

Расчёт монолитного железобетонного перекрытия в ПК ЛИРА САПР

Богаткин Максим Антонович

Приамурский государственный университет им. Шолом-Алейхема

Студент

Аннотация

Железобетонные конструкции ввиду преимуществ технологии стали крупнейшей частью всех технологий современного строительства. В частности, и монолитный железобетон, в статье представлен процесс расчета плиты перекрытия здания из монолитного железобетона. Были применены различные программные комплексы такие как ПК ЛИРА САПР и ПК САПФИР, подобраны характеристики бетона и арматуры, а также проведено сравнение и приближенным методом расчёта.

Ключевые слова: Железобетон, ЛИРА САПР, железобетонные конструкции, компьютерные технологии.

Calculation of a monolithic reinforced concrete floor in a LIRA CAD

Bogatkin Maxim Antonovich

Sholom-Aleichem Priamursky State University

Student

Abstract

Reinforced concrete structures, due to the advantages of technology, have become the largest part of all modern construction technologies. In particular, monolithic reinforced concrete, the article presents the process of calculating the floor slab of a building made of monolithic reinforced concrete. Various software systems such as PC LIRA CAD and PC SAPPHIRE were used, the characteristics of concrete and reinforcement were selected, and a comparison and an approximate calculation method were carried out.

Keywords: Reinforced concrete, LIRA CAD, reinforced concrete structures, computer technologies.

1. Введение

1.1 Актуальность исследования

Без такого материала как железобетон не обходится ни один процесс возведения, будь то жилое или промышленное здание, мост и даже металлоконструкции. Железобетон в то же время сложный композиционный материал, расчет параметром которого имеет свои особенности и нюансы. И крупнейшей областью применения железобетона в современно строительстве стали – монолитные железобетонные конструкции. Одна из сфер – жилые и общественные здания. Скорость и отлаженная технология возведения дают

большое преимущество таким конструкциям над традиционными методами и материалами. И важнейшим аспектом применения такой технологии является правильный расчёт конструкции и поиск оптимальным характеристик применяемых материалов.

1.2 Обзор исследований

В статье В.П. Агапова описывается конечно-элементная методика расчета железобетонных ферм на прочность, отличающаяся возможностью расчета ферм с учетом пластических деформаций в бетоне и арматуре и трещинообразования в бетоне. Методика основана на использовании заданных пользователем отдельно для бетона и арматуры зависимостей между напряжениями и деформациями [1]. В И.В. Гануляк работе показаны возможности использования железобетонных безбалочных перекрытий в современном строительстве, представлены примеры конструкций и проведена оценка их эффективности и надежности [2]. Исследование посвящено безригельным, безкапитальным преднапряженным монолитным железобетонным междуэтажным перекрытиям. Проанализировано современное состояние вопроса. Объектом для изучения стало монолитное перекрытие с преднапряжением, пролет которого 4х4, 6х6 и 9х9 м. Были рассчитаны варианты перекрытий с применением преднапряженного железобетона и без преднапряжения. В основу расчета лег метод конечных элементов. Путем расчета различных вариантов перекрытий доказана рациональность применения преднапряженных безригельных перекрытий [3].

1.3 Цель исследования

Исследование направлено на выполнение прочностного расчёта монолитного железобетонного перекрытия в ПК ЛИРА САПР, и дальнейшее сравнение результатов с приближенным вариантом расчета такой конструкции.

2. Методы исследования

Были применены программные методы расчёта строительных конструкций, основой которых является метод конечных элементов.

3. Результат

Рассматриваемая часть здания имеет «Г-образную форму» Высота этажа составляет (от пола до перекрытия) 3,6 м.

Ядра жесткости выполнены в лестничных клетках. План рассматриваемой части здания представлен на рисунке 1.

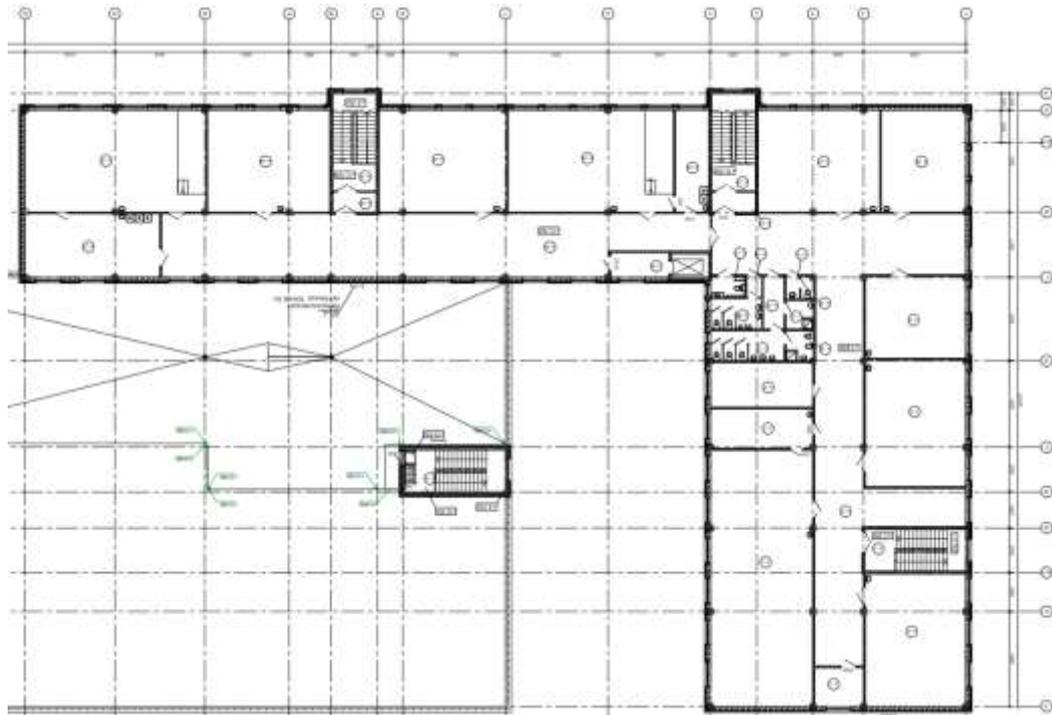


Рисунок 1 – План секции здания

Материал колонн: Бетон В25

Материал перекрытия и пилонов: Бетон В30.

