

## **Особенности расчёта кирпичной кладки в современных программных комплексах**

*Плеханова Екатерина Александровна*

*Приамурский государственный университет им. Шолом-Алейхема*

*Студент*

### **Аннотация**

В данной статье рассматриваются особенности расчёта в ПК ЛИРА напряженно-деформированного состояния простенка двухэтажного здания с оконными проемами с применением конечно-элементной модели из оболочек. Расчёт выполнялся в программном комплексе ЛИРА-САПР. Цель данного исследования: показать особенности расчета каменных конструкций в современных программных комплексах

**Ключевые слова:** Кирпичная кладка, каменные конструкции, численный расчёт, ПК ЛИРА.

## **Features of calculating brickwork in modern software systems**

*Plehanova Ekaterina*

*Sholom-Aleichem Priamursky State University*

*Student*

### **Abstract**

This article discusses the features of the calculation in CAD LIRA of the stress-deformed state of a wall of a two-storey building with window openings using a finite element model of shells. The calculation was carried out in the LIRA-SAPR software package. The purpose of this study: to show the features of calculating stone structures in modern software systems

**Keywords:** Brickwork, stone structures, numerical calculation, SP LIRA.

### **Введение**

Использования кирпича в жилищном строительстве с каждым годом возрастает. Кирпичная кладка является одним из основных видов кладки, применяемых при строительстве зданий и сооружений. И это неудивительно, ведь кирпич обладает прекрасными теплофизическими свойствами, кроме того, он экологически безвреден и в процессе эксплуатации не выделяет вредных веществ. Кладка воспринимает нагрузку не только собственного веса, но и от других конструктивных элементов, опирающихся на нее и приложенных к ним нагрузок.

Каменная кладка должна быть прочной, устойчивой, плотной и иметь малую теплопроводность. Структура каменной кладки позволяет рассчитать ее методом конечных элементов путем разбиения всего объема конструкции

на элементы со своими свойствами и нахождением в узлах искомых функций (перемещений, напряжений).

Расчёт и моделирование кирпичной кладки рассматриваются многими российскими исследователями. Так, в статье Ю.Е. Коршановой приведены результаты численных исследований модели кирпичной кладки на действие сжимающей статической нагрузки, а также сделаны выводы о несущей способности кладки на основе сравнений результатов испытаний и результатов численных исследований[1]. Д.А. Гуляев в своём исследовании описывает методы усиления зданий и сооружений из кирпичной кладки[2].

Исследованием несущих конструкций многоэтажного кирпичного здания методом конечных элементов также занимается К.И. Шуваева [3]. В своей работе рассматривает использование новой подсистемы «Армокаменные конструкции», которая интегрирована в единую графическую среду ВИЗОР, реализованной в рамках общего программного комплекса Лира-САПР[3]. Ее используют для создания и редактирования модели здания с несущими каменными конструктивными элементами[3].

Механические свойства кирпичной кладки зависят от множества различных факторов, таких как свойства компонентов. В работе Я.В. Кучеренко представлена математическая модель, позволяющая определить механические характеристики каменной кладки[4]. Т.М. Гуревич в своей статье представил обзор некоторых научных работ по расчету каменных конструкций[5]. Рассмотрел расчет кирпичной кладки с помощью программного комплекса[5]. Поставил задачи по изучению напряжённо-деформированного состояния кладки кирпичных сводов[5].

В данной статье рассмотрим особенности расчёта в ПК ЛИРА напряженно-деформированного состояния простенка двухэтажного здания с оконными проемами с применением конечно-элементной модели из оболочек.

Расчёт выполнялся в программном комплексе ЛИРА-САПР.

## **1. Методы и материалы**

ПК ЛИРА является одним из современных инструментов для численного расчёта прочности и устойчивости конструкций и их проектирования. Программный комплекс включает в себя развитую библиотеку конечных элементов, позволяющую создавать компьютерные модели практически любых конструкций: стержневые плоские и пространственные схемы, оболочки, плиты, балки-стенки и т.д. Также имеет набор многофункциональных процессоров; функцию редактирования без стальных сортаментов. К тому же, Лира-САПР обладает рядом дополнительных уникальных возможностей: большой набор специальных конечных элементов, позволяющих составлять адекватные компьютерные модели для сложных и неординарных сооружений; специализированная система ВАРИАЦИИ МОДЕЛЕЙ, позволяющая в рамках одной задачи варьировать жесткостными характеристиками элементов ;специализированный процессор МОНТАЖ-плюс, позволяющий

отслеживать напряженное состояние сооружения в процессе его возведения, как-то: многократное изменение расчетной схемы, установка и удаление временных опор и т.п.

ПК ЛИРА является постоянно развивающейся программой. С каждой новой версией программного комплекса выкладываются новые релизы, исключая допущенные неточности, реализующие некоторые модернизации и усовершенствования.

