

УДК 69.056.52

В.Е. ГУБЧЕНКО, инженер (support1@rflira.ru)

ООО «Лира сервис» (111141, Москва, ул. Плеханова, 7)

Работа с инструментом «Стык» ПК ЛИРА-САПР

Расчет бескаркасных сборных крупнопанельных зданий предполагает учет податливого соединения стен и плит в местах их пересечений (стыков). Как правило, в пространственных расчетных моделях зданий такого типа податливое соединение моделируется дискретными связями конечной жесткости. Жесткость дискретных связей определяется на основании вида стыка и его конструктивных особенностей. Моделирование дискретных связей достаточно трудоемкая задача, и автоматизация процесса их создания позволяет существенно сократить трудозатраты инженера-расчетчика. В ПК ЛИРА-САПР 2017 появился специальный инструмент для эффективного моделирования и расчета узлов крупнопанельных зданий под названием «Стык». Разработан специальный класс информационных объектов – стык панелей, который позволяет существенно упростить и автоматизировать процесс моделирования крупнопанельных зданий с последующей триангуляцией и получением конечно-элементной расчетной схемы. Рассмотрены основные положения по работе с инструментом «Стык».

Ключевые слова: Лира сервис, ПК ЛИРА-САПР, ПК САПФИР, автоматизация проектирования, САПР, расчетные программные комплексы, численное моделирование, МКЭ, крупнопанельные здания, моделирование панельных зданий, стык.

Для цитирования: Губченко В.Е. Работа с инструментом «Стык» ПК ЛИРА-САПР // *Жилищное строительство*. 2018. № 3. С. 30–35.

V.E. GUBCHENKO, Leading Engineer, (support1@rflira.ru), LLC «Lira service» (7, Plekhanova Street, 111141, Moscow, Russian Federation)

Work with the 'Joint' Tool of Software Package LIRA-CAD

Analysis of frameless large panel buildings implies account of flexible connections between walls and slabs at places of their intersection (joints). Generally, in 3D design models of such type, a flexible connection is simulated with discrete connections of finite rigidity. The rigidity of discrete connections is determined according to the type of joint and its design features. Simulation of discrete constraints is rather a time-consuming procedure. So, if the process of their generation is automated, it will simplify the work of design engineer. LIRA-SAPR 2017 introduces the special tool for effective simulation and analysis of joints in large panel buildings; the tool is called 'Joint'. There is a special class of information objects – joint of panels. This class enables the user to considerably simplify and automate the simulation of large panel buildings, then triangulate and obtain the finite element model. Fundamental principles of work with the 'Joint' tool are considered.

Keywords: Lira service, SP LIRA-SAPR, SP SAPFIR, automation of design, CAD, calculation software complexes, numerical simulation, FEM, large-panel buildings, simulation of panel buildings, joint.

For citation: 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).

В ПК САПФИР 2017 (препроцессор ПК ЛИРА-САПР) появилась новая система «Панельные здания», основой которой является инструмент «Стык» [1].

Стык панелей в ПК САПФИР – особый информационный объект. Он существует только на пересечении конструктивных элементов модели здания (стен, перекрытий) и характеризует особенности их соединения.

При создании стыков в модели в зависимости от положения соединяемых элементов и их количества определяется тип стыка: вертикальный или горизонтальный, стена-стена или стена-плита-стена и т. п. Для назначения стыков и дублирования (распространения) их свойств существуют специальные инструменты.

Назначение стыков проводится на предварительно подготовленной модели здания. Модель может быть подготовлена путем создания здания сразу из отдельных сборных элементов или посредством разрезки условно монолитного здания на отдельные элементы.

Разрезать стены и плиты на отдельные элементы можно с помощью стандартных инструментов ПК САПФИР или специальными средствами автоматической и ручной разрезки, предоставляемыми инструментом «Стык». При автоматическом разрезании существует возможность раз-

резки стен по линии пересечения с другими стенами, а плит – по примыкающим стенам, по координационным осям и по предварительно созданным линиям разрезки.