Сбор нагрузок на плиту перекрытия: Расчет будет выполняться для плиты перекрытия четвертого этажа. Где основными нагрузками будет: Снеговая, Собственный вес плиты и Конструкции покрытия.

Район строительства Еврейская Автономная область, что согласно СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия» [4] и СП 131.13330.2020 – соответствует второму (II) снеговому району. Снеговое давление равно 1 кН/м^2 .

Конструкции покрытия представлены на рисунке 2.

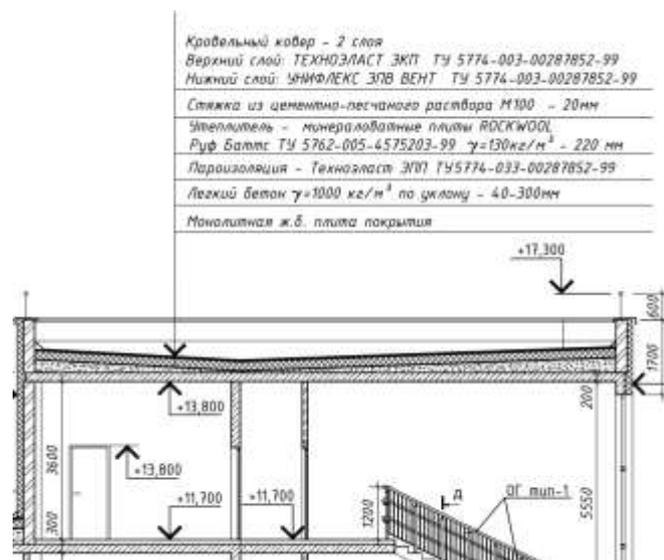


Рисунок 2 – Конструкции кровли

Сбор нагрузок представлен в таблице 1. В таблице учтен вес всех составляющих конструкций покрытия, их удельный вес и коэффициенты надежности по нагрузке.

Согласно СП 20.13330.2016 коэффициент надежности для снеговой нагрузки 1,4. То есть, расчётная нагрузка, используемая для расчета по первой группе предельных состояний, на 40% больше нормативной, приведенной в вышеуказанном документе.

Таблица 1. Сбор нагрузка на плиту перекрытия 4-ого этажа

Нормативные и расчетные нагрузки на 1 м ²					
Вид нагрузки	Толщина, м	Плотность, кг	Нормативная нагрузка, кН/м ²	Коэффициент	Расчетная, кН/м ²
Постоянная:					
Плита перекрытия	0,2	2500	4,9	1,1	5,39
Кровельный ковер два слоя	0,08	1000	0,784	1,3	1,019
Слой цементно-песчаного раствора М100	0,02	1500	0,294	1,3	0,382
Утеплитель Минераловатный	0,22	130	0,280	1,3	0,364
Легкий бетон	0,13	1000	1,274	1,1	1,401
Итого			7,532		8,557
Временная:					
Временная равномерно расперд. Кратковременная (Снег)	-	-	1,1	1,4	1,44
Полная нагрузка:			8,532		9,957

Построение расчетной модели в ПК САПФИР: Для упрощения создания расчетной модели, а также связей между колоннами и плитой перекрытия, необходимо воспользоваться ПК САПФИР и провести экспорт модели в ПК ЛИРА САПР.

При построении обозначим, что колонны жестко закреплены, а верхнем узле создадим АЖТ (абсолютно жесткое тело), которое предусматривает отсутствие каких-либо углов поворота верхней плоскости колонны, для обеспечения необходимой точности расчета. Так как в противном случае в узлах закрепления пилы и колонн, при расчете будет возникать крутящий момент, значения которого не соответствуют фактическим. На рисунке 3 представлены, расставленные по координатной сетке колонны, и монолитные стены, выступающие в качестве ядер жесткости.

