

Метод расчёта и конструирования плиты перекрытия стилобатной части монолитного здания в программном комплексе «ЛИРА-САПР»2013

*А.О. Викторова, А.С. Афанасьев, Д.М. Муттагирова, Н.А. Гармаш,
Д.А. Дубинин*

*Волгоградский государственный технический университет, институт
архитектуры и строительства*

Аннотация: В данной статье приводится моделирование расчётной схемы монолитной плиты перекрытия в программном комплексе «ЛИРА-САПР» 2013. В основу расчета заложен метод конечных элементов. Расчет плиты перекрытия производится в составе всего здания с учетом жесткого сопряжения колонн с плитой. Произведён анализ результатов статического расчёта и выполнен подбор арматуры для плиты перекрытия.

Ключевые слова: программный комплекс, «ЛИРА-САПР» 2013, расчётная схема, метод конечных элементов, статический расчёт, подбор арматуры, монолитная плита, перекрытие, расчётное сочетание усилий.

Применение информационного моделирования в строительной отрасли – один из наиболее актуальных вопросов на сегодняшний день. Это задача является приоритетной для многих организаций, специализирующихся на проектировании и возведении зданий и сооружений.

Использование в работе программы для расчёта и конструирования имеет множество преимуществ. Например, она позволяет визуализировать здание или сооружение, что помогает проектировщику наиболее точно понять конструктивные особенности; сокращает сроки реализации проекта, так как процесс расчета в огромных объёмах теперь становится автоматизированным и требует гораздо меньших затрат человеческих ресурсов. Также важным преимуществом применения специализированных ПК (программные комплексы) является снижение затрат на строительство, ведь ошибки специалистов стало намного проще выявлять уже на этапе проектирования.

На сегодняшний день при выполнении проектной документации различной сложности в промышленном и гражданском строительстве очень часто используется ПК «ЛИРА-САПР». Данный программный комплекс

предназначен для проектирования строительных конструкций различного рода, подбора сечения арматуры в железобетоне, прочностных расчётов, а также для наглядного представления напряжений, перемещений и усилий по осям X, Y, Z. ПК «ЛИРА-САПР» нашел достаточно широкое применение в проектных институтах различных направлений и специфики работы благодаря автоматизации процесса расчета, его вычислительные способности со временем растут, совершенствуются и делают процесс выпуска [1] проектной и рабочей документации в разы быстрее.

В современном мире практика проектирования показывает, что в расчётах сложных по конфигурации и геометрической форме высотных монолитных конструкций специалисты практически всегда сталкиваются с проблемами корректного создания модели в программе. Нужно обладать не только практическими навыками работы в ПК, но и богатой теоретической базой в области строительной механики (метод конечных элементов), нормативной документации, строительных норм и правил.

В данной статье рассмотрим вариант расчёта и подбора арматуры в плите перекрытия, используя ПК «ЛИРА-САПР» 2013

Плита имеет криволинейную геометрическую форму, находится на отметке +12.000 м в стилобатной части высотного здания. Она была запроектирована в монолитном исполнении с полным каркасом, а расчет производился в составе всего здания с учётом жесткого сопряжения колонн с плитой.

Каркас трехэтажной части здания представляет сетку 6х6 м монолитных железобетонных колонн сечением 400х400 мм, жесткий диск монолитного железобетонного перекрытия толщиной 200 мм (класс В25) и диафрагм жесткости. Конструкция стилобата опирается на колонны, которые в свою очередь передают нагрузку на плитный фундамент толщиной 1500 мм.

В модель здания ПК «ЛИРА-САПР» 2013 были включены загрузки от постоянной, длительной и кратковременной нагрузки. Действие нескольких нагрузок может быть отдельным загружением – статическим или динамическим. При наличии нескольких загружений можно выбрать наиболее опасные из них сочетания, которые сформируют расчётные сочетания усилий (PCY), так как именно по ним в соответствии со строительными нормами и правилами осуществляется расчёт арматуры и её подбор. Вычисление по PCY производится по критерию экстремальных значений напряжений в точках сечений конечных элементов. ПК автоматически генерирует параметры, которые соответствуют текущему виду загрузки.

Пространственная жесткость обеспечена монолитной связью элементов (перекрытий и колонн) и включением в систему диафрагм жесткости, которые воспринимают и перераспределяют горизонтальные нагрузки.

Принятая конструктивная схема здания обеспечивает прочность, жесткость и устойчивость на стадии возведения и в период эксплуатации [2-3] всех расчетных нагрузок и воздействий.

