

***Никишина И. А., Бондарчук В. В.**

Донбасский государственный технический университет

**E-mail: niki1.ir@yandex.ru*

МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОЭТАЖНОГО ЗДАНИЯ С БЕЗРИГЕЛЬНЫМ КАРКАСОМ В ПК «САПФИР»

В работе приведена процедура создания архитектурной и аналитической модели многоэтажного здания с безригельным каркасом в ПК «САПФИР», показана технология создания конечно-элементной расчетной схемы в системе «САПФИР-КОНСТРУКЦИИ» для дальнейшей передачи в систему «ВИЗОР-САПР».

Ключевые слова: моделирование, многоэтажное здание, безригельный каркас, ПК «САПФИР», ПК «ЛИРА», аналитическая модель, архитектурная модель, расчетная схема, конечно-элементная модель.

Интенсивное развитие строительных технологий, жесткая конкуренция, высокие требования к срокам и качеству проектных работ — эти и другие факторы современного рынка обуславливают необходимость повышения уровня автоматизации, совершенствования используемых инструментов, применения в инженерной практике новых приемов и методов построения моделей.

Несмотря на большое количество программных комплексов архитектурного проектирования, большинство из них не способны создать адекватную компьютерную модель объекта, отвечающую различным требованиям управления жизненным циклом строительного объекта, не способны выполнить экспорт созданной компьютерной модели в расчетные программные комплексы, выполнить корректный подсчет объемов в привязке к действующим нормативам и т. д.

В монографии [1] М. С. Барабаш четко показал взаимосвязь между архитектурной и конструктивной частями проекта, реализуемыми в ПК «САПФИР».

Важнейшим вопросом САПР в строительстве становится преобразование сложной архитектурной модели, насыщенной всевозможными архитектурными деталями и элементами, носящими зачастую декоративный характер, в строгую расчетную схему. Это выполняет подсистема «САПФИР-

КОНСТРУКЦИИ», позволяющая максимально приблизить архитектурную модель, созданную в любом программном комплексе, к расчетной схеме, полностью готовой для расчета в программном комплексе «ЛИРА-САПР», в котором после небольшой доработки выполняется расчет и проектирование конструкций.

Не только архитектор, но и конструктор может успешно работать с программой. Используя возможности трехмерного редактора «САПФИР», конструктор выполняет подготовку аналитической модели, на базе которой создается расчетная схема здания.

Хотя архитектор и конструктор тесно сотрудничают при работе, они тем не менее применяют различные подходы к моделированию строительных объектов. В связи с этим модели, созданные архитекторами, зачастую не могли непосредственно использоваться для прочностного анализа. Как правило, конструктор, чтобы выполнить расчет и анализ конструкций, создавал расчетную модель здания заново, с нуля. Результаты огромного труда, сделанного архитектором, воплотившиеся в многочисленных моделях, не могли быть полностью унаследованы.

Программа «САПФИР» радикально изменила ситуацию к лучшему. «САПФИР» объединяет архитектора и конструктора в работе над проектом благодаря реализован-

ному в ней дуальному представлению модели, суть которого заключается в том, что архитектурная и аналитическая модели обрабатываются совместно. Архитектор создает проект из различных элементов здания, оперируя их архитектурными моделями. При этом незаметно для себя он формирует и аналитическую модель. Это не требует никаких дополнительных усилий от пользователя, поскольку программа сама занимается актуализацией, синхронизацией и контролем корректности. На любом этапе можно переключить режим визуализации и увидеть аналитическое представление. Можно выделить несколько конструктивных элементов и визуально сопоставить оба представления модели на одном наглядном изображении. Более того, можно импортировать сетку конечных элементов из ПК «ЛИРА» и, переключая видимость объектов, производить визуальную верификацию адекватности расчетной схемы.

В связи с этим *цель* настоящей работы — показать процедуру создания архитектурной и аналитической модели многоэтажного здания в программе «САПФИР».

Объект исследования — многоэтажное здание с безригельным каркасом.

Задачи исследования:

– показать процедуру создания архитектурной и аналитической модели многоэтажного здания в программе «САПФИР»;

– показать технологию создания конечно-элементной расчетной схемы многоэтажного здания в системе «САПФИР-КОНСТРУКЦИИ» для дальнейшей передачи в систему «ВИЗОР-САПР».