Создание стыков сборных элементов (панелей)

Горизонтальные и вертикальные стыки элементов создаются:

- путем указывания курсором области в модели, где стыкуются элементы;
- автоматически с помощью функции «Обработать» для этажа, всего здания, выделенных/невыделенных элементов.
- принудительно с помощью функции «Создать стык» для выделенных элементов.

Стык в модели создается на основании библиотечного прототипа. Описание параметров прототипов стыков хранится в библиотеке стыков ПК САПФИР. Библиотека стыков с параметрами по умолчанию поставляется вместе с ПК САПФИР. Также у пользователя есть возможность пополнять библиотеку стыков новыми прототипами, создаваемыми на основании существующих либо на основании базовых схем пересечения элементов.

При установке стыков в модели библиотечный прототип связывается с конкретными деталями и превращается

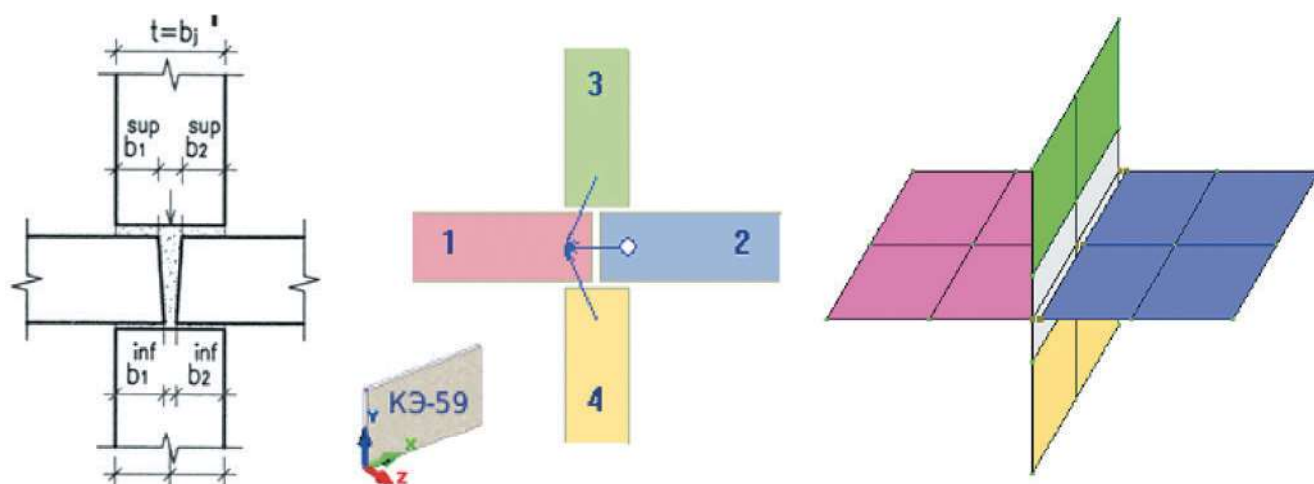


Рис. 1. Схема двустороннего платформенного стыка с двусторонним опиранием плит перекрытий (СП «Крупнопанельные конструктивные системы. Правила проектирования». Проект. Вторая редакция) и его конечно-элементная модель

Наименование	Платформенный стык
Марка базового стыка	ПФ-4
Марка стыка	ПФ-4
Тип схемы	34
Тип конструктива	с учетом заполнения нелинейный
Цвет обозначения	□ e1e1e1
Материал шва	M200
Длина шва, мм	2000
Пользовательская длина шва	Нет
Шаг узлов разбиения, мм	300
Адаптивный шаг	Да
Толщина верхнего шва, мм	20
Толщина нижнего шва, мм	20
Толщина шва между панелями, мм	30
Закладные детали	нет
Панели	
Панель 1 - Плита	
Заполнение	без заполнения
Аналитика по физике	Нет
Отступ, мм	15
Панель 2 - Плита	
Заполнение	без заполнения
Аналитика по физике	Да
Отступ, мм	15
Опираение 2-1	по Z объединение перемещений
Опираение 2-3	свободное
Опираение 2-4	свободное
Панель 3 - Стена	
Заполнение	заполнение КЭ-258/259(нелинейное)
Отступ, мм	20
Опираение 3-1	общие узлы
Опираение 3-4	свободное
Панель 4 - Стена	
Заполнение	заполнение КЭ-258/259(нелинейное)
Отступ, мм	20
Опираение 4-1	общие узлы