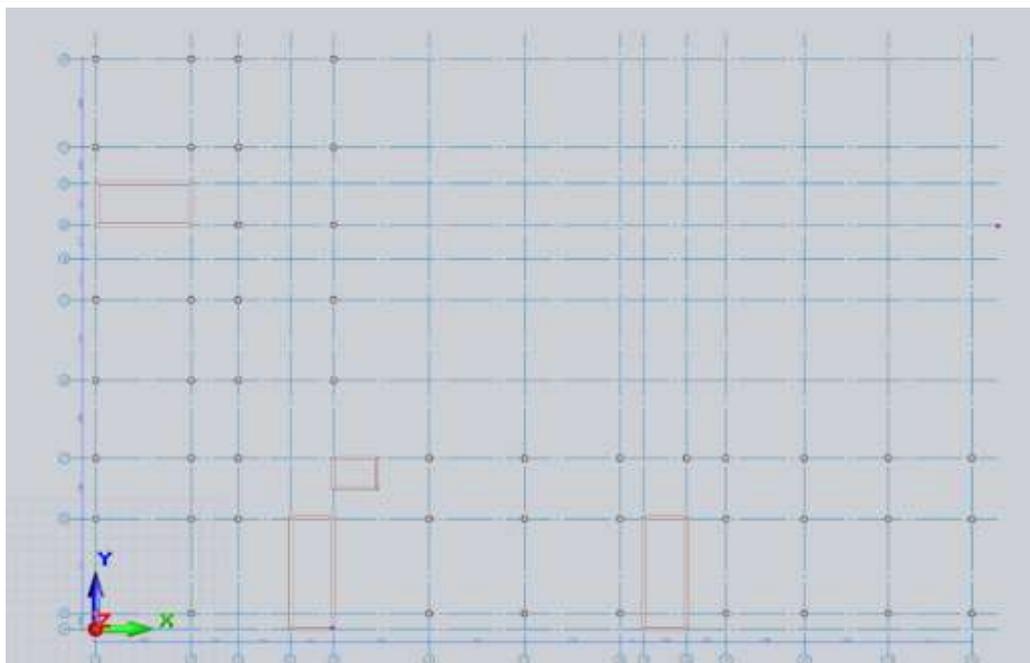


Рисунок 3 – Создание расчётной модели в ПК САПФИР

На рисунке 4 представлены параметры этажа

Идентифика...	4
Тип объекта	Этаж
Наименован...	1-й этаж
Слой	Слой САПФИР
Функция	не задана
Геометриче...	не определено
Уровень низа этажа, мм	
Отметка низ...	0.000
Высота этаж...	3800
Служебный	Нет
<input type="checkbox"/> Аналитические уровни	
Верхний ...	Да
Верхний ...	3700
Нижний ...	Да
Нижний y...	0
Academic	создан в учебной...

Рисунок 4 – Параметры этажа

На рисунке 5 представлены параметры материалов колонн и перекрытия, а также стен.

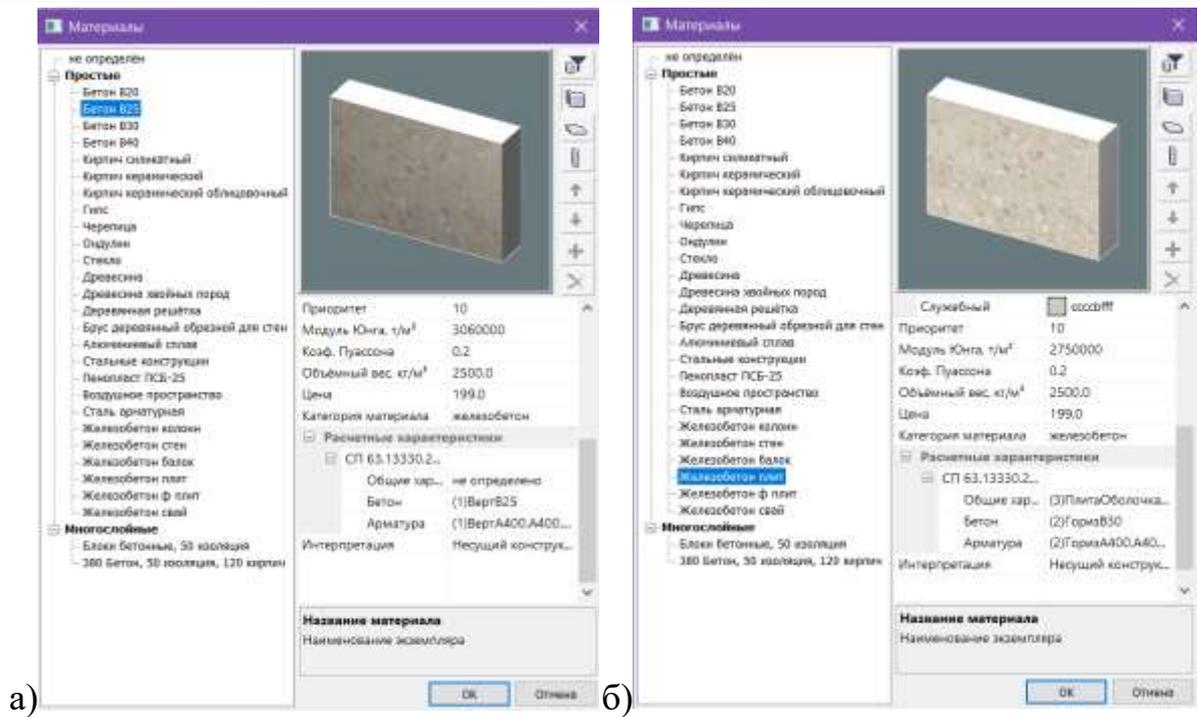


Рисунок 5 – Матриала конструкции
а – материал стен и колонн; б – матриал плиты перекрытия

Далее создаём связи для колонн и стен (Рисунок 6), а так же для колонн определяем параметр формирующий АЖТ в верхних узлах колонн (Рисунок 7). На следующем этапе следует построение плиты перекрытия, здесь – важно проконтролировать (в режиме расчетной модели) сопряжение стен, колонн и плиты.

Верхние узлы колонн должны находиться в одной плоскости с плитой перекрытия. В случае не соблюдения этого условия – программа создаст дополнительные соединения, в которых будут возникать высокие значения моментов и усилий, что негативно отразится на расчёте всей конструкции.

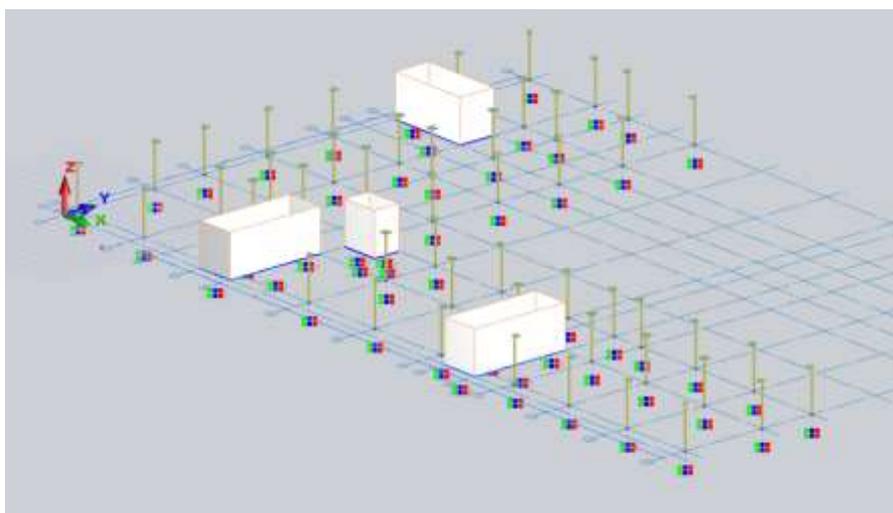


Рисунок 6 – Связи колонн и стен.
(Жесткая заделка)

Точность...	0
Параметры АЖТ	
Формиро...	Да
Минимал...	0
Форма А...	Авто
Количест...	8

Рисунок 7 – Параметры создания «абсолютно жесткого тела»

Следующим этапом создаем плиту перекрытия согласно плану этажа (Рисунок 1), контролируя сопряжение с вертикальными элементами. Плита представлена на рисунках 8 и 9.