Рассмотрим кирпичный простенок двухэтажного здания со следующими исходными данными: ширина простенка 4,4 м., высота простенка 2,9 м., ширина грузовой площади плиты перекрытия, приходящаяся на простенок 1,1 м., интенсивность нагрузки на плиту  $9,61 \text{ кН/м}^2$ , эксцентриситет приложения нагрузки  $e=0,15 \text{ м}$

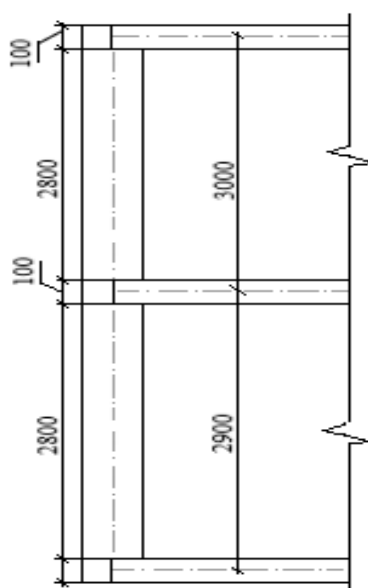


Рисунок 1 - Вертикальный разрез по кирпичной стенке

#### **Расчёт кирпичной кладки на основе метода конечных элементов.**

Расчёт кирпичной кладки выполнялся в ПК ЛИРА. Конструктивную схемы (рис. 1) преобразуем к расчётной схеме (рис. 2), где стена представлена в виде двух стержней, на каждый из которых действует сжимающая сила и изгибающий момент. Используем признак схемы №5 (шесть степеней свободы в каждом узле (это линейные перемещения по осям  $Ox$ ,  $Oz$ ,  $Oy$  и угол поворота вокруг осей  $Ox$ ,  $Oz$ ,  $Oy$ ). Создаём геометрическую схему конструкции. Далее закрепляем опорные узлы. Конструкция имеет три шарнирно-подвижных опоры (исключено линейное вертикальное перемещение по оси  $Oz$ ). Для расчета необходимо задать жесткостные параметры элементов. Их количество зависит от типа конечных элементов. К этим параметрам относятся: площади поперечных сечений, моменты инерции сечений, толщина плитных и оболочечных элементов, модули упругости и сдвига, коэффициенты постели упругого основания. Задаём нагрузки на отдельные узлы и элементы. Выполняем расчёт.

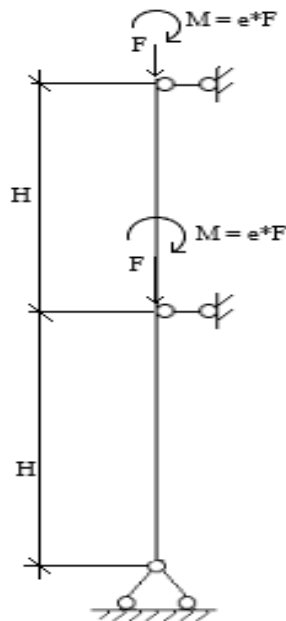


Рисунок 2 - Расчётная схема простенка

## 2. Результаты исследования

На рисунке 3 представлен кирпичный простенок двухэтажного здания с оконными проемами, построенный в программном комплексе ЛИРА-САПР.

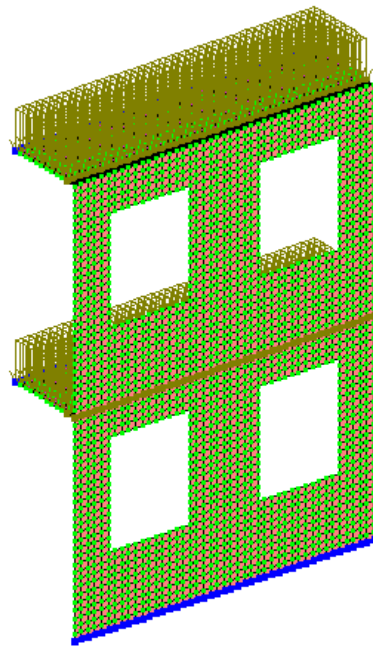


Рисунок 3 - Кирпичный простенок двухэтажного здания в ПК ЛИРА

На рисунках 4 и 5 показан расчёт в ПК ЛИРА напряженно-деформированного состояния простенка двухэтажного здания с оконными проемами с применением конечно-элементной модели из оболочек.