В основе *методики исследований* лежит компьютерное моделирование в ПК «САПФИР» архитектурной модели многоэтажного здания с безригельным каркасом для визуализации и документирования проекта и получение аналитической модели в качестве геометрической основы для формирования расчетной схемы и последующего анализа напряженно-деформированного состояния конструкции в ПК «ЛИРА».

В качестве исследуемого объекта было выбрано многоэтажное здание с безригельным каркасом. План первого этажа и разрез представлены на рисунках 1 и 2 соответственно. Высота типового этажа 4 м. Количество этажей — 5. Отметка пола первого этажа — 0,000. Нормы расчета элементов — СНиП 2.03.01-84* [2]. Материал элементов: колонны, капители — бетон Б30; стены, плиты перекрытий, фундаментная плита — бетон В25. Размеры сечения колонн 0,6×0,8 м. Размеры капители: две ступени, $b \times h = 0,3 \times 0,2$ м. Толщина плиты перекрытия — 0,2 м. Размер утолщения плиты — 0,2 м. Толщина фундаментной плиты 0,6 м. Толщина стен — 0,2 м.

Нагрузки:

1. Загружение 1 — нагрузка от ограждающих стен — постоянная равномерно распределенная по линии $g_1 = 1,6$ тс/м, приложенная на плиты перекрытия по всем этажам; нагрузка от перегородки — постоянная равномерно распределенная по линии $g_2 = 1,6$ тс/м, приложенная на плиты перекрытия по всем этажам; нагрузка конструкций пола — постоянная равномерно распределенная по площади $g_3 = 0,3$ тс/м², приложенная на плиты перекрытия по всем этажам; нагрузка от конструкций покрытия — постоянная равномерно распределенная по площади $g_4 = 0,1$ тс/м², приложенная на плиту покрытия.

2. Загружение 2 — полезная нагрузка на плиты перекрытия $g_5 = 0,5$ тс/м², нагрузка штамп на плиты перекрытия $g_6 = 2,0$ тс/м².

Достижение вышеперечисленных задач выполнялось при помощи следующих действий:

1) создание сетки осей и уровней (этажей) здания (рис. 3);

2) моделирование несущих конструкций здания (рис. 4) с назначением материалов для каждой конструкции, таких как класс бетона, класс арматуры и класс огнестойкости;

3) сбор нагрузок на плиты перекрытия и покрытия [3] (рис. 5);

4) формирование таблиц расчетных сочетаний усилий (PCY);

СТРОИТЕЛЬСТВО

5) формирование аналитической модели происходит автоматически при создании физической модели [4]. Для получения корректной расчетной модели необходимо вы-

полнить пересечение стержней и пластин (рис. 6), а также произвести триангуляцию пластин (рис. 7). После этого модель готова к передаче в ПК «ЛИРА-САПР» для расчета.

