



# НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЛИРА-САПР 2017

докладчики:

**Тищенко Алексей Владимирович**

инженер-конструктор, сопровождение ПК ЛИРА-САПР, ООО «ЛИРА САПР»

**Водопьянов Роман Юрьевич**

Главный инженер, сопровождение ПК ЛИРА-САПР, ООО «Лира сервис»

[www.rflira.ru](http://www.rflira.ru)

[www.liraland.ru](http://www.liraland.ru)

+7 (495) 730-01-33



## **Новые возможности МКЭ-процессора**

- Узловые спектры отклика
- Метод PUSHOVER
- Динамика во времени (ДИНАМИКА+)
- Метод подсистем (элемент неотражающей границы)
- Учет демпфирующих свойств материалов (демпфирование Рэлея)
- Изменение жесткостей элементов от продольных усилий (спектральная динамика)
- Двухузловой элемент вязкого демпфера (КЭ 62)
- Закон деформирования материалов с ниспадающей ветвью

## **Расчет ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

- Расчетные длины для пластинчатых элементов
- Расчет на кручение сложных сечений
- Эскизное проектирование балок и колонн для норм СП 63.13330.2012

## **Расчет СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

- Расчет жестких баз колонн, трассировка расчета
- Определяющие усилия

## **Единая графическая среда**

- Новшества создания и корректировки расчетных моделей

## **Система документирования «Книга отчетов»**

- Документирование исходных данных, табличный анализ результатов



# МКЭ-процессор



Расчетный процессор с каждым годом совершенствуется и развивает свои возможности во всех направлениях. В этом году основной акцент был поставлен на расширение круга задач связанных с динамикой и расчетом зданий и сооружений на сейсмостойкость.

ПК ЛИРА-САПР 2017 R1 x64 - [Спектр отклика]      Работа с узлами

Создание и редактирование    Расширенное редактирование    Расчет    Анализ    Расширенный анализ    Железобетон    Сталь    Кирпич    Узлы

Выполнить расчет    Расчетный процессор    Таблица динам. нагрузок    Учет напряжений    Таблица РСУ    PCH    Шаговая    Стадии    Группы    Доп. загрузки

Метеор    Расчет    Динамика    РСУ    Доп. расчеты    Нелинейность    Монтаж    Монтаж

## Расчет по акселерограммам

Задание характеристик для расчета на динамические воздействия

N строки характеристик: 1

N загрузки: 8

Наименование воздействия: Акселерограмма (27)

Количество учитываемых форм колебаний: 25

N соответствующего статического нагружения:

Матрица масс:  Диагональная     Согласованная

Параметры

Сводная таблица для расчета на динамические воздействия

#	№	Имя загрузки...	Тип	Параметры...	Параметры динамического возд.
1	8	Загрузка 8	АКСЕЛ	27 100 0 ...	3 0.00 0.10 0 1.0000 0.0000 0.00
2	9	Загрузка 9	АКСЕЛ	27 100 0 ...	3 0.00 0.10 0 0.0000 1.0000 0.00
3					

Параметры расчета по акселерограммам

Коэффициент диссипации  $k_{si} = 0.1$  (строительные конструкции)  
 $k_{si} = [0 \dots 1]$

Масштабный множитель к акселерограмме: 9.81

Направляющие косинусы равнодействующей сейсм. воздейств. в ОСК  
 $CX = 1.0000$      $CY = 0.0000$      $CZ = 0.0000$      $CX^2 + CY^2 + CZ^2 = 1$

Шаг дискретизации акселерограммы: 0.100000 c

Время длительности внешнего воздействия: 120.000 c    График

Значения ординат акселерограммы  
 Чтение из файла: vb8r.txt  
 Ввод и редактирование: 0

График

8    1    Ус.: 1 / 31163    Эл.: 0 / 33900    Зарп.: 8 / 9



При анализе сейсмостойкости оборудования необходимо определить действующие на него инерционные сейсмические нагрузки. Для этого принят метод отдельного рассмотрения сейсмических колебаний здания и оборудования с использованием так называемых поэтажных акселерограмм и спектров отклика, рассчитанных для точек крепления оборудования.

Что собой представляет спектр ответа?

**Спектр ответа** – функция, связывающая между собой максимальное по модулю ускорение одномассового линейного осциллятора и соответствующий этому ускорению период собственных колебаний того же осциллятора, основание которого движется по закону, определенному данной акселерограммой.

Данная задача может быть решена методом прямого интегрирования или же на основе спектральной теории сейсмостойкости.

В новой версии расчет спектров отклика производится следующим образом:

Вычисляются вынужденные колебания сооружения при сейсмическом воздействии, заданном расчетной акселерограммой (для данного расчета можно использовать расчет по однокомпонентной акселерограмме или трехкомпонентной акселерограмме).

Далее определяются законы изменения абсолютных ускорений выбранных точек конструкции.

Принимая акселерограммы в качестве возмущающего воздействия, рассчитываются вынужденные линейные колебания линейных одномассовых осцилляторов, и находится зависимость модулей их максимальных абсолютных ускорений от их собственных частот.

ПК ЛИРА-САПР 2017 R1 x64 - [Спектр отклика]

Создание и редактирование | Расширенное редактирование | Расчет | Анализ | Расширенный анализ | Железобетон | Сталь | Кирпич

НДС схемы | Мозаика/изопола | Эпюры/мозаика | Мозаика/изопола | Напряжения в пластинах и объемных Э | Усилия в спец. элементах | Усилия в одноузловых Э | Найти центр | Инструменты | Документация | Таблицы

Загрузка 8  
 Форма колебаний в л. с. 1  
 Массы собраны из загрузок: 1,2,3

Узел 28964

Координаты: X 31.8718 м, Y 46.7746 м, Z 11.45 м

Связи:  UX,  UY,  UZ

№ узла: 28964, Блок N: , № ж.т.: ,  Отмеченный

Нагрузки: Загрузки: , № загр.: 8, № форм.:

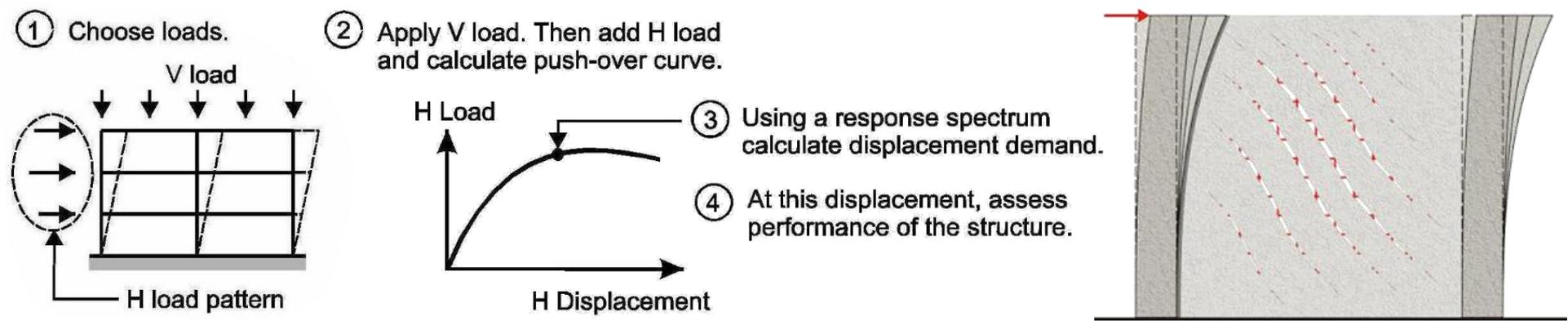
Узловой спектр отклика  
 В глобальной СК  Показать  
 В локальной СК

Max Fq: 10 Гц, X: 54   
 Огибающая   
 Без суммирова...   
 Огибающая   
 Квадратичная с...   
 Простая сумма

Спектр отклика по направлению X  
 Спектр отклика по направлению Y  
 Спектр отклика по направлению Z

Для просмотра узловых спектров отклика, пользователю необходимо воспользоваться инструментом «фонарик» - информация об узле. По результатам расчета будет доступна специализированная вкладка, на которой необходимо указать направления по которым будут построены графики и в каком диапазоне частот. Частоты осцилляторов, на которых вычисляются значения спектра отклика, должны выбираться так, чтобы не пропустить максимумы пиков.

Для построения спектров отклика реализованы различные варианты построения графиков с учетом собственных форм колебаний. По каждой форме, огибающая, корень квадратный из суммы квадратов и др.



Изучение поведения зданий и сооружений, в которых при сильных землетрясениях развиваются значительные неупругие деформации и динамические характеристики меняются во времени, можно производить посредством нелинейного динамического метода (прямого интегрирования) с применением записей акселерограмм. Указанный метод является наиболее точным для определения требуемых сил и деформаций в разных элементах конструкций, но его применение ограничено из-за особой чувствительности к математическому моделированию. Требуемое время для подготовки модели, ее расчета и правильной интерпретации полученных результатов, делает такой расчет непрактичным.

Для оценки поведения конструкций при сейсмическом воздействии за пределами упругости инженеры в настоящее время предпочитают использовать нелинейный статический метод **PUSHOVER** из-за его простоты. Указанный метод пользуется большой популярностью, на что указывает большое количество публикаций и соответствующих нормативов.

**Pushover** - это статический нелинейный расчет, при котором вертикально нагруженная расчетная модель сооружения подвергается монотонному наращиванию горизонтальной сейсмической нагрузки с контролем горизонтального перемещения.

Наращивание горизонтальной нагрузки производится до тех пор, пока не будет достигнуто контрольное перемещение заранее назначенных уровней конструкции, либо ее полное разрушение. В отечественных научных и инженерных кругах Pushover известен как «метод спектра несущей способности».

Реализованный в ПК ЛИРА-САПР метод расчета основывается на том, что выполняется расчет нелинейной многомассовой модели, а график спектра несущей способности строится по обобщенным результатам. На основании обобщенных перемещений и обобщенных ускорений.



Важно отметить – метод PUSHOVER (анализ на предельную прочность) имеет строгие ограничения применения:

[1] – таблица 6.2 «Методы для применения при расчетах на сейсмические воздействия» на стр. 17

Нелинейный статический расчет применим для:

- зданий простой геометрической формы с симметричным и регулярным размещением масс и жесткостей, с наименьшим размером в плане до 30 м включительно;
- зданий, которые оснащены системой сейсмоизоляции и другими системами регулирования сейсмической реакции;
- зданий, которые эксплуатируются в сейсмических районах, при исследовании их сейсмостойкости, проектировании их реконструкции и усиления.

[2] – Выводы, п.11 на стр. 210

Произведена оценка погрешностей нелинейного статического метода расчета сооружений на сейсмические воздействия. Он весьма эффективен для зданий и сооружений со стальным и железобетонным каркасом (в том числе, связевым) простой формы, с регулярным распределением несущих элементов в плане и по вертикали.

[3] – стр. 100-109

Применение анализа на предельную прочность рекомендован для систем с однонаправленными инерционными силами. Общие ограничения соответствуют условиям применения метода поперечной силы (анализ только на горизонтальную нагрузку, первые формы колебания поступательные, конструкция здания является равномерной по высоте в соответствии с п. 4.3.3.1 (диафрагмы и связи, воспринимающие горизонтальную нагрузку, продолжают снизу до верха здания; поэтажные массы и жесткости должны быть постоянными или уменьшаться постепенно и плавно кверху; в каркасных зданиях не должно быть ни каких резких изменений жесткости отдельных этажей; ...). В конструкциях, которые не являются регулярными по высоте, эффекты высших форм могут быть значительными вблизи уровней точек разрыва и изменения жесткостей.

Литература:

1. ДБН В.1.1-12:2014 «Строительство в сейсмических районах Украины».
2. Диссертация «Нелинейные динамические методы расчета зданий и сооружений с заданной обеспеченностью сейсмостойкости» Джинчвелашвили Г. А.
3. Руководство для проектировщиков к Еврокоду 8: Проектирование сейсмостойких конструкций : руководство для проектировщиков к EN 1998-1 и EN 1998-5 (Серия «Издано в МГСУ: Еврокоды»).

# Метод PUSHOVER

ПК ЛИРА-САПР 2017 R1 x64 - Линейная схема

Создание и редактирование    Расширенное редактирование    Расчет    Анализ    Расширенный анализ    Железобетон    Сталь    Кирпич    Сталь    Окно

НДС схемы    Расчет    Мозаика/изопола    Расчет    РСУ    РСН    Рассчитать нагрузку    Мозаика/векторы    Мозаика/векторы    Инерция    Мозаика/изопола    Расчет трещин    Глубина    Ширина    Расстояние    Найти центр    Инструменты

Деформации    ЛИТЕРА (вычисление напряжений)    Устойчивость    Сочетания    Фрагмент    Результат    Инерция    Коэффициенты постели    Разрушение

Линейная схема:1

СЕЙСМИКА по X  
Составляющая 2  
Массы собраны из загрузений: 1

Z  
X

Линейная схема:2

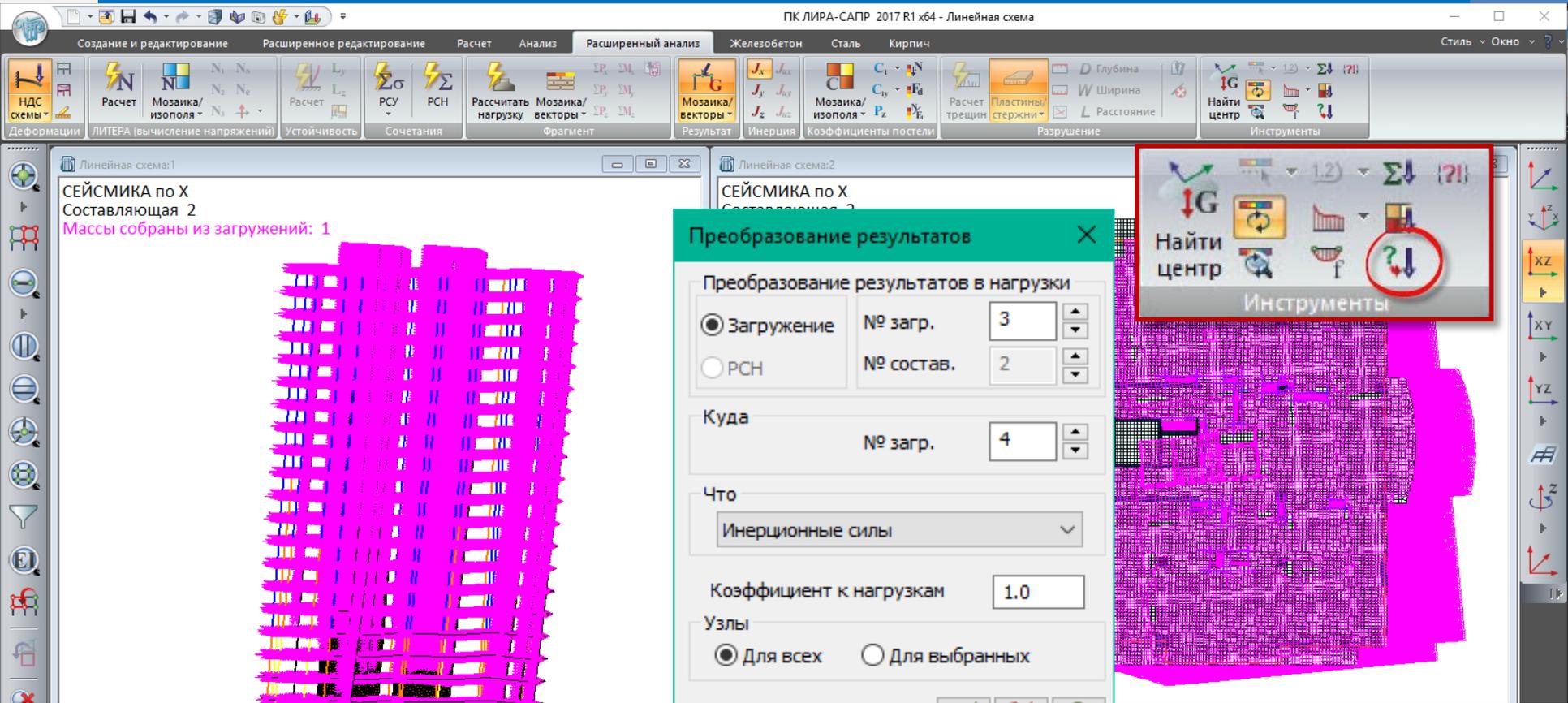
СЕЙСМИКА по X  
Составляющая 2  
Массы собраны из загрузений: 1

Линейная схема: Периоды колебаний (01)

З...	Н п/п	Собств. з...	Рад/с.	Гц.	Периоды	Коеф. ра...	Масса	Сумма м.
3 - (мод. 57)								
3	1	0.364981	2.739872	0.436285	2.292078	0.299134	1.681613	1.681613
3	2	0.324162	3.084881	0.491223	2.035735	1.619855	58.333421	60.015034
3	3	0.297355	3.362986	0.535507	1.867388	-0.889248	10.410027	70.425061
3	4	0.127611	7.836346	1.247826	0.801394	0.195162	0.499345	70.924407
3	5	0.098530	10.149145	1.616106	0.618771	0.659268	11.580772	82.505179
3	6	0.086672	11.537787	1.837227	0.544298	-0.514033	3.941279	86.446458
3	7	0.069810	14.324555	2.280980	0.438408	0.118408	0.174576	86.621033

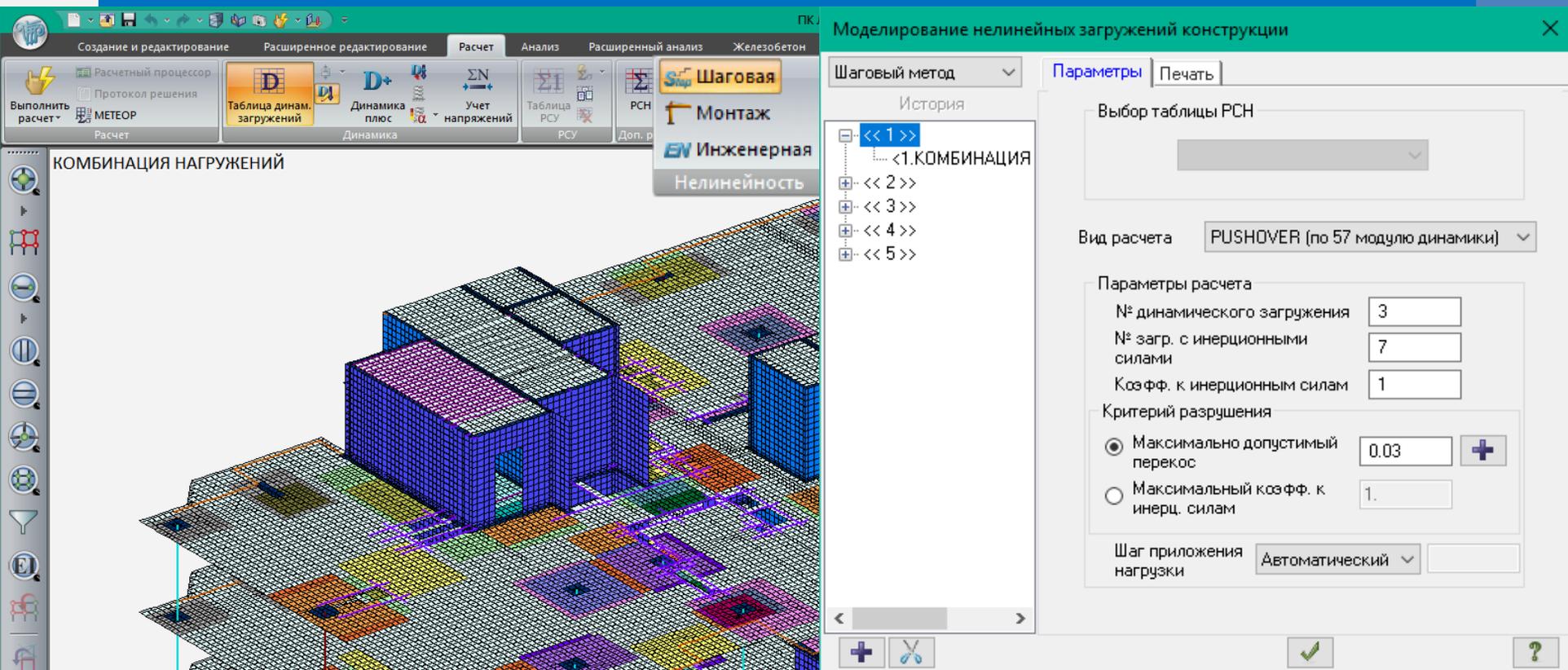
Сейсмические нагрузки

3. СЕЙСМИКА по X    Средн    1.    уз.: 0 / 798173    Эл.: 0 / 1451504    Загр.: 3 / 3



Расчет состоит из следующих этапов:

1. Пользователем формируется многомассовая расчетная модель сооружения и выполняется ее расчет на заданное сейсмическое воздействие в линейной постановке, в результате которого определяются: величины сосредоточенных масс в каждом уровне по высоте; частоты и периоды собственных колебаний; ординаты форм собственных колебаний; величины инерционных сил в каждом уровне по высоте; а также выполнен расчет конструирования, подобраны площади арматуры для железобетонных конструкций.
2. Т.к. реакция конструкций или кривая «способности» зависит от выбранной схемы распределения горизонтальных сил. Из всех вычисленных форм собственных колебаний выбирается форма, имеющая наибольший модальный вклад. Инерционные силы от выбранной составляющей передаются в отдельное загрузку.



Далее линейная расчетная модель преобразуется в физически нелинейную, где формируется история ее нагружения, в которую последовательно входят: полная вертикальная нагрузка; пошагово прилагаемые горизонтальные сейсмические силы, соответствующие форме собственных колебаний с наибольшей модальной массой.

Количество историй нагружений не ограничено. В рамках одной расчетной модели можно рассматривать различные варианты приложения сейсмической нагрузки.

Реализовано два механизма наращивания сейсмической нагрузки, которые служат критерием оценки состояния схемы:

- первый вариант, на основании заданных предельных перекося этажей, при достижении которых наращивание инерционных сил прекращается;
- второй вариант, непосредственно задание пользователем коэффициента к инерционным силам.