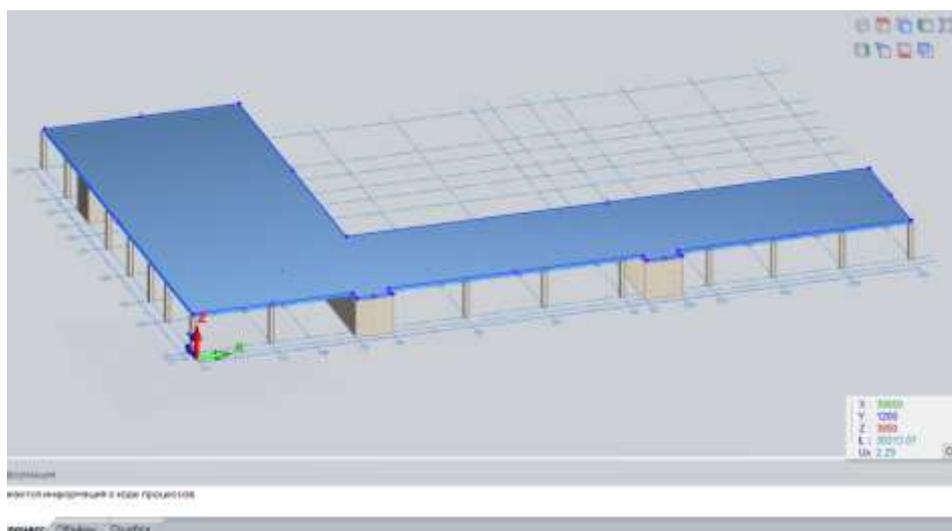


Рисунок 8 – Плита перекрытия (архитектурный вид)

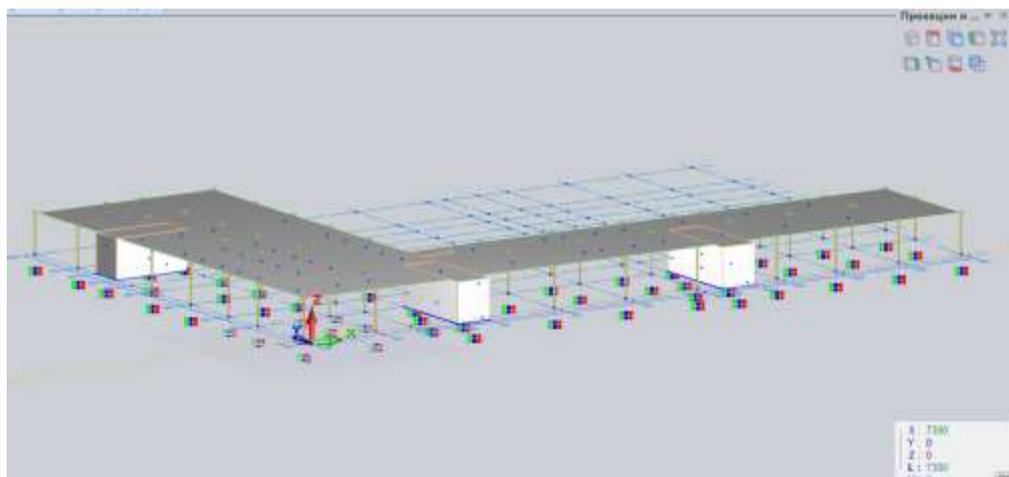


Рисунок 9 – Плита перекрытия (аналитическая модель)

Далее производим триангуляцию модели средства ПК САПФИР. Для этого задаем следующие параметры (Рисунок 10).

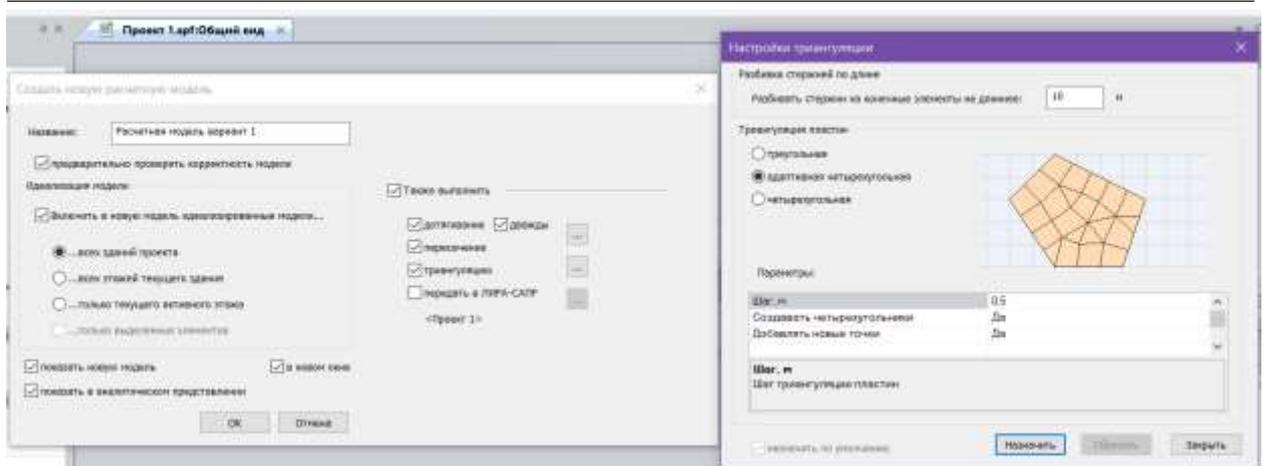


Рисунок 10 – Параметры триангуляции

Следующим этапом полученную модель (Рисунок 11) экспортируем в программу ЛИРА САПР. Проверяем заданные жесткости элементов, создаем варианты загрузки, нагрузки и таблицы РСУ (Расчетное сочетание усилий) и РСН (Расчетное сочетание нагрузок). Данные действия представлены на рисунках 12–15.