Рис. 2. Общие настройки двухстороннего платформенного стыка

в экземпляр. Все значения параметров, которые были у стыков в библиотеке, применяются к текущему экземпляру. Некоторые параметры уточняются по месту. Например, в библиотеке были заданы параметры размещения закладных деталей. Для экземпляра рассчитывается реальная длина стыка, а закладные детали расставляются вдоль стыка по

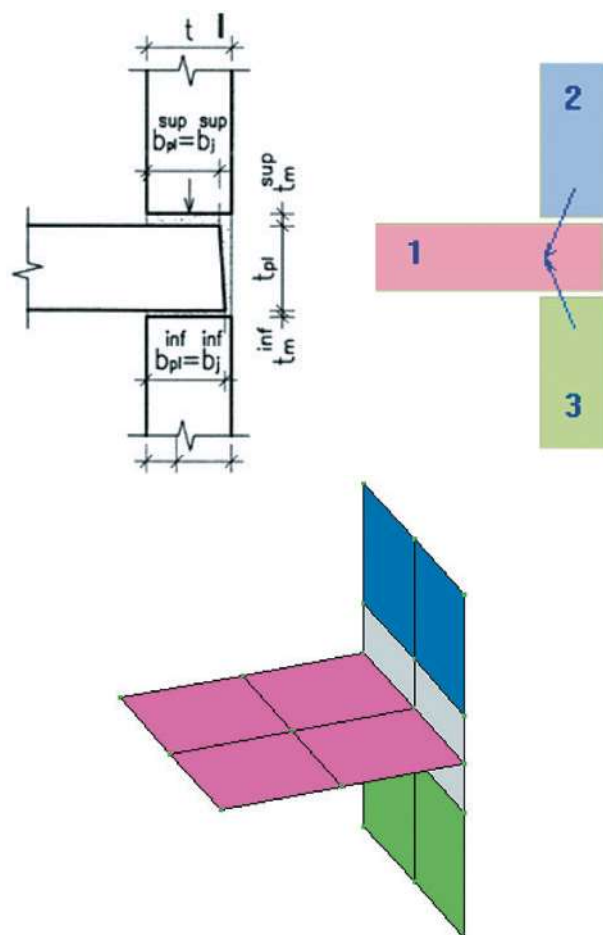


Рис. 3. Схема одностороннего платформенного стыка внутренних стен с односторонним опиранием плиты перекрытия (СП «Крупнопанельные конструктивные системы. Правила проектирования». Проект. Вторая редакция) и его конечно-элементная модель

заданным параметрам. Из реальных деталей экземпляра стыка получает толщину стены, толщину перекрытия, материал перекрытия. Из библиотечных параметров – марку раствора, толщины швов, зазоры.

Для контактного и платформенного стыков на основании их свойств автоматически рассчитывается жесткость

Наименование	Платформенный стык наружных стен
Марка базового стыка	ПФ-3
Марка стыка	ПФ-3
Тип схемы	19
Тип конструктива	пользовательский
Цвет обозначения	 e1e1e1
Материал шва	M200
Длина шва, мм	2000
Пользовательская длина шва	Нет
Шаг узлов разбиения, мм	300
Адаптивный шаг	Да
Толщина верхнего шва, мм	20
Толщина нижнего шва, мм	20
Закладные детали	нет
Панели	
Панель 1 - Плита	
Заполнение	без заполнения
Аналитика по физике	Нет
Отступ, мм	20
Панель 2 - Стена	
Заполнение	заполнение КЗ-258/259(нелинейное)
Отступ, мм	20
Опираение 2-1	общие узлы
Опираение 2-3	свободное
Панель 3 - Стена	
Заполнение	заполнение КЗ-258/259(нелинейное)
Отступ, мм	20
Опираение 3-1	общие узлы