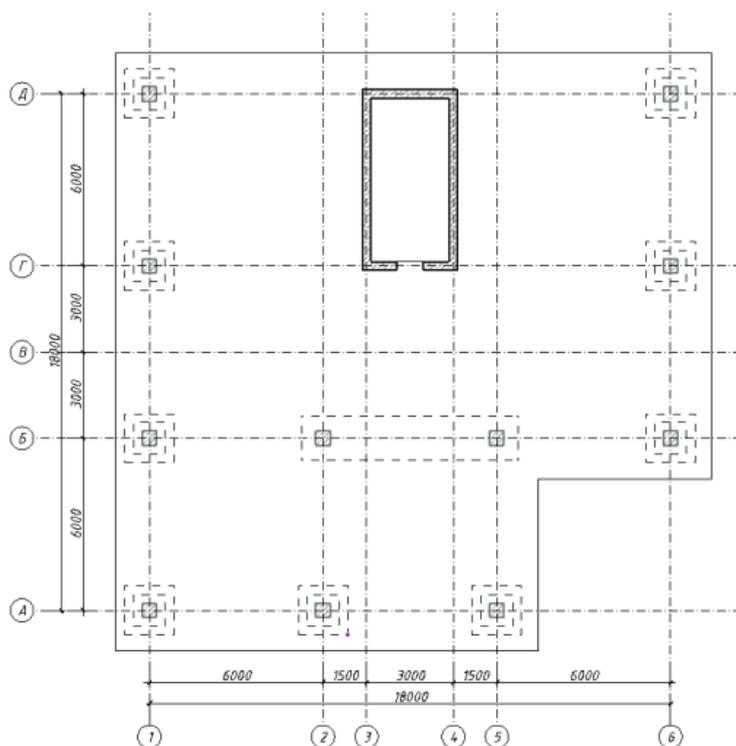


Рисунок 1 — План первого этажа пятиэтажного здания

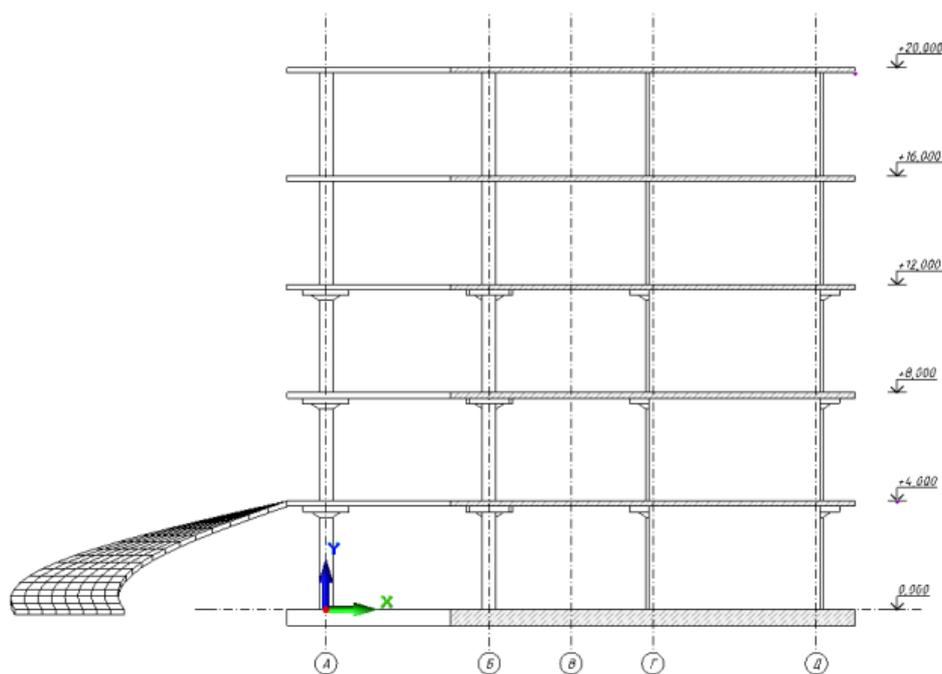


Рисунок 2 — Разрез пятиэтажного здания

СТРОИТЕЛЬСТВО

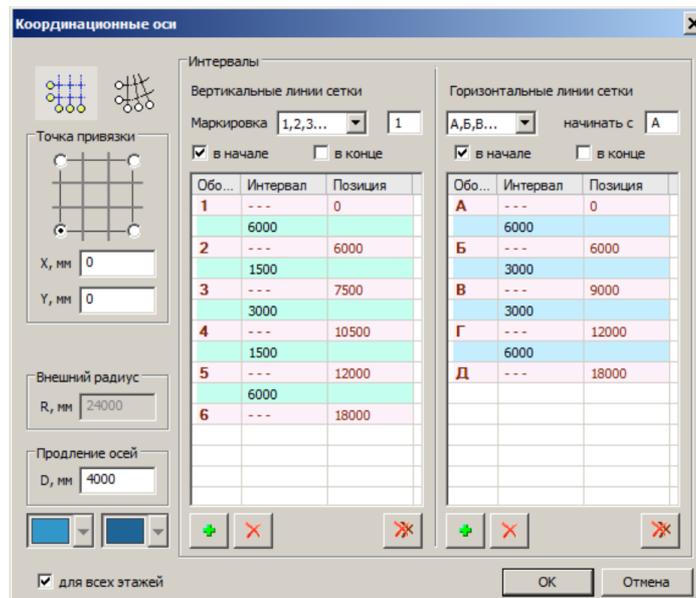


Рисунок 3 — Диалоговое окно «Координационные оси»

