Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное агентство по образованию

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Кафедра ЖБиКК

Пояснительная записка к контрольной работе по теме:

Исследование НДС фрагмента плиты перекрытия в здании детского сада на 120 мест

Казань, 2010 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение

Цели и задачи

1. Компоновка конструктивной схемы

2. Сбор нагрузок

3. Формирование расчётной схемы

4. Результаты статического расчёта здания

ВЫВОДЫ

Литература

# Введение

В работе рассмотрен проектировочный расчёт двух вариантов плиты перекрытия первого этажа в здании Детского сада на 120 мест:

а) сборный вариант по серии 1.020-1/87,

б) монолитный вариант в виде плоского безбалочного перекрытия.

Произведён расчёт усилий и подбор арматуры в элементах перекрытия для обоих вариантов. Выполнено технико-экономическое сравнение вариантов. Сделан вывод, что наиболее экономичным по расходу материалов является первый вариант.

Предметом исследований в работе служит напряжённо-деформированное состояние фрагмента плиты перекрытия – конкретно его конечно-элементной модели. Методом исследования является численный метод конечных элементов, реализованный в ПК «Лира» (Сертификат соответствия РФ № РОСС UA.СП15.H00041 (с 01.07.2006 по 01.07.2008) Лицензия УК № 01296.), предназначенного для расчета пространственных конструкций на прочность, устойчивость и колебания по 1-ой, и 2-ой группам предельных состояний.

**Цели и задачи**

Целью работы является изучение НДС несущих конструкций фрагмента плиты перекрытия для двух вариантов

а) сборного варианта по серии 1.020-1/87,

б) монолитного варианта в виде плоского безбалочного перекрытия.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи, касающиеся обоих вариантов:

1) определить исходные данные;

2) сформировать расчетную схему фрагмента плиты перекрытия;

3) создать, конечно-элементную, модель фрагмента плиты перекрытия;

4) выполнить расчет, то есть определить усилия в элементах плиты перекрытия;

5) провести анализ результатов расчета – установить опасные сечения;

6) подобрать арматуру в несущих элементах плиты;

7) выполнить конструирование;

8) рассчитать расход материалов на фрагмент плиты перекрытия;

9) выполнить технико-экономическое сравнение вариантов;

10) сделать выводы.

расчет усилие плита перекрытие деформация

**1. Компоновка конструктивной схемы**

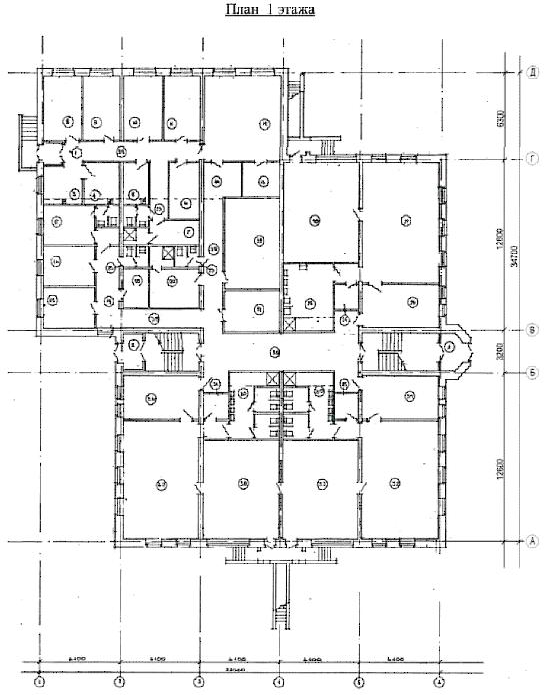


Рисунок 1. План первого этажа

В соответствии с заданием, полученным от руководителя НИРС, решено рассмотреть только фрагмент плиты перекрытия первого этажа на отметке +3,3 м в осях 4-6 и А-Б.

