

1. Принципиальные расчетные положения

Цель расчета: определить перемещения узлов конструкции, напряжения и усилия в элементах конструкции, требуемое армирование железобетонных 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 2020 R5». Расчеты выполнялись по схеме деформирования конструкции с использованием пространственной расчетной модели. Под действием нагрузок все конструкции деформируются.

1.2. Расчетная схема фрагмента каркаса в осях 4 - 14 из железобетонных конструкций.

В расчетных схемах фрагмента каркаса в осях 4 - 14 из железобетонных конструкций моделировался конечными элементами «оболочка» и «стержень».

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

2. Нагрузки и воздействия

Сбор нагрузок на конструкцию перекрытия на отметке 7,305м

Вид сооружения - фрагмента каркаса в осях 4 - 14 из железобетонных конструкций колонн 500х300мм из Б25 с арматурой А400, ригеля 800х300мм из Б35 с арматурой А500, ребристых плит перекрытия с размерами в плане 1500х6000х50мм из Б30 с арматурой А400 и размерами ребер расположенных по продольным краям 400х80мм.

Сверху устройство полов выполнено из бетонной стяжки толщиной 150мм с покрытием толщиной 6-7мм, бетон Б25-30

При расчете конструкции перекрытия учитывается совместная работа существующих ребристых плит из жбк и бетонных полов как единая пластина-оболочка.

1. Расчетное значение полезной нагрузки принято согласно данных техотчета = 4147 кгс/м².

2. Расчетное значение технологической нагрузки от оборудования и работающих вспомогательных механизмов в зоне фактического его размещения и проектируемого принимаем согласно данных техотчета = 6360 кгс/м².

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

Расчет выполнен на следующие загрузки:

1. Постоянное
2. Кратковременное

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).

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

4. Выводы

1. Величины усилий по конструктивным элементам фрагмента каркаса здания не превышают предельных значений.
2. Армирование железобетонных конструкций достаточно для восприятия расчетных нагрузок.
3. В принятых конструктивных решениях пространственная жесткость и устойчивость конструкции фрагмента конструкции колонн и перекрытия обеспечены.

5. Список литературы

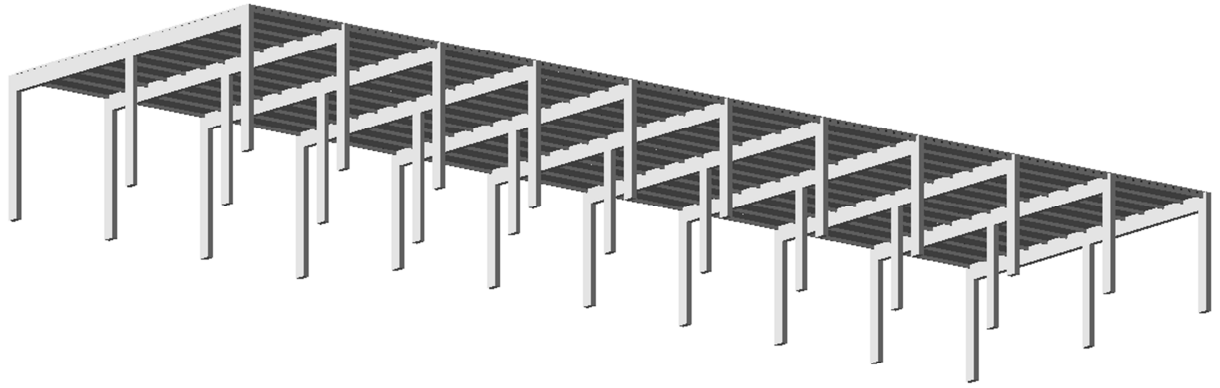
1. СП 20.13330.2016 "Нагрузки и воздействия"
2. СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений.
3. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции.
4. СП 52-101-2003 Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного натяжения арматуры. М., 2004 г

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

Приложение №1.