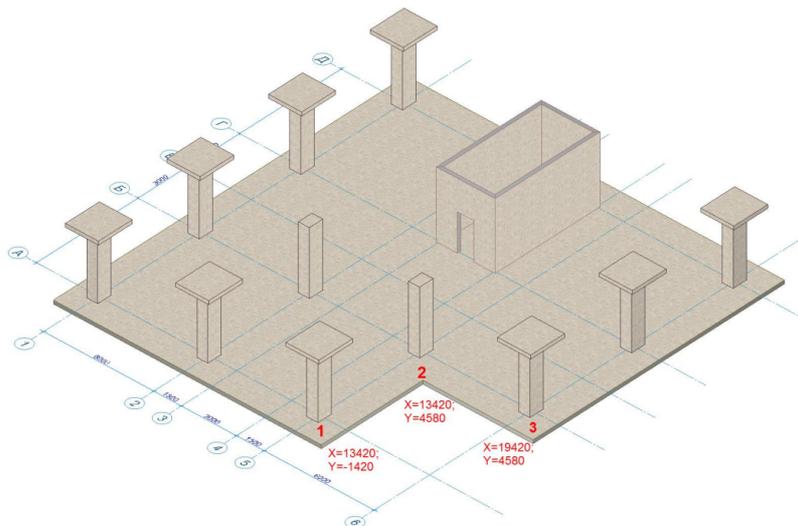


Рисунок 4 — Схема расположения колонн и стен, а также контур плиты после корректировки

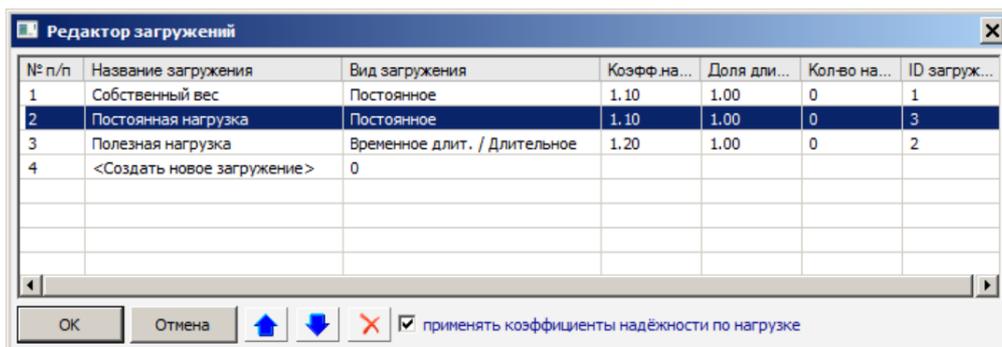


Рисунок 5 — Редактор загрузений

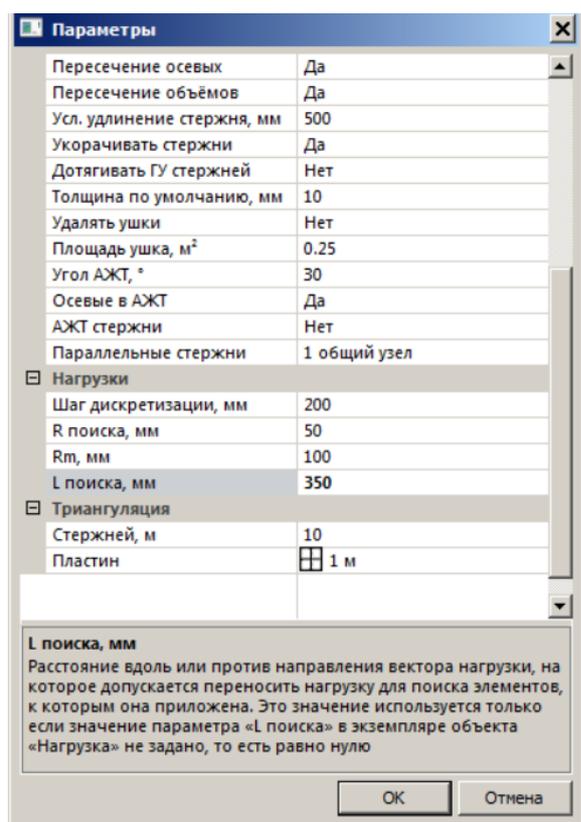


Рисунок 6 — Диалоговое окно «Параметры»

