

УДК 624

DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2019-3-22-28>

Р.Ю. ВОДОПЬЯНОВ, инженер (support@rflira.ru),  
В.Е. ГУБЧЕНКО, инженер (support1@rflira.ru)  
ООО «Лира сервис» (111123, г. Москва, ул. Плеханова, 4а, оф. 5)

## Применение системы «Инженерная нелинейность 2» ПК ЛИРА-САПР для расчета панельных зданий совместно с конструкциями каркаса нижних нежилых этажей

*Для получения гибких планировочных решений на нижних этажах крупнопанельных зданий с целью размещения общественных помещений используется комбинированная конструктивная схема здания – монолитный каркас нижних нежилых этажей и стеновая система для верхних жилых. С точки зрения расчета такого типа зданий возникает ряд вопросов. Одним из главных вопросов является вопрос моделирования совместной работы сборной стеновой панели и монолитных конструкций каркаса нижних этажей. В статье рассматривается решение задачи взаимодействия сборных и монолитных конструкций с применением конечного элемента (КЭ) горизонтального стыка и системы «Инженерная нелинейность 2» ПК ЛИРА-САПР. Показано, что использование специальных конечных элементов стыка позволяет корректно смоделировать стык сборных элементов друг с другом, а также с монолитными конструкциями нежилых этажей и фундаментом здания (имеющим свою податливость в зависимости от конструктивных решений). Установлено, что применение системы «Инженерная нелинейность 2» позволяет учесть нелинейное поведение железобетонных элементов и их стыков при расчете на определяющую комбинацию нагрузок с учетом этапности возведения. Линеаризация модели позволяет выполнять расчет на временные нагрузки и воздействия, в том числе динамические*

**Ключевые слова:** Лира сервис, ПК ЛИРА-САПР, расчетные программные комплексы, численное моделирование, метод конечных элементов, крупнопанельные здания, комбинированная конструктивная схема, моделирование панельных зданий, стык, конечный элемент стыка, нелинейность.

**Для цитирования:** Водопьянов Р.Ю., Губченко В.Е. Применение системы «Инженерная нелинейность 2» ПК ЛИРА-САПР для расчета панельных зданий совместно с конструкциями каркаса нижних нежилых этажей // *Жилищное строительство*. 2019. № 3. С. 22–28. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2019-3-22-28>

R.Yu. VODOPIANOV, Engineer (support@rflira.ru),  
V.E. GUBCHENKO, Engineer (support1@rflira.ru)  
ООО “Lira service” (4a, Off. 5, Plekhanova Street, 111123, Moscow, Russian Federation)

### The Use of the System “Engineering Nonlinearity 2” PK LIRA-CAD for Calculation of Panel Buildings along with Structures of the Frame of Ground Non-Residential Floors

To obtain flexible planning solutions for the ground floors of large-panel buildings for the purpose of placing public spaces, a combined structural scheme of the building is used – a monolithic frame of the ground non-residential floors and a wall system for the upper residential floors. From the point of view of the calculation of this type of buildings, a number of questions arise. One of the main issues is the issue of modeling the joint work of the prefabricated wall panel and monolithic structures of the frame of the lower floors. The article deals with the problem of interaction between prefabricated and monolithic structures with the use of a finite element of the horizontal joint and the system “Engineering Nonlinearity 2” PK LIRA-CAD. It is shown that the use of special finite elements of the joint makes it possible to correctly simulate the joint of prefabricated elements with each other, as well as with monolithic structures of non-residential floors and the foundation of the building (having its flexibility depending on the design solutions). It is established that the application of the system “Engineering Nonlinearity 2” makes it possible to take into account the nonlinear behavior of reinforced concrete elements and their joints when calculating the determining combination of loads with due regard for the stages of construction. Linearization of the model makes it possible to calculate time loads and impacts, including dynamic ones.

**Keywords:** PK LIRA-CAD, calculation software complexes, numerical simulation, finite element method, large-panel buildings, combined structural scheme, simulation of panel buildings, joint, finite element of joint, nonlinearity.

**For citation:** Vodopianov R.Yu., Gubchenko V.E. The use of the system “Engineering nonlinearity 2” PK LIRA-CAD for calculation of panel buildings along with structures of the frame of ground non-residential floors. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction], 2019, No. 3, pp. 22–28. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2019-3-22-28> (In Russian).