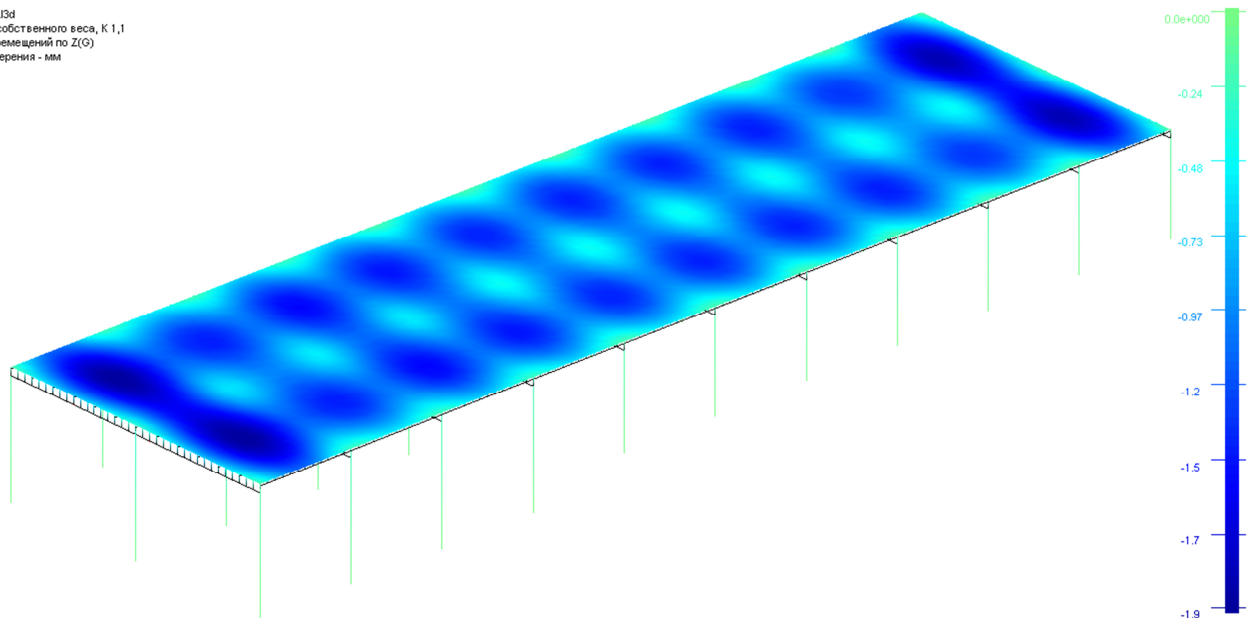
Результаты статического расчета фрагмента конструкции каркаса

Каркас ЖБК 13д



3D модель фрагмента каркаса здания в осях 4 - 14

Каркас ЖБК 13д
Нагрузка от собственного веса, К 1,1
Изополюса перемещений по Z (с)
Единицы измерения - мм



Изополюса перемещения от собственного веса по оси Z

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

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

Инженерные расчеты

Лист

КР

7

Каркас ЖБК I3d
 Нагрузка от полов т.м2
 Изополю перемещений по Z(G)
 Единицы измерения - мм

Изополю перемещения от нагрузки полов по оси Z

Каркас ЖБК I3d
 Технологическая нагрузка
 Изополю перемещений по Z(G)
 Единицы измерения - мм

Изополю перемещения от технологической нагрузки и вспомогательных механизмов по оси Z

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

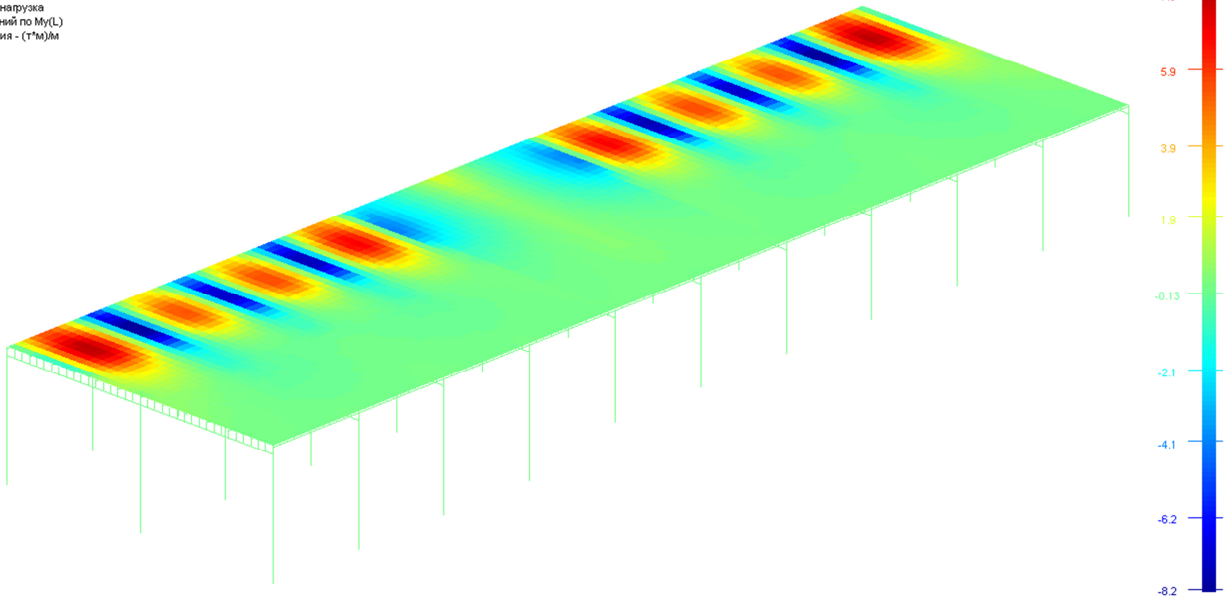
Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата

Инженерные расчеты

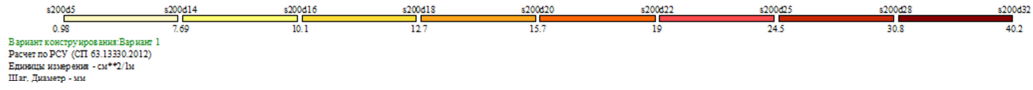
Лист

КР

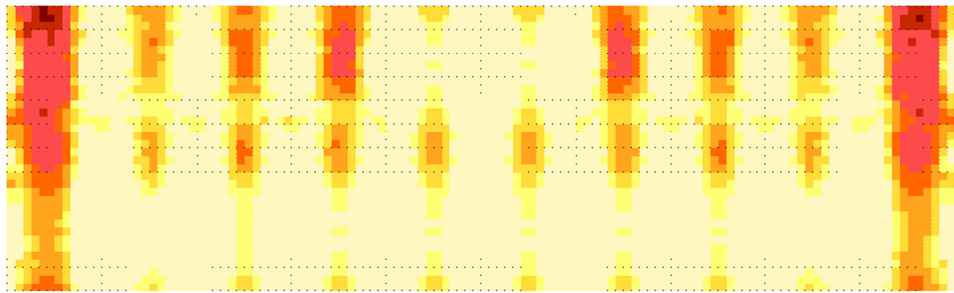
Каркас ЖБК 13д
Технологическая нагрузка
Мозаика напряжений по $M_y(L)$
Единицы измерения - (т*м)/м



Мозаика напряжений по M_y от технологической нагрузки и вспомогательных механизмов



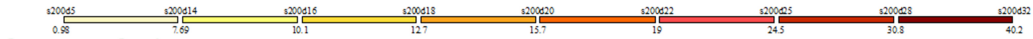
Вариант конструкции: 1
Расчет по РМУ (СП 63.13330.2012)
Единицы измерения - см*2/м
Шаг, Диаметр - мм



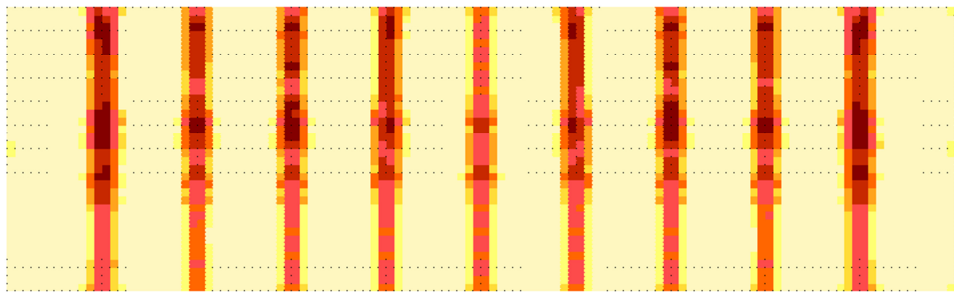
Y
L
x
Площадь арматуры на 1м по оси Y у нижней грани (балки-стелжи - поперечное), максимум в элементе 147

Мозаика подбора нижней арматуры по оси Y

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

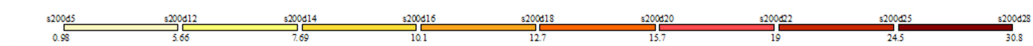


Вариант конструирования: Вариант 1
 Расчет по РСН (СП 63.13330.2012)
 Единицы измерения - см²/м
 Шаг, Диаметр - мм