Расчетная схема монолитной железобетонной плиты перекрытия криволинейной геометрической формы представлена на рисунке 1.

Расчет продольной арматуры в пролете производится из условия по нормальным сечениям на действие максимального [4-5] положительного изгибающего момента.

Плита монолитного перекрытия армируется отдельными стержнями, которые вяжут между собой. Армирование осуществляется в соответствии с эпюрами [6-7] изгибающих моментов.

Пролетные моменты воспринимают стержни, уложенные внизу плиты, а опорные – арматурные дополнительные стержни, уложенные в верхней зоне плиты.

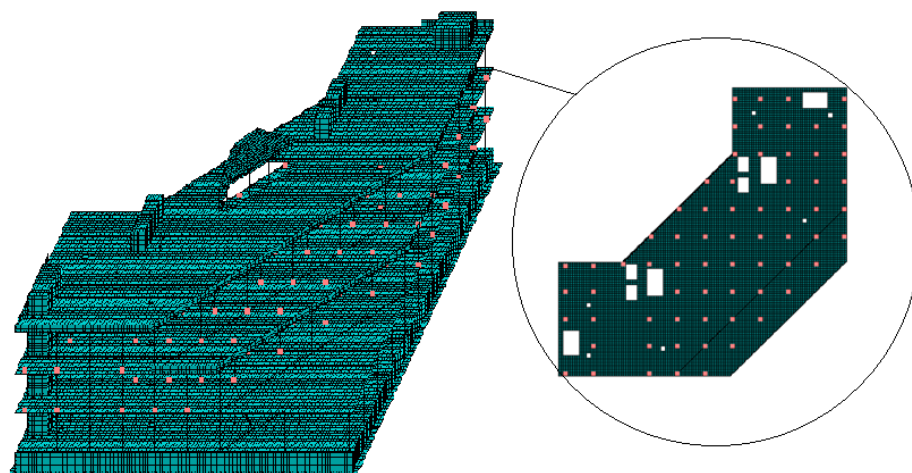


Рис. 1 – Расчетная схема стилобатной части здания и монолитной железобетонной плиты на отметке +12.000.

Результаты статического расчета плиты представлены на рисунке 2.

Ниже на рисунке 3 представлены результаты подбора армирования в монолитной плите перекрытия исходя из расчета по прочности нормальных сечений.

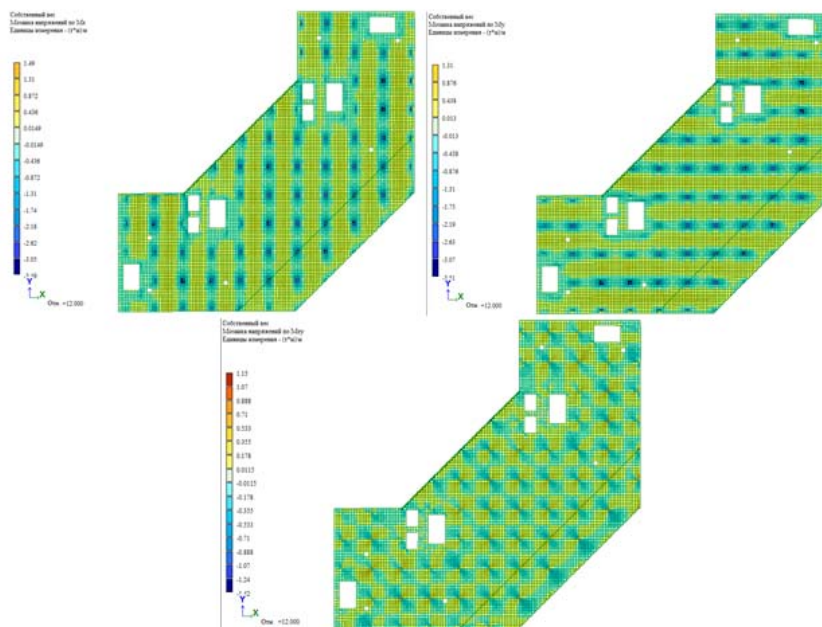


Рис. 2 – Мозаика напряжений по M_x , M_y и M_{xy}

В местах колонн в сетках устраиваются отверстия с установкой дополнительных стержней, компенсирующих дополнительную арматуру.

Арматура безбалочной плиты в соответствии с эпюрой моментов

располагается в надколонных и пролетных полосах аналогично неразрезным плитам.