ПК ЛИРА-САПР 2017 R1 x64

Создание и редактирование | Расширенное редактирование | Расчет | Анализ | Расширенный анализ | Железобетон | Сталь | Кирпич | Стиль | Окно | ? | - | + | X

Жесткости | Варианты | Тип | Бетон | Блоки | Расчет | Прочность | Площадь | X | Y | Расчет | Эпюры/мозаика | Симметрия | Балка | Колонна | Открыть в САПФИР | Шкала | Документация | Таблицы

Расчет | Арматура | Армирование пластин | Продавливание | Армирование стержней | Инструменты

Унификация элементов

Вариант конструирования:  
 Для всех | Номер: |  
 Новая группа | 25

Тип унификации элементов  
 Единое сечение для всей группы  
 Унификация по отдельным сечениям  
 Унификация по сечениям с учетом симметрии

Имя:	Р....	Жесткость:	Материалы:
У11	-	12. Пластина Н 20	Оболочка,В25,А-
У21	-	12. Пластина Н 20	Оболочка,В25,А-
У31	-	12. Пластина Н 20	Оболочка,В25,А-
У41	-	12. Пластина Н 20	Оболочка,В25,А-
У51	-	12. Пластина Н 20	Оболочка,В25,А-
У61	-	12. Пластина Н 20	Оболочка,В25,А-
У71	-	12. Пластина Н 20	Оболочка,В25,А-
У81	-	12. Пластина Н 20	Оболочка,В25,А-
У91	-	12. Пластина Н 20	Оболочка,В25,А-
УБ101	2	8. Брус 40 X 50	Балка,В25,А-III,А
УБ111	2	8. Брус 40 X 50	Балка,В25,А-III,А
УБ121	2	8. Брус 40 X 50	Балка,В25,А-III,А
УБ131	2	8. Брус 40 X 50	Балка,В25,А-III,А
УБ141	2	8. Брус 40 X 50	Балка,В25,А-III,А
УБ151	2	8. Брус 40 X 50	Балка,В25,А-III,А
УБ161	2	8. Брус 40 X 50	Балка,В25,А-III,А
УБ171	2	8. Брус 40 X 50	Балка,В25,А-III,А
УБ181	2	8. Брус 40 X 50	Балка,В25,А-III,А
УБ191	2	8. Брус 40 X 50	Балка,В25,А-III,А

Напомню, что в ПК ЛИРА-САПР уже давно существует механизм автоматического создания физически нелинейной модели с готовым набором нелинейных жесткостей. Законы деформирования основного и армирующего материала, а также подобранная арматура передаются из линейной схемы, для которой выполнен подбор требуемого армирования. При формировании файла эти жесткости назначаются элементам схемы автоматически. Для того, чтобы воспользоваться данной функцией необходимо при расчете конструирования железобетона использовать унификацию элементов.



The screenshot displays the software interface for the PUSHOVER method. The main window shows a structural grid model with various elements highlighted in different colors. Two dialog boxes are open:

- Жесткости и материалы (Stiffness and materials):** This dialog is used to assign stiffness and material properties to elements. It includes a list of stiffness types (e.g., 15. Брус 60 X 50, 22. Пластина Н 20) and material properties (e.g., 2. Колонна рядо..., 1. В35, 1. А500.А500.А...). A red circle highlights the 'Назначить текущим' (Assign current) button.
- Замена жесткостей (Replace stiffness):** This dialog is used to replace existing stiffness values. It includes options for importing stiffness from results (static or dynamic calculation, or reinforced concrete/steel structures), a dropdown for the result type (currently 'Симметрия'), and a section for coefficients relative to reinforcement (currently set to 1.2 for all reinforcement).

Доступ к настройкам осуществляется в режиме конструирования железобетона. В меню «Жесткости и материалы» есть кнопка «Замена жесткостей». Кроме того, за счет коэффициентов, подобранную площадь армирования можно максимально приблизить к реальной, таким образом учесть конструктивное армирование.



ПК ЛИРА-САПР 2017 R1 x64 - [PUSHOVER] Работа с узлами

Создание и редактирование Расширенное редактирование Расчет Анализ Расширенный анализ Железобетон Сталь Кирпич Узлы

Выполнить расчет

Расчетный процессор Протокол решения МЕТЕОР Расчет

Таблица динам. нагружений Динамика

Учет напряжений

Таблица РСУ РСУ

РЧН

Шаговая

Монтаж

Инженерная

Доп. загрузки

Доп. расчеты

Нелинейность

Стадии

Группы

Доп. загрузки

Монтаж

Редактирование перекосов

Добавить узлы перекосов

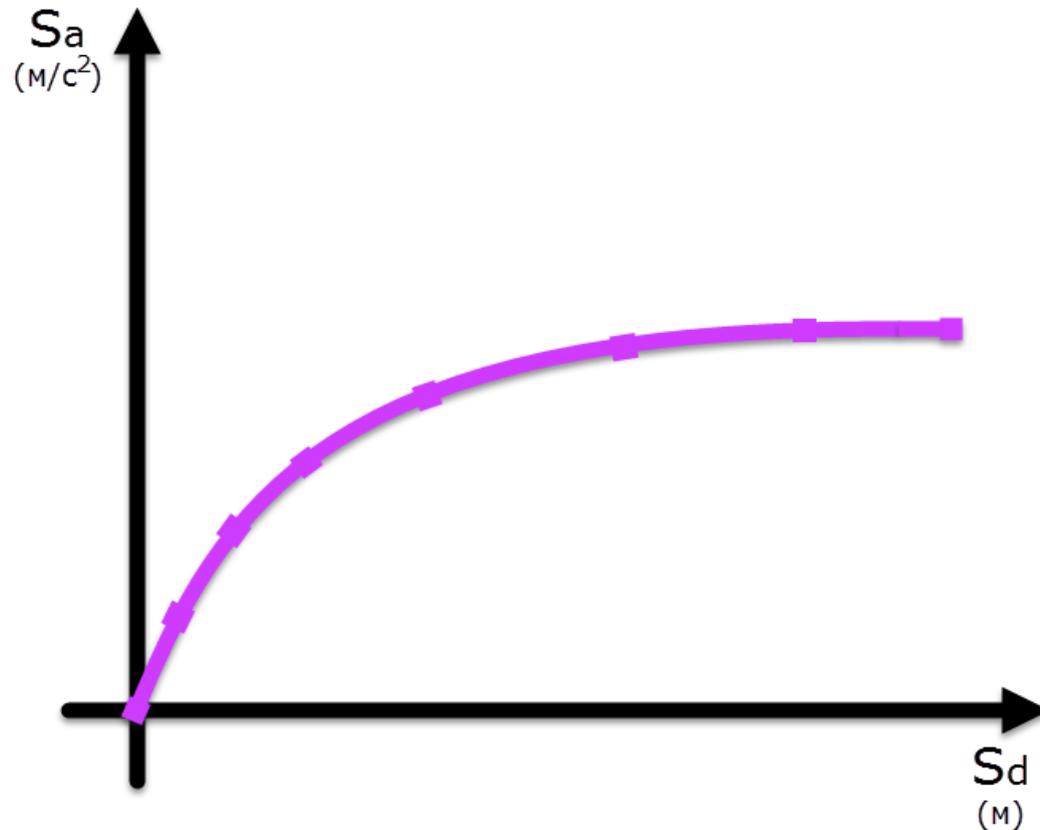
Отметка узлов для задания перекосов

Корректировка узлов перекосов

Узлы	L	Перекос
375, 24335	3.4	
24335, 53992	4.5	
53992, 82347	3.6	
82347, 110702	3.6	
110702, 137755	3	
137755, 164808	3	
164808, 191861	3	
191861, 218914	3	
218914, 245967	3	
245967, 273020	3	
273020, 300073	3	
300073, 327126	3	
327126, 354179	3	
354179, 381232	3	
381232, 408285	3	

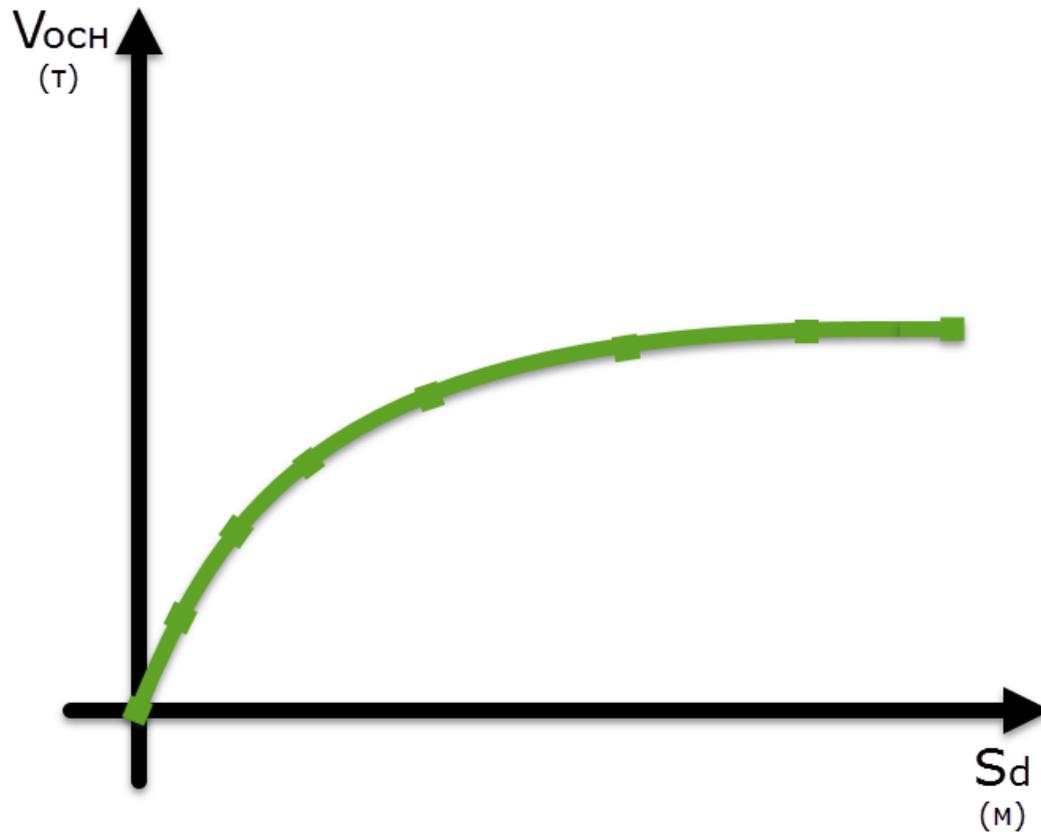
В качестве критерия для оценки состояния схемы (разрушения)/остановки расчета служат предельные перекосы этажей, заданные пользователем или же максимальный коэффициент к инерционным силам, при достижении которого расчет прерывается.

Для контроля предельных перекосов этажей создан специальный инструмент. Задание пар узлов, которые будут определять высоту этажа можно выполнить непосредственно одиночным указыванием, или же воспользоваться специальным фильтром, который позволяет выделить группы узлов на уровне пересечения с горизонтальными элементами схемы, балками и плитами. Таким образом можно за один раз добавить список для плети колонн по всем этажам здания. Автоматический поиск узлов выполняется не только для пересечения колонн, но и для стен.



Результаты нелинейного расчета на каждом шаге наращивания инерционной нагрузки многомассовой расчетной модели подвергаются преобразованиям, позволяющим для этой модели получить два обобщенных графика:

Первый – **спектр ускорения** – график в координатах «ускорение  $S_a$  – перемещение  $S_d$ »



Второй – **спектр несущей способности** – график в координатах «горизонтальная сила  $V$  – перемещение  $S_d$ ». Данный график получается автоматически, путем умножения полученных ускорений на модальную массу.

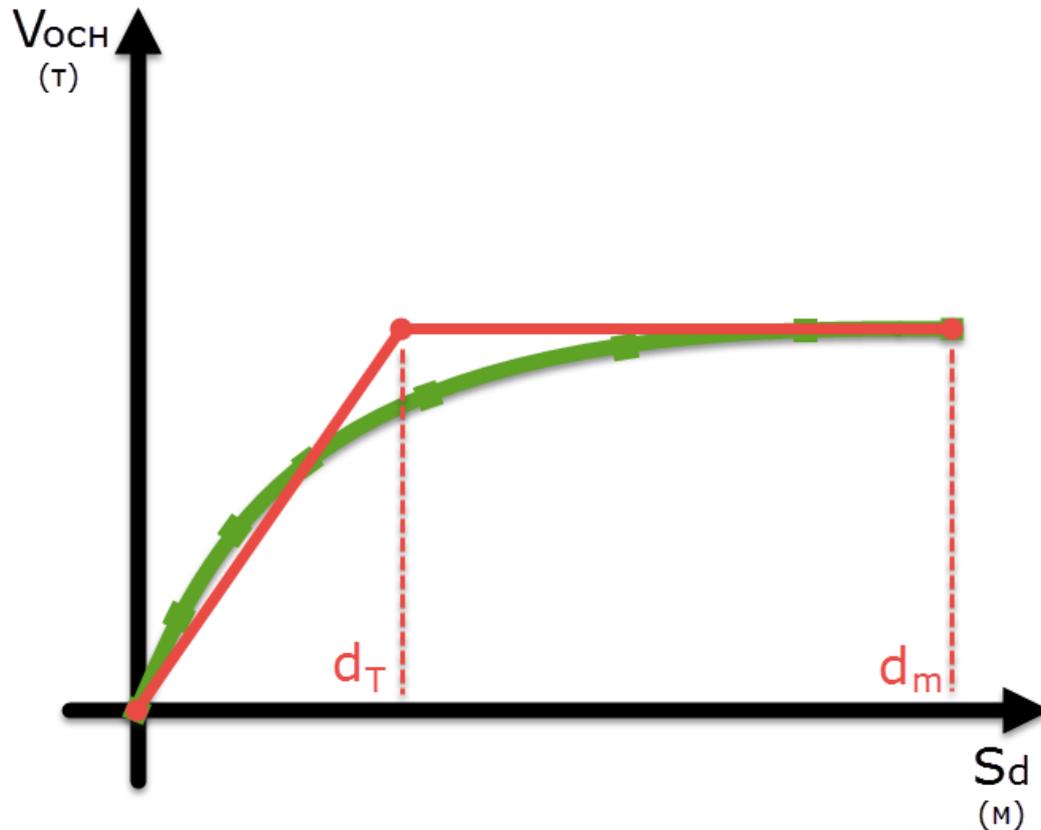
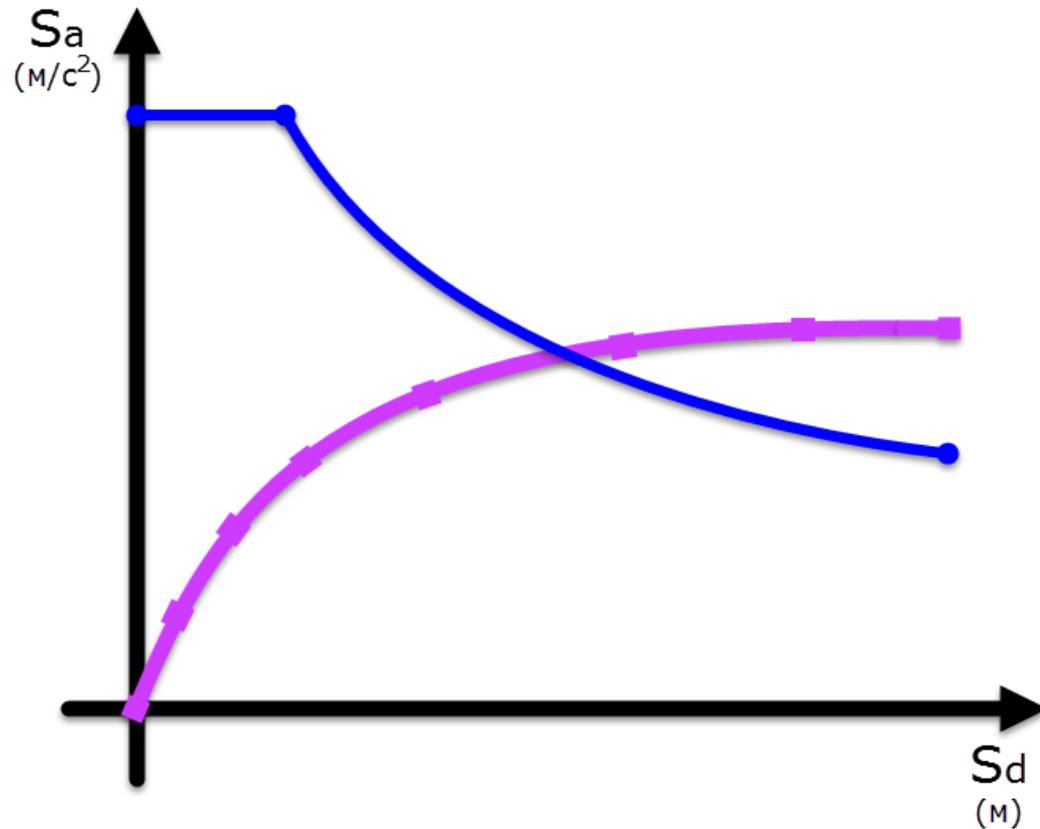
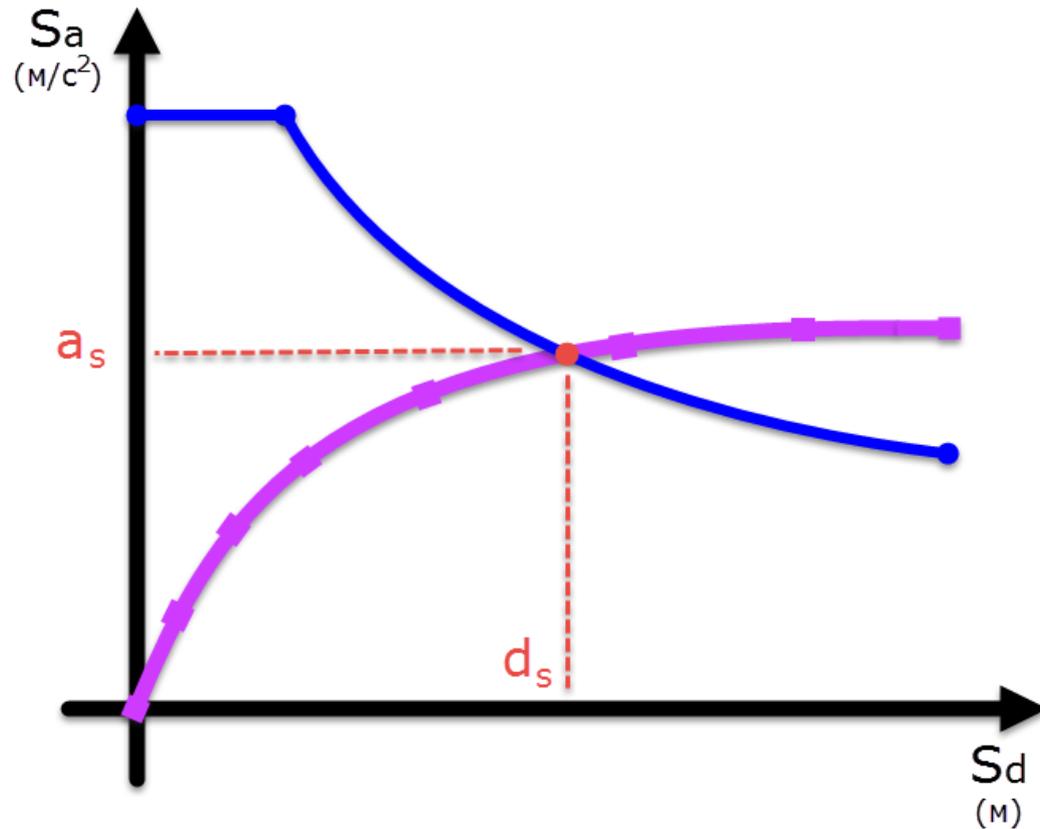


График «горизонтальная сила  $V$  – перемещение  $S_d$ » преобразуется к билинейному виду на основании равенства площадей (энергий  $E$ ) нелинейного и билинейного графиков. При этом на билинейном графике появляется промежуточная точка – перемещение податливости  $dt$ , которое определяется по следующей формуле:  $dt = 2 * (dm - E/Vm)$ .

Далее определяется коэффициент податливости системы соотношением перемещения на последнем шаге и перемещением податливости, по формуле:  $\mu = dm / dt$ .



Для полученного коэффициента податливости  $\mu$  ( $\mu = 1; 2; 4; 6$ ) выбирается график нормативной зависимости «ускорение  $S_a$  – перемещение  $S_d$ », его еще называют графиком сейсмического «требования». Для промежуточных значений  $\mu$  график строится по интерполяции. После кривая «способности» - график  $S_a(S_d)$ , полученный в результате нелинейного расчета и сейсмическое «требование» вычерчивается в одной и той же координатной системе.

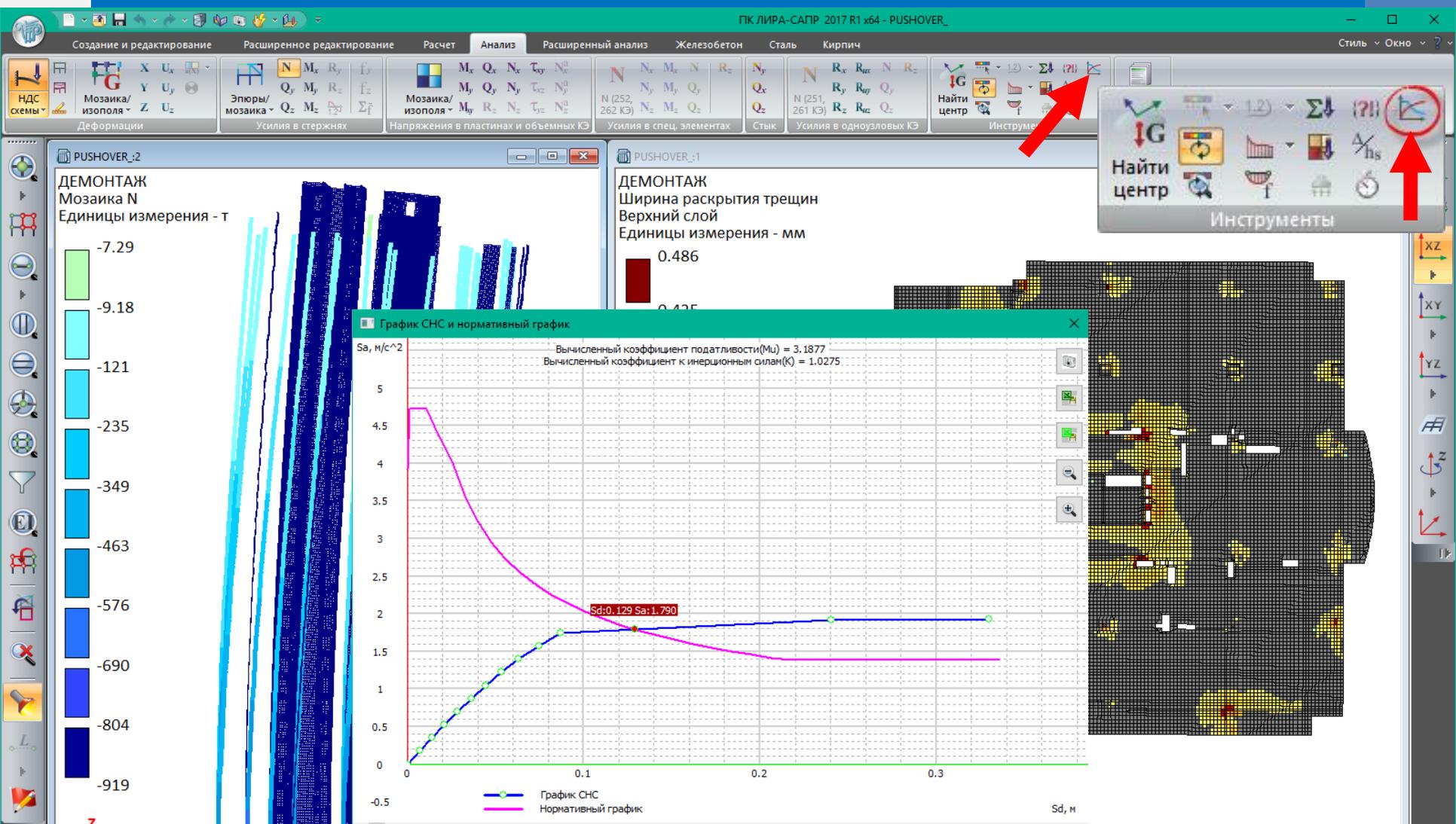


Точка пересечения нормативного и нелинейного графиков называется точкой состояния:

$d_s$  - искомое обобщенное нелинейное перемещение, при котором определяется НДС всей конструкции;  
 $a_s$  - соответствующее ускорение, при котором определяется НДС всей конструкции.