### Специальные элементы для моделирования горизонтального стыка сборных элементов в ПК ЛИРА-САПР

В комбинированной конструктивной схеме крупнопанельного здания стеновая панель опирается на монолитные конструкции каркаса нежилых этажей [1] через растворную постель (контактный стык). В [2] указано, что расчетная схема по характеру учета пространственной работы должна отражать конструктивные особенности стыков здания. Соответственно при моделировании сопряжения стеновой панели с монолитными конструкциями применяемые конечные элементы должны отражать характер работы контактного стыка, т. е. работать только на сжатие с податливостью, зависящей от величины напряжений по площади контакта.

В практике расчета крупнопанельных зданий, соединения сборных элементов принято моделировать линейными связями конечной жесткости [3–5, 6]. Начиная с версии 2017 в ПК ЛИРА-САПР для моделирования горизонтальных стыков появились пластинчатые конечные элементы (КЭ) горизонтального стыка (далее просто стыка): КЭ-58/59 для решения линейных задач и КЭ-258/259 для решения нелинейных задач [7]. Жесткость данных КЭ в общем случае задается тремя парами  $\sigma_i$ - $\varepsilon_i$  (рис. 1). При определении податливости стыка в соответствии с приложением А [2], значения  $\sigma_i$  и  $\varepsilon_i$  рассчитываются по формулам:

$$\sigma_{m1} = 1,15 \cdot R^{2/3}; \sigma_{m2} = 2 \cdot R^{2/3}; \sigma_{m3} = 1,01 \sigma_{m2};$$

$$\varepsilon_{mi} = \varepsilon_{m(i-1)} + (\sigma_{mi} - \sigma_{m(i-1)}) \cdot \lambda_{c,i} / h_{st},$$

где  $R$  – кубиковая прочность раствора;  $\lambda_{c,i}$  – податливость стыка при соответствующей величине  $\sigma_{mi}$ ;  $h_{st}$  – высота КЭ стыка.

При линейном расчете модуль деформации КЭ стыка может быть определен как  $E = \sigma / \varepsilon$  (рис. 2).

Модуль сдвига КЭ стыка принимается постоянным  $G = \text{const}$  вне зависимости от величины нормальных напряжений в нем. При расчете в шаговой нелиней-

ной постановке при наличии в КЭ стыка растягивающих нормальных напряжений принимается  $G=0$ .

Существуют и иные способы определения податливости горизонтальных стыков при сжатии и сдвиге, которые могут быть использованы для вычисления жесткости КЭ стыка [8–13]. Величины  $\sigma_i$ - $\varepsilon_i$  также могут быть определены непосредственно путем проведения натуральных испытаний образцов стыков или численным моделированием подробных методов КЭ моделей стыков с учетом пластических деформаций материалов.

### Моделирование взаимодействия сборных и монолитных элементов в ПК ЛИРА-САПР

Рассмотрим модель соединения рамы каркасного этажа со стеновой панелью. При линейном расчете КЭ стык работает как на сжатие, так и на растяжение. Из-за сильно отличающейся изгибной жесткости стеновой панели и ригеля рамы КЭ стыки в пролете получаются растянутыми. Стеновая панель «помогает» работать ригелю рамы, даже если они сопрягаются через специальные элементы стыка (рис. 3).

При шаговом нелинейном расчете КЭ стык работает только на сжатие в соответствии с диаграммой  $\sigma$ - $\varepsilon$ , заданной в параметрах жесткости этого элемента, поэтому в пролете ригеля эти элементы выключаются из работы. Вертикальная нагрузка от стены на балку смещается к опорам (мозаика  $N_u$  на рис. 4). В стеновой панели проявляется «арочный эффект» (рис. 5).

Как видно из полученных результатов, применение шагового расчета с использованием КЭ стыка позволяет корректно смоделировать характер совместной работы крупнопанельного здания с монолитным каркасом нижних этажей. Однако шаговый расчет имеет свои ограничения – при нелинейной работе здания неприменим принцип суперпозиции, а также способ решения динамических задач через разложения движения по формам собственных колебаний. Т. е. по результатам такого расчета нет воз-