Рис. 4. Общие настройки одностороннего платформенного стыка

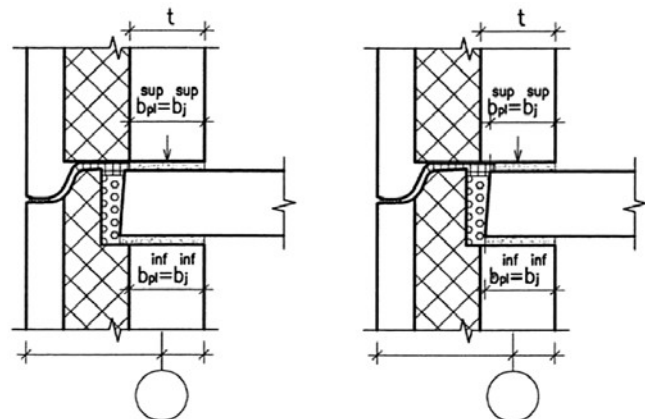


Рис. 5. Схема платформенного стыка наружных стен (СП «Крупнопанельные конструктивные системы. Правила проектирования». Проект. Вторая редакция)

конечных элементов, с помощью которых моделируется податливость узлов сборного крупнопанельного здания.

Наиболее удобным для работы со схемой в целом является автоматический способ создания стыков, так как он позволяет быстро обработать все здание или его значительный фрагмент. Программа анализирует места в модели, в которых можно организовать стык, и подбирает для каждого такого участка подходящий стык из библиотеки. Возможна ситуация, когда в библиотеке присутствует несколько стыков, каждый из которых подходит для установки в данном месте. В этой ситуации программа установит первый подходящий стык из библиотеки. Если у пользователя есть свои конкретные предпочтения, то ему необходимо после автоматической установки выделить стык, автоматически установ-

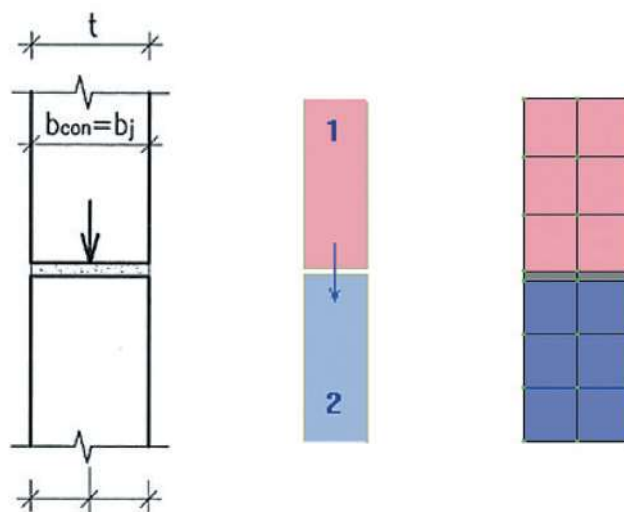


Рис. 6. Схема контактного стыка стен (СП «Крупнопанельные конструктивные системы. Правила проектирования». Проект. Вторая редакция) и его конечно-элементная модель

Наименование	Контактный стык
Марка базового стыка	КС-2
Марка стыка	КС-2
Тип схемы	15
Тип конструктива	с учётом заполнения нелинейный
Цвет обозначения	 808000
Материал шва	M200
Длина шва, мм	2000
Пользовательская длина шва	Нет
Шаг узлов разбиения, мм	300
Адаптивный шаг	Да
Толщина шва, мм	20
Закладные детали	нет
Панели	
Панель 1 - Стена	
Заполнение	заполнение КЗ-258/259(нелиней...)
Отступ, мм	10
Опираение 1-2	общие узлы
Панель 2 - Стена	
Заполнение	заполнение КЗ-258/259(нелиней...)
Отступ, мм	10