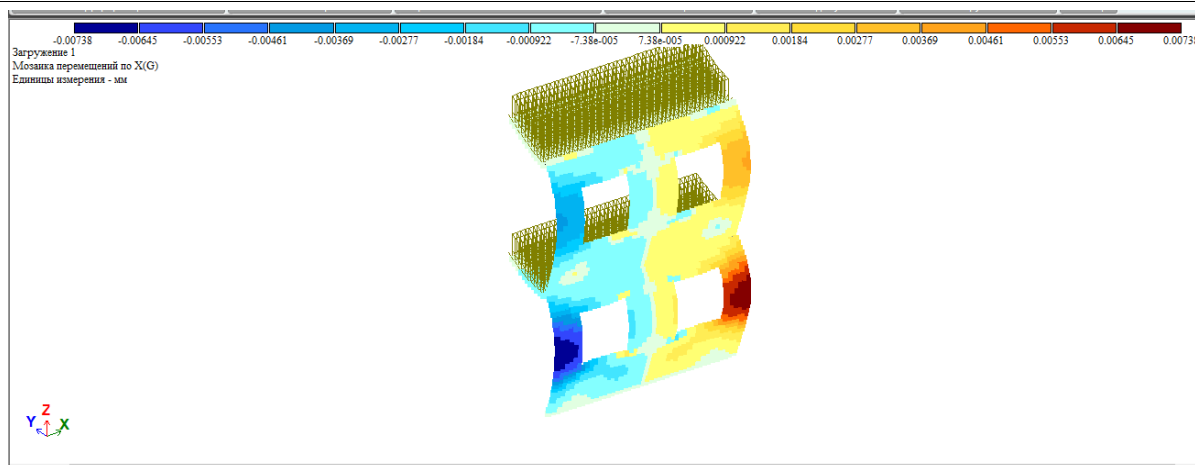


Рисунок 4 - Значение перемещений по оси X

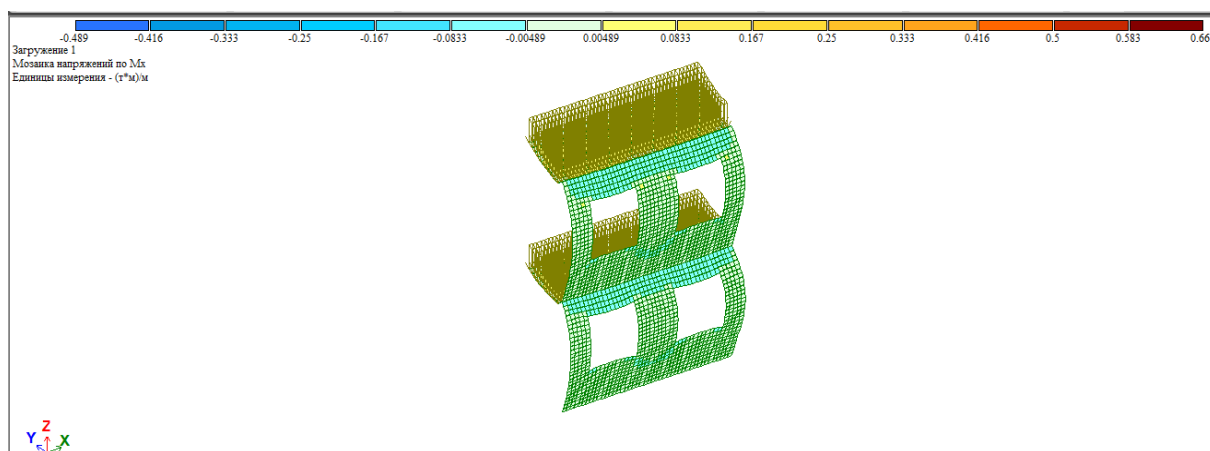


Рисунок 5 - Значение напряжений по Mx

### Заключение

Данное исследование показывает нам, что современный программный комплекс ПК ЛИРА является наилучшим балансом теоретических возможностей и удобных инструментов, необходимых в повседневной работе. ПК ЛИРА-САПР предоставляет скорость работы с расчетной схемой, недостижимую для других расчетных комплексов. Также, данная программа имеет возможность визуализировать на схеме любые исходные данные для конструктивного и МКЭ-расчета в виде мозаик перемещений, напряжений, сечений, типов армирования и т.д. для удобного визуального контроля схемы.

### Библиографический список

1. Кошарнова Ю.Е. Численные исследования модели кирпичной кладки на действие сжимающей статической нагрузки// Наука и Просвещение. 2017. №2 С. 45-48.
2. Гуляев Д.А. Способы усиления зданий и сооружений из кирпичной кладки // Наука и Просвещение. 2017. №5 . С. 277-280.
3. Шуваева К.И. Исследование несущих конструкций многоэтажного кирпичного здания методом конечных элементов // Общество с

- 
- ограниченной ответственностью "Электронная наука". 2020. № 2(3). С. 117-126.
4. Кучеренко Я.В, Адищев В.В., Тетерина М.С. Расчет несущей способности фрагмента кирпичной кладки с высокой степенью неопределенности свойств материалов// Серия конференций IOP: Материаловедение и инженерия. 2018. Т.456.
  5. Гуревич Т.М., Салахутдинова П.Ю. Особенности расчёта каменных сводчатых конструкций// Сборник статей 69-й международной научно-практической конференции: в 3-х томах. 2018. С.31-36.