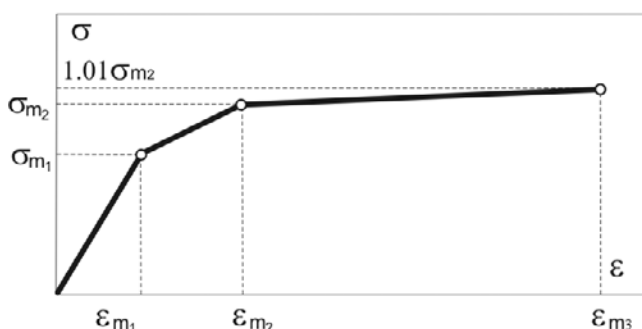


Рис. 1. Диаграмма работы КЭ стыка

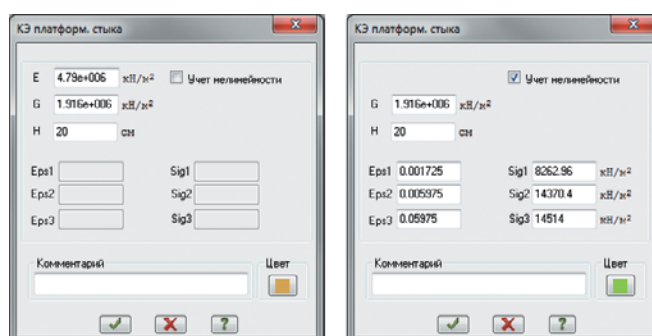


Рис. 2. Диалоговое окно жесткости КЭ стыка

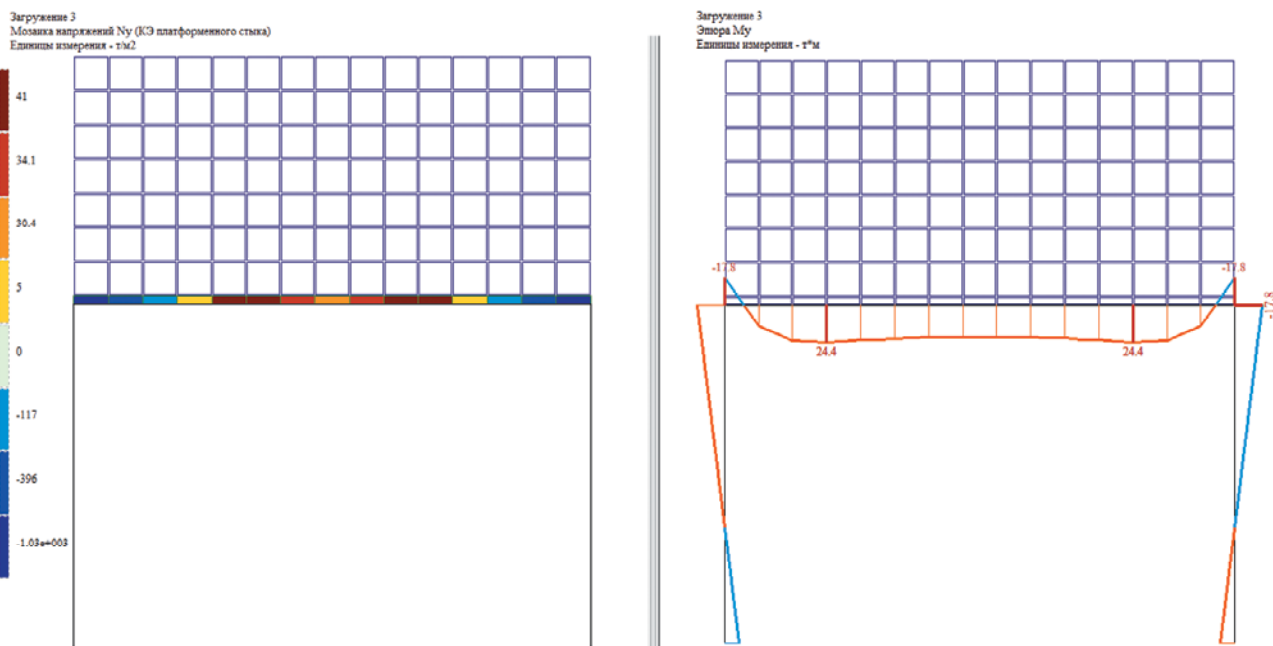


Рис. 3. Мозаика вертикальных напряжений  $N_y$  в КЭ стыке (слева) и эпюра изгибающих моментов в элементах рамы (справа) при линейной работе КЭ стыка (типы КЭ 58/59)