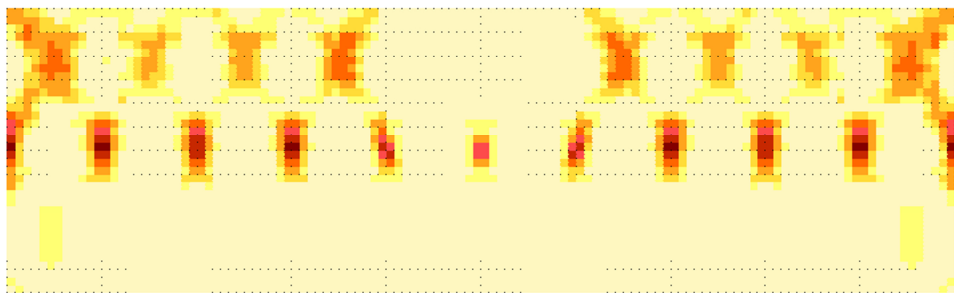


Y
 X
 Площадь арматуры на 1м по оси Y у верхней грани, максимум в элементе 1810

Мозайка подбора верхней арматуры по оси Y



Вариант конструирования: Вариант 1
 Расчет по РСН (СП 63.13330.2012)
 Единицы измерения - см²/м
 Шаг, Диаметр - мм



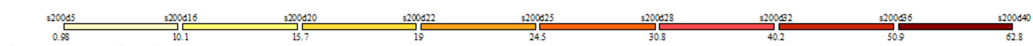
Y
 X
 Площадь арматуры на 1м по оси X у нижней грани (близи-стенок - посередине), максимум в элементе 2063

Мозайка подбора нижней арматуры по оси X

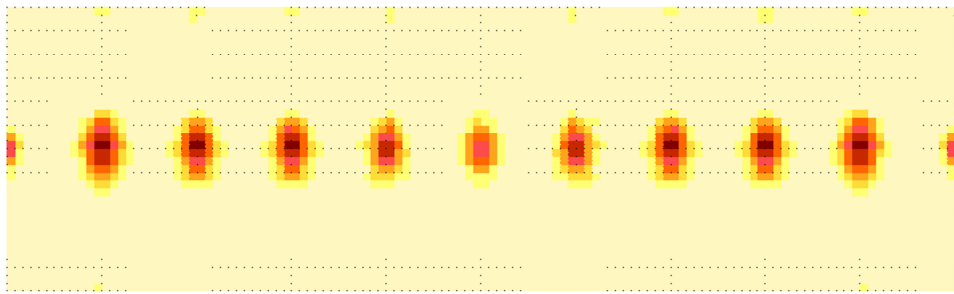
Взам. инв. №	
Подпись и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч	Лист	Недок	Подп.	Дата

Инженерные расчеты

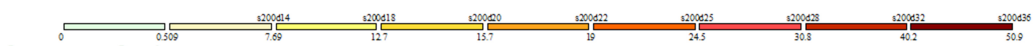


Вариант конструирования: Вариант 1
 Расчет по РСН (СП 63.13330.2012)
 Единица измерения - см²/м
 Шаг, Диаметр - мм

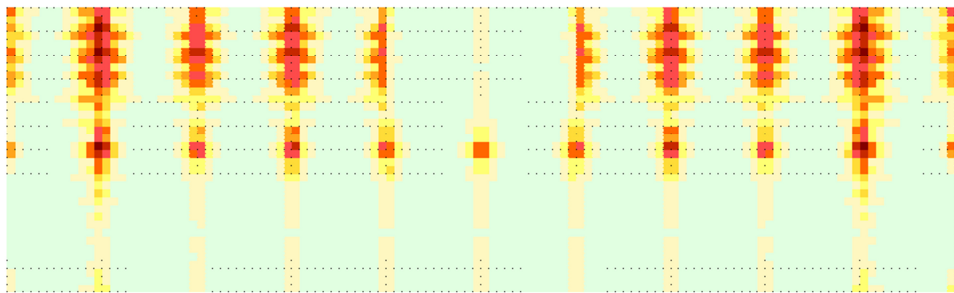


Y
 X
 Площадь арматуры на 1м по оси X у верхней грани, максимум в элементе 2170

Мозайка подбора верхней арматуры по оси X



Вариант конструирования: Вариант 1
 Расчет по РСН (СП 63.13330.2012)
 Единица измерения - см²/м
 Шаг, Диаметр - мм