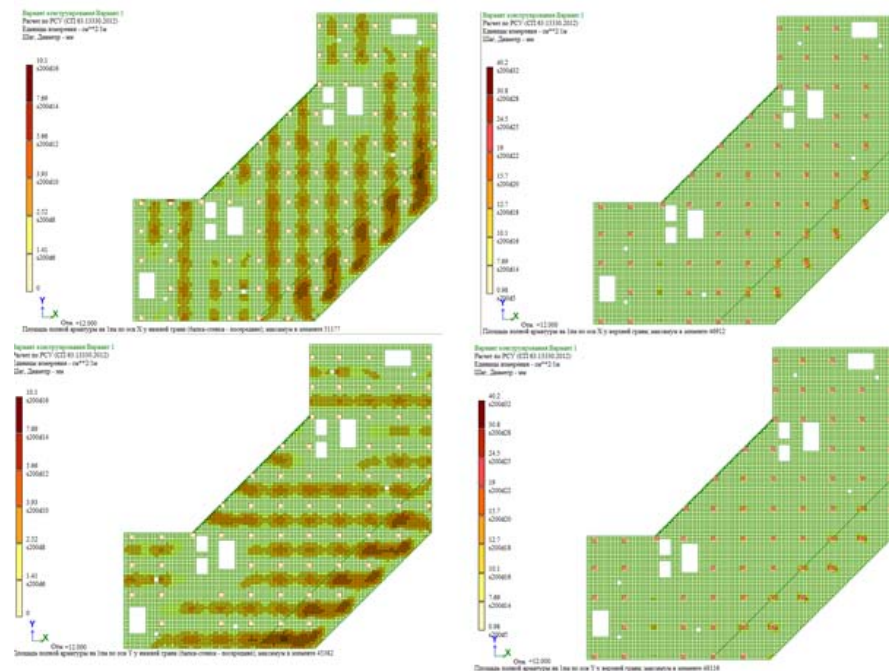


Рис. 3. Нижняя и верхняя арматура по осям X и Y

Оценка прогибов плиты перекрытия выполнена по результатам пространственного расчёта и представлена на рисунке 4.

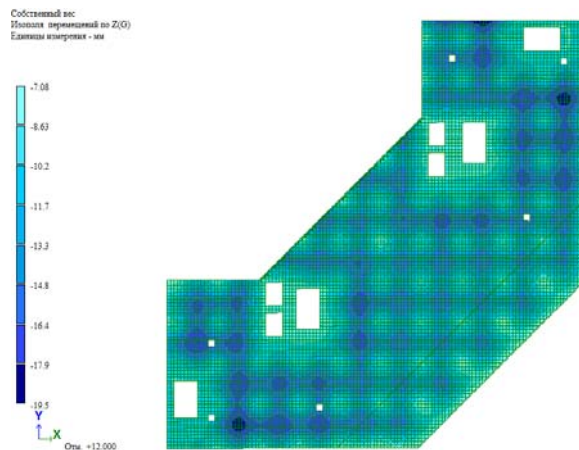


Рис. 4. Изополя перемещений плиты перекрытия по оси Z

Анализируя полученные изополя перемещений плиты перекрытия по оси Z видно, что максимальное перемещение точек в плите не превышает предельно допустимого значения, жесткость перекрытия соответствует [8] требованиям строительных норм и правил.

По результатам статического расчёта плиты перекрытия в ПК «ЛИРА-САПР» 2013 принимаем основное армирование в верхней и нижней зоне $\varnothing 10$ А400 с шагом 200 мм в продольном и поперечном направлениях и $\varnothing 12$ А400 с шагом 200 мм также в двух направлениях. Дополнительное армирование в верхней зоне в местах сопряжения плиты с колонной принимаем $\varnothing 10$ А400 с шагом 200 мм, армирование выполняется согласно [9] мозаике армирования.

Таким образом, мы создали модель стилобатной части здания криволинейной формы в ПК «ЛИРА-САПР» 2013, выполнили статический расчёт и получили результаты армирования плиты перекрытия. Технология конструирования в программном комплексе позволила нам достаточно быстро выполнить ряд сложных расчётов по подбору арматуры, что в условиях реального проектирования значительно снижает уровень трудозатрат и воздействия [10] человеческого фактора на качество проектной документации.