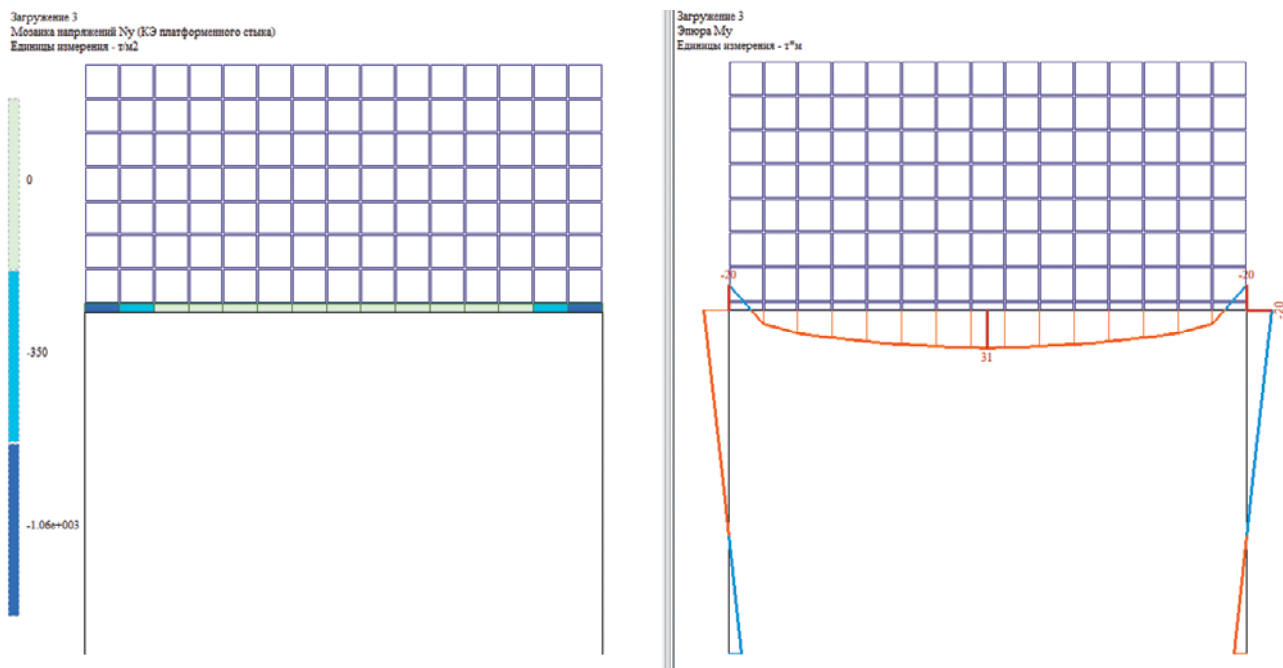


Рис. 4. Мозаика вертикальных напряжений  $N_y$  в КЭ стыке (слева) и эпюра изгибающих моментов в элементах рамы (справа) при нелинейной работе КЭ стыка (типы КЭ 258/259)

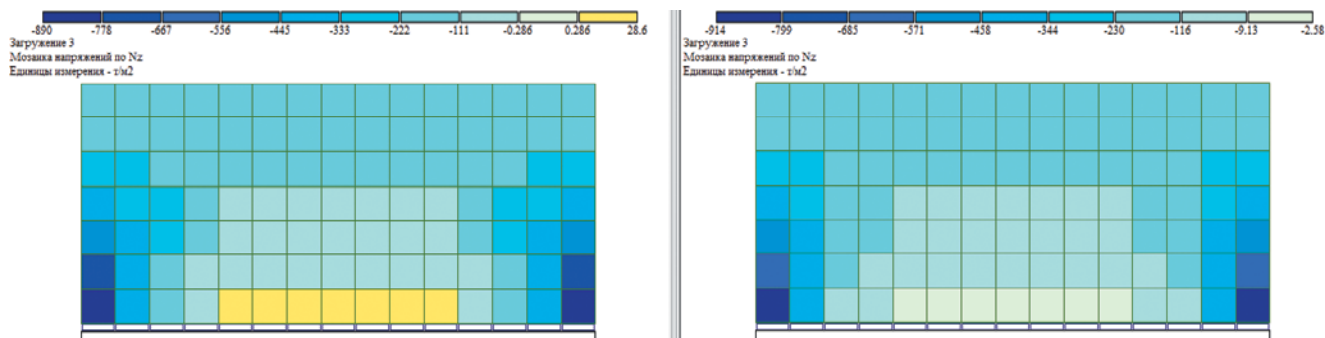


Рис. 5. Мозаика вертикальных напряжений  $N_z$  в стеновой панели при линейной (слева) и нелинейной работе КЭ стыка (справа)

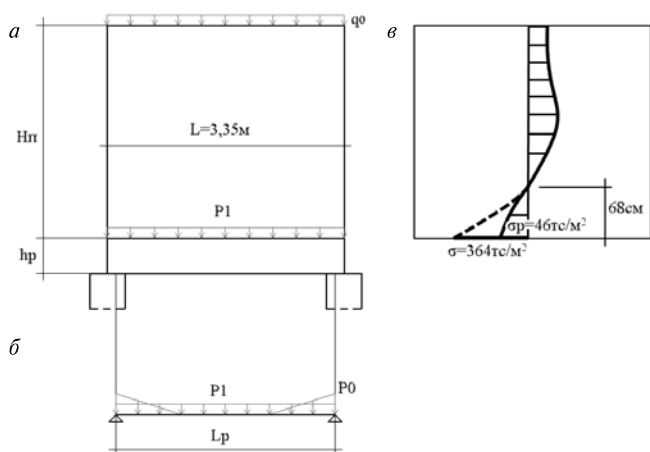


Рис. 6. Расчетная схема и результаты расчета [16]: а — фактические нагрузки; б — нагрузки для расчета ростверка; в — эпюра горизонтальных напряжений в панели

возможности выполнить расчет РСУ/РСН и выполнить, к примеру, расчет на пульсационную составляющую ветровой нагрузки по методике [14].