Рис. 7. Общие настройки контактного стыка

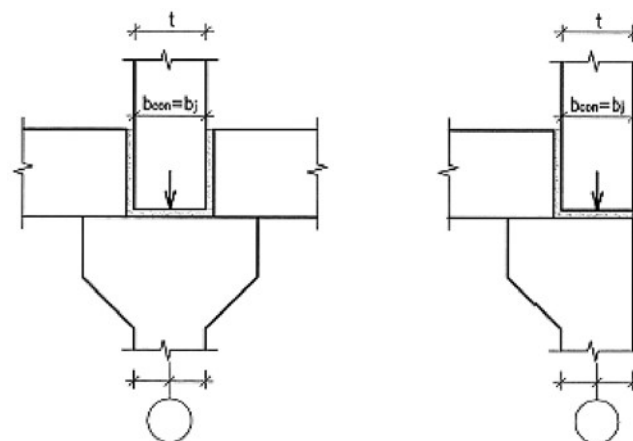


Рис. 8. Схема контактного стыка стен с опиранием плит перекрытий на консоли (СП «Крупнопанельные конструктивные системы. Правила проектирования». Проект. Вторая редакция)

Наименование	Контактный с примыканием двух плит
Марка базового стыка	
Марка стыка	КС-4
Тип схемы	39
Тип конструктива	пользовательский
Цвет обозначения	6b0080
Материал шва	M200
Длина шва, мм	2000
Пользовательская длина шва	Нет
Шаг узлов разбиения, мм	300
Адаптивный шаг	Да
Толщина верхнего шва, мм	0
Толщина шва между панелями, мм	20
Закладные детали	нет
Панели	
Панель 1 - Плита	
Заполнение	без заполнения
Аналитика по физике	Да
Отступ, мм	90
Опираение 1-2	полужёсткое, КЭ-55
Панель 2 - Плита	
Заполнение	без заполнения
Аналитика по физике	Да
Отступ, мм	90
Панель 3 - Стена	
Заполнение	заполнение КЭ-258/259(нелинейное)
Отступ, мм	-80
Опираение 3-1	свободное
Опираение 3-2	свободное
Панель 4 - Стена	
Заполнение	заполнение КЭ-258/259(нелинейное)
Отступ, мм	100
Опираение 4-1	свободное
Опираение 4-2	свободное
Опираение 4-3	общие узлы

Рис. 9. Настройки параметров контактного стыка стен с опиранием плит перекрытий на консоли

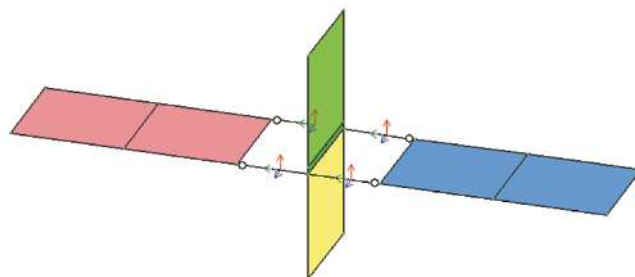


Рис. 10. Конечно-элементная модель контактного стыка стен с опиранием плит перекрытий на консоли

ленный программой, и заменить его другим, выбрав нужный из библиотеки. Либо следует заранее указать в библиотеке стыков прототипу, что он является предпочитаемым.

Настройка параметров стыка

Для горизонтального стыка настраиваются следующие параметры: наименование, марка, тип конструктива, цвет обозначения, материал шва, длина шва, шаг узлов разбиения, настройка адаптации шага узлов разбиения, толщины растворных швов, зазоры между плитами в стыке, наличие закладных деталей и их параметры.

Рассмотрим подробнее некоторые настройки.

Тип конструктива – выбор представления стыка в аналитической модели. Тип конструктива «Жесткий» предполагает, что элементы стен и плит соединены по линии их пересечения без посредников по всем степеням свободы в общих узлах. Тип конструктива «С учетом заполнения» и «С учетом заполнения нелинейный» предполагает, что стены с плитами соединяются через специальные конечные элементы (КЭ 58/59 и КЭ 258/259 для нелинейного заполнения).