Для обоих принятых вариантов – сборного и монолитного – здание Детского сада имеет каркасную несущую систему. Продольный шаг колонн (вдоль цифровых осей) составляет 6,4м, а поперечный (вдоль буквенных осей) – 7,2 м. Конструктивными элементами фрагмента плиты перекрытия по сборному варианту являются:

а) предварительно напряжённый ригель таврового профиля (с полкой вниз) сечением *h*=450мм, *b*=300мм, *hf*=220мм, *bf*=510мм, выполненный из тяжёлого бетона класса В30 (Eb=32500МПа) и армированный высокопрочной арматурой А800, примечание: пристенный ригель по оси «6» имеет только один свес полки;

б) предварительно напряжённая круглопустотная плита перекрытия высотой *h*=220мм и шириной *bf*=1800мм (раскладка плит из 4-х штук в одном пролёте), выполненная из тяжёлого бетона класса В30 (Eb=32500МПа) и армированная высокопрочной арматурой А800, примечание: приведённая толщина перекрытия *hred*=105мм.

Конструктивным элементом фрагмента плиты перекрытия по монолитному варианту является только плоская плита перекрытия толщиной *h*=200мм, выполненная из тяжёлого бетона класса В20 (Eb=27500МПа) и армированная обычной арматурой класса А400.

а) б)

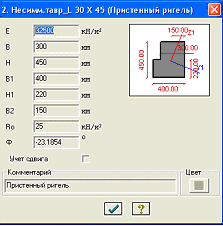
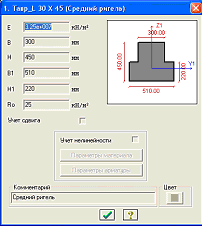


Рисунок 2а – Жесткости (геометрия сечения и модуль деформации) элементов перекрытия: а) для среднего сборного ригеля; б) для пристенного сборного ригеля

а) б)

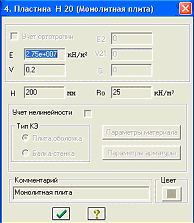
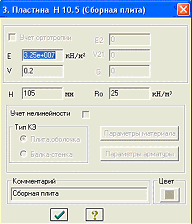


Рисунок 2б – Жесткости (геометрия сечения и модуль деформации) элементов перекрытия: а) для сборной круглопустотной плиты перекрытия; б)для монолитной плоской плиты перекрытия

# 

# 2. Сбор нагрузок

**Собственный вес конструкций каркаса** (ригели и плиты перекрытий) учитываются при задании жесткостей расчётной схемы в программном комплексе, специального расчёта не требует. Коэффициент надёжности γ*f* =1,1, коэффициент ответственности здания по назначению γ*n*=0,95 согласно [4]: плотность материала ж/б плит перекрытий и колонн .



Расчёт нагрузок на фрагмент плиты перекрытия сведём в табличную форму.

Таблица 1 - Нагрузки на 1 м2 перекрытия

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вид нагрузки и расчет | Нормативная нагрузка кН/м2 | Коэффициент надежности γf | Расчетная нагрузка кН/м2 |
| А. Постоянные: |  |  |  |
| 1. Линолиум δ=5мм, ρ=5 кН/м3 | 5·0,005=0,025 | 1,3 | 0,0325 |
| 2. Цементная стяжка δ=30мм, ρ=18 кН/м3 | 18·0,03=0,36 | 1,2 | 0,468 |
| 3 Кирпичные перегородки δ=120мм, ρ=18 кН/м3, H=3300мм | 18·0,12·3,3/4= =1,782 | 1,2 | 2,138 |
| 3. Ж/б плита перекрытия  а) сборная δ=105мм, ρ=25кН/м3  б) монолитная δ=200мм, ρ=25кН/м3 | 2,625  5,000 | 1,1  1,1 | 2,888  5,500 |
| Итого а) для сборного варианта  б) для монолитного варианта | 4,792  7,167 | 1,153  1,135 | 5,526  8,138 |
| Таблица 1 - продолжение | | | |
| Б. Временные |  |  |  |
| Полезная (п. 3[1])  в том числе:  - длительная  - кратковременная | 1,5  1,2  0,3 | 1,3 | 1,95  1,56  0,39 |
| Всего а) для сборного варианта  б) для монолитного варианта | 6,292  8,667 | 1,188  1,164 | 7,476  10,088 |

Все расчётные нагрузки были сгруппированы в три загружения:

Загружение 1 – постоянная нагрузка (собственный вес конструкций и элементов плиты перекрытия);

Загружение 2 – временная длительная (часть полезной на перекрытие, *vl*=1,56 кН/м2);

Загружение 3 – временная кратковременная (часть полезной на перекрытие, *vl*=0,39 кН/м2).