Расчет нелинейных систем можно выполнить только на отдельные «истории нагружения», т. е. на готовые комбинации последовательно приложенных

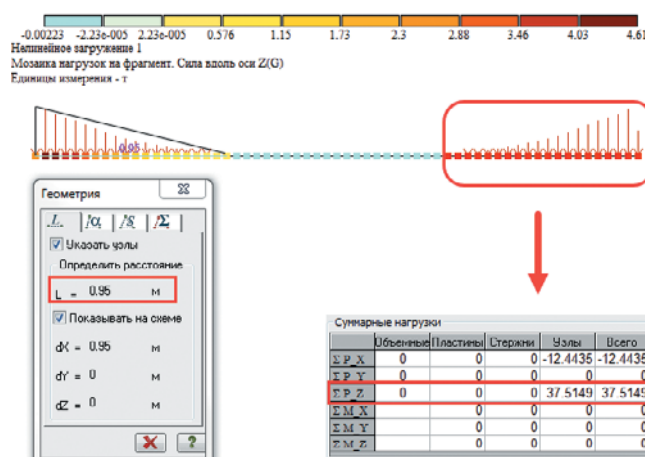


Рис. 7. Узловые нагрузки на ростверк по длине зоны контакта со стеновой панелью

нагрузок. Если необходим расчет с учетом истории возведения (учет монтажа), то расчет на каждую историю следует производить еще и для отдельных расчетных схем (в разных файлах задач). Напомним, что для панельного здания важен расчет с учетом последовательности возведения [2].



Программный комплекс для проектирования и расчета строительных конструкций

ООО «Лира сервис»

www.flira.ru  
manager@flira.ru  
support@flira.ru  
+7 495 106-16-06





Ускорение расчета. Возможность корректировки жесткостных характеристик для стержней и пластин. Подбор и проверка сплошных сечений для гнутых профилей по СП 260.1325800.2016. Возможность задания эксцентриситетов масс. Ветер с учетом пульсации по СП 20.13330.2016 с изм. № 1

**Новое в ВИЗОР**

**Расчет огнестойкости**

**Расчет теплопроводности**

Моделирование стационарных и нестационарных процессов теплообмена. Представление результатов в виде температурных мозаик и изополей.

**Новое в САПФИР**

ТЗА в САПФИР. Наклонные плиты. Назначение параметров для расчета СТК. Импорт элементов аналитической модели IFC. Автозамена материалов при импорте из других программ. Усовершенствование системы ГЕНЕРАТОР и плагина для Grasshopper.

Реклама

### Применение системы

#### «Инженерная нелинейность 2»

Проблемы шагового расчета, указанные выше, могут быть решены с применением системы «Инженерная нелинейность 2» (появилась в версии 2018 ПК ЛИРА-САПР). Суть данного подхода заключается в следующем:

- формируется конечно-элементная модель комбинированного здания с применением нелинейных КЭ стыка (тип КЭ 258/259);

- в данной модели задается последовательность возведения – стадии монтажа, а также создаются фиктивные стадии для приложения нагрузок, обладающих длительностью действия;

- нагрузка от собственного веса конструкций прикладывается на действительных стадиях монтажа;

- вертикальные нагрузки, обладающие длительностью действия, прикладываются к готовому сооружению в фиктивных монтажных стадиях;

- выполняется шаговый расчет на созданную историю возведения;

- матрица жесткости, соответствующая последнему шагу расчета, «замораживается» и используется при расчете на все последующие нагрузки (кратковременные, особые, динамические) в линейной постановке.

Усилия в элементах расчетной модели, соответствующие последнему шагу приложения нагрузки, участвуют в расчете РСУ/РСН. Также возможен динамический расчет линеаризованной схемы (используется «замороженная» матрица жесткости) с разложением движения по формам собственных колебаний.