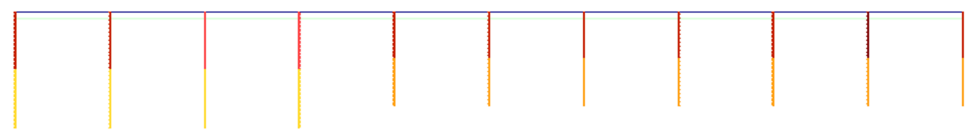
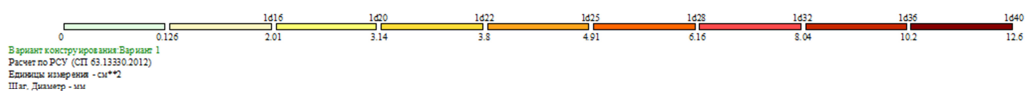


Y
 X
 Площадь поперечной арматуры вдоль оси Y при шаге 100 см, максимум в элементе 371

Мозайка подбора поперечной арматуры по оси Y

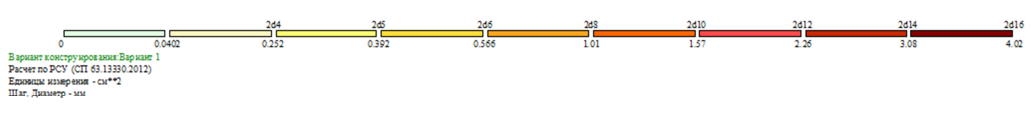
Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №						
			Изм.	Кол.уч	Лист	Недок	Подп.	Дата

Инженерные расчеты



Z
↓
X →
Площадь арматуры: АУ2. Симметричное армирование. Максимум 12,57 в элементе 11.

Мозаика подбора вертикальной угловой арматуры в колоннах



Z
↓
X →
Площадь арматуры: А54. Симметричное армирование. Максимум 3,17 в элементе 21.

Мозаика подбора вертикальной рядовой арматуры в колоннах

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

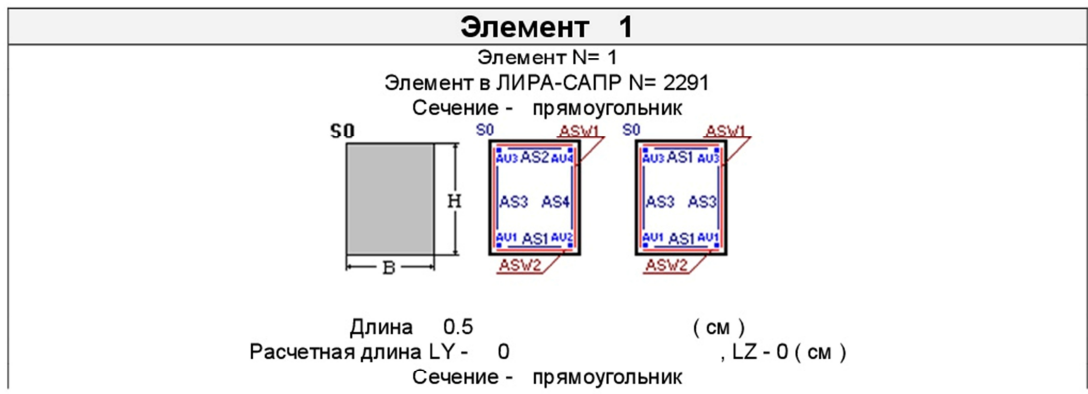
Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата
------	--------	------	------	-------	------

Инженерные расчеты

ЛАРМ-САПР 2013 - локальный режим армирования
 Проект - Проверочный расчет
 Проект ЛИРА-САПР: Поперечный ригель пролетного строения
 СП 63.13330.2018

ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРИАЛОВ	
	Напряжения - Мра
СНИП 52-01-2003	
БЕТОН	
Класс бетона - В35	
Расчетное сопротивление бетона на сжатие - 19.5	
Модуль упругости бетона - 34500	
АРМАТУРА	
Класс продольной арматуры X - 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	
Максимальный диаметр 40.00 мм	
ОБЩЕЕ	
Выполнен подбор арматуры по II предельному состоянию	
Диаметр арматурных стержней 36 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. γ_{b1} для БК и ЖБК при действии всех нагрузок (группа В) , вводится к R_b и R_{bt} : 1.0	
Кoeff. γ_{b1} для БК и ЖБК при действии постоянных и длительнодействующих нагрузок (группа А) , к R_b и R_{bt} : 0.9	
Кoeff. γ_{b2} для БК, вводится к R_b : 1.12	
Кoeff. γ_{b3} для БК и ЖБК бетонируемых в вертикальном положении , вводится к R_b : 1.12	
Кoeff. γ_{b5} для БК и ЖБК учитывающий попеременное замораж. и оттаивание бетона, вводится к R_b и R_{bt} : 1.12	
Коэффициенты работы арматуры	
Учет сеймики (т.7 СНИП II-7-2010) Кoeff. учета сейсмичес-кого воздействия (таб.7): 1.00	
Учет сеймики (т.7 СНИП II-7-2010) Кoeff. при расчете на-клонных сечений (таб.7): 1.00	



Заключение

Инженерные расчеты

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

Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата

$B(D)=30.0$, $H(D1)=80.0$, $B1=0.0$, $H1=0.0$, $B2=0.0$, $H2=0.0$ (см)
 Расстояние к центру тяжести арматуры: снизу = 5 сверху = 5 сбоку = 3. (см)

УСИЛИЯ, СОЧЕТАНИЯ							
RSU	Seis	N	Мкр	My	Qz	Mz	Qy
N,Qy,Qz - т; Мкр,My,Mz - т*м							
Элемент: 1 Сечение: 1 РСУ							
B		-344.237	-3.410	-115.589	163.461	-1.050	-1.272
B		-290.028	-0.034	-96.193	133.533	-0.053	-0.092
A		-344.237	-3.410	-115.589	163.461	-1.050	-1.272
Элемент: 1 Сечение: 2 РСУ							
B		-344.237	-3.410	-33.941	163.131	-0.414	-1.272
B		-290.028	-0.034	-29.509	133.203	-0.007	-0.092
A		-344.237	-3.410	-33.941	163.131	-0.414	-1.272

УСИЛИЯ, СОЧЕТАНИЯ Нормативные значения							
RSU	Seis	N	Мкр	My	Qz	Mz	Qy
N,Qy,Qz - т; Мкр,My,Mz - т*м							
Элемент: 1 Сечение: 1 РСУ							
B		-344.237	-3.410	-115.589	163.461	-1.050	-1.272
B		-290.028	-0.034	-96.193	133.533	-0.053	-0.092
A		-344.237	-3.410	-115.589	163.461	-1.050	-1.272
Элемент: 1 Сечение: 2 РСУ							
B		-344.237	-3.410	-33.941	163.131	-0.414	-1.272
B		-290.028	-0.034	-29.509	133.203	-0.007	-0.092
A		-344.237	-3.410	-33.941	163.131	-0.414	-1.272

АРМАТУРА Режим: Подбор арматуры												
AU1	AU2	AU3	AU4	AS1	AS2	AS3	AS4	%	Asw1	Asw2	Тр.кр	Тр.дл
Сечение: 1 Несимметричное армирование												
0.37	0.37	12.57	12.57	0.57	38.88	1.21	1.21	2.82	79.27	7.67	0.34	0.30
0.37	0.37	12.57	12.57	0.57	16.81	1.21	1.21	1.90				
* 0.28	0.28	0.28	0.28	0.57	0.57	0.57	0.57		7.67	7.67		
Сечение: 2 Несимметричное армирование												
0.29	0.29	7.68	7.68	0.57	0.57	0.57	0.57	0.76	79.07	7.67	0.33	0.30
0.29	0.29	5.64	5.64	0.57	0.57	0.57	0.57	0.59				
* 0.28	0.28	0.28	0.28	0.57	0.57	0.57	0.57		7.67	7.67		

В таблице результатов армирования:

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

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

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

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

AS1 - арматура нижняя [см**2];

AS2 - арматура верхняя [см**2];

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

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

% - процент армирования;

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

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

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

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

Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата

Инженерные расчеты

Лист

КР

Т.дл - ширина продолжительного раскрытия трещин [мм].
 * - арматура от кручения.
 * Поперечная арматура от кручения - площадь сечения замкнутого внешнего контура.
 СТРОКА 1 - полная арматура, подобранная по I и II группам предельных состояний, от кручения
 СТРОКА 2 - арматура, подобранная по I группе предельных состояний
 СТРОКА 3 - арматура от кручения (для стержней и отмечена знаком '**')

