополю напряжений Rz от сосредоточенной нагрузки

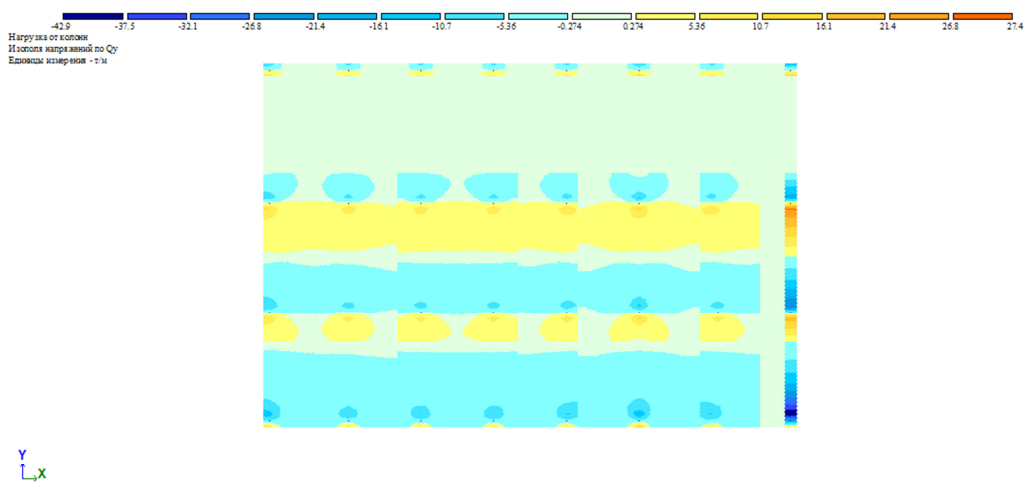


Y  
L, x

Изополю напряжений My от технологической нагрузки

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №						
			Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата

2022-11-КР



Изополюс напряжений Qy от технологической нагрузки

Инд. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №

Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата

2022-11-КР

ЛАРМ-САПР 2013 - локальный режим армирования

Проект - Larmsapr1

Проект ЛИРА-САПР: жб Плита Бокс

СП 63.13330.2018

#### ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРИАЛОВ

Напряжения - Мра

СНиП 52-01-2003

БЕТОН

Класс бетона - В25

Расчетное сопротивление бетона на сжатие - 14.5

Модуль упругости бетона - 30000

АРМАТУРА

Класс продольной арматуры X - А500

Расчетное сопротивление продольной арматуры на растяжение - 435

Модуль упругости продольной арматуры - 200000

Класс продольной арматуры Y - А500

Расчетное сопротивление продольной арматуры на растяжение - 435

Модуль упругости продольной арматуры - 200000

Класс поперечной арматуры - А500

Расчетное сопротивление поперечной арматуры на растяжение - 435

Модуль упругости поперечной арматуры - 200000

ОБЩЕЕ

Выполнен подбор арматуры по II предельному состоянию

Шаг арматурных стержней 200 мм

Т.кр - ширина непродолжительного раскрытия трещин [ мм]: 0.40

Т.дл - ширина продолжительного раскрытия трещин [ мм]: 0.30

#### Коэффициенты условий работы бетона и арматуры

Коэффициенты работы бетона

Кoeff.  $\gamma_{b1}$  для БК и ЖБК при действии всех нагрузок (группа В) , вводится к  $R_b$  и  $R_{bt}$  : 1.0

Кoeff.  $\gamma_{b1}$  для БК и ЖБК при действии постоянных и длительнодействующих нагрузок (группа А) , к  $R_b$  и  $R_{bt}$  : 0.9

Кoeff.  $\gamma_{b2}$  для БК, вводится к  $R_b$ : 0.90

Кoeff.  $\gamma_{b3}$  для БК и ЖБК бетонируемых в вертикальном положении , вводится к  $R_b$ : 0.85

Кoeff.  $\gamma_{b5}$  для БК и ЖБК учитывающий попеременное замораж. и оттаивание бетона, вводится к  $R_b$  и  $R_{bt}$ : 1.00

Коэффициенты работы арматуры

Учет сеймики (т.7 СНиП II-7-2010) Кoeff. учета сейсмического воздействия (таб.7): 1.00

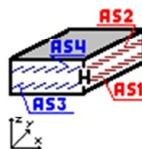
Учет сеймики (т.7 СНиП II-7-2010) Кoeff. при расчете на-клонных сечений (таб.7): 1.00

#### Элемент 1

Элемент N= 1

Элемент в ЛИРА-САПР N= 1886

Модуль армирования: Оболочка



Толщина пластины - 30.0 ( см )

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

2022-11-КР

Лист

PP

Изм. Кол.уч Лист Недок Подп. Дата

Расстояние к центру тяжести арматуры: снизу = 5 сверху = 5 ( см )

УСИЛИЯ, СОЧЕТАНИЯ										
No	RSU	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx,Ny,Txy - т/м**2; Mx,My,Mxy - (т*м)/м; Qx,Qy - т/м.										
Элемент: 1 РСУ										
1	B					0.161	0.008	0.150	0.263	-0.050
2	B					-0.087	-0.078	0.115	0.332	-0.126

УСИЛИЯ, СОЧЕТАНИЯ Нормативные значения										
No	RSU	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx,Ny,Txy - т/м**2; Mx,My,Mxy - (т*м)/м; Qx,Qy - т/м.										
Элемент: 1 РСУ										
1	B					0.127	0.001	0.134	0.244	-0.051
2	B					-0.079	-0.071	0.105	0.302	-0.115