Расчетные сочетания усилий были сгенерированы в «Таблицы РСУ» в ПК Лира.

# 

# 3. Формирование расчётной схемы

На рисунке 3 представлена расчётная схема плиты перекрытия для обоих вариантов: в двух взаимно перпендикулярных сечениях она представляет собой балку шириной 1п.м., лежащую на опорах. В качестве опор выступают колонны, которые заменены вертикальными связями и в расчётах не учитываются. Поскольку рассматривается только фрагмент перекрытия, то действие отброшенной части плиты перекрытия заменяется шарнирной связью, установленной в точке нулевого момента – примерно на расстоянии ¼ длины пролёта от колонны.

Для сборного варианта учтено, что ригели укладываются по вертикали по оси «5» и «6», а сборные круглопустотные плиты в перпендикулярном направлении – по четыре плиты в пролёте (1,8м·4=7,2м).

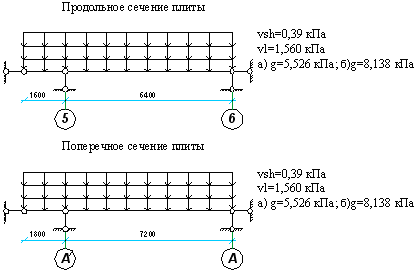


Рисунок 3. Расчётная схема фрагмента плиты перекрытия: постоянная нагрузка а – для сборного варианта, б – для монолитного

Конечно-элементная модель фрагмента перекрытия (рис.4) собрана путем интерактивного ввода параметров несущих конструкций. Пространственная система состоит из пластин соответствующей толщины (см.рис.2) – плит перекрытия – и стержней – ригелей. Размер конечного элемента пластин принят 0,4м в продольном направлении (вдоль цифровых осей) и 0,6м в поперечном направлении (вдоль буквенных осей).

а)



б)

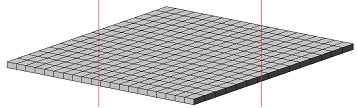


Рисунок 4. Модель фрагмента плиты перекрытия в программном комплексе «Лира 9.4»: а) сборный вариант; б) монолитный вариант

# 

# 4. Результаты статического расчёта здания

Для удобства анализа НДС конструкции перекрытия пронумеруем конечные элементы его модели – см. рис. 5 и 6.

а) б)

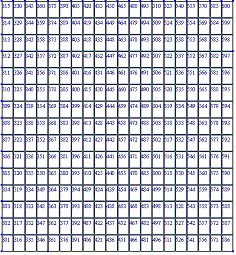
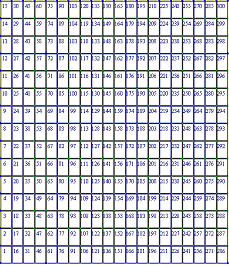


Рисунок 5. Нумерация конечных элементов фрагмента плиты перекрытия: а) по сборному варианту; б) по монолитному варианту

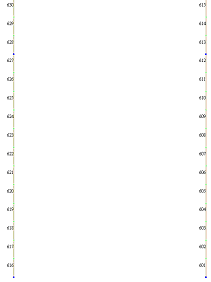
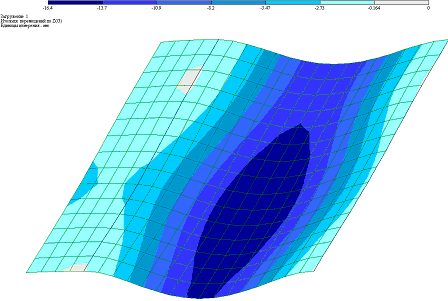


Рисунок 6. Нумерация конечных элементов ригелей по сборному варианту: слева – среднего ригеля по сои «5», справа – пристенного ригеля по оси «6»

Приведём ниже схему деформирования плиты перекрытия и определим максимальный прогиб для каждого из вариантов.