Литература

1. Шубин А.Л., Ярин Л.И., Артамонова А.Е. и др. Методические указания по выполнению РГР № 1 по дисциплине «Основы проектирования железобетонных конструкций» «Конструирование и расчет железобетонного зданийкаркаса многоэтажного здания» с применением программных комплексов САПФИР и ЛИРА-САПР// М.: МАРХИ, 2016. 59 с.
2. Байков В. Н., Сигалов Э. Е. Железобетонные конструкции. Общий курс. 4-е изд. М.: Стройиздат, 1985. 728 с.
3. Шейх. Н.А. Анализ проектирования железобетонных конструкций зданий для строительства. Молодой ученый №22 2018. 208 с.
4. Городецкий А. С., Евзеров И. Д. Компьютерные модели конструкций. Изд. второе, дополненное. Киев: Факт, 2007. 394 с.
5. Верюжский Ю. В., Колчунов В. И., Барабаш М. С и др. Компьютерные технологии проектирования железобетонных конструкций.

Курсовое проектирование. Киев: Книжное издательство Национального авиационного университета, 2006. 804 с.

6. Тихонов И.Н. Армирование элементов монолитных железобетонных зданий. Пособие по проектированию. ФГУП НИЦ «Строительство». НИИЖБ им. А.А. Гвоздева. ЗАО «КТБ НИИЖБ». Москва. 2007. 170 с.

7. Лапина О.А. Возведение высотных зданий. // Инженерный вестник Дона, 2012, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1301.

8. Бабалич В.С., Сухина К.Н., Сухин К.А. и др. Алгоритм расчета основных геометрических характеристик сечения с дефектом. // Инженерный вестник Дона, 2019, №5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N5y2019/5893

9. Threlfall, A.J. and J.C. Steedman, 2007. Reynolds's Reinforced Concrete Designer's Handbook. Taylor & Francis Group.

10. Formwork UK Concrete frame structures. Date Views 26.08.2019 web.archive.org/web/20161104012738/formworkuk.co.uk/2016/concrete-frame-structures/.

References

1. Shubin A.L., Jarin L.I., Artamonova A.E. i dr. Metodicheskie ukazaniya po vypolneniju RGR № 1 po discipline «Osnovy proektirovaniya zhelezobetonnyh konstrukcij» «Konstruirovaniye i raschet zhelezobetonnoy karkasa mnogojetazhnogo zdaniya» s primeneniem programmnyh kompleksov SAPFIR i LIRA-SAPR [Guidelines for the implementation of RGR No. 1 in the discipline "Fundamentals of the design of reinforced concrete structures" "Design and calculation of reinforced concrete buildings frame of a multi-storey building" using SAPFIR and LIR software systems] M.: MARHI, 2016. 59 p.

2. Bajkov V. N., Sigalov Je. E. Zhelezobetonnye konstrukcii. Obshhij kurs. 4-e izd. [Reinforced concrete structures. General course] M.: Strojizdat, 1985. 728 p.



3. SHEjh. N.A. Molodoj uchenyj, №22 2018. 208 p.
4. Gorodeckij A. S., Evzerov I. D. Komp'yuternye modeli konstrukcij. Izd. vtoroe, dopolnennoe. [Computer models of structures.] Kiev: Fakt, 2007. 394 p.
5. Verjuzhskij Ju. V., Kolchunov V. I., Barabash M. S i dr. Komp'yuternye tehnologii proektirovanija zhelezobetonnyh konstrukcij [Computer technologies for the design of reinforced concrete structures]. Kursovoe proektirovanie. Kiev: Knizhnoe izdatel'stvo Nacional'nogo aviacionnogo universiteta, 2006. 804 p.
6. Tihonov I.N. Armirovanie jelementov monolitnyh zhelezobetonnyh zdaniy. [Reinforcement of elements of monolithic reinforced concrete buildings]. Posobie po proektirovaniju. FGUP NIC «Stroitel'stvo». NIIZhB im. A.A. Gvozdeva. ZAO «KTB NIIZhB». Moskva. 2007. 170 p.
7. Lapina O.A. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2012, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1301.
8. Babalich V.S., Suhina K.N., Suhin K.A. i dr. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2019, №5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N5y2019/5893
9. Threlfall, A.J. and J.C. Steedman, 2007. Reynolds's Reinforced Concrete Designer's Handbook. Taylor & Francis Group.
10. Formwork UK Concrete frame structures. Date Views 26.08.2019 [web.archive.org web 20161104012738 formworkuk.co.uk2016concrete-frame-structures](http://web.archive.org/web/20161104012738/formworkuk.co.uk2016concrete-frame-structures).