Перемещение  $d_s$  - это и есть искомое обобщенное нелинейное перемещение, при котором определяется НДС всей конструкции. Горизонтальная сила состояния  $V_s = a_s * M$ .

На основании величины  $d_s$  процессор корректирует шаг нелинейного расчета в области пересечения с графиком сейсмического требования и получает необходимое НДС всей схемы.



В результатах расчета **PUSHOVER**, как и для любой физически нелинейной схемы, можно просмотреть результирующие перемещения по истории нагружения, проанализировать усилия в элементах схемы, оценить состояние материалов, т.е. получить информацию о разрушенных элементах. А также построить график «Спектр несущей способности».



ЛИРА-САПР - E:\Результаты 2017\PUSHOVER\_01.PUSHOVER

Файл Редактировать Опции Окно ?



13:31 Контроль решения

Максимальный перекоc 0.0146422 достигнут в паре узлов (№4 №7)

13:31 Суммирование результатов

Величина выполненного шага = 0.0497021; Величина всех выполненных шагов = 0.997163

НЕЛИНЕЙНОЕ ЗАГРУЖЕНИЕ 1. Pushover. шаг 7

13:31 Пересчет жесткостных характеристик элементов

13:31 Формирование матрицы жесткости

13:31 Разложение матрицы жесткости

13:31 Вычисление неизвестных

13:31 Контроль решения

Максимальный перекоc 0.03 достигнут в паре узлов (№5 №8)

13:31 Суммирование результатов

Величина выполненного шага = 0.0311458; Величина всех выполненных шагов = 1.02831

НЕЛИНЕЙНОЕ ЗАГРУЖЕНИЕ 1. Pushover. Вычисленный коэффициент податливости  $M_u = 3.81436$

НЕЛИНЕЙНОЕ ЗАГРУЖЕНИЕ 1. Pushover. Вычисленный коэффициент к инерционным силам = 0.928683

НЕЛИНЕЙНОЕ ЗАГРУЖЕНИЕ 1. Pushover. Вычисление окончательного результата

13:31 Пересчет жесткостных характеристик элементов

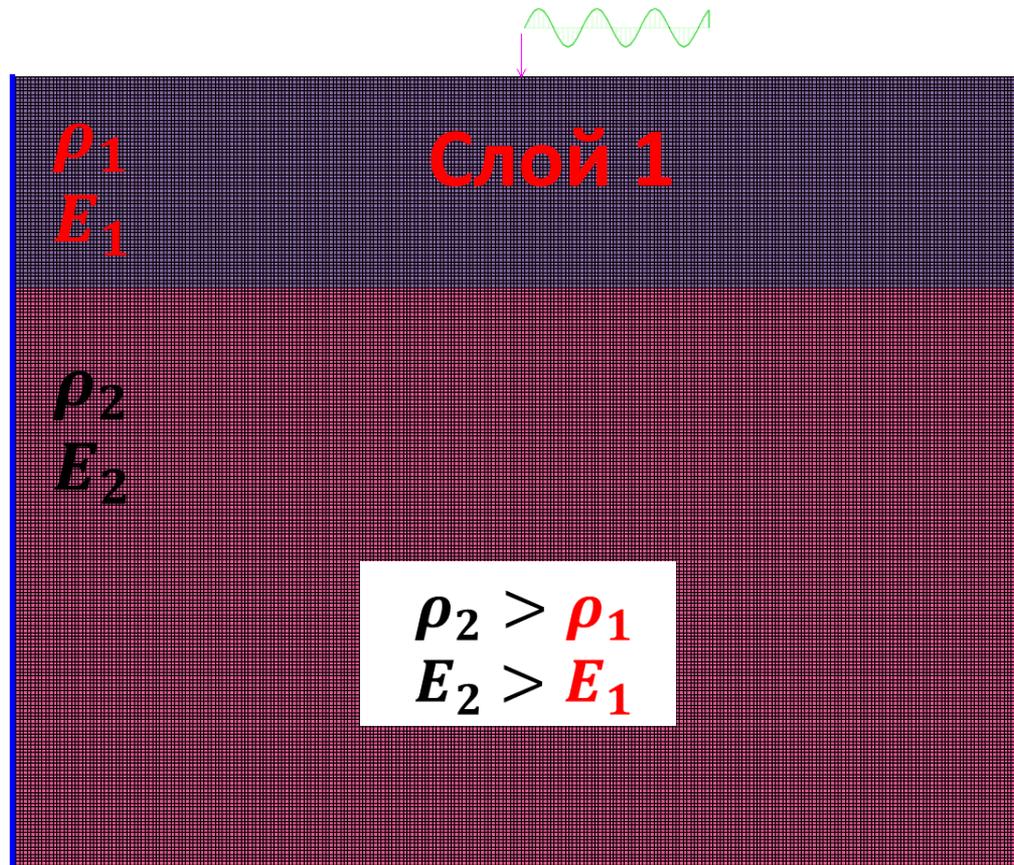
13:31 Контроль решения

13:31 Пересчет жесткостных характеристик элементов

Также для анализа будет полезны просмотреть протокол выполнения решения задачи.

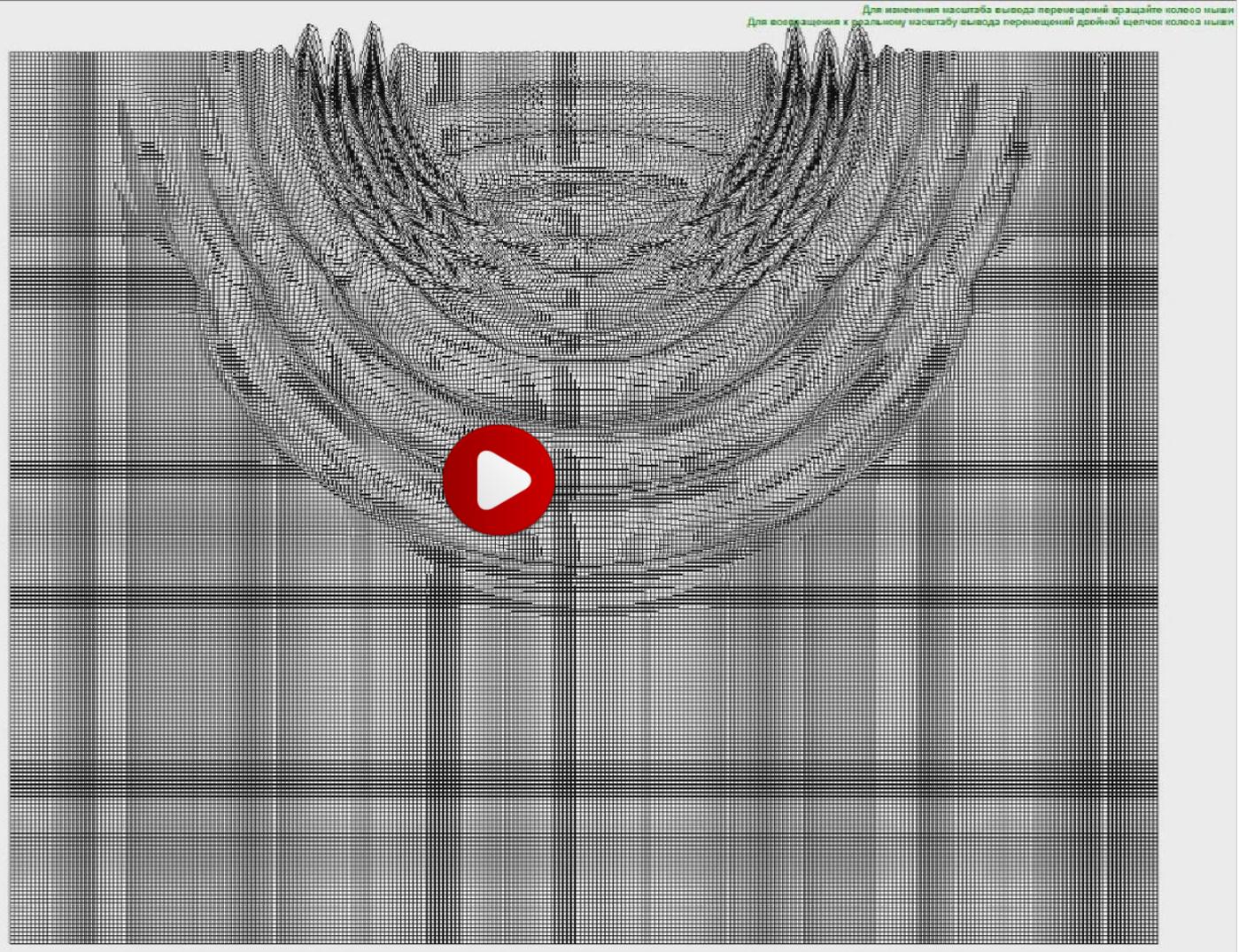
На данном слайде представлен фрагмент протокола расчета, в котором видно для какой пары узлов достигнут предельный перекоc, коэффициент податливости схемы, какой коэффициент к инерционным силам получен.

Напомним: полученный коэффициент податливости  $M_u$  – это обратная величина коэффициента допускаемых повреждений  $K_1$  (в данном случае  $K_1 = 1/M_u = 1/3.814 = 0.262$ ).



Расширены возможности МКЭ-процессора в области решения задач динамики во времени (ДИНАМИКА плюс). Эта система позволяет рассчитать на динамические воздействия нелинейно деформируемые конструкции (с односторонними связями, физически нелинейные системы и т.п.). Решение таких задач выполняется методом прямого интегрирования уравнений движения.

Более наглядно, расчетные возможности данной системы, можно продемонстрировать на примере простой задачи, которая представляет собой колебание двух сред. Одна из которых более плотная и обладает большей жесткостью по сравнению с другой. Колебания вызваны путем приложения узловой гармонической нагрузки на протяжении нескольких долей секунд.



Скорость распространения волн в плотной среде выше. Длина волны увеличилась. Видна отраженная волна от более плотной среды.

В данном случае размеры массива подобраны так, чтобы за рассматриваемое время (время интегрирования) волна не успела дойти до границы массива и отразиться.



Взаимодействие сооружения с грунтовым основанием можно описать 2 методами – прямой метод и метод подсистем. Прямой метод предполагает рассмотрение большой области грунтового массива, что приводит к увеличению количества неизвестных, особенно при решении пространственных задач.

Для решения динамических задач о взаимодействии системы «здание-фундамент-основание» с применением модуля «Динамика+» реализован метод подсистем. Метод подсистем предполагает, что точные граничные условия выражаются в матрице динамической жесткости  $[S(t)^\infty]$ .

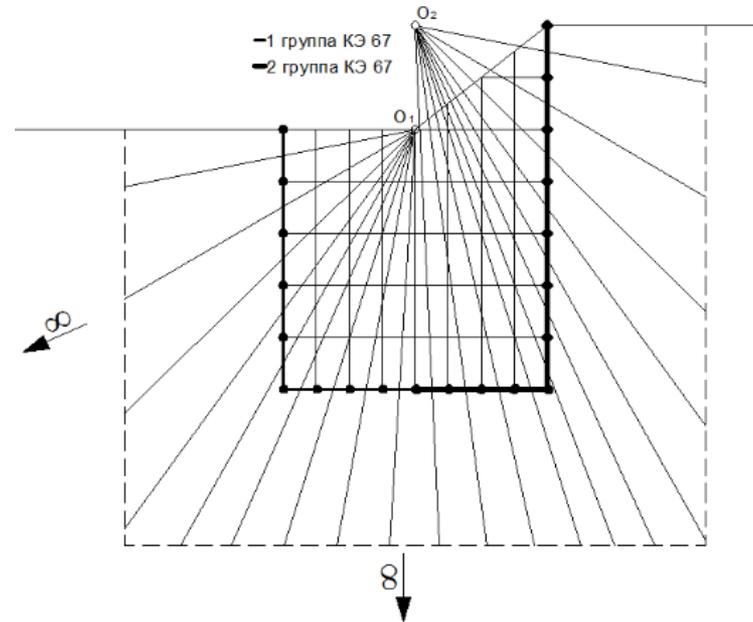
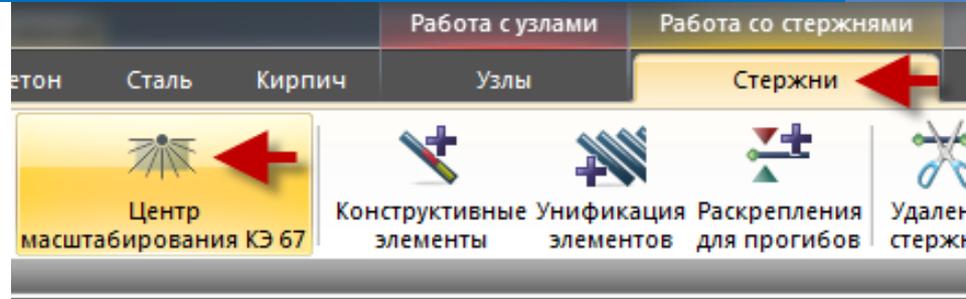
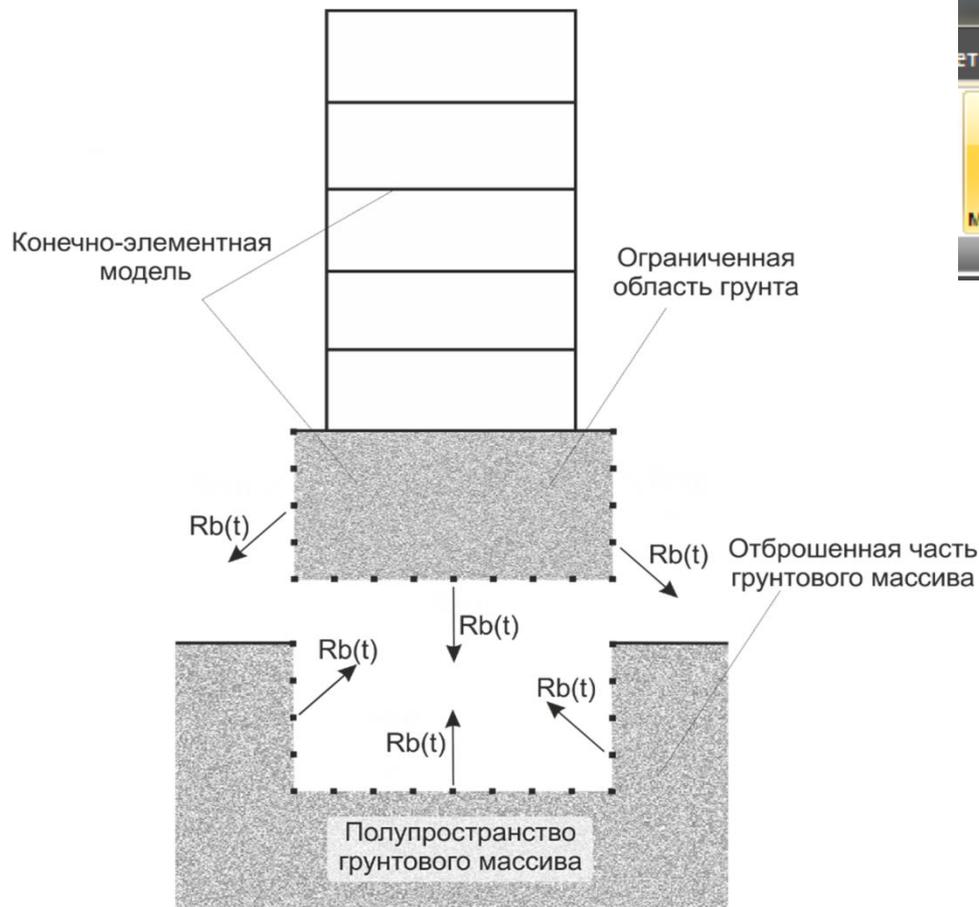
Соединение между двумя частями грунтового массива обеспечивается вектором взаимодействия:

$$\{R(t)\} = \int_0^t [M^\infty(\tau)] \{\ddot{u}(t - \tau)\} dt$$

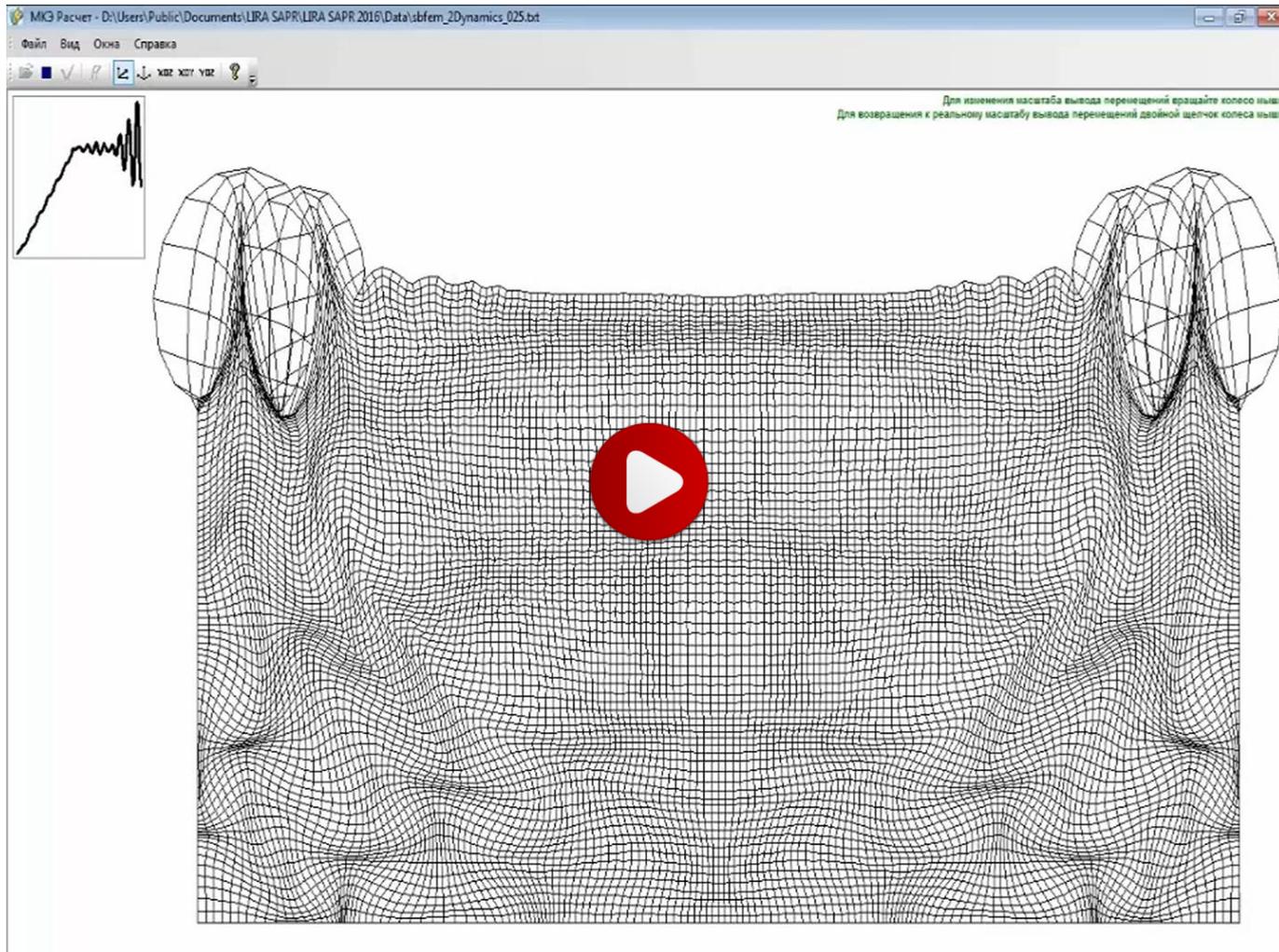
где  $[M^\infty(\tau)]$  – матрица отклика ускорений, которая определяется как:

$$\int_0^t [m^\infty(t - \tau)] [m^\infty(\tau)] dt + t \int_0^t [m^\infty(\tau)] dt + [e^1] \int_0^t \int_0^\tau [m^\infty(\tau)] dt d\tau + [e^1]^T \int_0^t \int_0^\tau [m^\infty(\tau)] dt d\tau - \frac{t^3}{6} [e^2] H(t) - t [m^0] H(t) = 0$$

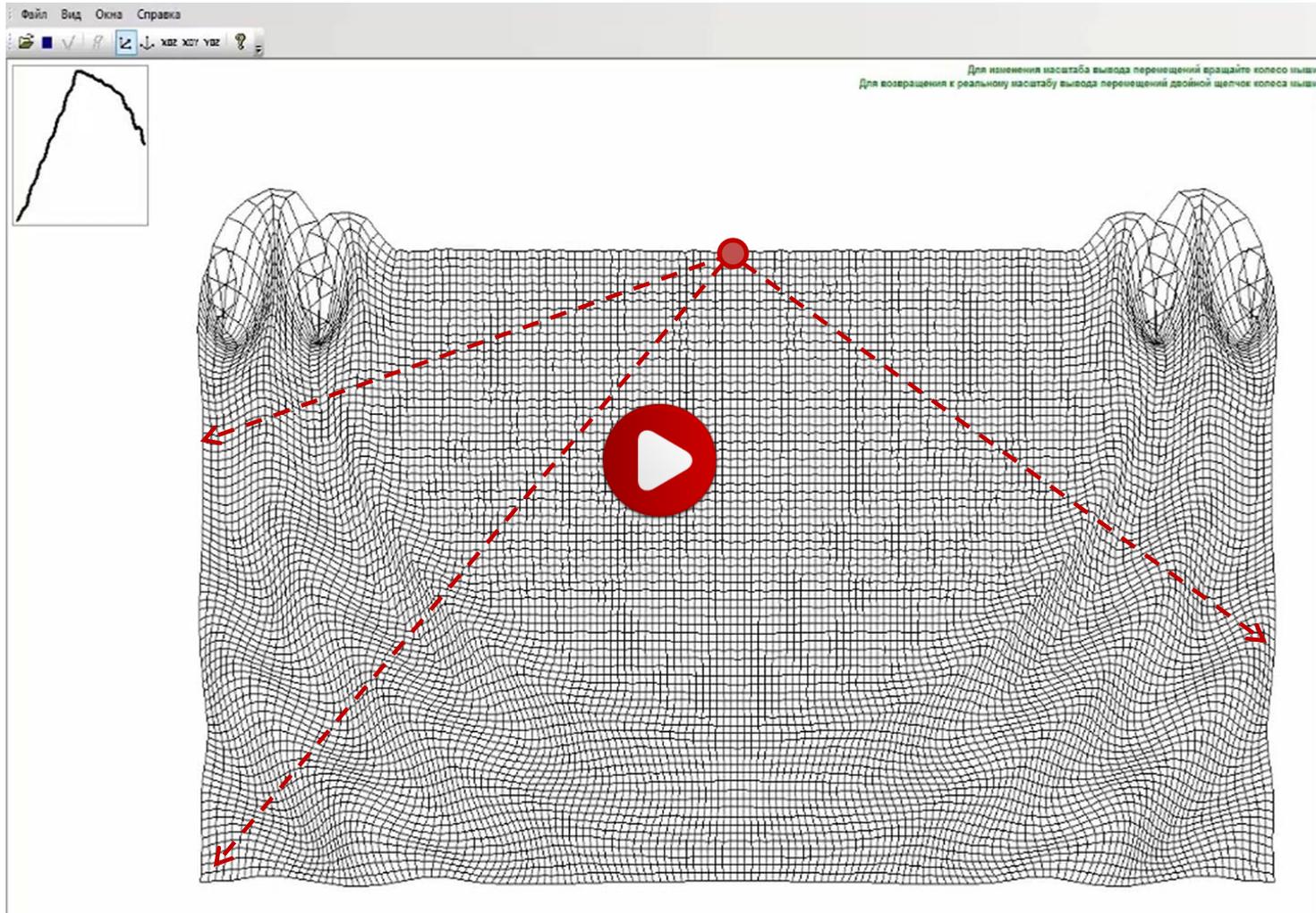
где  $[m^\infty(\tau)]$  – матрица отклика ускорений в преобразованных координатах,  $[e^1]$ ,  $[e^2]$ ,  $[m^0]$  – матрицы коэффициентов,  $H(t)$  – функция Хевисайда.