а)



б)

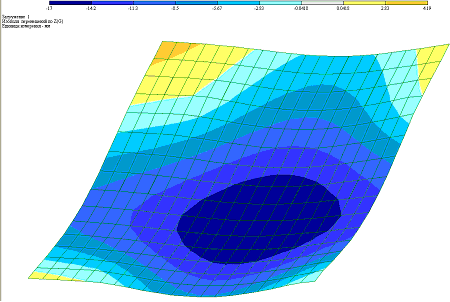


Рисунок 7. Схема деформирования фрагмента плиты перекрытия с нанесением изополей вертикальных перемещений при действии нагрузок Загружения-1 а) сборный вариант; б) монолитный вариант

Наибольший прогиб для сборного варианта плиты перекрытия наблюдается в конечном элементе №171.

Суммарное вертикальное перемещение от всех трёх Загружений равно: *f*=16,40+2,99+0,75=20,14мм, что меньше предельно допустимого прогиба [*f*]=1/200·L=6400/200=32мм.

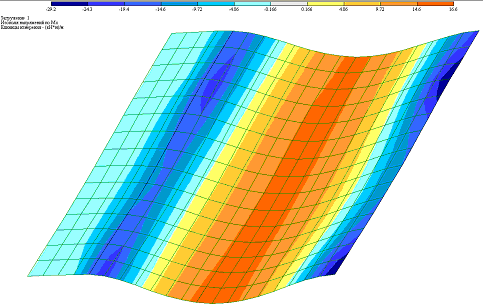
Наибольший прогиб для монолитного варианта плиты перекрытия наблюдается в конечном элементе №486.

Суммарное вертикальное перемещение от всех трёх Загружений равно: *f*=17,00+1,94+0,48=19,42мм, что меньше предельно допустимого прогиба [*f*]=1/200·L=6400/200=32мм.

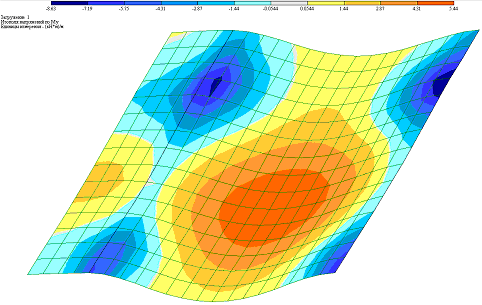
**Вывод: жесткость фрагмента плиты перекрытия по обоим вариантам – сборному и монолитному – обеспечена.**

Теперь до подбора арматуры в элементах определим усилия. Анализ усилий даст возможность определить опасные сечения.

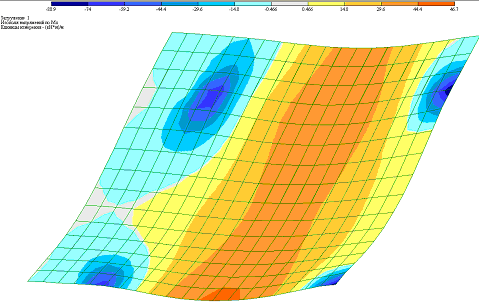
а)



б)



в)



г)

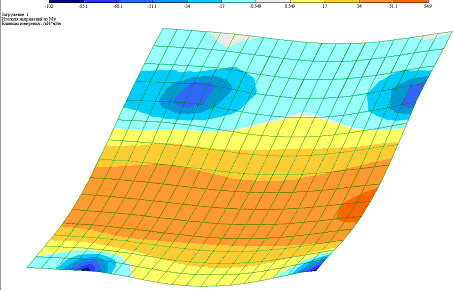


Рисунок 8. Изополя изгибающих моментов в плите перекрытия (кН·м/п.м.): а) *Mx* для сборного варианта; б) *My* для сборного варианта; в) *Mx* для монолитного варианта; г) *My* для монолитного варианта

Удобно изополя анализировать, разделив ячейку перекрытия на полосы шириной 1м: две пролётные, проходящие по центру, и четыре надколонные. С учётом этого выпишем значения изгибающих моментов в наиболее нагруженных конечных элементах плиты перекрытия и сведём значения в таблицу:

Таблица 2 – Значения максимальных изгибающих моментов в опасных сечениях фрагмента плиты перекрытия