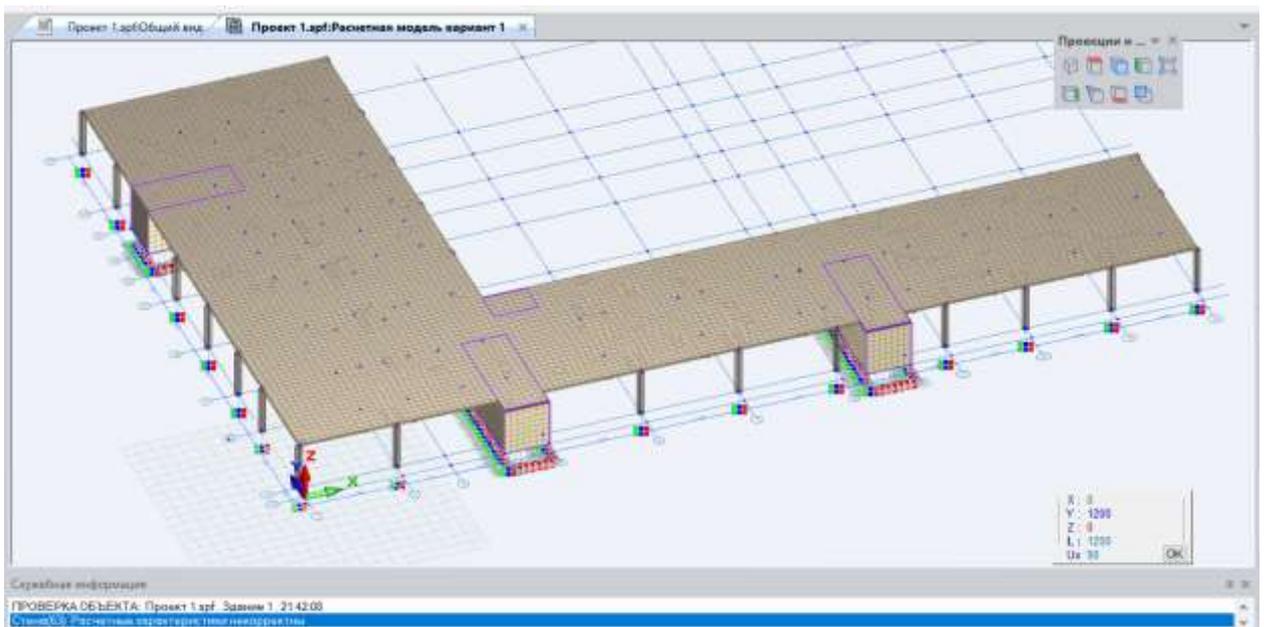


Рисунок 11 – Триангуляционная модель.

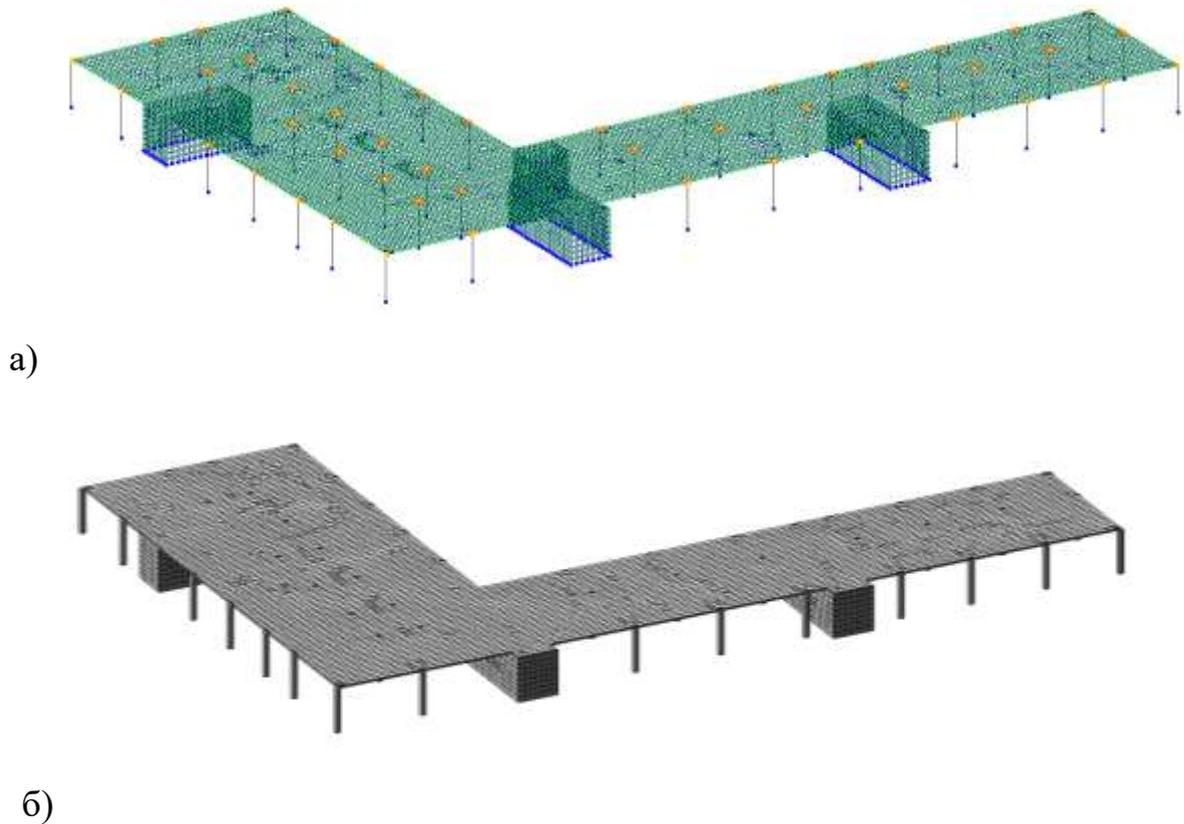


Рисунок 12 – Модель после экспорта в ПК ЛИРА САПР
а) Конечно элементная модель; б) Архитектурная модель