Следует отметить, что для высоких зданий средние напряжения в стыках могут превышать величину  $1,15R_m^{2/3}$  по значительной длине контакта сборных элементов, а это приводит к падению вертикальной жесткости стыка и изгибной жесткости здания при действии горизонтальных нагрузок. В свою очередь, падение изгибной жесткости приводит к росту пульсационной составляющей ветровой нагрузки и, как следствие, к увеличению горизонтальных перемещений и ускорений этажей. Применение КЭ стыка и «Инженерной нелинейности 2» решает также эту проблему, так как вертикальная жесткость определяется на основании заданной зависимости  $\sigma_f - \epsilon_f$ .

В [15] указано, что неупругие деформации ригелей рам нежилых этажей приводят к расслоению контактного стыка по его длине. Оценка напряженно-деформированного состояния в области контактного стыка

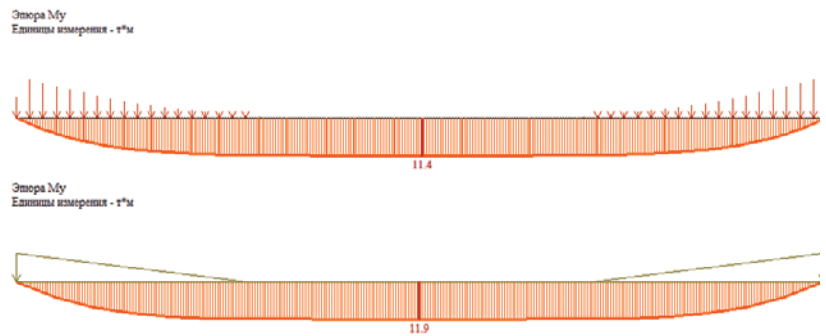


Рис. 8. Эпюра изгибающих моментов в ростверке, полученная через узловые нагрузки (вверху) и через приложение треугольной эпюры нагрузки  $p_0$  на ростверк по [16] (внизу)

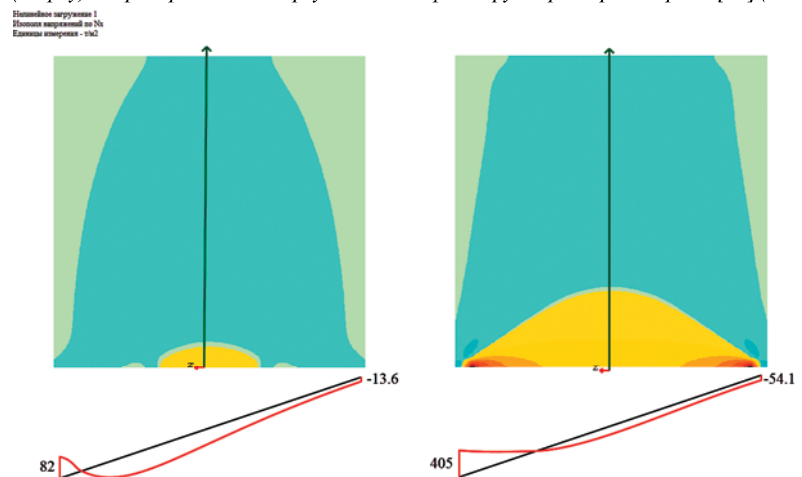


Рис. 9. Горизонтальные напряжения  $N_x$  стеновой панели при ее опирании на ростверк по ограниченной зоне контакта (слева) и ее опирании только по углам (справа)

и примыкающих к нему элементов должна выполняться в том числе с учетом данного факта. Образование трещин в перемычках также должно быть учтено при расчете крупнопанельных зданий [2]. Система «Инженерная нелинейность 2» позволяет учитывать нелинейное поведение железобетонных элементов и, соответственно решает оговоренные выше задачи.

«Инженерная нелинейность 2» может быть применена для совместного расчета здания с фундаментом на свайном основании. При этом нагрузки на ростверки, а также усилия в стеновых панелях будут близки реальному характеру их работы. Продемонстрируем это на примере опирания стеновой панели на балочный ростверк (рис. 6). Рассмотрим пример 1 приложения 10 [16].

Согласно приведенному в [16] решению, длина зоны контакта панели с ростверком составляет  $a_0=0,86$  м; ордината треугольной эпюры нагрузки (рис. 7) на ростверк  $p_0=87,5$  тс/м (равнодействующая  $P=p_0 \cdot a_0/2=87,5 \cdot 0,86/2=37,625$  тс); величина растягивающих напряжений на нижней границе стеновой панели  $\sigma_p=46$  тс/м<sup>2</sup>, изгибающий момент в середине пролета ростверка (рис. 8)  $M=11,9$  тс·м. Для сравнения данные приведены в той же размерности, что и в [16].

Результаты расчета в ПК ЛИРА-САПР приведены на рис. 7–9.