На основании зависимостей, указанных на предыдущем слайде, в ПК ЛИРА-САПР реализованы элементы, моделирующие взаимодействие ограниченной части грунтового массива и остальной части полупространства: двухузловой (КЭ 67) для решения плоской задачи, трех- и четырехузловой (КЭ 82, 84) для решения пространственных задач. Данные элементы позволяют смоделировать безграничную область грунтового массива. Для их корректной работы необходимо задать вектор взаимодействия рассматриваемой области и отброшенного безграничного массива. Соответствующее меню можно вызвать из контекстной вкладки «Стержни» (появится на экране, если на схеме выделить стержневые элементы).



Если пользоваться граничными условиями по линии обреза грунтового массива в виде несмещаемых связей, то на границе обреза волна отражается и возвращается обратно, что существенно сказывается на рассматриваемом фрагменте схемы и НДС в нём. При этом на графике кинетической энергии видим не затухающий процесс. В такой постановке (прямой метод) необходимо задать размер массива, чтобы за время интегрирования волна не успела дойти до границы массива и отразиться.



Во втором примере зададим граничные условия новыми КЭ 67. Центр из которого выходит вектор взаимодействия (и проходит через центр тяжести КЭ неотражающих границ) зададим в узле, где приложена гармоническая нагрузка. Как видим, эти элементы являются прозрачными для прохождения волн. На графике кинетической энергии видим затухающий процесс (волны уходят за пределы рассматриваемого массива).



**Уравнение движения системы**  $[M]\{\ddot{u}\} + [C]\{\dot{u}\} + [K]\{u\} = \{P_t\}$

где  $[M]$  – матрица массы,  $[C]$  – матрица демпфирования,  $[K]$  – матрица жёсткости,  $\{P_t\}$  – вектор узловых нагрузок, как функция от времени,  $\{\ddot{u}\}$  – вектор узловых ускорений,  $\{\dot{u}\}$  – вектор узловых скоростей,  $\{u\}$  – вектор узловых перемещений.

**Матрица демпфирования**  $[C] = \alpha[M] + \beta[K]$

где  $\alpha$  – коэффициент пропорциональности массы ( $c^{-1}$ ),  $\beta$  – коэффициент пропорциональности жёсткости ( $c$ )

$$\{\phi\}^T [C] \{\phi\} = \begin{bmatrix} \alpha + \beta\omega_1^2 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \alpha + \beta\omega_2^2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & \dots & \alpha + \beta\omega_n^2 \end{bmatrix}$$

Ортогональное преобразование матрицы демпфирования сводит матрицу  $[C]$  к форме

$$2\zeta_i\omega_i = \alpha + \beta\omega_i^2$$

Коэффициент демпфирования пропорционален частоте системы

$$\zeta_i = \frac{\alpha}{2\omega_i} + \frac{\beta\omega_i}{2}$$

Для учета способности зданий и сооружений рассеивать энергию за счет материального демпфирования, реализовано демпфирование по Рэлею, которое известно как пропорциональное демпфирование, выражающееся через линейную комбинацию матриц жесткости и масс.



**Кривая Рэлея** представлена на графике (следующий слайд), выделена зеленым цветом. Из графика видно, что коэффициент материального демпфирования  $\zeta$  любой моды изменяется с частотой.

Обратим внимание, что для первых (низших) частот график функции не линеен, а для более высоких – линеен. Другими словами, если система очень гибкая (гибкие антенны, очень длинные сваи, высокие трубы) и имеет небольшие низшие частоты, то она будет показывать нелинейные свойства демпфирования и будет меняться к линейным по мере возрастания собственных частот.

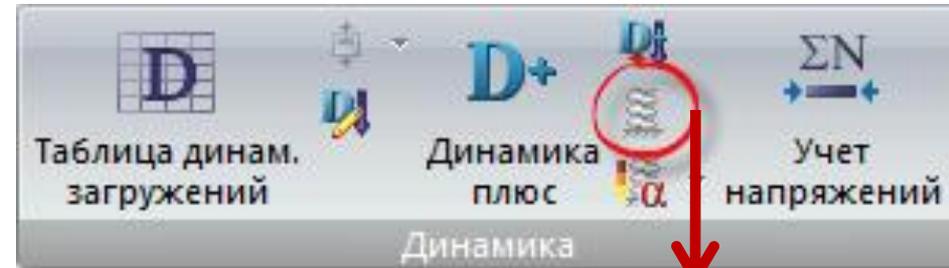
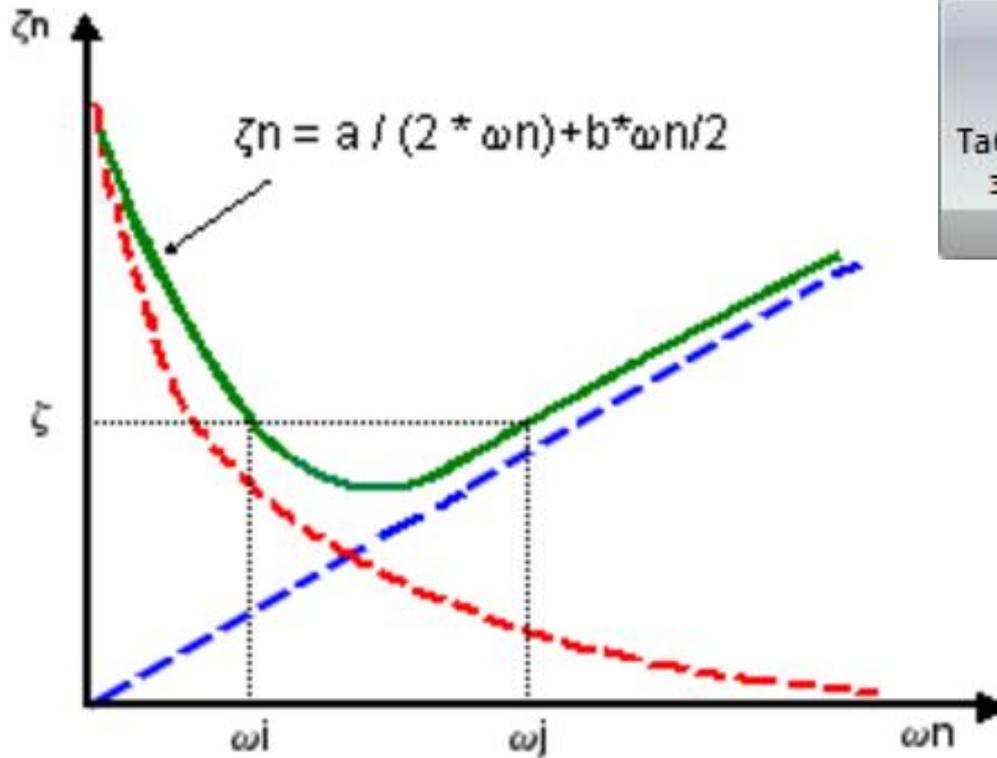
Однако, большинство конструкций обычно проектируются так, что бы иметь достаточную жесткость и соответственно имеют значительно высокие низшие частоты. Более того, принимая тот факт, что нелинейный фактор будет слишком мал для стандартных конструкций, не будет ошибочным предположить, что коэффициент демпфирования каждой моды линейно зависим от частоты системы.

Если коэффициент демпфирования  $\xi$  является постоянным, тогда коэффициенты альфа и бета можно представить следующими зависимостями, как показано на слайде ниже. Материальные коэффициенты демпфирования для бетона, стали, алюминия, практически всегда находятся в диапазоне до 10%.

Данный подход требует вычисления собственных частот системы и выбор определяющих для вычисления коэффициентов альфа и бета. С увеличением числа степеней свободы колебательной системы будет непросто выделить доминирующие собственные частоты. Поэтому для поиска решения скорее всего понадобится расчет нескольких схем, с различными коэффициентами альфа и бета.

Значение ординаты кривой Рэлея от  $\omega_i$  и  $\omega_j$  меньше физического значения коэффициента демпфирования, а вне интервала – больше. Поэтому стараются задать частоту  $\omega_i$  на нижней границе физического диапазона воздействия, но по возможности ближе к первой частоте системы. Частоту  $\omega_j$  выбирают на верхней границе физически значимого диапазона (например, для сеймики часто на уровне 35Гц). Следует отметить, что для частот в заданном диапазоне диссипация будет заниженной, а для других завышенной.

В рамках одной расчетной модели допускается использование различных коэффициентов альфа и бета. Демпфирующие характеристики назначаются как свойство элементов схемы. Такая необходимость может возникнуть при решении комбинированных схем, т.к. коэффициент вязкостного демпфирования зависит от материала конструкции.



**Коэффициенты Рэля** ✕

Кэфф. Рэля: Alpha

Кэфф. Рэля: Beta

Если обе моды имеют одинаковый коэффициент демпфирования ( $\zeta_i = \zeta_j = \zeta$ ), то значения  $\alpha$  и  $\beta$  можно представить в виде:

$$\alpha = \zeta \frac{2\omega_i\omega_j}{\omega_i + \omega_j}$$

$$\beta = \zeta \frac{2}{\omega_i + \omega_j}$$

Во вкладке «Расчет» блоке «Динамика» (в ленточном интерфейсе) появилась кнопка для назначения разным элементам коэффициентов  $\alpha$  и  $\beta$ , и кнопка визуализации мозаик назначенных значений.



На одномассовый осциллятор жесткостью  $k=1000$  тс/м и круговой частотой колебаний  $\omega=31.32$  рад/с действует гармоническая нагрузка  $P(t)=P_0\sin(\theta t)=\sin(50t)$ . Коэффициент затухания колебаний  $\zeta=0.1$ . Требуется построить графики перемещений с учетом демпфирования и без него. Аналитическое решение представлено в [1] стр. 48-52.

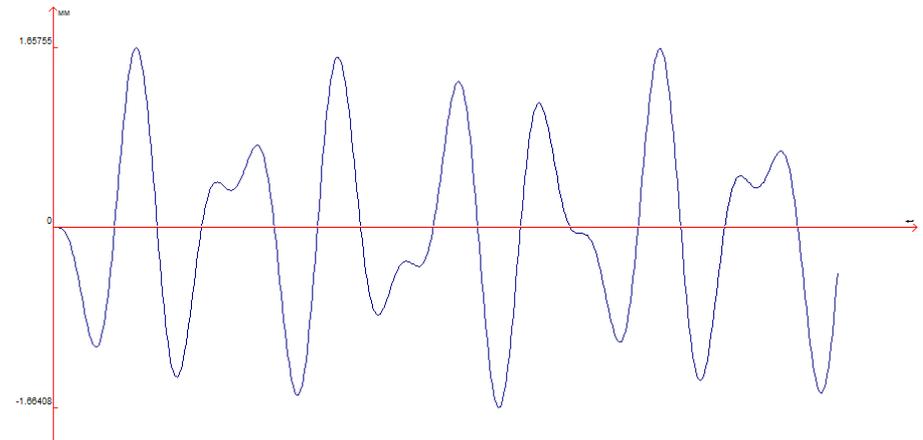
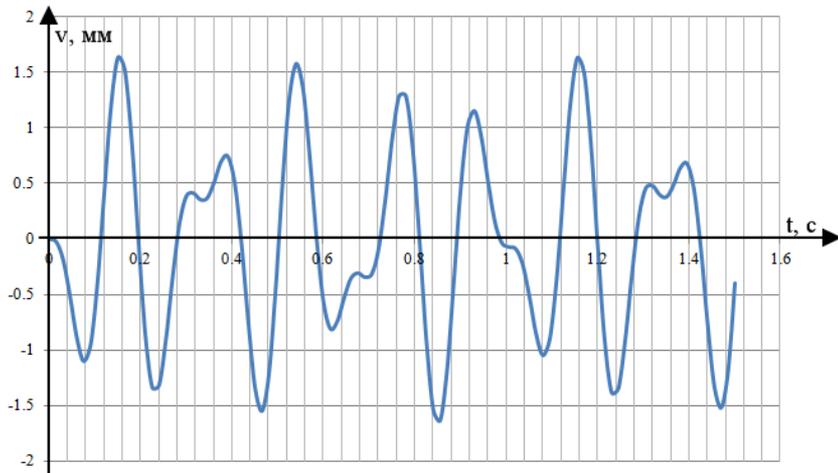


График перемещений, построенный на основании аналитического (слева) и численного (справа) решения задачи без учета демпфирования

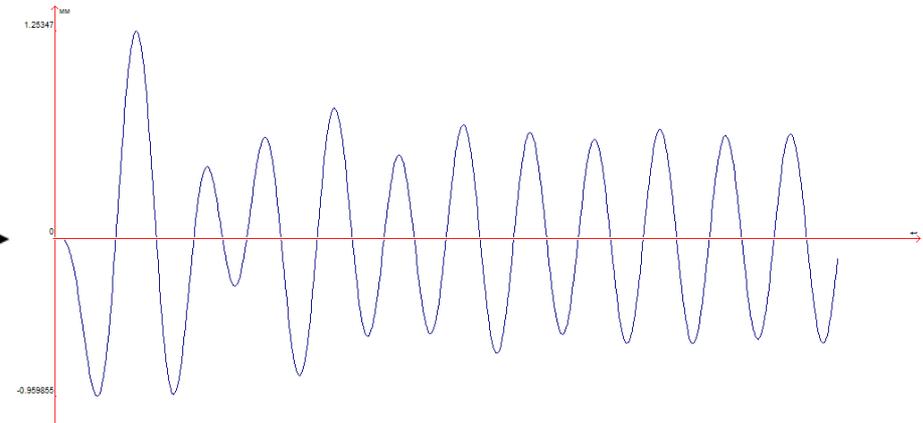
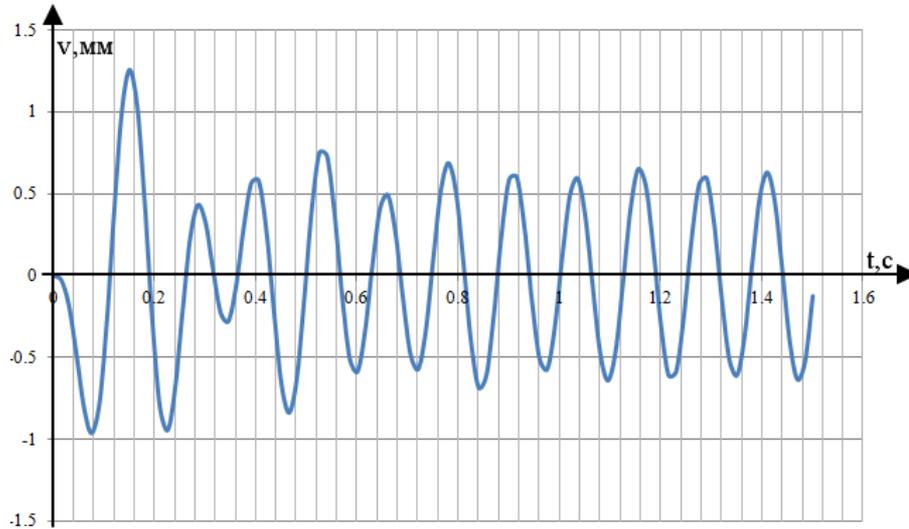
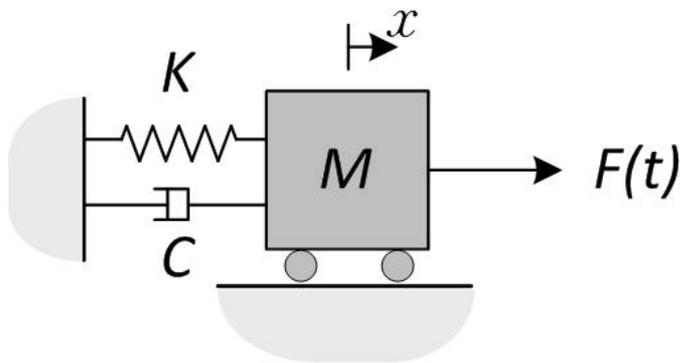


График перемещений, построенный на основании аналитического (слева) и численного (справа) решения задачи с учетом демпфирования

Как видим выше, получены высокие совпадения графиков перемещений по форме и по максимумам

- без учета демпфирования:  $\max = 1.6627/1.6621$  (погрешность 0.036%),  $\min = -1.6707/-1.67$  (погрешность 0.042%)
- с учетом демпфирования:  $\max = 1.2588/1.2567$  (погрешность 0.17%),  $\min = -0.96366/-0.96186$  (погрешность 0.19%)



Потеря энергии за один цикл колебаний в таком элементе может быть определена как

$$W_d = \int F_d dx$$

где  $F_d$  – сила демпфирования.

В линейной математической модели сила вязкого демпфирования  $F_d = C \cdot \dot{x}$ .

Уравнение гармонических колебаний имеет вид  $x = X \cdot \sin(\omega t - \varphi)$ , а скорость движения определяется выражением  $\dot{x} = \omega X \cdot \cos(\omega t - \varphi)$ . Уравнение (4) можно записать в виде

С учетом того, что  $dx = \dot{x} dt$ , можем записать

$$W_d = \int C \dot{x} dx = \int C x^2 dt$$

Тогда потеря энергии за один цикл колебаний равна

$$W_d = C \omega^2 X^2 \int_0^{2\pi/\omega} \cos^2(\omega t - \varphi) dt = \pi C \omega X^2$$

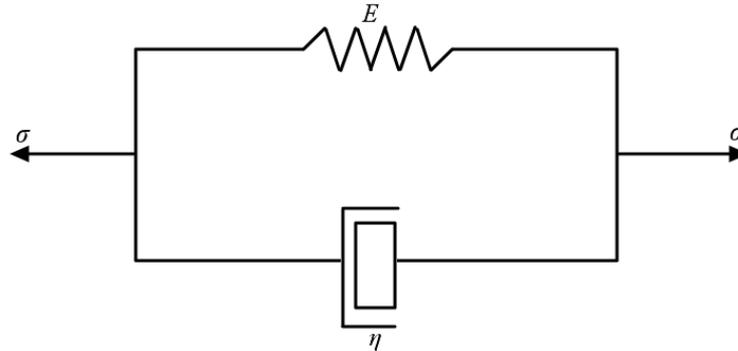
При резонансе  $\omega = \omega_n = \sqrt{\frac{K}{M}}$ , а также  $C = 2\zeta\sqrt{KM}$

$$\dot{x} = \pm \omega X \sqrt{1 - \sin^2(\omega t - \varphi)} = \pm \omega \sqrt{X^2 - x^2}$$

Многие нерезонансные колебательные проблемы не могут быть решены за счет материального демпфирования. Чтобы добавленная система демпфирования была эффективной, увеличение демпфирования должно быть значительно больше, чем первоначальное демпфирование. Наиболее распространенный способ увеличения демпфирования состоит в применении в ответственных местах конструкции специальных демпфирующих устройств, которые включаются в работу каркаса при возникновении динамической нагрузки и поглощают энергию. Именно для этого разработан новый конечный элемент – КЭ 62.



Двухузловой КЭ 62 представляет собой элемент Фойгта, в котором параллельно соединены жесткая пружина с модулем упругости  $E$  и вязкий поршень с динамической вязкостью  $\eta$ .



При таком соединении деформация элементов будет одна и та же:  $\varepsilon = \varepsilon_1 = \varepsilon_2$

общее напряжение состоит из суммы напряжений:  $\sigma = \sigma_1 + \sigma_2$

Учитывая, что  $\sigma_1 = E\varepsilon$  и  $\sigma_2 = \eta\dot{\varepsilon}$

получим:

$$\sigma = E\varepsilon + \eta\dot{\varepsilon}$$

где  $\dot{\varepsilon} = \sigma_0 (1 - e^{-t/\tau})/E$  – скорость изменения деформаций, где  $\tau = \eta/E$  время релаксации

Демпфирующие эффекты обычно представлены идеализированными математическими формулами. Во многих случаях влияния демпфирования в достаточной степени описываются эквивалентными вязкими демпферами. Вязкий демпфер (или амортизатор) создает силу, пропорциональную скорости. Поршень, который может свободно перемещаться внутри цилиндра, заполненного вязкой жидкостью, подобной маслу, является примером вязкого демпфера.