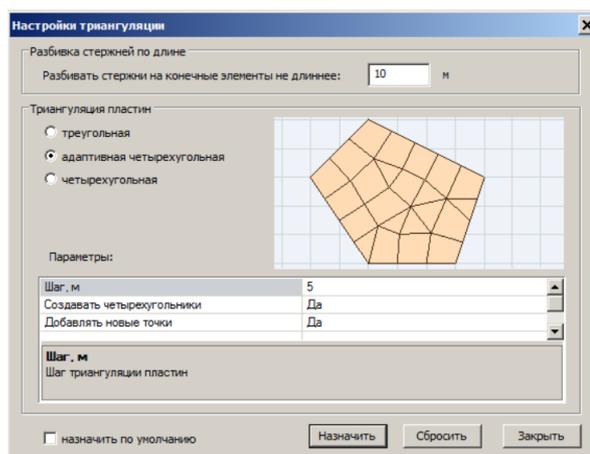


Рисунок 7 — Настройка триангуляции

После выполненного монтажа этажей расчетная модель с выполненными пересечениями будет иметь вид, показанный на рисунке 8.

Данная конечно-элементная модель готова к дальнейшему расчету в ПК «ЛИРА-САПР», где, благодаря встроенным модулям, возможны выполнение нелинейных расчетов, подбор арматуры, получение схемы расположения арматуры и всех необходимых чертежей марки КЖ.

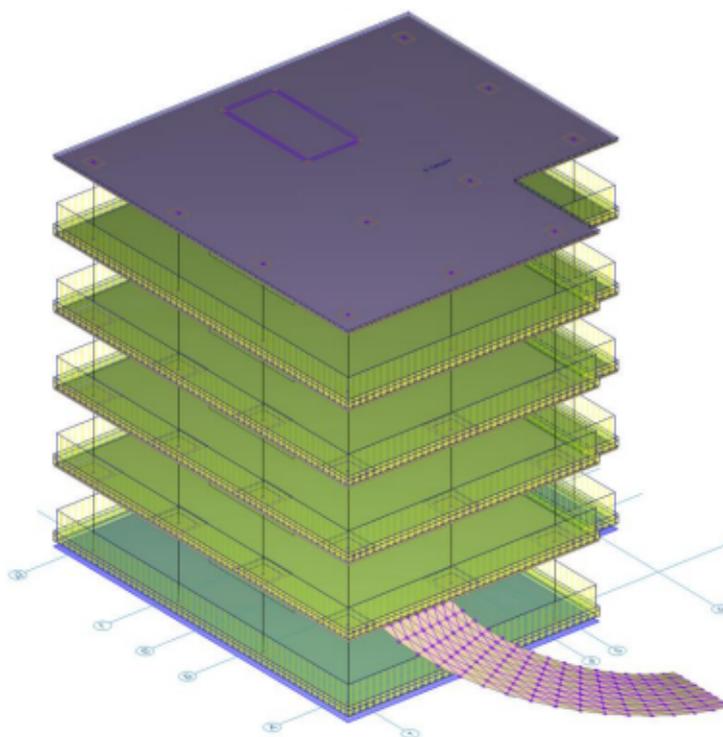


Рисунок 8 — Расчетная модель с выполненными пересечениями

Выполненные исследования позволили сделать следующие **выводы**:

1. Программа «САПФИР» предоставляет средства для работы с библиотекой материалов, в которой имеются бетон, сталь, кирпич, стекло и т. д., а также многослойные материалы. Для каждого материала в библиотеке указаны визуальные характеристики и физико-механические свойства. Визуализация осуществляется с использованием палитры цветов и текстур.

2. Построение элементов модели проектируемого здания производится графическими средствами на наглядных изображениях. При этом получается полностью параметризованная модель. Такая параметризация способствует высокой вариативности моделей, провоцирует многова-

риантное проектирование, облегчает творческий поиск оптимальных решений.

3. Аккуратность моделей достигается за счет высокой точности построений. При этом проектировщику помогают интеллектуальные механизмы позиционирования локатора ввода точек в трехмерном пространстве.

4. Необходимо дальнейшее изучение возможностей программы «САПФИР», построенной на базе мощного трехмерного параметрического ядра, представляющей собой удобный инструмент для архитектора, позволяющий эффективно решать задачи проектирования практически на всех стадиях — начиная от эскизов и проектного предложения, включая стадию «П», и заканчивая подготовкой рабочей документации для объектов строительства.