Полученные результаты качественно близки к результатам рассматриваемого примера: длина зоны контакта  $a_0=0,95$  м; равнодействующая давления от панели  $F=37,515$  тс; величина растягивающих напряжений на нижней границе стеновой панели  $\sigma_p=82,3$  тс/м<sup>2</sup>; изгибающий момент в середине пролета ростверка  $M=11,4$  тс·м. Количественную разницу в результатах можно объяснить тем, что в [16] представлена инженерная методика расчета, которая не учитывает прямо соотношение жесткостей панели, ростверка и растворной постели между ними.

### Выводы

ПК ЛИРА-САПР позволяет выполнять расчет сложных комбинированных конструктивных систем в упругой и нелинейной постановках. Использование специальных конечных элементов стыка позволяет корректно смоделировать стык сборных элементов друг с другом, а также с монолитными конструкциями нежилых этажей и фундаментом здания (имеющим свою податливость в зависимости от конструктивных решений).

Применение системы «Инженерная нелинейность 2» позволяет учесть нелинейное поведение железобетонных элементов и их стыков при расчете на определяющую комбинацию нагрузок с учетом этапности возведения. Линеаризация модели позволяет выполнять расчет на временные нагрузки и воздействия, в том числе динамические.

### Список литературы

1. Шапиро Г.И., Смирнов А.В. О расчете конструкций панельных зданий с каркасными конструкциями нижних нежилых этажей // *Строительство и реконструкция*. 2016. № 4. С. 64–71.
2. СП 335.1325800.2017. Крупнопанельные конструктивные системы. Правила проектирования. М.: Минстрой России, 2017. 82 с.
3. Пособие по проектированию жилых зданий / ЦНИИЭП жилища Госкомархитектуры. Вып. 3. Конструкции жилых зданий (к СНиП 2.08.01–85). М.: Стройиздат, 1989. 304 с.
4. Шапиро Г.И., Юрьев Р.В. К вопросу о построении расчетной модели панельного здания // *Промышленное и гражданское строительство*. 2004. № 12. С. 32–33.
5. Шапиро Г.И., Гасанов А.А., Юрьев Р.В. Расчет зданий и сооружений в МНИИТЭП // *Промышленное и гражданское строительство*. 2007. № 6. С. 35–37.
6. Данель В.В. Параметры 3D-стержней, моделирующих стыки в конечно-элементных моделях // *Жилищное строительство*. 2012. № 5. С. 22–27.

7. Водопьянов Р.Ю. Моделирование и расчет крупнопанельных зданий в ПК ЛИРА-САПР 2017 // *Жилищное строительство*. 2017. № 3. С. 42–48.
8. Данель В.В. Определение жесткостей платформенных стыков // *Жилищное строительство*. 2012. № 2. С. 32–37.
9. Данель В.В. Решение проблемы вертикальных стыков наружных стеновых панелей // *Жилищное строительство*. 2014. № 3. С. 44–45.
10. Данель В.В., Кузьменко И.Н. Определение жесткости при сжатии платформенных и платформенно-монолитных стыков крупнопанельных зданий // *Строительная механика и расчет сооружений*. 2010. № 2. С. 7–13.
11. Данель В.В. Жесткости стыков железобетонных элементов, пересекаемых арматурными стержнями, при растяжении и сдвиге // *Строительство и реконструкция*. 2014. № 6 (56). С. 25–29.
12. Водопьянов Р.Ю. Моделирование и расчет крупнопанельных зданий в ПК ЛИРА-САПР 2017 // *Жилищное строительство*. 2017. № 3. С. 42–48.
13. Губченко В.Е. Работа с инструментом «Стык» ПК ЛИРА-САПР // *Жилищное строительство*. 2018. № 3. С. 30–35.
14. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07–85\*. М.: Минстрой России. 2016. 80 с.
15. Шапиро Г.И., Смирнов А.В. Экспериментальное и численное обоснование модели с односторонними связями для расчета панельных зданий с нижними каркасными этажами // *Строительство и реконструкция*. 2018. № 5. С. 64–76.
16. Руководство по проектированию свайных фундаментов / НИИОСП им. Н.М. Герсеванова Госстроя СССР. М.: Стройиздат, 1980. 151 с.