КЭ 62 демпфер

R  т/м

Cd  т\*с/м

Цвет

Комментарий

Сила демпфирования

$$F_d = C\dot{x} = \pm C\omega\sqrt{X^2 - x^2}$$
$$\left(\frac{F_d}{C\omega X}\right)^2 + \left(\frac{x}{X}\right)^2 = 1$$

Другие механизмы диссипации энергии могут быть представлены в виде вязкого демпфера путем приравнивания работы за один цикл, как это сделано для вязкого демпфера

$$W_d = \pi C_{eq} \omega X^2$$

Характеристики элемента вязкого демпфера (КЭ 62) задаются в виде R - жесткости элемента в осевом направлении (т/м) и  $C_d$  - коэффициента вязкого демпфирования (т\*с/м).

Для вычисления коэффициента демпфирования  $C_d$  воспользуемся формулой

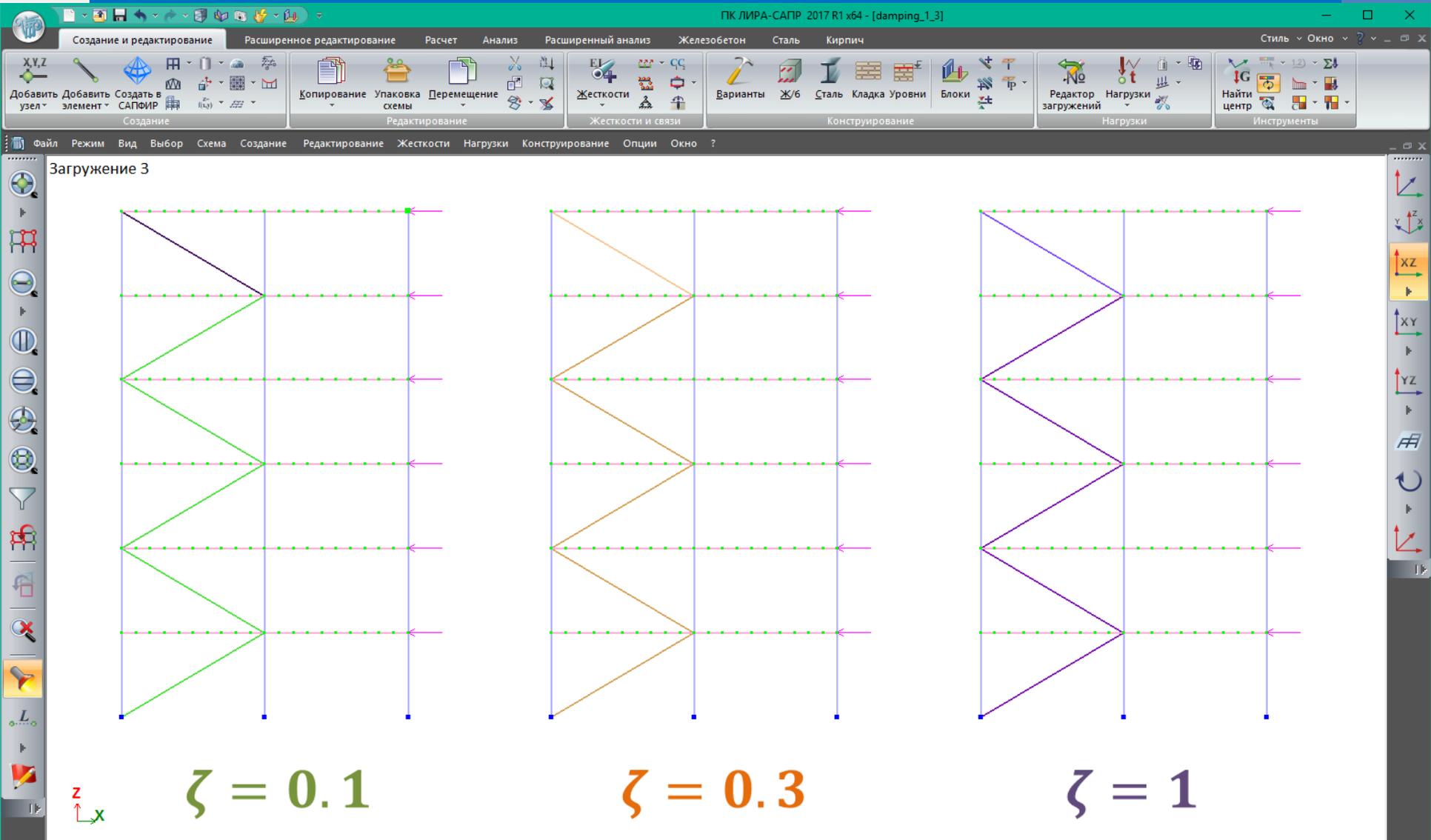
$$C_d = 2\zeta m \omega_n$$

где  $\zeta$  - степень демпфирования, безразмерное отношение коэффициента демпфирования к критическому демпфированию;

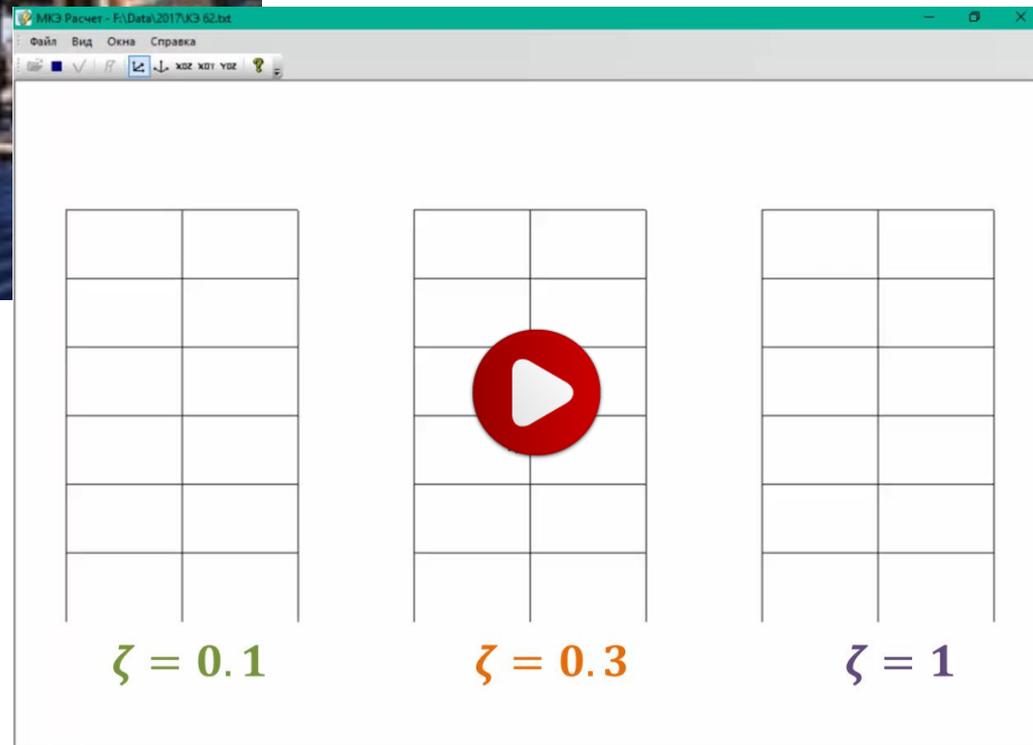
$m$  - масса;

$\omega_n$  - частота собственных колебаний.

Новая версия позволяет учитывать работу специальных демпфирующих элементов с помощью конечного элемента вязкого демпфирования КЭ 62 - двухузловой конечный элемент, для описания работы которого, в расчетной модели необходимо задать его осевую жесткость и коэффициент вязкого демпфирования. Коэффициент демпфирования может быть вычислен из условия, представленного на слайде. Единицы измерения коэффициента вязкостного демпфирования - (сила)/(скорость) или (сила x время)/(длину).



Рассмотрим задачу влияния степени демпфирования для трех рам с КЭ 62. Геометрические и физические характеристики идентичны. Длина пролета - 5м, высота этажа – 3 м, сечение колонн – двутавр № 35К1, сечение балок - двутавр № 30Б1. К обеим рамам приложена одинаковая динамическая нагрузка.



Вот как такое устройство выглядит в натуре.



The screenshot shows the software interface with the 'Расчет' (Calculation) tab selected. A dialog box titled 'Коэффициенты определяющей комбинации' (Coefficients of the determining combination) is open, displaying a table with the following data:

№ згр.	Козф.	Наименование
1	1	Собственный вес
2	0.9	Нагрузки от стен
3	0.7	Нагрузки от плит

Buttons 'Подтвердить' (Confirm) and 'Закрыть' (Close) are visible at the bottom of the dialog box. The background interface shows various calculation options like 'Динамика плюс', 'Учет напряжений', 'Таблица РСУ', 'РСН', 'Шаговая', 'Монтаж', and 'Инженерн'.

Стоит напомнить, что данная функция появилась в версии Лира-САПР 2016

Она позволяет выполнять решение линейных (и только линейных) задач с учетом продольных усилий и нормальных напряжений, возникших в элементах схемы в результате расчета на определяющую комбинацию статических нагрузений. Определяющая комбинация формируется как линейная комбинация заданных статических нагрузений с указанными коэффициентами.

После расчета линейной задачи на определяющую комбинацию фиксируется новая матрица жесткости, составленная с учетом продольных усилий в стержнях и нормальных напряжений в пластинах. Дальнейший расчет с новой матрицей выполняется обычным способом. Допускается вычисление РСУ, РСН, динамические воздействия и конструирование.

Во вкладке «Расчет» блоке «Динамика» кнопка «Учет напряжений».

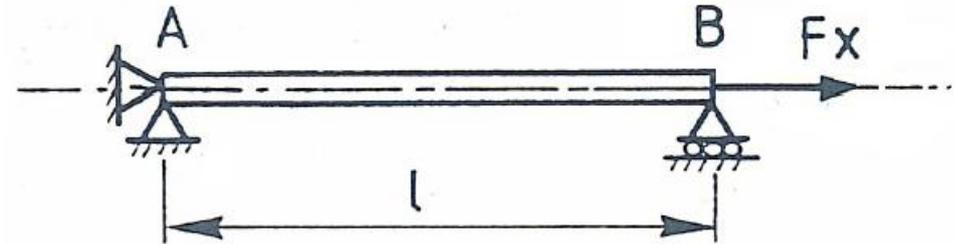
При вызове этой команды на экране появляется таблица с номерами и наименованиями заданных нагрузений, в ячейки которой необходимо ввести значения коэффициентов.



**Формулировка задачи:** Струна подвергается натяжению осевой силы  $F_x$ .  
Определить собственные значения частот колебаний натянутой струны.

**Геометрия:**

Длина струны  $l = 10$  м;  
Размеры сечения  $D = 0.01$  м;  
Площадь поперечного сечения струны  
 $A = 7.854 \cdot 10^{-5}$  м<sup>2</sup>;



**Характеристика материала:**

Модуль упругости  $E = 2.06 \cdot 10^7$  т/м<sup>2</sup>;  
Момент инерции  $I_z = 4.8849 \cdot 10^{-10}$  м<sup>4</sup>;  
Удельный вес  $\rho = 7850$  кг/м<sup>3</sup>.

**Аналитическое решение:** Б.С Балакшин.

Взаимозаменяемость и технические измерения в машиностроении.  
Москва: Машиностроение, 1972 – 317 с.

Первая собственная частота без учета натяжения 0.20 Гц

**Граничные условия:**

Струна закрепленная, в узле (А) шарнирно  
неподвижная опора, в узле (В) шарнирно подвижная.

**Нагрузка:**

Собственный вес и осевая  
растягивающая сила  $F_x = 1$  т.

Искомая величина	Аналитическое решение	ЛИРА-САПР	Погрешность, %
Первая собственная частота, Гц	6.307	6.314	0.111

Для примера продемонстрируем результаты двух верификационных тестов.

Первый - собственные колебания натянутой струны.

Обратите внимание – частота колебаний первой формы без учета натяжения равна 0.2 Гц , а с учетом – 6.3 Гц.

Как видим, частота колебания растянутой струны увеличилась более чем в 30 раз, поскольку за счет растяжения увеличилась жесткость.



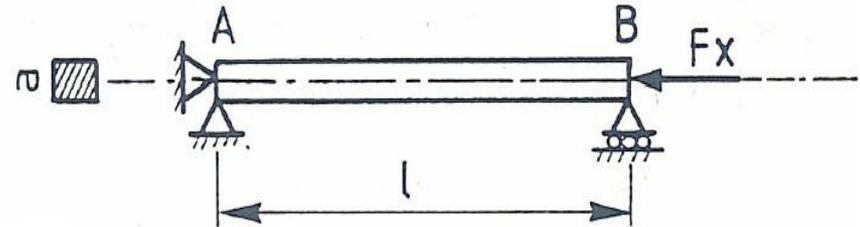
**Формулировка задачи:** Балка подвергается воздействию осевой силы  $F_x$ .  
Определить собственные значения частот колебаний под нагрузкой.

**Геометрия:**

Величина пролета  $l = 2$  м;  
Размеры сечения  $a = 0.05$  м;  
Площадь поперечного сечения балки  $A = 2.5 \cdot 10^{-3}$  м<sup>2</sup>;

**Характеристика материала:**

Модуль упругости  $E = 2.0 \cdot 10^{11}$  Па;  
Момент инерции  $I_z = 5.2083 \cdot 10^{-7}$  м<sup>4</sup>;  
Удельный вес  $\rho = 7800$  кг/м<sup>3</sup>.



**Аналитическое решение:** S.P. Timoshenko, D.H. Young et W. Weaver, *Vibration problems in engineering*, 4<sup>e</sup> ed., New York, Wiley & Sons, 1974, p. 453.

Первая собственная частота без учета сжатия 28.72 Гц

**Граничные условия:**

Балка на двух опорах,  
в узле (A) шарнирно  
неподвижная опора,  
в узле (B) шарнирно  
подвижная.

**Нагрузки:**

Собственный вес и осевая  
сжимающая сила  $F_x = 1 \cdot 10^5$  Н.

Искомая величина	Аналитическое решение	ЛИРА-САПР	Погрешность, %
Первая собственная частота, Гц	22.434	22.445	0.049
Вторая собственная частота, Гц	109.080	109.134	0.050

Второй пример - собственные колебания сжатой балки.

В сжатой балке частота колебаний уменьшилась, поскольку за счет сжатия уменьшилась жесткость.

**Закон нелинейного деформирования материалов**

Основной материал | Армирующий материал

Закон нелинейного деформирования: 12 - нелинейный закон деформирования бетона

№ записи: 1 | Новая | Копировать | Удалить

Комментарий: [ ]

Параметры закона нелинейного деформирования

Параметры	Значения	Нарисовать
$E_{cm} (-)$	3310000	Т/м <sup>2</sup>
$E_{ctm} (+)$	3310000	Т/м <sup>2</sup>
$f_{cm} (-)$	-2240	Т/м <sup>2</sup>
$f_{ctm} (+)$	184	Т/м <sup>2</sup>
$\epsilon_{pscu} (-)$	-0.0035	
$\epsilon_{psc} (-)$	-0.0022	
$\epsilon_{psc} (+)$	0.00015	

Сохранить закон в файл

Текущий закон  Все законы проекта

Подтвердить | Отменить | Справка

Учитывать армирующий материал   
 Учитывать ползучесть бетона

Теории прочности (для КЭ пластин)   
 Наибольших главных

Предельн. напряжение  
 Растяжение:   
 Сжатие:

Для решения задач с учетом физической нелинейности, в качестве расчетных диаграмм состояния бетона, определяющих связь между напряжениями и относительными деформациями, может быть использована криволинейная диаграмма, в том числе с ниспадающей ветвью (**закон деформирования №12**). Основные положения отвечают требованиям **Еврокод 2**.



0%

Протокол расчета  
Дата: 08.04.2017  
GenuineIntel Intel(R) Core(TM) i7-6700K CPU @ 4.00GHz 8 threads  
Microsoft Windows 10 Professional RUS 64-bit. Build 14393  
Размер доступной физической памяти = 4018052608  
11:54 Чтение исходных данных из файла F:\Data\2017\ДинамикаPLUS.bt  
11:54 Контроль исходных данных основной схемы  
Количество узлов = 63271 (из них количество неудаленных = 63271)  
Количество элементов = 66148 (из них количество неудаленных = 66148)  
ОСНОВНАЯ СХЕМА  
11:54 Оптимизация порядка неизвестных  
Количество неизвестных = 308176  
РАСЧЕТ НА СТАТИЧЕСКИЕ ЗАГРУЖЕНИЯ  
11:54 Формирование матрицы жесткости  
11:54 Формирование векторов нагрузок  
11:54 Разложение матрицы жесткости  
11:55 Вычисление неизвестных  
11:55 Контроль решения  
РАСЧЕТ НА ДИНАМИКУ ВО ВРЕМЕНИ  
Количество неизвестных = 308176  
11:55 Формирование матрицы жесткости  
11:55 Формирование векторов нагрузок  
11:55 Формирование матрицы масс  
11:55 Формирование матрицы демпфирования  
11:55 Разложение матрицы жесткости  
11:55 Интегрирование

Для изменения масштаба вывода перемещений вращайте колесо мыши  
Для возвращения к реальному масштабу вывода перемещений двойной щелчок колеса мыши

Расширены возможности графического представления в окне процессора, анимация колебаний при расчете динамики во времени, возможность изменения масштаба вывода перемещений во время расчета.



# Расчет железобетонных конструкций

СП 63.13330.2012 Материалы для расчета Ж/Б конструкций

ТИП СТЕРЖЕНЬ

#	Название	Вид рас...	Симм...	Низ (...)	Верх ...	Бок (...)	II пр...	Прод...	Непр...	Шаг...	Знач...	Длин...	Расч...	Ly	Lz
9	Пилоны	Пилон	С	6.00	6.00	6.00	+	0.30	0.40	Д	25	3.00	КРД	0.70	0.70
10	Сваи	Стержень	С	10.00	10.00	10.00	-	-	-	-	-	30.00	КРД	1.00	1.00
12	Пилоны ...	Пилон	С	6.00	6.00	6.00	+	0.30	0.40	Д	25	3.00	КРД	0.70	0.70
13	Колонна	Колонн...	С	6.00	6.00	6.00	+	0.30	0.40	Д	25	3.00	КРД	0.70	0.70

ПЛАСТИНА

#	Название	Вид расчета	Вуд. П...	Низ X (...)	Верх X ...	Низ Y (...)	Верх Y ...	1 кв.м...	II пред...	Продо...	Непр...	Шаг/Д...
4	Фундамент...	Оболочка	-	6.00	6.00	3.00	3.00	+				
5	Стены	Оболочка	-	4.00	4.00	3.00	3.00	+				
6	Плиты пере...	Оболочка	-	4.00	4.00	3.00	3.00	+				
7	Плита покр...	Оболочка	-	4.00	4.00	3.00	3.00	+				
11	Плита фунда...	Оболочка	-	6.00	10.00	3.00	3.00	+				

БЕТОН

#	Название	Класс б...	Rbn, т...	Rbtn, ...	Eb, т/(...	Вид бетона	Мар...	Тверде...	Э
10	Фундамент	B25	1890.0	163.0	30600...	тяжелый	800	естест...	обычн...
11	Пилоны	B30	2240.0	184.0	33100...	тяжелый	800	естест...	обычн...
12	Колонны	B30	2240.0	184.0	33100...	тяжелый	800	естест...	обычн...

АРМАТУРА

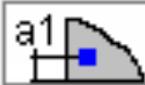
#	Название	RX П...	Rs, т...	Rsw,...	RY П...	Rs, т...	Rsw,...	RT П...	Rs, т...	Rsw,...	S1
10	Характе...	A400...	385...	300...	A400...	385...	300...	A400...	385...	300...	1
11	Пилоны	A500...	444...	300...	A500...	444...	300...	A500...	459...	300...	1
12	Стены	A500...	444...	300...	A500...	444...	300...	A500...	444...	300...	1

Название: Стены  
 Вид расчета: Оболочка (Изгиб, Сжатие/Рак)  
 Система: Статически неопределимая

Расчет

Подбирать арматуру по теории Вуда  
 Минимальный % армирования: 0.05  
 Максимальный % армирования: 10  
 Точность предварит. расчета, %: 20

**Расстояние к ц.т. арматуры**

	A1X	<input type="text" value="4"/>	см	A1Y	<input type="text" value="3"/>	см
	A2X	<input type="text" value="4"/>	см	A2Y	<input type="text" value="3"/>	см

Учитывать расчетную высоту стены

Высота стены	<input type="text" value="3.5"/>	м	Значение	<input type="text" value="0.7"/>
--------------	----------------------------------	---	----------	----------------------------------

Коэффициент       Расчетная высота

Для пластинчатых элементов, работающих на сжатие (стена, диафрагма), при подборе арматуры появилась возможность учитывать гибкость вертикальных элементов, а так же реализован подбор арматуры с использованием различных защитных слоев для арматуры различных направлений. Теперь обе эти возможности доступны для расчета по теории Вуда и теории Карпенко.

Примечания: «высота стены» принята по местной оси Y1 (необходимо согласовывать оси в пластинах так, чтобы Y1 была вертикальна).

СП 63.13330.2012 Материалы для расчета Ж/Б конструкций

ТИП СТЕРЖЕНЬ

#	Наз...	Вид рас...	Симм...	Низ (...)	Верх ...	Бок (...)	II пр...	Прод...	Непр...	Шаг...	Знач...	Длин...	Расч...	Ly	Lz
3	Колонн...	С	С	6.00	6.00	6.00	+	0.30	0.40	Д	28	15.00	РД	15.00	15.00
4	Колонн...	С	С	6.00	6.00	6.00	+	0.30	0.40	Д	28	5.00	КРД	1.00	1.00
5	Колонн...	С	С	6.00	6.00	6.00	+	0.30	0.40	Д	28	8.00	РД	8.00	8.00
7	Стержень	Н	Н	6.00	6.00	6.00	+	0.30	0.40	Д	28	0.00	КР		

ПЛАСТИНА

#	Назва...	Вид расчета	Вуд. П...	Низ X (...)	Верх X ...	Низ Y (...)	Верх Y ...	1 кв.м...	II пред...	Продо...	Непро...	Шаг/Д...	Значен
1	Стены	Оболочка	+	3.50	4.00	3.00	3.00	-	+	0.30	0.40	Ш	200
6		Оболочка	-	4.00	4.00	3.00	3.00	-	+	0.30	0.40	Ш	200
8		Оболочка	-	10.00	10.00	3.00	3.00	-	+	0.30	0.40	Ш	200

БЕТОН

#	Название	Класс ...	Rbn, ...	Rbtn, ...	Eb, МПа	Вид б...	Марка...	Диagr...	G_b...	G_b...
1		B25	18.5	1.5	30000...	тяжел...	2000	2-х ли...	0.90	1.00
2		B25	18.5	1.5	30000...	тяжел...	2000	2-х ли...	0.90	0.85

АРМАТУРА

#	Название	RX Пр...	Rs, МПа	Rsw, ...	RY Пр...	Rs, МПа	Rsw, ...	RT По...	Rs, МПа	Rsw,
1		A500 ...	435.0	300.0	A500 ...	435.0	300.0	A240 ...	210.0	170.