Список источников

1. Барабаш М. С., Медведенко Д. В., Палиенко О. И. Программные комплексы САПФИР и ЛИРА-САПР — основа отечественных BIM-технологий : монография. 2-е изд. М. : Издательство Юрайт, 2013. 366 с. (Серия: Магистр).

2. СНиП 2.03.01-84*. Бетонные и железобетонные конструкции. М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1985. 79 с.

3. Страхов Д. Е. Конструирование и расчет пространственного железобетонного каркаса многоэтажного монолитного здания с плитным фундаментом на упругом основании с применением программных комплексов САПФИР и ЛИРА-САПР : учеб.-метод. пособие. Казань : Изд-во Казан. гос. архитектур.-строит. ун-та, 2018. 99 с.

4. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. URL: <https://docs.cntd.ru/document/456044318> (дата обращения: 19.06.2024).

© Никишина И. А., Бондарчук В. В.

Рекомендована к печати к.т.н., доц. каф. ИМС ДонГТУ Бревновым А. А., д.т.н., проф. каф. ПСО ЛГАУ им. К. Е. Ворошилова Давиденко А. И.

Статья поступила в редакцию 20.06.2024.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Никишина Ирина Александровна, старший преподаватель каф. архитектурного дизайна и строительных конструкций
Донбасский государственный технический университет,
г. Алчевск, Луганская Народная Республика, Россия,
e-mail: nikl.ir@yandex.ru

Бондарчук Владимир Витальевич, канд. техн. наук, доцент, зав. каф. архитектурного дизайна и строительных конструкций
Донбасский государственный технический университет,
г. Алчевск, Луганская Народная Республика, Россия

***Nikishina I. A., Bondarchuk V. V.** (Donbass State Technical University, Alchevsk, Lugansk People's Republic, Russia, *e-mail: nkl.ir@yandex.ru)

MODELLING A MULTI-STOREY GIRDERLESS OSSATURE BUILDING IN THE SP "SAPPHIRE"

The paper presents the procedure of creating an architectural and analytical model of a multi-storey girderless ossature building in the SP "SAPPHIRE", shows the technology of creating a finite-element computational scheme in the system "SAPPHIRE-CONSTRUCTIONS" for further transfer to the system "VISOR-SAPR".

Key words: modelling, multi-storey building, girderless ossature, SP "SAPPHIRE", SP "LIRA", analytical model, architectural model, computational scheme, finite-element model.

References

1. Barabash M. S., Medvedenko D. V., Palienko O. I. *SAPPHIRE and LIRA-SAPR programme software — underpinning domestic BIM- technologies : monograph. 2 ed. [Programmnye komplekсы SAPFIR i LIRA-SAPR — osnova otechestvennyh BIM-tekhnologij : monografiya. 2-e izd.]*. M. : Izdatel'stvo Yurajt, 2013. 366 p. (rus)

2. SNiP 2.03.01-84*. *Concrete and reinforced concrete constructions*. M. : CИTП Gosstroya SSSR, 1985. 79 p.

3. Strakhov D. E. *Design and calculation of the spatial reinforced concrete frame of a multi-storey monolithic building with a slab foundation on an elastic base using the software systems SAPPHIRE and LIRA-SAPR : a textbook [Konstruirovaniye i raschet prostranstvennogo zhelezobetonnoyo karkasa mnogoetazhnogo monolitnogo zdaniya s plitnym fundamentom na uprugom osnovanii s primeneniem programmnyh kompleksov SAPFIR i LIRA-SAPR : ucheb.-metod. posobie]*. Kazan' : Kazan. gos. arhitekt.-stroit. un-ta, 2018. 99 p. (rus)

4. SP 20.13330.2016. *Loads and actions*. URL: <https://docs.cntd.ru/document/456044318> (date of treatment: 19.06.2024).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Nikishina Irina Aleksandrovna, Senior Lecturer of the Department of Architectural Design and Engineering Constructions
Donbass State Technical University,
Alchevsk, Lugansk People's Republic, Russia,
e-mail: nkl.ir@yandex.ru

Bondarchuk Vladimir Vitalievich, PhD in Engineering, Assistant Professor, Head of the Department of Architectural Design and Engineering Constructions
Donbass State Technical University,
Alchevsk, Lugansk People's Republic, Russia