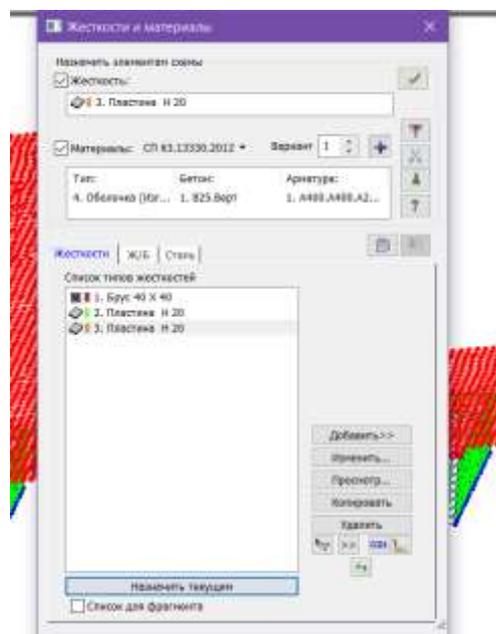


Рисунок 13 – Жесткости конструкции

Как видно из рисунка 13, жесткости были унаследованы из программы ПК САПФИР.

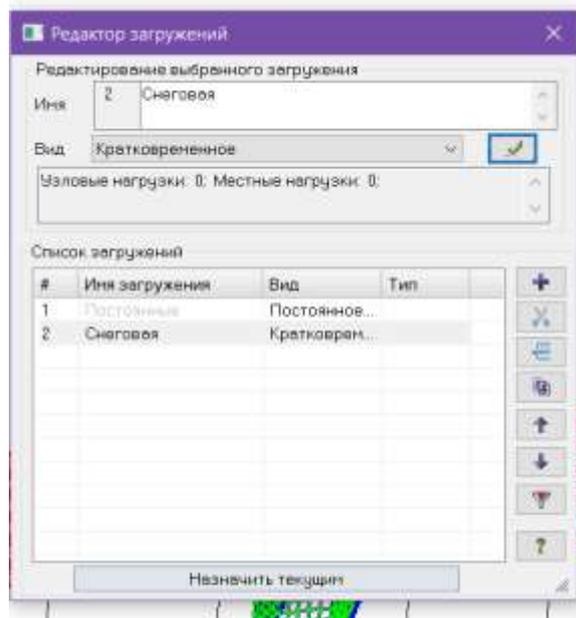


Рисунок 14 – Варианты загрузки

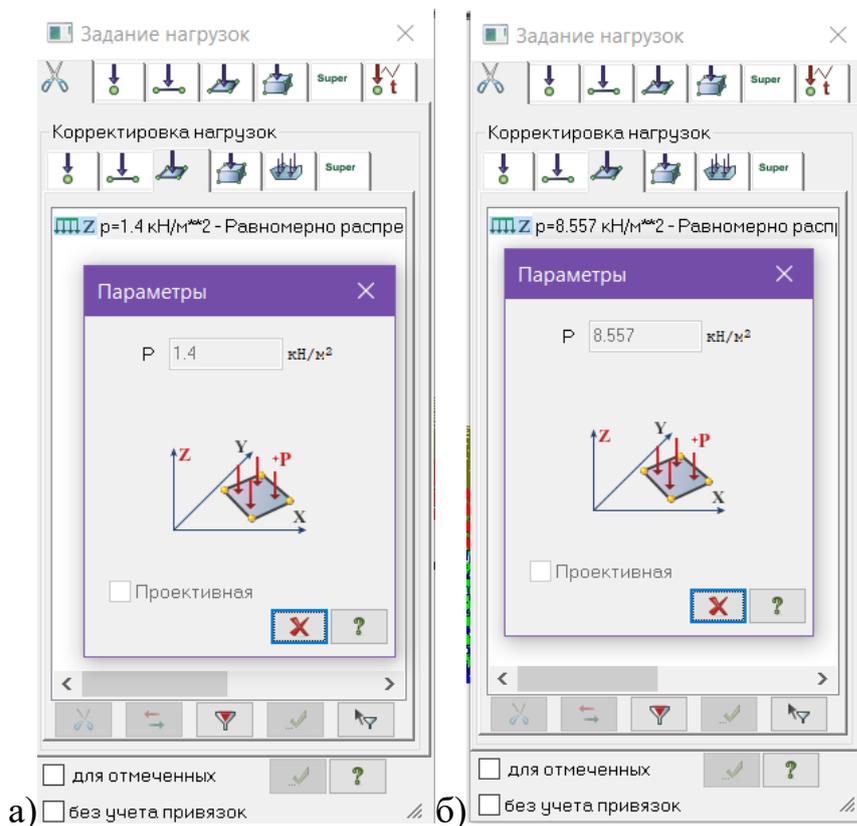


Рисунок 15 – Нагрузка на плиту (а – Кратковременная; б – Постоянная)

После задания нагрузок на плиту перекрытия фрагментируем схему для более удобного отображения данного элемента конструкции исключая колонны и стены, выполняем расчёт.