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

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

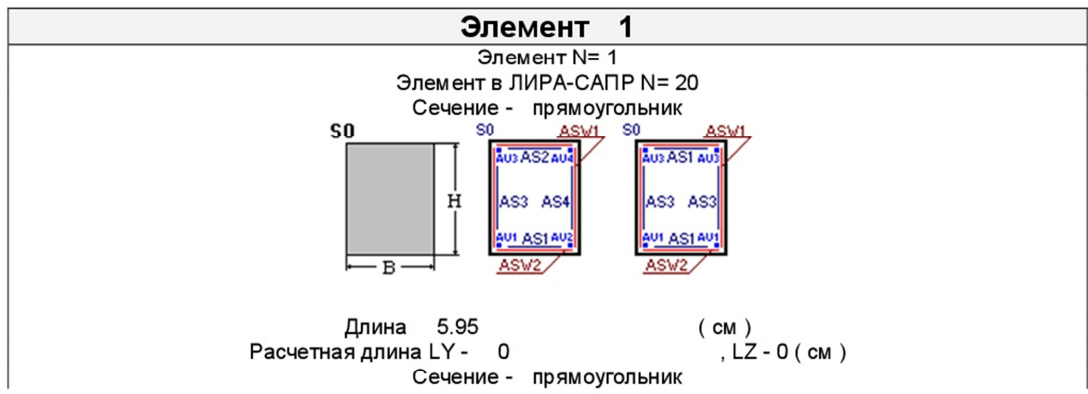
Изм.	Кол.уч	Лист	Недок	Подп.	Дата
------	--------	------	-------	-------	------

Инженерные расчеты

ЛАРМ-САПР 2013 - локальный режим армирования
 Проект - Проверочный расчет
 Проект ЛИРА-САПР: Колонна по оси В/12
 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 - А400	
Расчетное сопротивление продольной арматуры на растяжение - 355	
Модуль упругости продольной арматуры - 200000	
Класс поперечной арматуры - А400	
Расчетное сопротивление поперечной арматуры на растяжение - 355	
Модуль упругости поперечной арматуры - 200000	
Максимальный диаметр 40.00 мм	
ОБЩЕЕ	
Выполнен подбор арматуры по II предельному состоянию	
Диаметр арматурных стержней 28 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. γ_{b1} для БК и ЖБК при действии всех нагрузок (группа В) , вводится к R_b и R_{bt} : 1.0	
Кoeff. γ_{b1} для БК и ЖБК при действии постоянных и длительнодействующих нагрузок (группа А) , к R_b и R_{bt} : 0.9	
Кoeff. γ_{b2} для БК, вводится к R_b : 0.90	
Кoeff. γ_{b3} для БК и ЖБК бетонируемых в вертикальном положении , вводится к R_b : 0.85	
Кoeff. γ_{b5} для БК и ЖБК учитывающий попеременное замораж. и оттаивание бетона, вводится к R_b и R_{bt} : 1.00	
Коэффициенты работы арматуры	
Учет сеймики (т.7 СНИП II-7-2010) Кoeff. учета сейсмичес-кого воздействия (таб.7): 1.00	
Учет сеймики (т.7 СНИП II-7-2010) Кoeff. при расчете на-клонных сечений (таб.7): 1.00	



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

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

Инженерные расчеты

$B(D)= 60.0$, $H(D1)= 30.0$, $B1= 0.0$, $H1= 0.0$, $B2= 0.0$, $H2= 0.0$ (см)
 Расстояние к центру тяжести арматуры: снизу = 3 сверху = 3 сбоку = 3. (см)

УСИЛИЯ, СОЧЕТАНИЯ							
RSU	Seis	N	Мкр	My	Qz	Mz	Qy
N,Qy,Qz - т; Мкр,My,Mz - т*м							
Элемент: 1 Сечение: 1 РСУ							
B		-204.963		0.029	-0.076	22.855	12.401
B		-106.498	-0.003	-0.003	-0.048	12.127	6.266
A		-204.963		0.029	-0.076	22.855	12.401
Элемент: 1 Сечение: 2 РСУ							
B		-198.484		-0.425	-0.076	-50.933	12.401
B		-100.019	-0.003	-0.288	-0.048	-25.158	6.266
A		-198.484		-0.425	-0.076	-50.933	12.401