Название:

Вид расчета: Оболочка (Изгиб, Сжатие/Рак)

Система: Статически неопределимая

Подбирать арматуру по теории Вуда

Максимальный % армирования: 10

Точность предварит. расчета, %: 20

Точность основного расчета, %: 1

Подбирать поперечную арматуру на 1 кв.м.

Расстояние к ц.т. арматуры

A1X: 4 см A1Y: 3 см

A2X: 4 см A2Y: 3 см

Учитывать расчетную высоту стены

Высота стены:  м

Значение:

Коэффициент  Расчетная высота

Армирование: Симметричное

Симметричное

Несимметричное

Для подбора армирования стен по теории Вуда реализована возможность управления типом армирования симметричное\несимметричное.

Собственный вес

### Варианты конструирования

Список вариантов конструирования схемы

- 1. Вариант 1
- 2. Вариант 2

Назначить текущим

Редактирование варианта

Номер: 1 ID:

Имя: Вариант 1

Расчет сечений по:

РСУ

РСН 1

Усилия

Железобетонный расчет

Нормы: СН РК EN 1992-1-1:2004/ Параметры...

Стальной расчет

Нормы: Eurocode 3.1.1 ENV 1993- Кoeffициенты

Расчет армокаменных конструкций

Нормы: СП 15.13330.2012 Параметры...

Реализован расчет на продавливание плит перекрытия для норм СН РК EN 1992-1-1:2004/2011

ПК ЛИРА-САПР 2017 R1 x64 - [Продавливание]

Создание и редактирование    Расширенное редактирование    Расчет    Анализ    Расширенный анализ    Железобетон    Сталь    Кирпич    Стиль    Окно

Жесткости    Варианты    Тип    Бетон    Блоки    Расчет    Прочность    Площадь    Расчет    Эпюры/    Симметрия    Балка    Колонна    Открыть    Шкала    Документация  
 Арматура    Арматура    Добав.    Кручение    X    Y    K<sub>из</sub>    Арматурование стержней    Иллюстрация в САПФИР    Инструменты    Таблицы

Ошибки    0    0.241    3.01    6.02    9.03    12    15    18.1    21.1    24.1

Вариант конструирования: Вариант 1  
 Расчет по РСН:1 (СН РК EN 1992-1-1:2004/2011)  
 Единицы измерения - см2  
 Шаг, Диаметр - мм

Узел 6

Координаты    Связи

X -2 м     X     UX  
 Y 2.69615 м     Y     UY  
 Z 2.9 м     Z     UZ

№ узла    Блок N    № ж.т.     Отмеченный

6       5

Нагрузки

N загр

Продавливание

Периметр    1.86659 м  
 Площадь арматуры    19.6463 см2  
 коэффициент    1.88277

xxxxx

Реализован расчет на продавливание плит перекрытия для норм СН РК EN 1992-1-1:2004/2011

ПК ЛИРА-САПР 2017 R1 x64 - [Продавливание]

Создание и редактирование | Расширенное редактирование | Расчет | Анализ | Расширенный анализ | Железобетон | Сталь | Кирпич | Стиль | Окно

Добавить узел | Добавить элемент | Создать в САПФИР | Копирование | Упаковка схемы | Перемещение | Жесткости | Конструктор сечений | Варианты | Ж/Б | Сталь | Кладка | Блоки | Редактор загружений | Нагрузки | Найти центр | Инструменты

### Контурь продавливания

Вариант конструирования: 1

Создание контурь продавливания

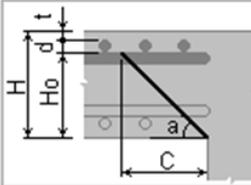
Отметка узлов для задания или корректировки контурь продавливания

Редактирование контурь продавливания

Узел	Эле...	Перим...	dH (...)	dA (...)
6	3	1.867	20.0...	3.500
8	4	2.451	20.0...	3.500
1044	5	3.504	20.0...	3.500
1046	6	3.831	20.0...	3.500
1048	7	2.513	20.0...	3.500
1050	8	1.486	20.0...	3.500
2	1	1.253	20.0...	3.500
4	2	2.253	20.0...	3.500

### Параметры построения контурь продавливания

Контурь продавливания вычисляются в зависимости от толщины плиты и защитного слоя, заданных плитам в диалоговой панели «Жесткости и материалы», а также от следующих опций:



Угол  $\alpha$ , °:

Распознавать пилон:

Соотношение сторон пилона:

Тип параметра контура продавливания:

Закругления:

Учитывать край:

Учитывать отверстия:

Диаметр арматуры d, мм:

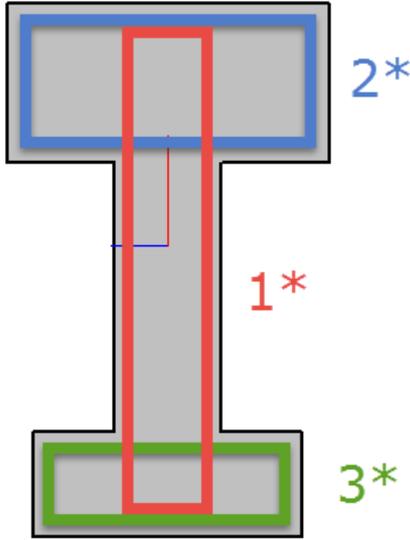
Параметры построения контурь продавливания задаются в каждом варианте конструирования отдельно

**i** Если требуется построить контурь продавливания на стыке плит разной толщины, от капители и в других сложных случаях, воспользуйтесь командой «Редактировать» в диалоговой панели «Контурь продавливания». Контурь продавливания откроются для редактирования в системе «САПФИР».

Кроме ручного редактирования каждого контура продавливания по отдельности, в режиме редактирования можно уточнять контурь плит, отверстий, поперечных сечений колонн, передвигать колонны, усреднять толщины плит, опирающихся на одну колонну, и заново находить контурь продавливания по этим новым данным.

Чтобы заново найти контурь продавливания после уточнений в плитах, отверстиях и колоннах, выберите все колонны, от которых надо заново найти контурь продавливания, и измените значение их свойства «Контурь продавливания» на «Автоматически».

Упрощен механизм управления параметрами построения контурь продавливания. Теперь во вкладке «Железобетон» ВИЗОР-САПР можно управлять всеми параметрами, которые оказывают влияние на формирование контура продавливания. Раньше весь набор инструментов был доступен только в препроцессоре САПФИР.



СП 63.13330.2012 Материалы для расчета Ж/Б конструкций

ТИП СТЕРЖЕНЬ

#	Название	Вид рас...	Симм...	Низ (...)	Верх ...	Бок (...)	II пр...	Прод...	Непр...	Шаг...	Знач...	Длин...	Расч...	Ly	Lz
1	Стержень		H	3.00	3.00	3.00	+	0.30	0.40	Д	10	-	-	-	-

ПЛАСТИНА

#	Название	Вид расчета	Вуд. П...	Низ X (...)	Верх X ...	Низ Y (...)	Верх Y ...	1 кв.м....	II пред...	Продо...	Непро...	Шаг/Д...
Со...												

БЕТОН

#	Название	Класс ...	Rbn, ...	Rbtn, ...	Eb, МПа	Вид б...	Марка...	Диagr...	G_b...	G_b...	G_b...	Относ...	SEY ...	SEZ ...
1		B20	15.0	1.4	27500...	тяжел...	2000	2-х ли...	0.90	0.85	1.00	80.00	0.00	0.00

Учитывать многоконтурность

Расстояние к ц.т. арматуры, см

Расчет по предельным состояниям II группы

Трещина продолжительного раскрытия, мм: 0.3

Трещина непродолжительного раскрытия, мм: 0.4

АРМАТУРА ( Режим: Подбор арматуры )

Сеч	Сим	Продольная								Поперечная		Тр.кр	Тр.дл	
		AU1	AU2	AU3	AU4	AS1	AS2	AS3	AS4	%	Asw1			Asw2
1	H	1.62	1.62							0.07				
		1.62	1.62							0.07				
	1*					1.71	1.71	3.06	3.06	0.20	22.41	7.95		
	2*					1.31	1.31	0.95	0.95	0.19	6.84	12.48		
		3* Прочность на кручение не обеспечена (п. 8.1.37). T = 6.04 > 5.80												
2	H	1.62	1.62							0.07				
		1.62	1.62							0.07				
	1*					0.57	0.57	1.02	1.02	0.07	7.47	2.65		
	2*					0.44	0.44	0.32	0.32	0.06	2.28	4.16		
						1.13	1.13	0.90	0.90	0.09	4.96	7.84		

В новой версии добавлена возможность подбора армирования на кручение для отдельных фрагментов сложных сечений (уголок, тавр, двутавр, крест). Общий крутящий момент в сечении распределяется пропорционально жесткости на кручение каждого фрагмента сечения. Продольная и поперечная арматура вызванная кручением выводиться отдельно для каждого контура. Данный вывод результатов дает возможность конструктору распределить арматуру по сечению.





COLUMN-SAPR - [sp63\_constr\_KK1]

Файл Правка Вид Опора... Армирование Конструирование... Расчет Результаты Опции Окно Справка

Армирование в плоскости X1OY1

AS1 AU1 AU3 AS2  
AU2 AU4

Армирование в плоскости X1OZ1

AS3 AU1 AU2 AS4  
AU3 AU4

Арматура

X1 1.71 м  
AU1 0 см2  
AU2 0 см2  
AU3 0  
AU4 0  
AS1 5.66  
AS2 5.66  
AS3 0  
AS4 0

Чертеж колонны - [sp63\_constr\_KK1.kln]

Файл Вид Дист Фрагмент Опции Окно Справка

Колонна KK1

КМКК1

4 - 4  
3 - 3  
2 - 2  
1 - 1

Поз.	Обозначение
1	
2	
3	
4	
5	
6	

Арматура класса А400 А240 по ГОСТ 10884-80

№	Кол-во	Диаметр	Шаг	Станд.	Вид

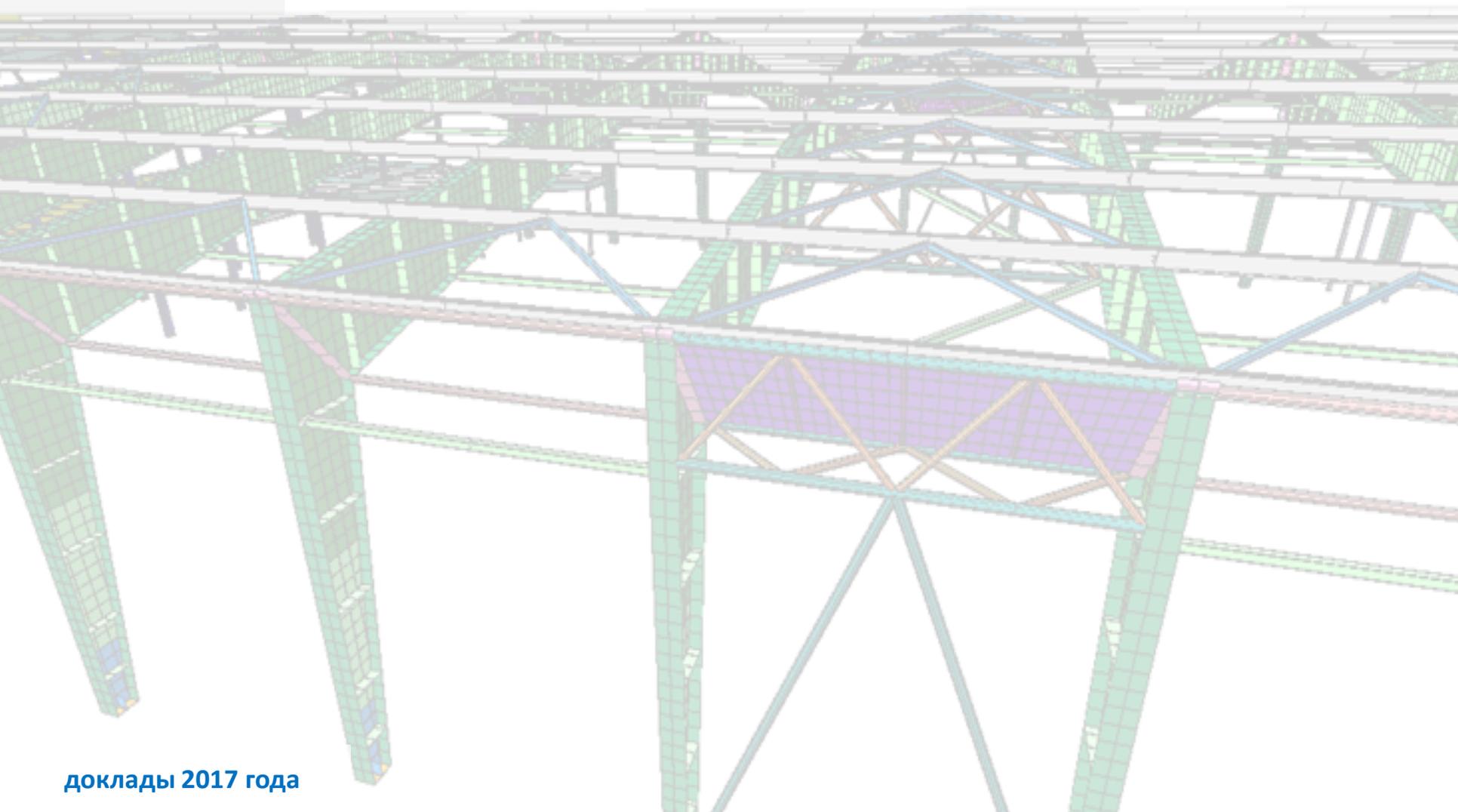
For Help, press F1

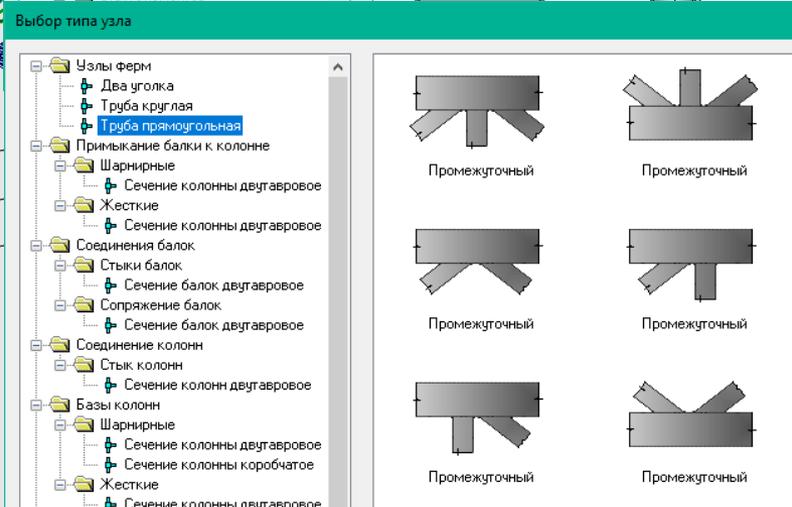
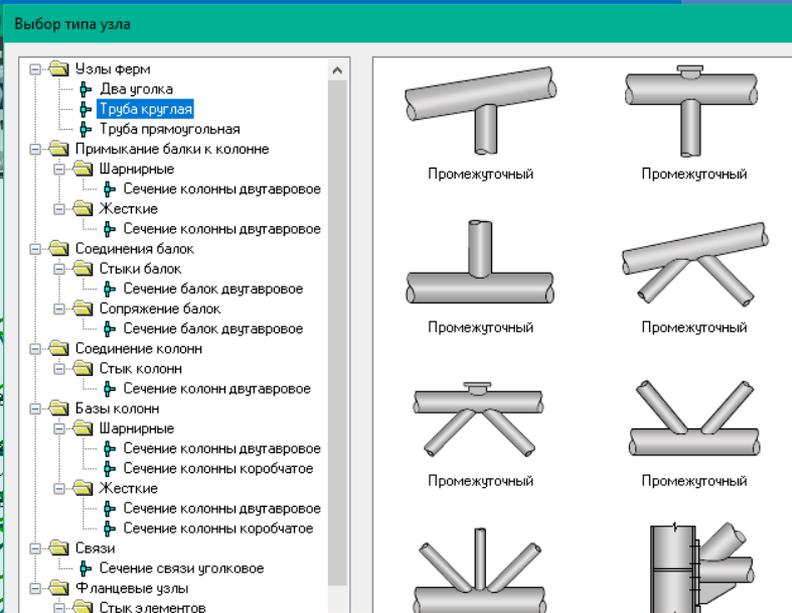
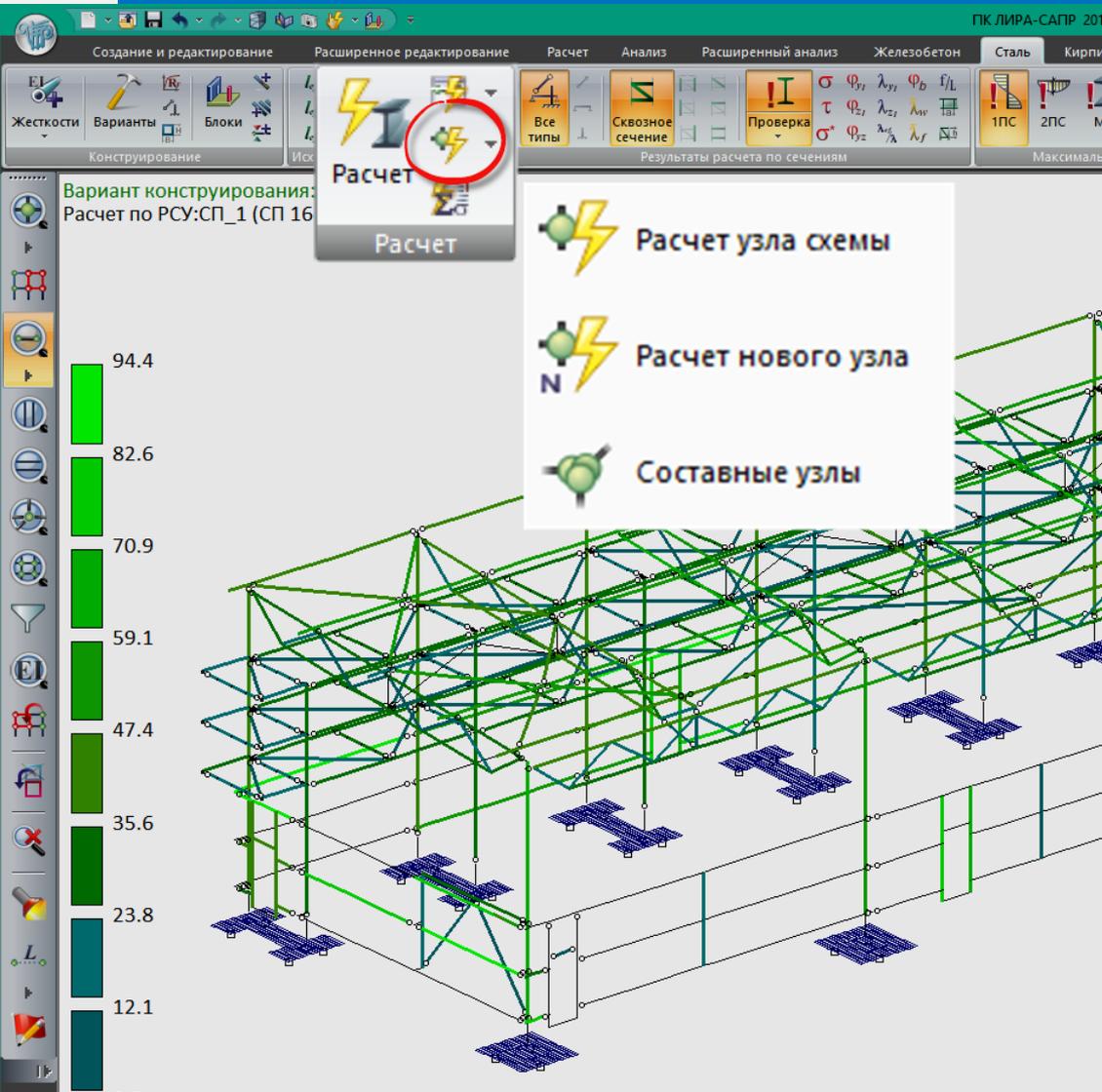
Готово

В новой версии добавлена возможность эскизного проектирования балок и колонн в соответствии с требованиями СП 63.13330.2012. Не смотря на то, что данные системы не являются идеальным инструментом для полноценного оформления рабочей документации, но все же продолжают пользоваться большой популярностью среди пользователей. @ Для оперативной оценки материалоемкости конструкции, он остается незаменим.