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Поз. | № элемента | Загружение-1 | | Загружение-2 | | Загружение-3 | | Σ | |
| Mx,  кН·м | My,  кН·м | Mx,  кН·м | My,  кН·м | Mx,  кН·м | My,  кН·м | Mx,  кН·м | My,  кН·м |
| 1 | 181 | 16,66 | - | 3,08 | - | 0,77 | - | 20,51 | - |
| 2 | 297 | 29,33 |  | 5,38 |  | 1,34 |  |  |  |
| 3 | 186 | - | 5,47 | - | 0,98 | - | 0,25 | - | 6,7 |
| 4 | 297 | - | 9,46 | - | 1,66 | - | 0,42 | - | 11,54 |
| 5 | 481 | 47,24 | - | 5,40 | - | 1,35 | - | 53,58 | - |
| 6 | 372 | 118,95 | - | 13,61 | - | 3,40 | - | 135,67 | - |
| 7 | 591 | - | 55,87 | - | 6,39 | - | 1,60 | - | 63,86 |
| 8 | 372 | - | 123,44 | - | 14,12 | - | 3,53 | - | 141,09 |

Пояснения к таблице 2. Поз. 1÷4 относятся к сборному варианту перекрытия, а поз. 5÷8 – к монолитному. Причём:

Поз. 1, 4 – соответствует конечному элементу, в котором возникает максимальный *Mx* в пролёте; Поз. 2, 6 – соответствует конечному элементу, в котором возникает максимальный *Mx* на какой-либо из опор; Поз. 3, 5 – соответствует конечному элементу, в котором возникает максимальный *My* в пролёте; Поз. 4, 8 – соответствует конечному элементу, в котором возникает максимальный *My* на какой-либо из опор.

Черточка в таблице означает, что данная величина для рассматриваемого конечного элемента не определялась, так как её значение для всей совокупности конечных элементов, принадлежащих какой-либо пролётной или надколонной полосы, не является максимальным.

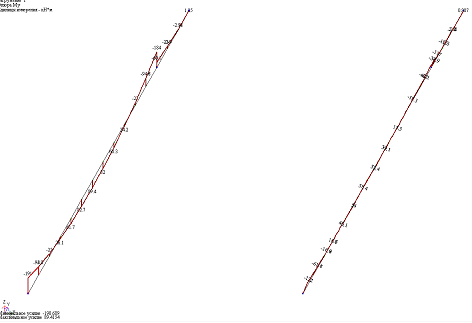
**Вывод:**

**- наиболее нагруженный пролётный участок для сборного варианта плиты перекрытия расположен в по оси «А» (между осями «5» и «6»), а наиболее нагруженная опора расположена по сои 6/А';**

**- наиболее нагруженный пролётный участок для монолитного варианта плиты перекрытия расположен в по оси «6» (между осями «А» и «Б»), а наиболее нагруженная опора расположена по сои 5/А'.**

Теперь приведем значение усилий в сборных ригелях по первому варианту и также выполним их анализ.

а)



б)

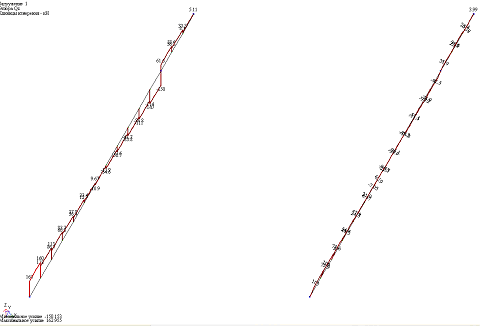


Рисунок 8. Эпюры а) изгибающих моментов и б) перезывающих сил в сборных ригелях плиты перекрытия при действии постоянных нагрузок Загружения-1

Видно, что наиболее нагруженный является средний ригель, расположенный по сои «5». Выпишем для него таблицу РСУ.