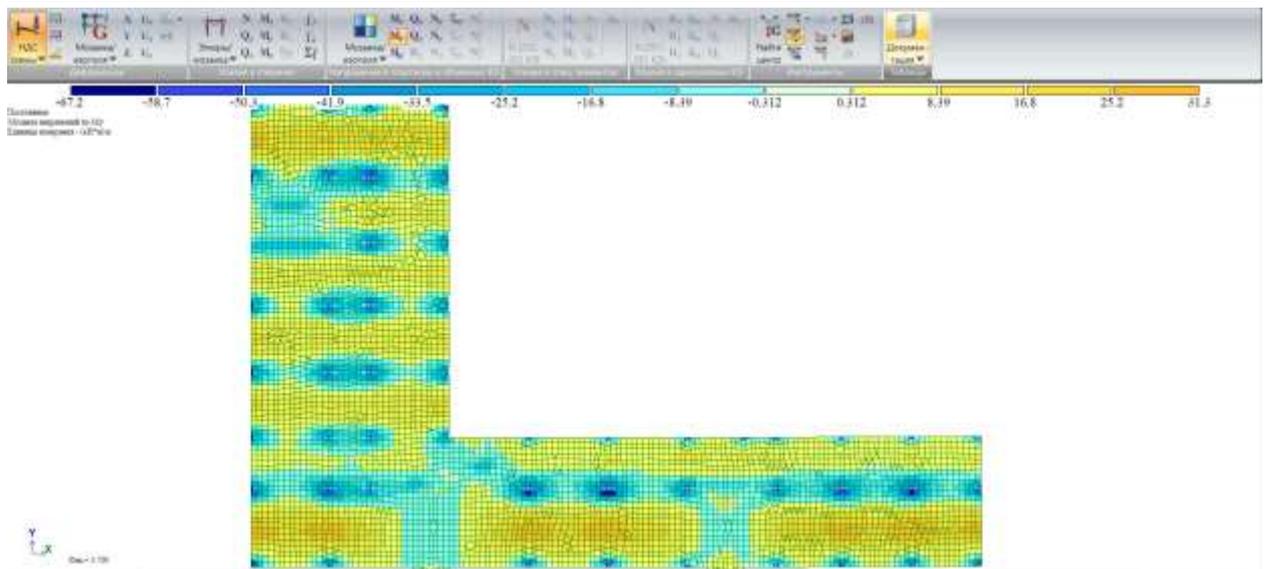


Рисунок 16 – Мозаика моментов относительно оси X

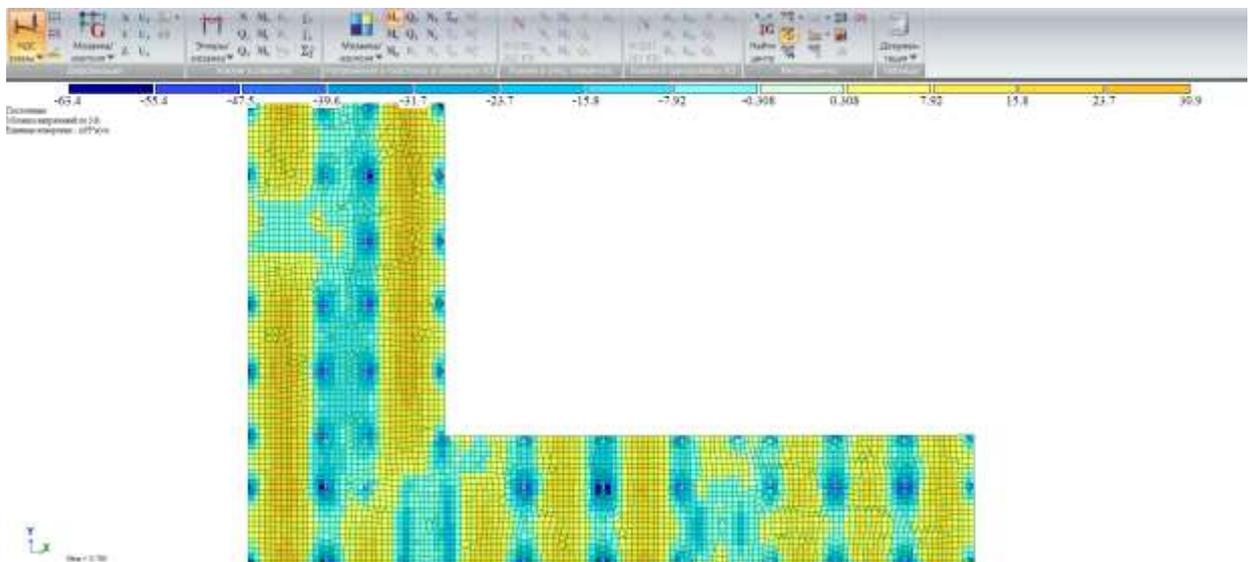


Рисунок 17 – Мозаика моментов относительно оси Y

Из рисунков 16 и 17 видно, что максимальные значения моментов находятся в центре пролетов между колоннами, а так же у самих колонн. На рисунке 18 представлена подобранные программой параметры арматуры.

Приближенный расчёт арматуры в программе MathCAD: Рассмотрим участок, обозначенный на рисунке 18. Для упрощения расчета воспользуемся алгоритмом, который помогает определить параметры на осевых моментах (M_x или M_y) заранее посчитанные в программе (В данном случае, воспользуемся рисунком 16).