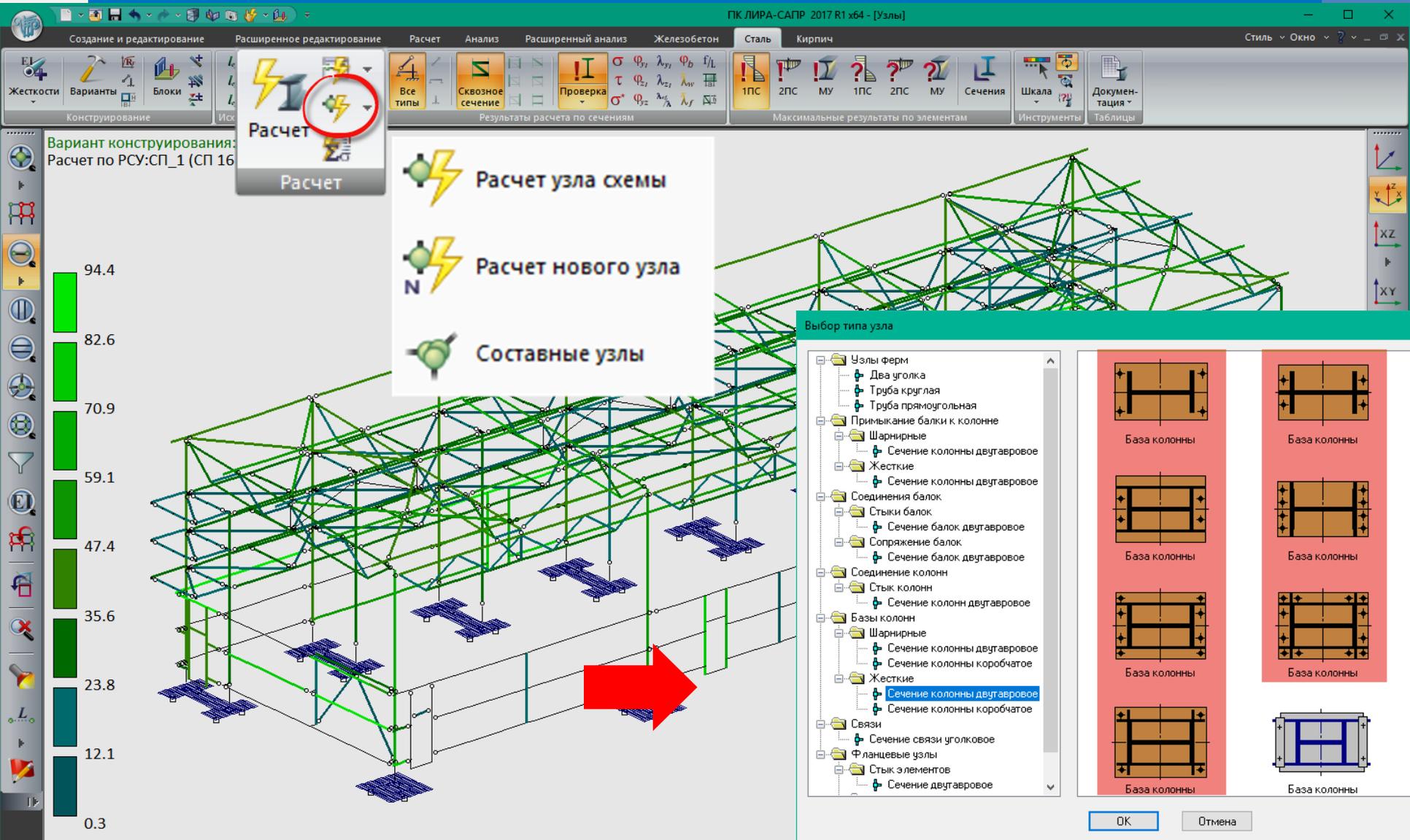


# Расчет металлических конструкций

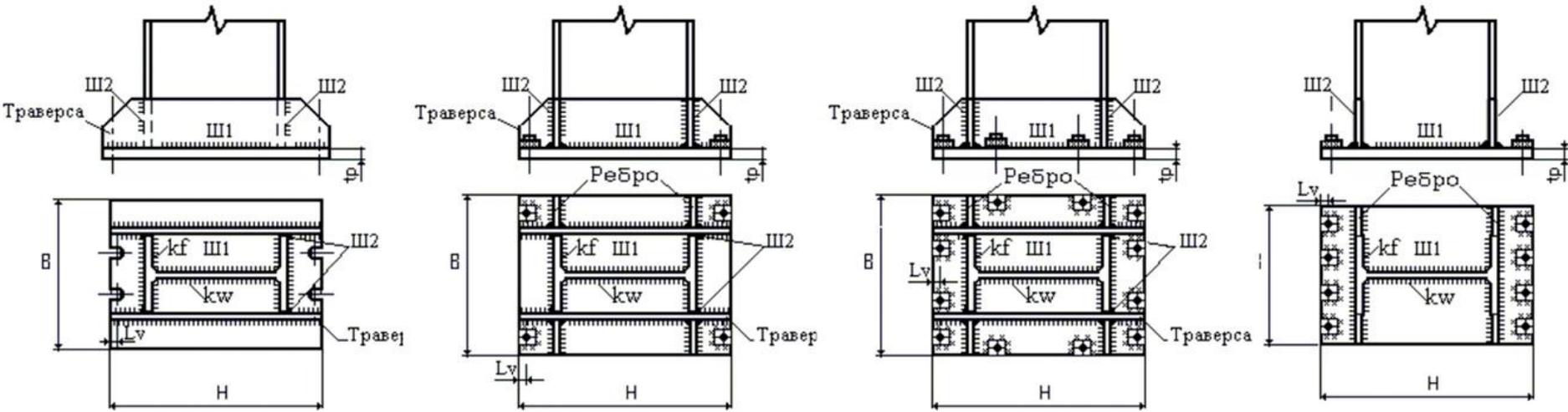
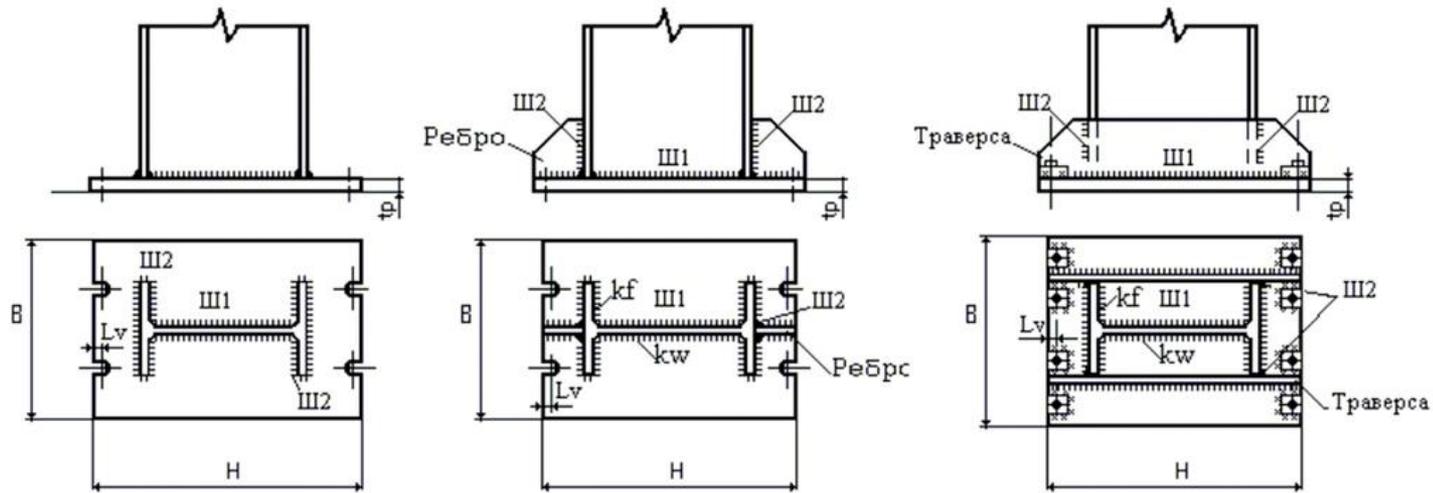




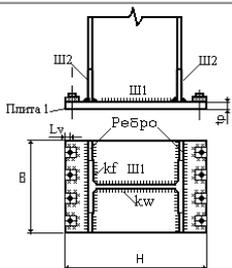
В дополнение к имеющимся 74 узлам стальных конструкций (в версии 2015 появились узлы ферм из круглых труб, а в версии 2016 – из прямоугольных и квадратных труб) разработано 7 типов узлов жестких баз колонн с различными вариантами расположения анкерных болтов и траверс.



В дополнение к имеющимся 74 узлам стальных конструкций разработано 7 типов узлов жестких баз колонн с различными вариантами расположения анкерных болтов и траверс.



В дополнение к имеющимся 74 узлам стальных конструкций разработано 7 типов узлов жестких баз колонн с различными вариантами расположения анкерных болтов и траверс.


**Узел 2 : Исходные данные**

Элемент узла	Свойство	Значение	Единицы измерения
Колонна	Профиль	В0К3,СТО АСЧМ 20-93	--
	Сталь	С345;ГОСТ 27772 - 88	--
Шов Ш1	Материал	Марка проволоки: Св-08	--
Шов Ш2	Материал	Марка проволоки: Св-08	--
Ребро	Сталь	ВСт3кп2	--
	Ширина	10.75	см
	Толщина	0.80	см
Плита 1	Сталь	ВСт3кп2	--
	Ширина	52.00	см
	Длина	55.00	см
	Толщина	4.00	см
Анкерный болт	Марка стали	Ст3пс4	--
	Диаметр	2.40	см
Бетон	Класс бетона	В25	--

**Узел 2 : Результаты проверки ( СП 16.13330.2011 )**

Параметр	Свойство	Значение	Процент использования, %	Внутренние усилия				
				N, тс	My, тсм	Qz, тс	Mz, тсм	Qy, тс
Плита 1	Толщина trl	4.0 см	97.2	-26.802*	1.555*	-1.142	12.314*	2.835
	Длина H	55.0 см						
	Ширина B	52.0 см						
Ребро	Толщина t	0.8 см	96.2	-26.802*	1.555*	-1.142*	12.314*	2.835*
	Длина	26.0 см						
	Ширина	10.8 см						
Анкерный болт	Количество	8	131.3	-9.324*	1.471*	-1.172	11.701*	3.013
Шов Ш1	Катет	0.5 см	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Катет полки Kf	0.5 см						
	Катет стены Kw	0.5 см						
Шов Ш2	Катет	1.0 см	79.7	-26.802*	1.555*	-1.142*	12.314*	2.835*
Lv	--	7.0 см	--	--	--	--	--	--

**Проверка : Анкерный болт**

Nx*, кН	My*, кНм	Qz, кН	Mz*, кНм	Qy, кН
-91.44	14.43	-11.5	114.7	29.54

**КIb - процент использования болтов:**

$$KIb = |Na| / (N_{bt} \cdot \gamma_c / \gamma_n) \cdot 100$$

$$KIb = |65.2275| / (49.6815 \cdot 1 / 1) \cdot 100 = 131.291 \%$$

Здесь:

 $N_a = 65.2275$  кН - усилие, возникающее в фундаментном болте

 $N_{bt} = 49.6815$  кН - расчетное усилие болта на растяжение

 $\gamma_c = 1$  - коэффициент условий работы

 $\gamma_n = 1$  - коэффициент надежности по назначению

**Na - усилие, возникающее в фундаментном болте:**

$$N_a = (((|Mz| \cdot 10^3 + N_x \cdot (B/2 - \xi_c))^2 + (My \cdot 10^3 + N_x \cdot (H/2 - \eta_c))^2) / ((B/2 - \xi_c)^2 + (\eta_c - \eta_b)^2))^{0.5} / ((n_c - n_\eta) / 2)$$

$$N_a = (((|14.4278| \cdot 10^3 + -91.4407 \cdot (520/2 - 238.626))^2 + (-114.743 \cdot 10^3 + -91.4407 \cdot (550/2 - 99.3652))^2) / ((520/2 - 238.626)^2 + (480 - 99.3652)^2))^{0.5} / ((8 - 0) / 2) = 65.2275 \text{ кН}$$

Здесь:

 $M_z = 14.4278$  кНм - внутренний момент в соответствующей системе координат

 $N_x = -91.4407$  кН - продольное усилие в соответствующей системе координат

 $B = 520$  мм - ширина плиты

 $\xi_c = 238.626$  мм - координата центра тяжести по соответствующей оси

 $M_y = -114.743$  кНм - внутренний момент в соответствующей системе координат

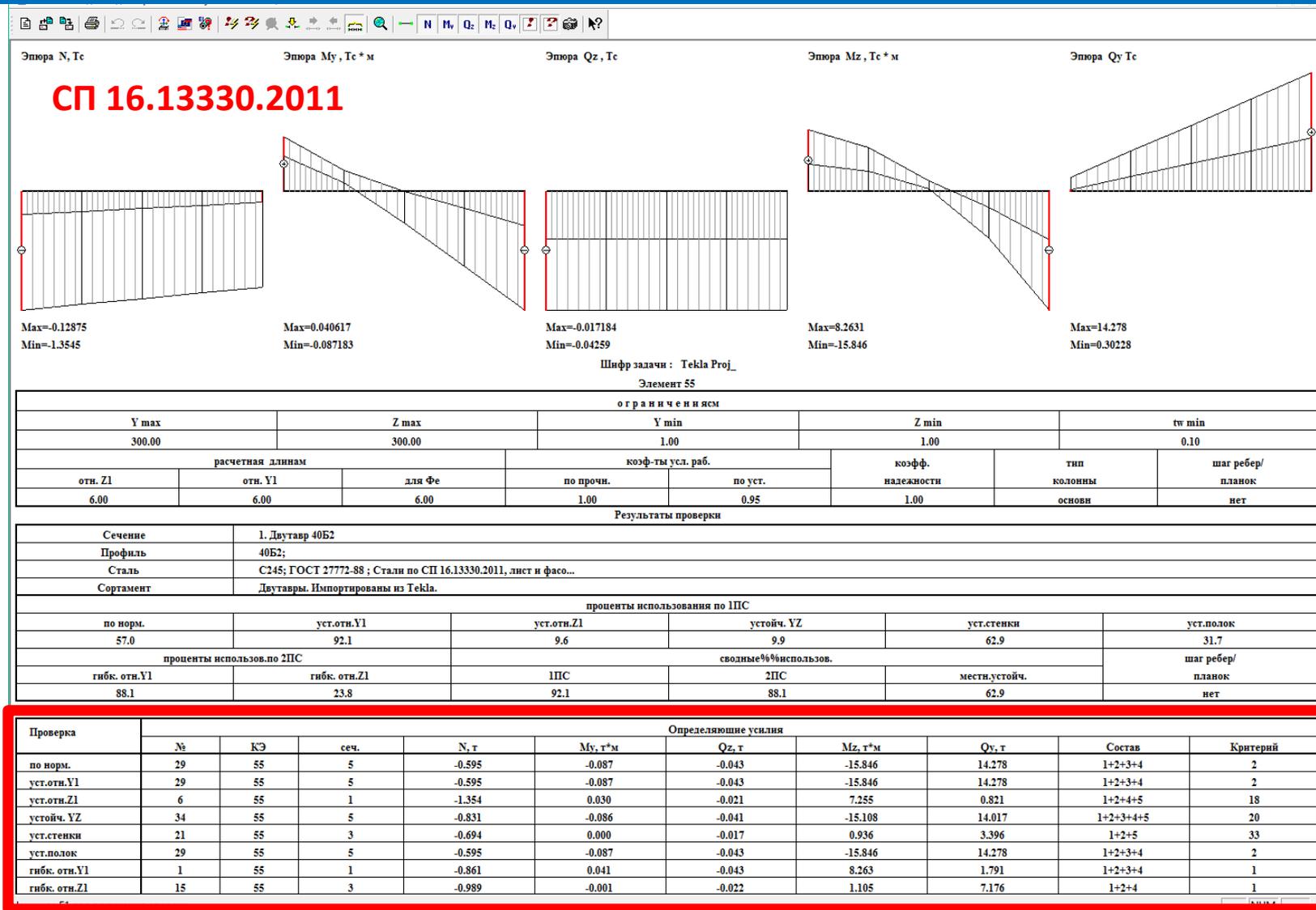
 $H = 550$  мм - длина плиты

 $\eta_c = 99.3652$  мм - координата центра тяжести по соответствующей оси

 $\eta_b = 480$  мм - центр тяжести болтов по оси  $\eta$ 
 $n_c = 8$  - общее количество болтов

 $n_\eta = 0$  - количество болтов по оси  $\eta$ 

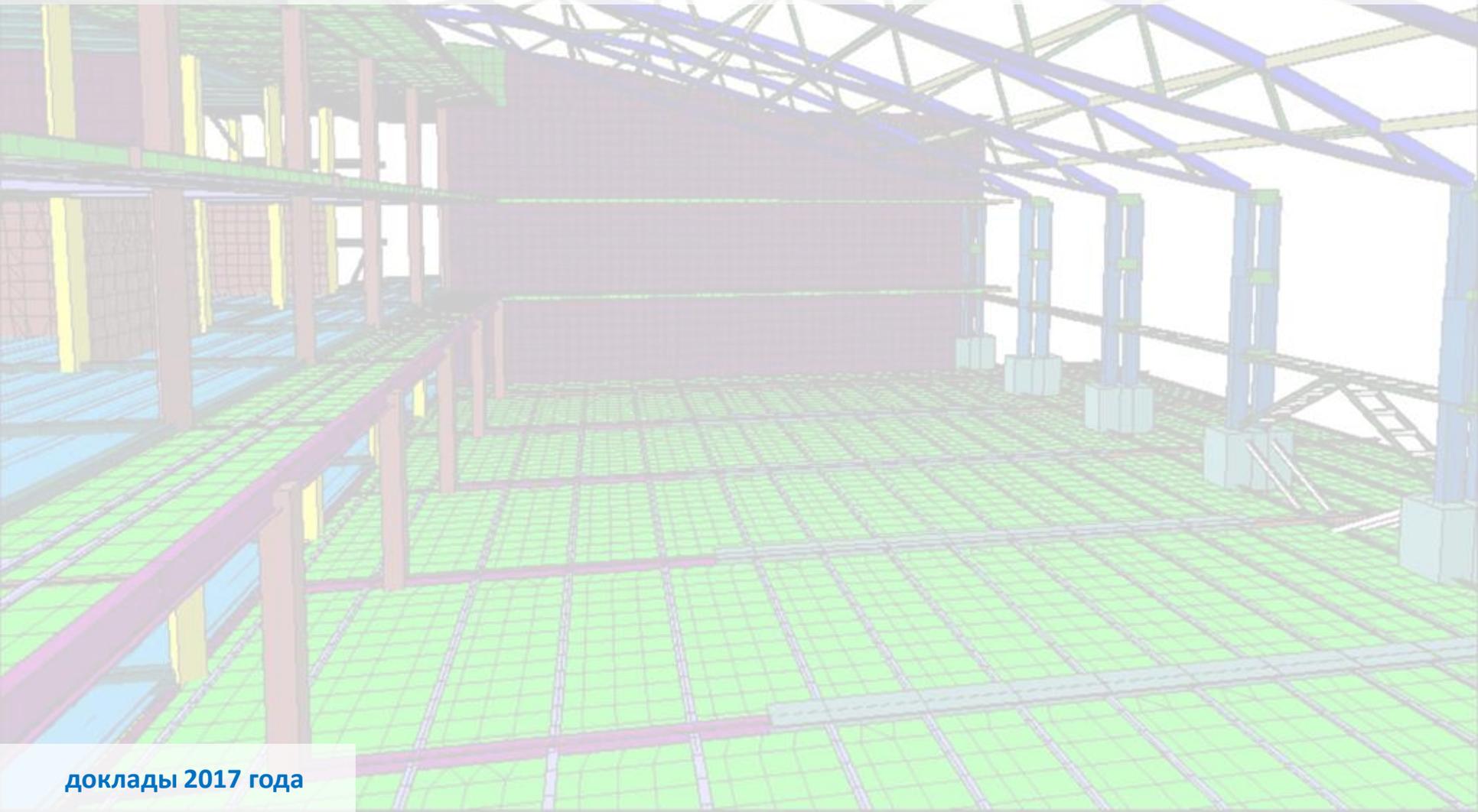
Для детального анализа полученных результатов расчета новых узлов добавлена трассировка. Напомним – все расчеты стальных узлов содержат трассировку расчета (оформление результатов в виде ручного расчета).



В локальном режиме СТК-САПР для норм СП 16.13330.2011 добавлена информация об определяющих усилиях, которые были использованы при проверке/подборе стального сечения. Данная возможность значительно упрощает анализ полученных результатов, а также позволяет оценить вклад каждого нагружения или комбинации нагрузок.



# Единая графическая среда





**Местные оси пластин**

Изменить направление оси Z1

Инверсно    Сонаправить

**Согласование осей (X1, Y1)**

По умолчанию (для плоских фрагментов)

Ось: X1, Y1

Секущая плоскость: Ортогональная, Произвольная

Указать центр

Координаты центра: X, Y, Z (м)

**Жесткости и материалы**

Назначить элементам схемы

Жесткость: 27. Пластина Н 32

Материалы: СП 63.13330.2012    Вариант 1

Тип: 8. Оболочка (Из...    Бетон: 1. В25    Арматура: 1. А500.А500.А...

Жесткости: Ж/Б | Сталь | Кладка

Задание параметров для железобетонных конструкций

1. Оболочка (Изгиб, Сжатие/Раст...  
2. Колонна рядовая.  
3. Колонна рядовая.  
4. Колонна рядовая.  
5. Колонна рядовая.  
6. Оболочка (Изгиб, Сжатие/Раст...  
7. Стержень.  
8. Оболочка (Изгиб, Сжатие/Раст...

ТИП  
 БЕТОН  
 АРМАТУРА

Назначить текущим

Список для фрагмента

**Параметры нагрузки**

Нагрузка по контуру

Указать (задать) узлы контура  
 Указать узлы вектора

**Задать численно новый узел**

По координатам  
 Смещением вдоль глоб. осей  
 Смещением вдоль вектора

X: 0.    Y: 0.    Z: 0.

Направление: X, Y, Z

Интенсивность: 1 т/м2

Шаг триангуляции нагрузок: 1 м

Имя: Нагрузка по контуру

**Сборка схем**

Указать узлы

Текущая схема:  Присоединяемая     Базовая

Сборка:  на плане     в пространстве

Масштаб:  3D     2D     1D

Пересекать с другими

- Автоматическое согласование местных осей пластин, для плоских фрагментов схемы.
- Добавлена возможность формирования списка материалов для фрагмента схемы.
- Расширены возможности функции «Сборка схем»: пересечение присоединяемой схемы и основной и формирование общих данных по конструированию.
- Расширен функционал диалогового окна «Нагрузка-штамп» - возможность задания вершин контура путем ввода координат, ввод с помощью вектора и приращения.



**Моделирование нелинейных нагружений конструкции**

Шаговый метод | Параметры | Печать

История

РСН | N 0

метод расчета (1) простой шаговый

Минимальное число итераций 300 | Количество

Значения коэффициентов к нагрузкам по шагам

Чтение из файла

Ввод и редактирование

Равномерные шаги

Точность 0.0001 | Начальный шаг

Суммарный коэффициент 1

Печать | Окончательный результат

Вывод промежуточных результатов

Не выводить

**Варианты конструирования**

Список вариантов конструирования схемы

- 1. Вариант 1
- 2. Вариант 2
- 3. Вариант 3

Назначить текущим

Редактирование варианта

Номер: 1 | ID:

Имя: Вариант 1

Расчет сечений по:

РСУ

РСН | СП 20.13330.2011\_1

Усилия

Железобетонный расчет

Нормы | СП 63.13330.2012 | Параметры...

Стальной расчет

Нормы | СП 16.13330.2011 | Коэффициенты

Расчет армокаменных конструкций

Нормы | СП 15.13330.2012 | Параметры...

**Копировать свойства варианта**

Копировать

из 1 | в 3

Нормы для Ж/Б: СП 63.13330.2012	Нормы для Ж/Б: СП 63.13330.2012
Нормы для стали: СП 16.13330.2011	Нормы для стали: СП 16.13330.2011
Нормы для кладки СП 15.13330.2012	Нормы для кладки СП 15.13330.2012

Для всех КЭ  Для отмеченных

Все

Материалы

Назначение материалов на элементы

Назначить на элементы материала из прежнего варианта

Создать копию материала и назначить на элементы

Железобетонные материалы

Стальные материалы

Армокаменные материалы

Раскрепления  Конструктивные элементы

Унифицированные констр. элементы  Унифицированные группы

Группы простенков кладки

- При формировании истории нагружения для нелинейных задач добавлена возможность использовать заданные комбинации РСН.
- При копировании вариантов нагружений добавлен блок управления «что именно копировать»: материалы ЖБК, СТК, Кирпич / конструктивные элементы / унификация и т.п.