Таблица 3 – РСУ для среднего ригеля сборного варианта перекрытия, расположенного по оси «6»

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № элем | № сечен | Mk (кН\*м) | My (кН\*м) | Qz (кН) | №№ загруж |
| 616 | 1 | -66.078 | -227.718 | 194.403 | 1 2 3 |
| 616 | 2 | -66.078 | -111.973 | 191.413 | 1 2 3 |
| 617 | 1 | -48.691 | -113.039 | 140.117 | 1 2 3 |
| 617 | 2 | -48.691 | -29.865 | 137.127 | 1 2 3 |
| 618 | 1 | -35.291 | -29.843 | 103.223 | 1 2 3 |
| 618 | 2 | -35.291 | 31.193 | 100.233 | 1 2 3 |
| 618 | 2 | -34.347 | 30.434 | 97.772 | 1 2 |
| 619 | 1 | -23.943 | 31.236 | 72.336 | 1 2 3 |
| 619 | 1 | -23.301 | 30.475 | 70.622 | 1 2 |
| 619 | 2 | -23.943 | 73.741 | 69.346 | 1 2 3 |
| 619 | 2 | -19.638 | 61.730 | 57.841 | 1 |
| 619 | 2 | -23.301 | 71.952 | 67.633 | 1 2 |
| 620 | 1 | -13.698 | 73.755 | 43.214 | 1 2 3 |
| 620 | 2 | -13.698 | 98.786 | 40.224 | 1 2 3 |
| 621 | 1 | -4.056 | 98.792 | 14.827 | 1 2 3 |
| 621 | 1 | -3.326 | 82.713 | 12.664 | 1 |
| 621 | 2 | -4.056 | 106.792 | 11.837 | 1 2 3 |
| 622 | 1 | 5.359 | 106.793 | -13.327 | 1 2 3 |
| 622 | 2 | 5.359 | 97.899 | -16.317 | 1 2 3 |
| 623 | 1 | 14.884 | 97.896 | -41.588 | 1 2 3 |
| 623 | 1 | 12.204 | 81.965 | -34.587 | 1 |
| 623 | 2 | 14.884 | 72.046 | -44.578 | 1 2 3 |
| 623 | 2 | 12.204 | 60.315 | -37.577 | 1 |
| 624 | 1 | 24.855 | 72.036 | -70.350 | 1 2 3 |
| 624 | 1 | 24.189 | 70.289 | -68.611 | 1 2 |
| 624 | 2 | 24.855 | 28.929 | -73.339 | 1 2 3 |
| 624 | 2 | 24.189 | 28.226 | -71.601 | 1 2 |
| 625 | 1 | 35.643 | 28.906 | -100.314 | 1 2 3 |
| 625 | 1 | 34.690 | 28.203 | -97.850 | 1 2 |
| 625 | 2 | 35.643 | -32.179 | -103.303 | 1 2 3 |
| 626 | 1 | 47.797 | -32.222 | -133.423 | 1 2 3 |
| 626 | 2 | 47.797 | -113.173 | -136.413 | 1 2 3 |
| 627 | 1 | 63.217 | -112.934 | -176.016 | 1 2 3 |
| 627 | 2 | 63.217 | -219.440 | -179.006 | 1 2 3 |
| 628 | 1 | -34.260 | -71.642 | 73.243 | 1 2 3 |
| 628 | 2 | -34.260 | -28.594 | 70.253 | 1 2 3 |
| 629 | 1 | -18.568 | -28.418 | 43.064 | 1 2 3 |
| 629 | 2 | -18.568 | -3.476 | 40.074 | 1 2 3 |
| 630 | 1 | -5.718 | -3.142 | 9.283 | 1 2 3 |
| 630 | 2 | -5.718 | 1.530 | 6.293 | 1 2 3 |

**Вывод: наиболее нагруженным является средний ригель, расположенный по оси «6».**

Теперь выполним подбор армирования в элементах плиты перекрытия по обоим вариантам. Для сборного достаточно принять типовые круглопустотные плиты шириной 1800мм и тавровые ригели высотой сечения 450мм. Для этих элементов также выпишем расход материалов.