Специальные конечные элементы 58/59, 258/259 являются альтернативой дискретным связям, которые при-

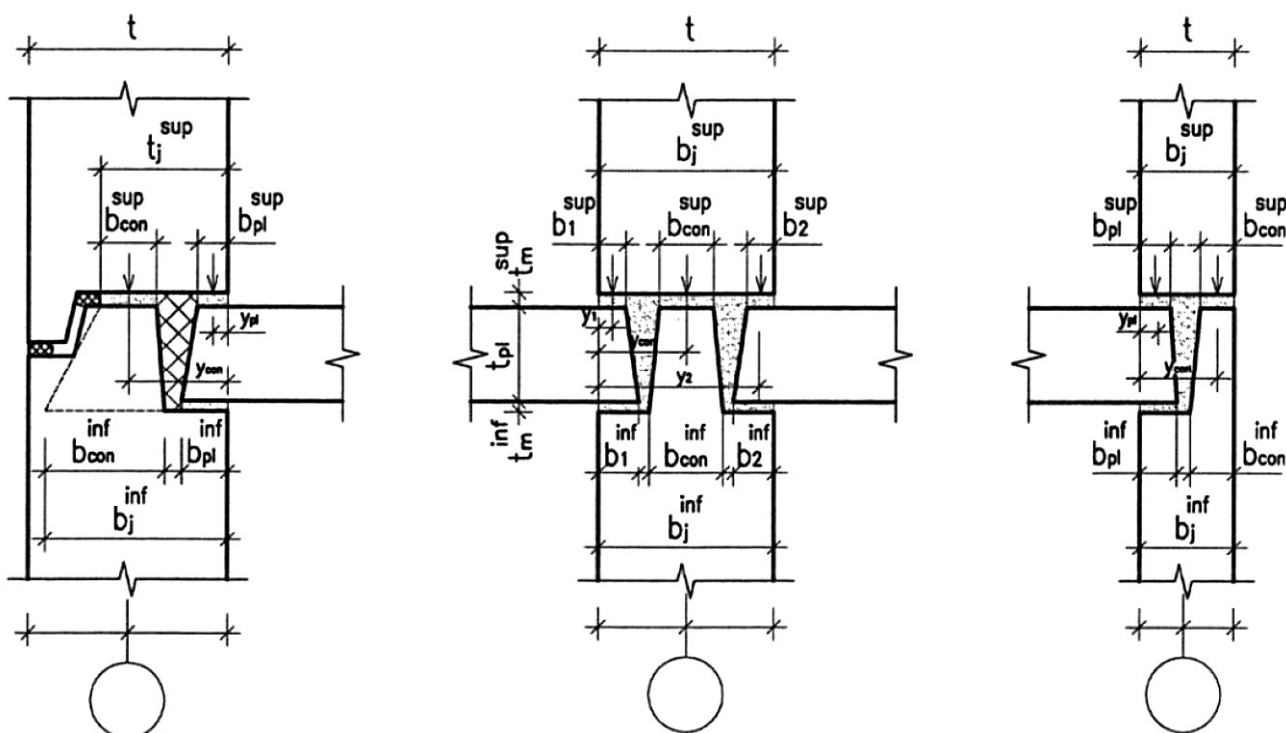


Рис. 11. Схема контактного-платформенного стыка стен (СП «Крупнопанельные конструктивные системы. Правила проектирования». Проект. Вторая редакция)

меняются для построения расчетных моделей панельных зданий [2–4] и позволяют учесть податливость стыков в соответствии с Пособием по проектированию жилых зданий / ЦНИИЭП жилища Госкомархитектуры. Вып. 3. Конструкции жилых зданий (к СНиП 2.08.01–85); Методическим пособием «Проектирование жилых многоквартирных зданий с широким шагом несущих конструкций, обеспечивающих свободную планировку».

Шаг узлов разбиения предопределяет разбивку платформенного стыка на конечные элементы. **Адаптивный шаг** позволяет получить более качественную сетку конечных элементов путем гибкой корректировки указанного ранее шага узлов разбиения. К примеру, для простенка шириной 2000 мм при указанном шаге узлов 300 мм и выбранном адаптивном шаге расстояние между узлами элементов стыка будет не 300 мм, а 285,71 мм.

В параметрах закладных деталей настраиваются следующие свойства: способ моделирования, цвет отображения, шаг по длине стыка и отступ первой детали от начала стыка, количество деталей, минимальное расстояние от детали до конца стыка.

Возможные способы моделирования соединения панелей посредством закладных деталей: отсутствие деталей, моделирование соединения при помощи КЭ 55/255 или объединение перемещений.