УСИЛИЯ, СОЧЕТАНИЯ Нормативные значения							
RSU	Seis	N	Мкр	My	Qz	Mz	Qy
N,Qy,Qz - т; Мкр,My,Mz - т*м							
Элемент: 1 Сечение: 1 РСУ							
B		-204.963		0.029	-0.076	22.855	12.401
B		-106.498	-0.003	-0.003	-0.048	12.127	6.266
A		-204.963		0.029	-0.076	22.855	12.401
Элемент: 1 Сечение: 2 РСУ							
B		-198.484		-0.425	-0.076	-50.933	12.401
B		-100.019	-0.003	-0.288	-0.048	-25.158	6.266
A		-198.484		-0.425	-0.076	-50.933	12.401

АРМАТУРА Режим: Подбор арматуры												
AU1	AU2	AU3	AU4	AS1	AS2	AS3	AS4	%	Asw1	Asw2	Тр.кр	Тр.дл
Сечение: 1 Симметричное армирование												
5.94	5.94	5.94	5.94					1.32		2.49	0.40	0.27
5.94	5.94	5.94	5.94					1.32				
Сечение: 2 Симметричное армирование												
12.57	12.57	12.57	12.57			1.44	1.44	2.95		2.49	0.38	0.25
12.57	12.57	12.57	12.57			1.44	1.44	2.95				

В таблице результатов армирования:
 AU1 - арматура угловая нижняя (слева) [см**2];
 AU2 - арматура угловая нижняя (справа) [см**2];
 AU3 - арматура угловая верхняя (слева) [см**2];
 AU4 - арматура угловая верхняя (справа) [см**2];
 AS1 - арматура нижняя [см**2];
 AS2 - арматура верхняя [см**2];
 AS3 - арматура боковая (слева) [см**2];
 AS4 - арматура боковая (справа) [см**2];
 % - процент армирования;
 Asw1 - арматура поперечная вертикальная [см**2/м];
 Asw2 - арматура поперечная горизонтальная [см**2/м];
 Т.кр - ширина непродолжительного раскрытия трещин [мм];
 Т.дл - ширина продолжительного раскрытия трещин [мм].

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

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

* - арматура от кручения.
 * Поперечная арматура от кручения - площадь сечения замкнутого внешнего контура.
 СТРОКА 1 - полная арматура, подобранная по I и II группам предельных состояний, от кручения
 СТРОКА 2 - арматура, подобранная по I группе предельных состояний
 СТРОКА 3 - арматура от кручения (для стержней и отмечена знаком "**")

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

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

Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата

Инженерные расчеты

Результаты расчета проведенного на фрагмент конструкции каркаса здания показали следующие:

1. Максимальное суммарное перемещение в горизонтальной плоскости конструкции плит составляет 33мм, что не соответствует нормам СП 16.13330.2016 Нагрузки и воздействия, таблица Д1 пункт (2г) 1/350 пролета, то есть, $6000/350 = 17\text{мм}$.
2. Максимальное суммарное перемещение в горизонтальной плоскости ригеля пролетного строения составляет 19мм, что соответствует нормам СП 16.13330.2016 Нагрузки и воздействия, таблица Д1 пункт (2а) 1/350 пролета, то есть, $9000/225 = 40\text{мм}$.
3. Подобранная расчетом площадь арматуры в железобетонных конструкциях колонн, балок ребер жесткости плит перекрытия и балок ригеля, не превышает фактическую площадь в смонтированных конструктивных элементах.
4. Нормативные нагрузки и коэффициенты запаса по нагрузкам приняты по актуализированным сводам Правил и Строительным Нормам.
5. В локальном проверочном расчете конструктивного элемента «Ригель» были увеличены коэффициенты надежности γ_2 на 30%, γ_3 на 35%, γ_5 на 30%. Потому как в соответствии с пунктом 8.1.34 СП 63.13330.2012 среднее сжимающее напряжение в бетоне от воздействия продольных сил больше R_b на 63%. То есть, недоормирование поперечной арматурой от деформации по наклонным сечениям заданного элемента «Ригель», проверочным расчетом показало от 25 до 30%.

Результатом которого виден дефект остаточной деформации в виде незакрытой трещины в конструктивном элементе «Ригель», образовавшегося после раскрытия трещин под кратковременной нагрузкой.

Расчеты произвел _____ А.В.Сухой

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



Незакрытая трещина в процессе накопления остаточных деформаций под приложением кратковременной нагрузки.

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

Изм.	Кол.уч	Лист	Недок	Подп.	Дата

Инженерные расчеты