АРМАТУРА Режим: Подбор арматуры										
AS1	AS2	AS3	AS4	Asw1	Asw2	Тр.кр	Тр.дл			
1.50	1.50	1.50	1.50							
1.50	1.50	1.50	1.50							

В таблице результатов армирования:

AS1 - площадь нижней арматуры по направлению X [см\*\*2/м];

AS2 - площадь верхней арматуры по направлению X [см\*\*2/м];

AS3 - площадь нижней арматуры по направлению Y [см\*\*2/м];

AS4 - площадь верхней арматуры по направлению Y [см\*\*2/м];

ASW1 - арматура поперечная по направлению Y [см\*\*2/м];

ASW2 - арматура поперечная по направлению Y [см\*\*2/м];

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

Т.дл - ширина продолжительного раскрытия трещин [мм];

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

СТРОКА 2 - арматура, подобранная по I группе предельных состояний

Взам. инв. №	
Подпись и дата	
Инв. № подл.	

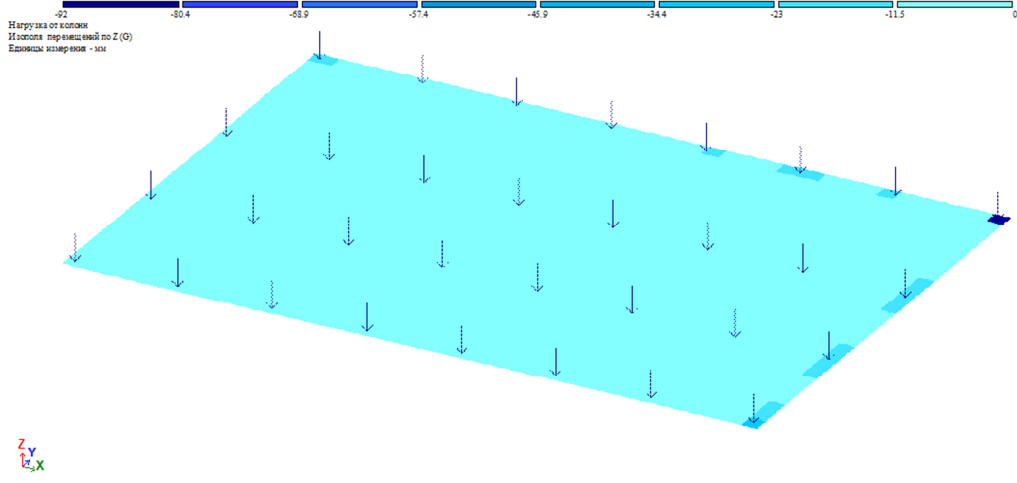
Расчет подбора арматуры

2022-11-КР

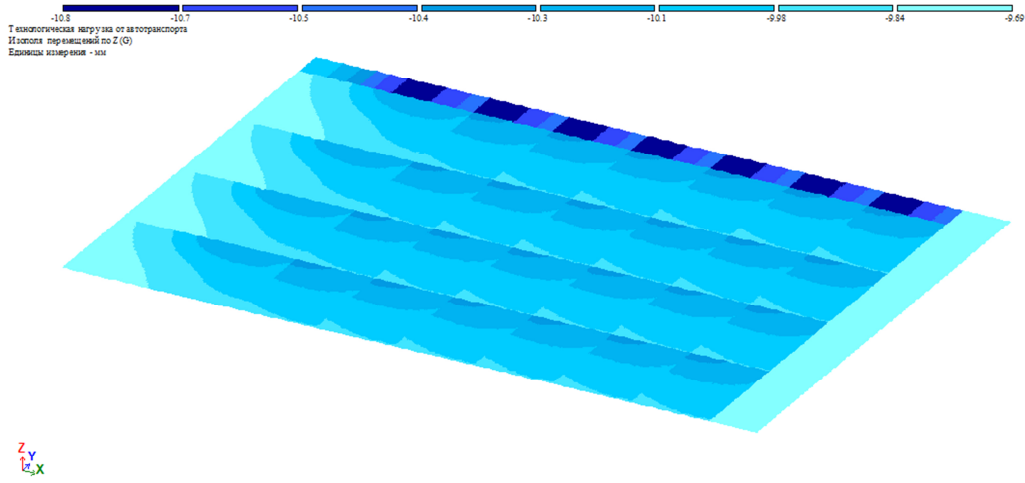
Лист

PP

Изм.	Кол.уч	Лист	Недок	Подп.	Дата



Изополюс перемещений по оси Z от сосредоточенной нагрузки



Изополюс перемещений по оси Z от технологической нагрузки

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №

Изм.	Кол.уч	Лист	Недок	Подп.	Дата

2022-11-КР



### Заключение

Результаты расчета по расчетному анализу проведенного на конструкцию фундаментной плиты показали следующие:

1. Максимальное суммарное перемещение в вертикальной плоскости 11,5 мм, что соответствует нормам СП 16.13330.2016 Нагрузки и воздействия.
2. Осадка основания под фундаментом составила 29 мм , что меньше предельно допустимой согласно требованиям СП 22. 13330.2016 «Основания зданий и сооружений».
3. Подбранная расчетом площадь арматуры в железобетонных конструкциях запроектирована с запасом от расчетной площади арматуры.
4. Нормативные нагрузки и коэффициенты запаса по нагрузкам приняты по актуализированным сводам правил и строительным нормам.

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №					2022-11-КР	Лист	
			Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата	РР