Все стыкуемые панели имеют свой порядковый номер и могут соединяться связями через закладные детали. В настройках закладных деталей указывается, какие элементы стыка соединяет соответствующая связь. Соединение создается указанием «Да/Нет» напротив соответствующей пары элементов стыка. Также задается жесткость связи в привязке к локальной системе координат стыка:

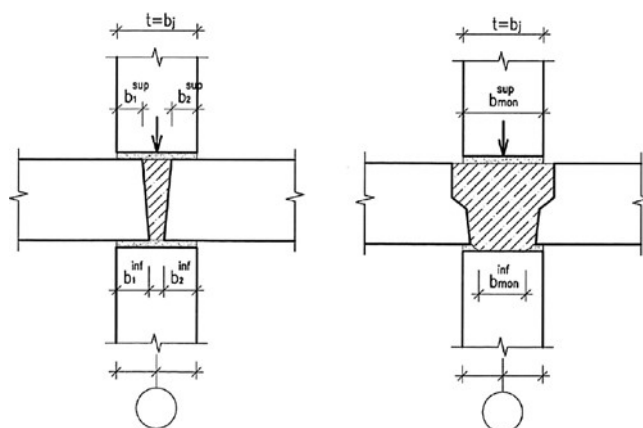


Рис. 12. Схема платформенно-моноконтинентного стыка стен (СП «Крупнопанельные конструктивные системы. Правила проектирования». Проект. Вторая редакция)

Для углубленного контроля параметров стыка существует свойство «Поддетальная настройка», которое, к примеру, позволяет применить опцию «Аналитика по физике». Тогда аналитическая модель для этих элементов будет совпадать по габаритам с физической.

Изменение и копирование параметров стыка

При создании стыков может случиться так, что применен тип стыка или схема соединения, не подходящие для данного пересечения элементов. В таких случаях существует возможность изменить тип стыка, схему стыка либо параметры стыка.

Стык панелей нельзя копировать как отдельный объект в отличие от стен, плит, колонн, балок и т. д. Однако име-

ЛИРА-САПР 2018

Новое в версии

САПФИР-ГЕНЕРАТОР
Визуальное архитектурно-строительное программирование
(графический редактор алгоритмов)

Eurocode
Новые нормы по Еврокодам,
редакции для Белоруссии и Казахстана
(ЖБК, сталь, сейсмика)

Конструктор сечений ПЛЮС
Проверочные расчеты произвольных сечений
в физически нелинейной постановке

Revit ↔ ЛИРА-САПР
Двусторонний обмен с Revit Structure
Импорт модели; экспорт результатов армирования

Инструмент раскладки армирования
для проверки на заданное армирование,
расчета инженерной и физической
нелинейности

Следите за новостями
www.rfira.ru
www.liraland.ru

**ЛИРА
СЕРВИС**

Реклама

ется возможность копирования свойств конкретного стыка на другие стыки, имеющие такую же схему соединения элементов. Свойства выделенного стыка можно автоматически распространять на стыки всего здания, отдельные этажи либо только на этаж, который является текущим. На выбор пользователя распространять свойства можно на стыки такой же марки, только на стыки того же библиотечного типа, на стыки с такой же схемой, на стыки с определенной длиной.

Также копирование свойств стыка возможно при помощи стандартной функции ПК САПФИР «Извлечь свойства».

Примеры стыков

На рис. 1–4 показаны примеры реализации платформенных стыков при одностороннем и двустороннем опирании плит перекрытий на стены.

При опирании плиты на наружную многослойную стену при условии, что в САПФИР в качестве материала выбран многослойный, стык привязывается только к несущему слою. В ЛИРА-САПР многослойная панель рассматривает-

ся как пластина с толщиной несущего слоя и приведенным объемным весом (рис. 5–7).

Контактный стык стен с опиранием плит перекрытий на консоли также можно создать при помощи инструмента «Стык», но с некоторой последующей доработкой в ЛИРА-САПР (рис. 8–10).