Принимаем следующие ригели:

- для среднего ригеля с опиранием плит на обе полки принимаем марку РДП 6.68 – 80 А800 с расходом бетона 1,12м3 и напрягаемой арматуры – 81,93 кг

- для пристенного ригеля с опиранием плит на одно полку принимаем марку РОП 6.68 – 80 А800 с расходом бетона 1,01м3 и напрягаемой арматуры – 81,93 кг

Принимаем многопустотную плиту перекрытия марки ПК 68.18-10 А800 с расходом бетона 1,28м3 и напрягаемой арматуры – 42 кг

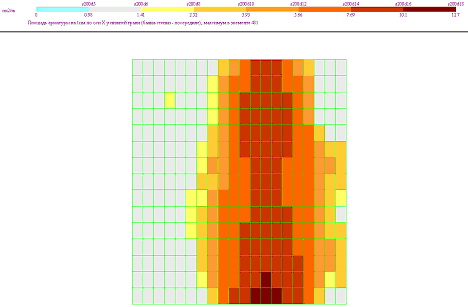
Общий расход бетона на ячейку перекрытия составляет:

- тяжёлого бетона класса В30: 7,25 м3;

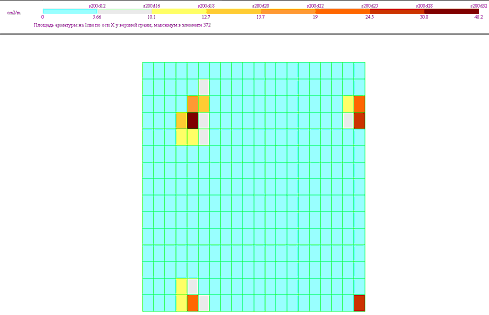
- напрягаемой арматуры класса А800: 338,86 кг.

Теперь подберём арматуру в плите перекрытия средствами ПК Лира в подпрограмме Лир-Арм.

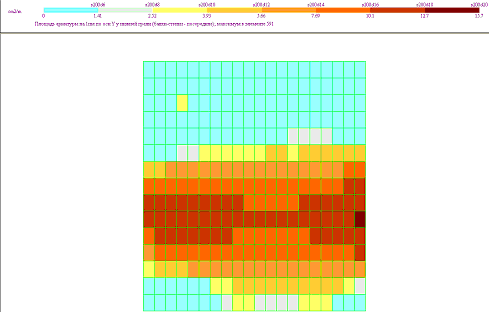
а)



б)



в)



г)

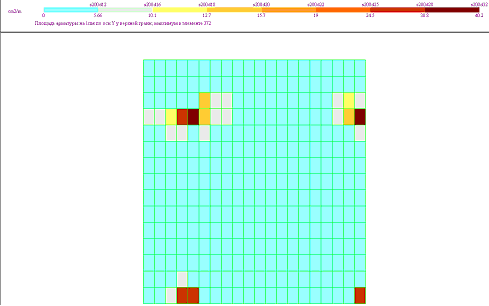


Рисунок 9. Армирование плиты перекрытия первого этажа

Согласно расчётам плиту армируем симметрично - верхней и нижней сплошной сеткой с шагом ячейки 200 мм из арматурными стержней Ø18мм. Дополнительно укладываем верхние сетки над колоннами с шагом ячейки 200 мм из арматурных стержней Ø16мм.

Рассчитаем расход материалов на плиту перекрытия в монолитном варианте исполнения:

- расход тяжёлого бетона класса В20 составляет 9,216м3;

- расход арматуры класса А400 627 кг.

**ВЫВОДЫ**

Проведён анализ НДС фрагмента плиты перекрытия первого этажа Детского сада для двух вариантов: сборного по серии 1.020-1/87 и монолитного с плоским безбалочным перекрытием.

Расчёты показывают, что первый вариант по расходу стали и бетона является более экономичным:

Общий расход бетона на ячейку перекрытия составляет:

а) по сборному варианту

- тяжёлого бетона класса В30: 7,25 м3;

- напрягаемой арматуры класса А800: 338,86 кг.

Б) по монолитному варианту

- расход тяжёлого бетона класса В20 составляет 9,216м3;

- расход арматуры класса А400 627 кг.

**Литература**

1. СНиП 2.01.07-85\* «Нагрузки и воздействия», Госстрой России. - М:ГУП ЦПП 2002 г.-44с.

2. СНиП 2.03.01-84\*. Бетонные и железобетонные конструкции/ Госсторойиздат СССР - М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989 г.

3. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона без предварительного напряжения арматуры (к СП 52-101-2003). ЦНИИПромзданий, НИИЖБ.- М.: ОАО «ЦНИИПромзданий, 2005. – 214 с.