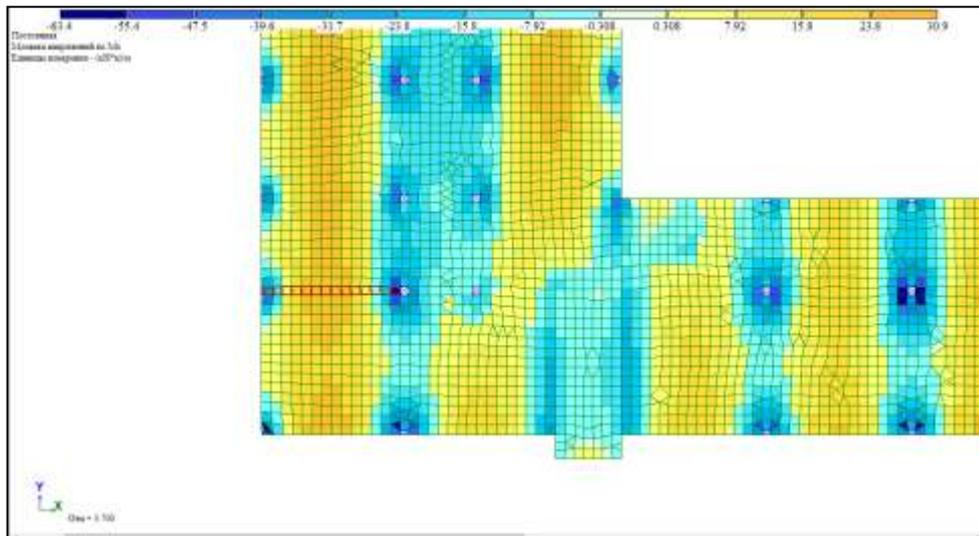


Рисунок 18 – Армируемый участок

Переносим исходные данные в программу MathCAD (Рисунок 19)



Рисунок 19 – Исходные данные

Далее определяем коэффициент α_m для обоих участков плиты, переводим единицы измерения в Н (Ньютоны) и сантиметры (Рисунок 20).

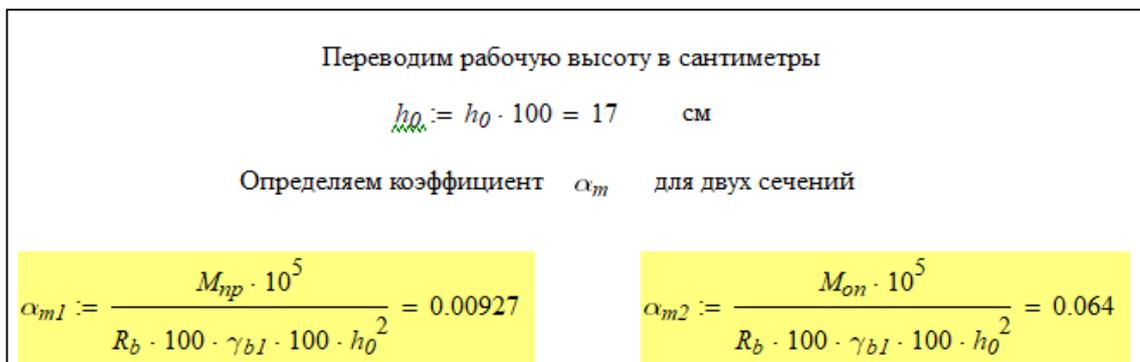


Рисунок 20 – Коэффициент α_m для обоих участков плиты

Так же следует определить характер разрушения, сравнив коэффициенты α_m и α_R для обоих участков плиты (Рисунок 21).

Определяем коэффициенты характеризующие характер разрушения

$\xi_R := 0.531$ Для арматуры А400 $\alpha_R := \xi_R \cdot \left(1 - \frac{\xi_R}{2}\right) = 0.39$

Проверка характера разрушения

$\alpha_{m1} < \alpha_R = 1$ Верно, следовательно разрешение пластичное

$\alpha_{m2} < \alpha_R = 1$ Верно, следовательно разрешение пластичное

Рисунок 21 – Характер разрушения

Полученных данных достаточно для определения требуемой площади сечения арматуры (Рисунок 22)

Определяем расчетную площадь рабочей арматуры в центре и на приопорном участке

$R_c = 355$ МПа

Арматура в пролете

$$A_{s1} := \frac{R_s \cdot 0.9 \cdot 100 \cdot 100 \cdot h_0 \cdot (1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \alpha_{m1}})}{R_s \cdot 100} = 5.906$$

Ар...	AS1	AS2	AS3	AS4	%
Про...	7.67	1.00	1.00	1.00	
Про...	5.67	1.00	1.00	1.00	

Арматура на приопорном участке

$$A_{s2} := \frac{R_s \cdot 0.9 \cdot 100 \cdot 100 \cdot h_0 \cdot (1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \alpha_{m2}})}{R_s \cdot 100} = 12.042$$

Ар...	AS1	AS2	AS3	AS4	%
Про...	1.00	11.28	1.00	9.10	
Про...	1.00	14.16	1.00	8.07	

Рисунок 22 – Подбор арматуры

Как видно из результатов, программа ПК ЛИРА САПР подобрала немного большие значения. Однако, результаты приблизительно равны, а разница обоснована особенностями программы ПК ЛИРА САПР, направленным на повышение надежности конструкции.

4. Выводы

Железобетонные конструкции – одни из самых востребованных и эффективных в современном строительстве. Однако, требующие правильного подхода к расчету и подбору характеристик, используемых для их изготовления материалов. В статье был представлен расчет монолитного железобетонного перекрытия в программе ЛИРА САПР и проведено сравнение его результатов с приближенным методом. В результате программа

ЛИРА САПР в сочетании с ПК САПФИР показала свою простоту и эффективность при расчёте железобетонных конструкций.

Библиографический список

1. Агапов В. П. Расчет железобетонных ферм методом конечных элементов с учетом физической нелинейности. Часть 1 // Научное обозрение. 2016. №. 2. С. 31-33.
2. Гануляк И. В., Шлеенко А. В. Использование железобетонных безбалочных перекрытий в современном строительстве // Проблемы и перспективы развития России: Молодежный взгляд в будущее. 2018. С. 235-250.
3. Рязанцев С. П., Федоров Ю. Л. Монолитное железобетонное безригельное перекрытие // Новые идеи нового века: материалы международной научной конференции ФАД ТОГУ. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Тихоокеанский государственный университет, 2010. Т. 2. С. 90-94.
4. СП 20.13330.2016. Свод правил. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85. утв. Приказом Минстроя России от 03.12.2016 N 891/пр.
5. СП 131.13330.2020. Свод правил. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99. утв. Приказом Минстроя России от 24.12.2020 N 859/пр.