С помощью инструмента «Стык» можно также создавать контактно-платформенные и платформенно-моноконтные стыки сборных стен (рис. 11, 12). Данные стыки могут быть сформированы на базе рассмотренных ранее платформенных и контактных стыков. Но при моделировании смешанных типов стыков следует учитывать, что САПФИР версии 2017 автоматически определяет жесткость только для платформенного и контактного стыков. Жесткость для смешанных типов стыков можно задать в диалоге «Расчет жесткости стыка». Данный диалог позволяет задать пользовательские значения параметров жесткости элементов стыка. При этом характеристики податливости стыков, используемые при определении жесткости, могут быть определены на основании методик, изложенных в [5–11].

Список литературы

1. Водопьянов Р.Ю. Моделирование и расчет крупнопанельных зданий в ПК ЛИРА-САПР 2017 // *Жилищное строительство*. 2017. № 3. С. 42–48.
2. Данель В.В. Параметры 3D-стержней, моделирующих стыки в конечно-элементных моделях // *Жилищное строительство*. 2012. № 5. С. 22–27.
3. Шапиро Г.И., Гасанов А.А., Юрьев Р.В. Расчет зданий и сооружений в МНИИТЭП // *Промышленное и гражданское строительство*. 2007. № 6. С. 35–37.
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. Данель В.В., Кузьменко И.Н. Определение жесткости при сжатии платформенных и платформенно-моноконтных стыков крупнопанельных зданий // *Строительная механика и расчет сооружений*. 2010. № 2. С. 7–13.
6. Чентемиров Г. М., Грановский А.В. К расчету платформенных стыков на ЭВМ // *Строительная механика и расчет сооружений*. 1981. № 2. С. 59–61.
7. Шапиро Г.И., Гасанов А.А. Численное решение задачи устойчивости панельного здания против прогрессирующего обрушения // *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering*. 2016. Vol. 12. Issue 2, pp. 158–166.
8. Зенин С.А., Шарипов Р.Ш., Кудинов О.В., Шапиро Г.И., Гасанов А.А. Расчеты крупнопанельных зданий на устойчивость против прогрессирующего обрушения методами предельного равновесия и конечного элемента // *ACADEMIA. Архитектура и строительство*. 2016. № 4. С. 109–113.
9. Медведенко Д., Водопьянов Р. Золотые струны ЛИРы САПР // *САПР и графика*. 2013. № 2 (196). С. 10–18.
10. Данель В.В. Жесткости стыков железобетонных элементов, пересекаемых арматурными стержнями, при растяжении и сдвиге // *Строительство и реконструкция*. 2014. № 6 (56). С. 25–29.
11. Данель В.В. Решение проблемы вертикальных стыков наружных стеновых панелей // *Жилищное строительство*. 2014. № 3. С. 44–45.

References

1. Vodopianov R.Yu. Simulation and computation of large-panel buildings in PC LIRA-SAPR 2017. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2017. No. 3, pp. 42–48. (In Russian).
2. 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).
3. 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).
4. Shapiro G.I., Yuryev R.V. To a question of creation of settlement model of the panel built building. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2004. No. 12, pp. 32–33. (In Russian).
5. 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).
6. Chentemirov G.M., Granovsky A.V. To calculation of platform joints at the COMPUTER. *Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzhenii*. 1981. No. 2, pp. 59–61. (In Russian).
7. Shapiro G.I., Gasanov A.A. The numerical solution of a problem of stability of the panel building against the progressing collapse. *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering*. 2016. Vol. 12. Issue 2, pp. 158–166.
8. Zenin S.A., Sharipov R.Sh., Kudinov O.V., Shapiro G.I., Gasanov A.A. Calculations of large-panel buildings on stability against the progressing collapse by methods of extreme balance and a final element. *ACADEMIA. Arkhitektura i stroitel'stvo*. 2016. No. 4, pp. 109–113. (In Russian).
9. Medvedenko D., Vodopyanov R. Gold strings of LIRA-SAPR. *SAPR i grafika*. 2013. No. 2 (196), pp. 10–18. (In Russian).
10. Danel' V. V. Zhyostkosti of joints of ferroconcrete elements, peresekayemykharmaturny cores, at stretching and shift. *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya*. 2014. No. 6 (56), pp. 25–29. (In Russian).
11. 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).