### References

1. Shapiro G.I., Smirnov A.V. About calculation of structures of panel buildings with frame structures of the ground uninhabited floors. *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya*. 2016. No. 4, pp. 64–71. (In Russian).
2. SP 335.1325800.2017. Large-panel constructive systems. Rules of design. Moscow: Ministry of Construction, Housing and Utilities of the Russian Federation. 2017. 82 p. (In Russian).
3. Posobie po proektirovaniyu zhilykh zdaniy [A grant on design of residential buildings] TsNIIEP of the dwelling of Goskomarkhitektura. Iss. 3. Structures of residential buildings (to Construction Norms and Regulations 2.08.01-85). Moscow: Stroyizdat, 1989. 304 p. (In Russian).
4. Shapiro G.I., Yuryev R.V. To a question of creation of settlement model of the panel built building. *Promysh-*

- lennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2004. No. 12, pp. 32–33. (In Russian).
5. Shapiro G.I., Gasanov A.A. Yuryev R.V. Calculation of buildings and constructions in MNIITEP. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2007. No. 6, pp. 35–37. (In Russian).
  6. Danel' V.V. The 3D-parameters – the cores modeling joints in the konechnoelementnykh models. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2012. No. 5, pp. 22–27. (In Russian).
  7. Vodopianov R.Yu. Simulation and computation of largepanel buildings in PC LIRA-SAPR 2017. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2017. No. 3, pp. 42–48. (In Russian).
  8. Danel' V.V. Determination of Rigidities of Platform Joints. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2012. No. 2, pp. 32–37. (In Russian).
  9. Danel' V.V. Solution of the problem of vertical joints of external wall panels. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2014. No. 3, pp. 44–45. (In Russian).
  10. Danel' V.V., Kuzmenko I.N. Determination of rigidity at compression of platform and platform and monolithic joints of large-panel buildings. *Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzhenii*. 2010. No. 2, pp. 7–13. (In Russian).
  11. Danel' V.V. Zhyostkosti of joints of ferroconcrete elements, peresekayemykh armaturny cores, at stretching and shift. *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya*. 2014. No. 6 (56), pp. 25–29. (In Russian).
  12. Vodopianov R.Yu. Simulation and computation of largepanel buildings in PC LIRA-SAPR 2017. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2017. No. 3, pp. 42–48. (In Russian).
  13. Gubchenko V.E. Work with the 'Joint' tool of software package LIRA-CAD. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2018. No. 3, pp. 30–35. (In Russian).
  14. SP 20.13330.2016. Loadings and influences. Revised edition Construction Norms and Regulations 2.01.07-85\*. Moscow: Ministry of Construction, Housing and Utilities of the Russian Federation. 2016. 80 p. (In Russian).
  15. Shapiro G.I., Smirnov A.V. Experimental and numerical justification of model with unilateral communications for calculation of panel buildings with the ground frame floors. *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya*. 2018. No. 5, pp. 64–76. (In Russian).
  16. Rukovodstvo po proektirovaniyu svainykh fundamentov [The guide to design of the pile bases]. NIIOSP of N.M. Gersevanov of the State Committee for Construction of the USSR. Moscow: Stroyizdat, 1980. 151 p. (In Russian).

## СПЕЦИАЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА



### Учебное архитектурно-строительное проектирование. Практико-ориентированный подход

Грызлов В.С., Ворожбянов В.Н, Гендлина Ю.Б, Залипаева О. А., Каптюшина А.Г., Медведева Н.В., Чорная Т.Н.

Под редакцией д-ра техн. наук, проф. В.С. Грызлова.  
Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2019. 136 с.

Учебное пособие разработано в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство» на основе: образовательной программы (ОП), учебных планов (УП), утвержденных календарных графиков учебного процесса, а также опыта, накопленного кафедрой строительства Череповецкого государственного университета (ФГБОУ ВО ЧГУ) по подготовке и выпуску бакалавров-строителей.

Пособие включает информацию об организации архитектурно-строительного проектирования в строительной отрасли и содержит указания по разработке, оформлению, нормированию и применению технологических процессов проектирования при выполнении студентами выпускной квалификационной работы как единого проекта в рамках сквозного проектирования в течение 5-го – 8-го семестров обучения.

Основной организационной задачей практико-ориентированного проектирования является представление выпускной курсовой работы (ВКР) как инженерного проекта, развернутого во времени с целью более глубокой проработки его разделов и формирования компетентностей у студентов при погружении их в профессиональную среду в ходе специальной практики – учебного проектирования. В качестве основных этапов инженерного проектирования приняты главные разделы, определяющие структуру архитектурно-строительной части типового рабочего проекта капитального строительства: архитектурно-строительный, расчетно-конструкторский, организационно-технологический, сметно-экономический. По завершении каждого этапа и ВКР в целом проводится компетентностная аттестация студентов с помощью предлагаемого экспертно-индикаторного метода, что позволяет достаточно глубоко анализировать практико-ориентированные способности будущего специалиста.

Учебное пособие предназначено для преподавателей вузов, студентов и всех участников образовательного процесса, заинтересованных в развитии практико-ориентированного подхода в высшем техническом образовании по направлению «Строительство».