Динамика во времени 2091 (2.091 sec)  
Мозаика перемещений по X(G)  
Единицы измерения - мм

Узел 31

Координаты: X 0 м, Y 0 м, Z 30 м

Связи:  X,  UX,  Y,  UY,  Z,  UZ

№ узла: 31, Блок N: , № ж.т.:  Отмеченный

Нагрузки: Загружения, № загр.: 2 092

Виды перемещений:  X,  uX,  Y,  uY,  Z,  uZ

Изменения во времени

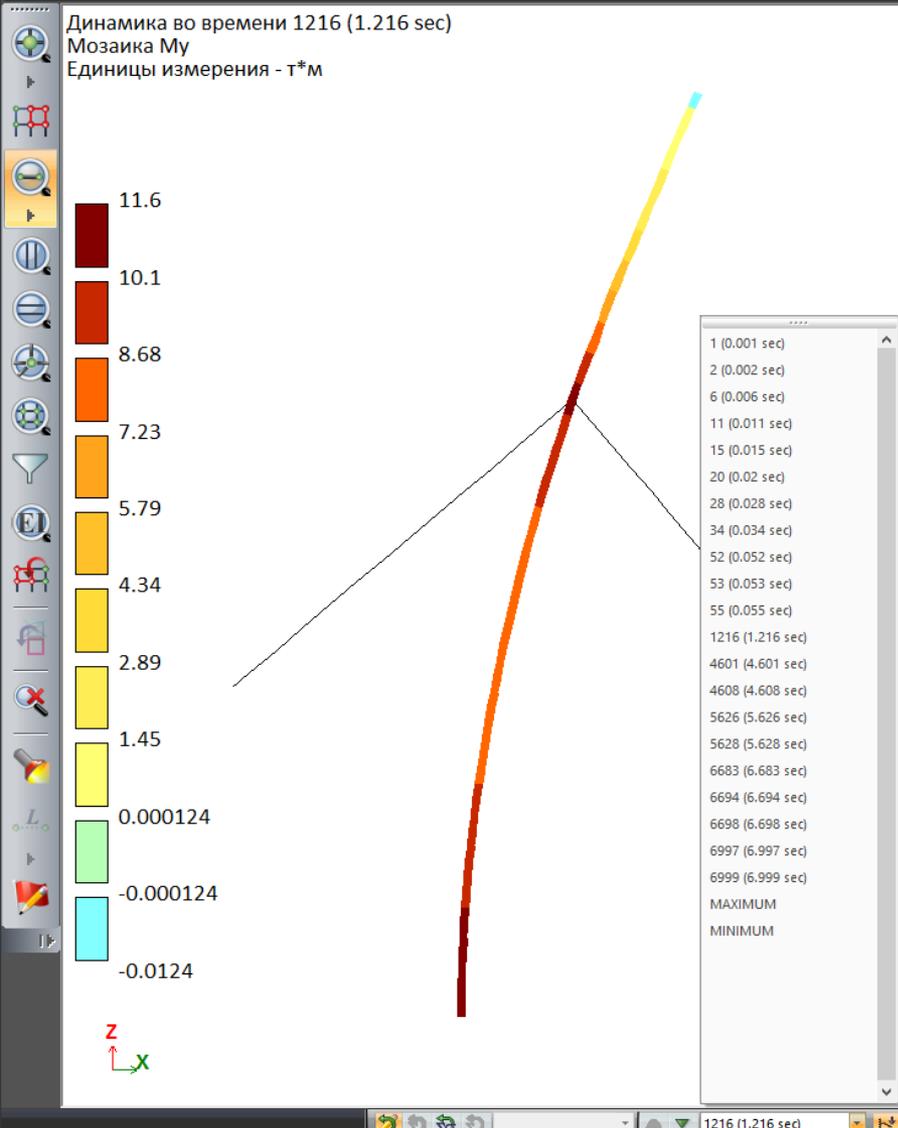
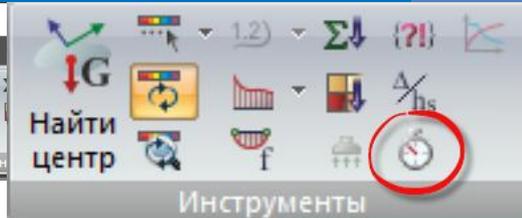
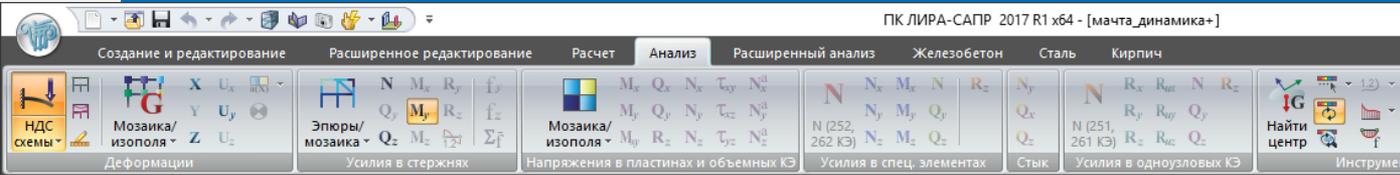
Динамика плюс - результаты

1 2 3

1.2e+003, -1.0e+003, 5.1e+003, -4.0e+003, 2.0e+004, -2.4e+004

1372, 2098, 2750, 3445, 4635

Добавлен графический вывод результатов решения задач динамики во времени для всей схемы в любой временной области. Для этого через меню «Информация об узлах и элементах» (фонарик) можно включить графики изменения перемещений (в узлах) или усилий (в элементах) и на этих графиках поставить «засечки» – моменты времени, в которые визуализировать напряженно-деформированное состояние всей системы.



### Шаги интегрирования ...

Анимация

Старт    Стоп    >>

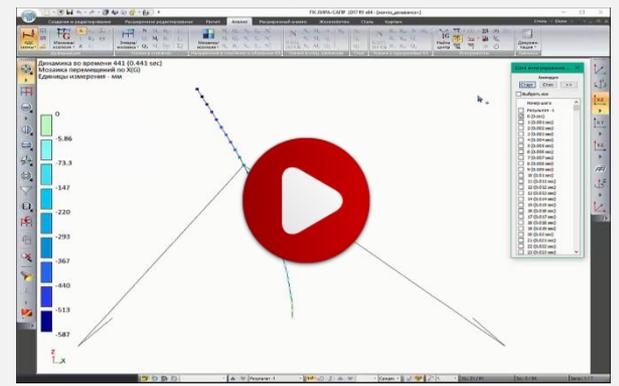
Выбрать все

Номер шага	Time (sec)
<input type="checkbox"/>	1203 (1.203 sec)
<input type="checkbox"/>	1204 (1.204 sec)
<input type="checkbox"/>	1205 (1.205 sec)
<input type="checkbox"/>	1206 (1.206 sec)
<input type="checkbox"/>	1207 (1.207 sec)
<input type="checkbox"/>	1208 (1.208 sec)
<input type="checkbox"/>	1209 (1.209 sec)
<input type="checkbox"/>	1210 (1.21 sec)
<input type="checkbox"/>	1211 (1.211 sec)
<input type="checkbox"/>	1212 (1.212 sec)
<input type="checkbox"/>	1213 (1.213 sec)
<input type="checkbox"/>	1214 (1.214 sec)
<input type="checkbox"/>	1215 (1.215 sec)
<input checked="" type="checkbox"/>	1216 (1.216 sec)
<input type="checkbox"/>	1217 (1.217 sec)
<input type="checkbox"/>	1218 (1.218 sec)
<input type="checkbox"/>	1219 (1.219 sec)
<input type="checkbox"/>	1220 (1.22 sec)
<input type="checkbox"/>	1221 (1.221 sec)
<input type="checkbox"/>	1222 (1.222 sec)
<input type="checkbox"/>	1223 (1.223 sec)
<input type="checkbox"/>	1224 (1.224 sec)
<input type="checkbox"/>	1225 (1.225 sec)
<input type="checkbox"/>	1226 (1.226 sec)
<input type="checkbox"/>	1227 (1.227 sec)

Теперь «засечки» поставленные на графике изменения перемещений и усилий можно визуализировать как результат от отдельного загрузки – в выпадающем меню «результаты по загрузкам».

Также «засечки» можно включать галочками в новом меню «Шаги интегрирования».

В этом же меню можно включить анимацию колебаний конструкции одновременно с просмотром меняющихся мозаик, изополей и эпюр





ПК ЛИРА-САПР 2017 R1 x64 - [Перекосы]

Создание и редактирование | Расширенное редактирование | Расчет | Анализ | Расширенный анализ | Железобетон | Сталь | Кирпич | Стиль | Окно

НДС схемы | Мозаика/изополю | Эпюры/мозаика | Мозаика/изополю | Инструменты

Найти центр

### Редактирование перекосов

Добавить узлы перекосов

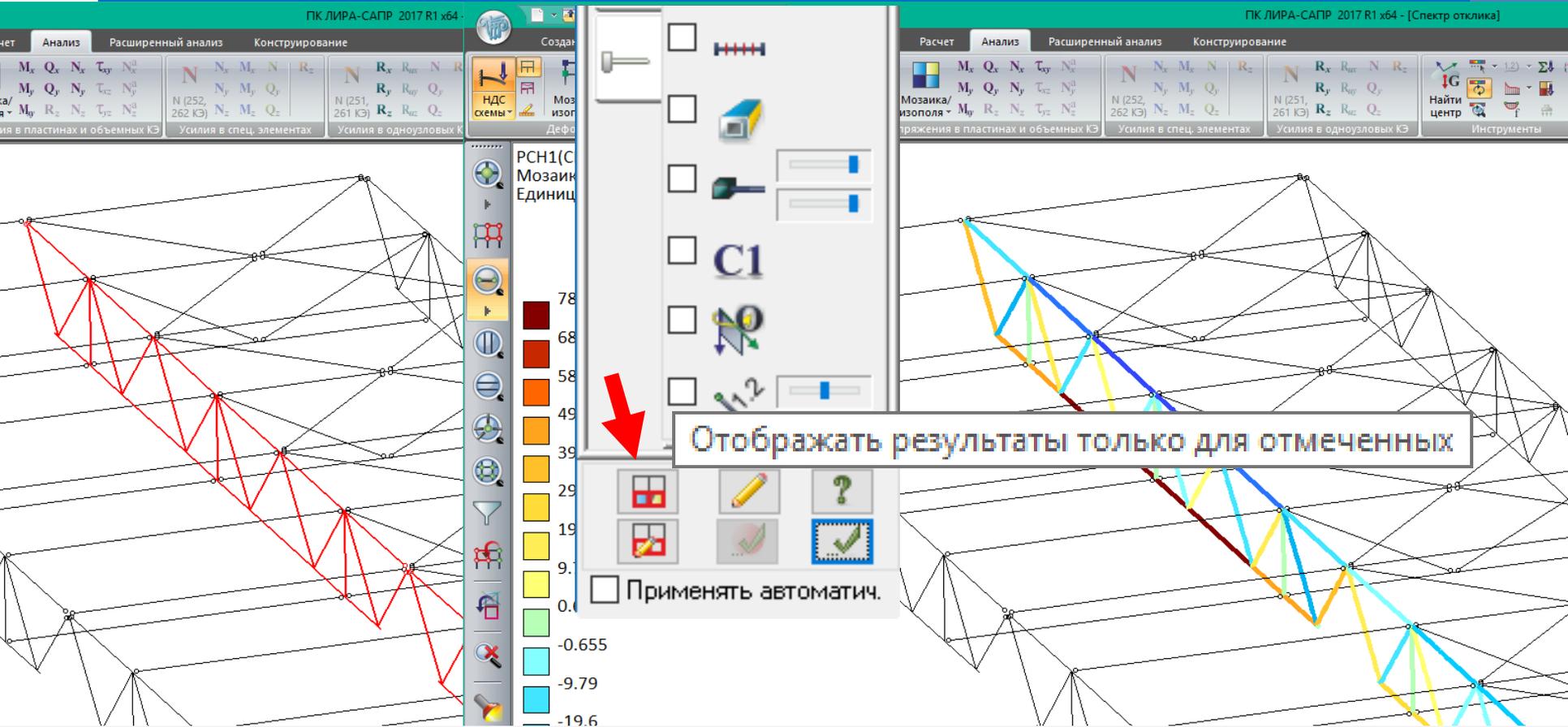
Отметка узлов для задания перекосов

Корректировка узлов перекосов

Узлы	L	Перекос
175280, 175281	3.6	2.00152e-005
175281, 166647	3.3	1.08637e-005
166647, 161997	3.2	4.59333e-005
161997, 153103	3.2	6.85057e-005
153103, 144867	3.2	7.12687e-005
144867, 136419	3.2	8.12229e-005
136419, 127931	3.2	7.69296e-005
127931, 119484	3.2	7.37648e-005
119484, 107105	3.2	7.51768e-005
107105, 102341	3.2	6.78958e-005
102341, 90128	3.2	6.21969e-005
90128, 85422	3.2	5.68068e-005
85422, 76789	3.2	5.10945e-005
76789, 68357	3.2	4.71705e-005
68357, 59949	3.2	4.33577e-005
59949, 51458	3.2	3.90226e-005
51458, 39129	3.2	3.58968e-005
39129, 34560	3.2	3.64032e-005
34560, 26187	3.2	4.11524e-005
26187, 17906	3.2	5.26018e-005
17906, 9701	3.2	7.87365e-005

Список для фрагмента

Добавлена возможность вычисления перекосов по результатам расчета отдельных загрузок, РСН и нелинейных историй нагружения. Подготовка исходных данных и вывод результатов представлен в отдельном диалоговом окне.



Добавлены новые возможности визуализации расчетной модели «Флаги рисования»:

- отображение результатов только для отмеченных элементов;
- применение флагов рисования для отмеченных объектов.

Очень часто для анализа результатов расчета приходится работать с фрагментом схемы, для того чтобы шкала вывода результатов подстраивалась под диапазон значений фрагмента. Но при этом отдельно вырванный фрагмент не дает полного представления о его работе в составе конструкции поэтому разработан новый режим просмотра результатов, который также будет полезен при документировании, оформлении графических материалов.



# Система документирования «Книга отчетов»

В предыдущих версиях были реализованы простые и удобные инструменты для документирования и работы со схемой: фиксация и возврат к виду расчетной схемы; фиксация и возврат к фрагменту расчетной схемы; автоматическое обновление изображений экрана и таблиц результатов после изменения расчетной схемы, документирование на основании готовых шаблонов, а так же создание пользовательских шаблонов. Интерактивные таблицы для анализа результатов, поиска объектов на основании значений таблиц. Автоматическая верстка готового отчета, с возможностью подключения внешних объектов, например, изображений, таблиц Excel и текстовых документов.

В новой 2017 версии эти инструменты были пополнены новыми функциями.



Создание и редактирование | Расширенное редактирование | Расчетная модель: Жесткостные характеристики

Добавить узел | Добавить элемент | Создать в САПФИР

Копирование | Упаковка схемы

Открыть CSV | Сохранить | Сверстать | Предыдущий | Следующий | Копировать | Фильтр | На схему

Цвет	Номер	Имя	Комментарий	E, т/м2	RO, т/м3	EF, т	EIy, т	EIz, т
Yellow	18	Брус 100 X 50	piloni +34.5 dan +70.5 -mde	3520000	3	1760000	36667	146667
Blue	17	Брус 100 X 60	piloni +34.5 mde	3520000	3	2112000	63360	176000
Red	19	Брус 100 X 40	piloni +70.5 -dan	3520000	3	1408000	18773	117333
Green	1	Брус 11 X 11	xisti	100000000	0	1210000	1220	1220
Orange	8	Брус 1 X 1	kedlebis tavze	0	0	0	0	0
Cyan	6	Брус 1 X 1	vitraj	0	0	0	0	0
Light Blue	7	Брус 1 X 1	rigelis da Shemkravi kedlebis	0	0	0	0	0
Dark Green	9	Брус 40 X 40	saxuravi	3520000	3	563200	7509	7509
Dark Blue	4	Брус 1 X 1	gadaxurvis pilis konturi	0	0	0	0	0
Purple	3	Брус 40 X 100	daxrili	3520000	3	1408000	117333	18773
Light Green	10	Брус 40 X 40	rigeli saxuravi	3060000	3	489600	6528	6528
Dark Red	11	Брус 1 X 1	tixrebi aivanze 20sm	0	0	0	0	0
Light Purple	15	Угол 70 X 50	SHamosadebi rigeli	3060000	3	887400	35807	14400
Light Blue	16	Угол 70 X 30	SHamosadebi rigeli	3060000	3	887400	35807	14400
Light Green	5	Брус 1 X 1	xvrebli 10sm	0	0	0	0	0
Light Purple	12	Брус 1 X 1	tixrebi shiga 20sm	0	0	0	0	0
Light Green	2	Брус 1 X 1	fikt	0	0	0	0	0
Light Purple	13	Кольцо 120 X 0	Svaja 120cm	3310000	3	3743522	336917	336917
Light Blue	22	Брус 40 X 100	daxrili +19.5-dan	3520000	3	1408000	117333	18773
Light Purple	49	Брус 20 X 30	rigeli 20-50 -kibis	3060000	3	183600	1377	612
Light Green	58	Брус 50 X 30	rigeli 40-50 A & E GERDZEB	3060000	3	459000	3443	9562
Light Blue	73	Брус 1 X 1	kedeli-40sm	0	0	0	0	0
Light Purple	51	Брус 40 X 50	rigeli 40-70	3060000	3	612000	12750	8160
Light Green	50	Брус 20 X 30	rigeli 20-50-konruri	3060000	3	183600	1377	612
Light Blue	53	Брус 20 X 34	rigeli 20-50 xvreblistvis	3060000	3	208080	2005	694
Light Purple	54	Брус 1 X 1	fikt kibe	0	0	0	0	0
Light Green	56	Брус 40 X 40	kolona damatebuli	3310000	3	529600	7061	7061
Light Blue	52	Брус 40 X 34	rigeli 40-50	3060000	3	416160	4009	5549
Light Purple	47	Брус 40 X 30	rigeli 40-50	3060000	3	367200	2754	4896
Light Green	48	Брус 20 X 30	rigeli 20-50 xvrebli	3060000	3	183600	1377	612

Load case 1

Книга отчетов

Жесткости

- Жесткость 1 «Брус 11 X 11»
- Жесткость 2 «Брус 1 X 1»
- Жесткость 3 «Брус 40 X 100»
- Жесткость 4 «Брус 1 X 1»
- Жесткость 5 «Брус 1 X 1»
- Жесткость 6 «Брус 1 X 1»

Таблицы

Исходные данные | Результаты

Создать обновляемую таблицу «Книги отчетов»

Жесткости

Опции формирования информации для документа «Жесткости»

- Размеры
- Жесткостные характеристики
- Параметры нелинейности

Добавлены обновляемые таблицы исходных данных для контроля и документирования жесткостных характеристик используемых в расчетной модели.



ПК ЛИРА-САПР 2017 R1 x64 - [КИРПИЧ расчетная модель]

Создание и редактирование    Расширенное редактирование    Расчет    Анализ    Расширенный анализ    Конструирование    Стиль    Окно

НДС схемы    Расчет    Мозаика/изопола    Расчет    РСУ    РСН    Рассчитать нагрузку    Мозаика/векторы    Мозаика/векторы    Кирпич    Мозаика/изопола    Расчет трещин    Глубина    Ширина    Расстояние    Найти центр    Инструменты

Деформации    ЛИТЕРА (вычисление напряжений)    Устойчивость    Сочетания    Фрагмент    Результат    Инерция

СВОБСТВЕННЫЙ ВЕС  
Мозаика нагрузок в ц.т. простенков. Сила вдоль оси Z(G)  
Единицы измерения - т

94.2  
82.5  
70.8  
59.1  
47.4  
35.7  
24.1  
12.4  
0.941

Нагрузки на простенки по загрузениям  
Нагрузки на простенки по РСН  
PCY для простенков  
Подбор армирования для простенков

Кирпич расчетная модель: Нагрузки на простенки по РСН [Вариант 1] (02)

Исходные данные    Результаты

Создать обновляемую таблицу «Книги отчетов»

Формат таблиц: CSV (\*.csv)    Другой...

Протокол решения  
Перемещения  
Усилия  
PCY расчетные  
PCY расчетные длительнойдействующие

Номера вариантов

1. Вариант 1  
2. Вариант 2  
3. Вариант 3

Открыть CSV    Сохранить    Сверстать    Предыдущий    Следующий    Копировать    Фильтр    На схему    Обновить    Шрифт    Развернуть

PCN	Отметка, м	N(Pz), т	Qx(Px), т	Qy(Py), т	Mx, т	My, т
1 - PCN1	4.5 - 2	6.859	-0.001	-0.003	0.000	-0.020
1 - PCN1	4.5 - 10	25.889	0.931	-1.001	0.031	-0.106
1 - PCN1	7.5 - 79	56.455	-7.282	3.922	0.454	-4.257
1 - PCN1	4.5 - 4	7.701	0.075	-0.022	-0.037	-0.013
1 - PCN1	4.5 - 6	33.551	2.605	-0.605	-0.146	-0.007
1 - PCN1	4.5 - 12	28.755	0.247	-3.827	-0.380	0.171
1 - PCN1	4.5 - 5	33.557	2.742	-0.459	-0.161	0.009
1 - PCN1	4.5 - 8	34.015	2.658	-0.763	-0.147	-0.038
1 - PCN1	4.5 - 1	150.643	0.827	-4.617	0.440	-3.494
1 - PCN1	4.5 - 9	34.467	3.243	-0.736	-0.105	-0.024
1 - PCN1	4.5 - 7	33.702	2.493	-0.716	-0.150	-0.020
1 - PCN1	4.5 - 11	40.865	4.638	-0.546	-0.164	2.723
1 - PCN1	4.5 - 3	119.341	5.591	-1.594	-2.815	-0.467
1 - PCN1	4.5 - 28	28.792	-2.010	0.872	0.036	-0.005

Расширен набор обновляемых таблиц результатов расчета армокаменных конструкций (реакции на простенки по загрузениям/PCN/PCY, результаты подбора дополнительного армирования сетками и вертикальными стержнями).



# СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

Наш телефон: +7 (495) 730-01-33

Наша почта: [manager@rflira.ru](mailto:manager@rflira.ru)

[www.rflira.ru](http://www.rflira.ru)

[www.liraland.ru](http://www.liraland.ru)



[Канал LiraLand на YouTube](#)



[Группа Facebook](#)



[Группа ВКонтакте](#)



[База знаний на сайте liraland.ru](#)



[База знаний на сайте rflira.ru](#)