

# CAE FIDESYS 7.1

Основные изменения

Выпущена: декабрь 2024

**Версия 7.1**

Выпущена: декабрь 2024

<b>Версия 7.1</b> .....	<b>2</b>
<b>Дополнения и улучшения функционала</b> .....	<b>4</b>
Добавлен новый критерий пластичности Хука-Брауна .....	4
Добавлен новый тип элемента Стержень.....	9
Добавлен новый тип элементов - акустическая среда.....	10
Расширены настройки частотного анализа .....	14
Добавлена возможность расчета упругих балочно-оболочечных конструкций с пластическими солидами.....	16
Дополнения и улучшения расчета эффективный свойств.....	17
<b>Дополнения и улучшения препроцессора</b> .....	<b>18</b>
Добавлена возможность подгружать таблицу свойств слоев оболочек из xls/csv .	18
Добавлен расчет эффективных свойств ламинатов .....	19
Улучшен виджет для создания комбинированных пружин .....	21
Добавлен импорт топологически-оптимизированной .x3d геометрии в препроцессор .....	22
Добавлена возможность сохранять различные варианты расчета.....	23
<b>Дополнения и улучшения постпроцессора</b> .....	<b>25</b>
Добавлен фильтр «Суммарная сила и момент» .....	25
Добавлен фильтр «Прочностная надёжность» .....	27
Добавлен расчет запаса прочности по теории Хука-Брауна .....	28
Добавлен фильтр для построения графика по пути .....	29
Улучшена работа со списком для функции «Найти данные» .....	31
Кнопка «Обновить данные» вынесена на панель инструментов.....	31
Добавлены кнопки для отображения максимальных и минимальных значений ....	32
Улучшен фильтр Системы координат.....	33

## Системные требования

Программный комплекс **CAE Fidesys** предъявляет следующие минимальные требования к программному обеспечению и оборудованию.

### Аппаратные требования

Процессор: Dual-core 1,7 ГГц и выше.

Оперативная память: не менее 4 GB.

Свободное место на диске: 5 GB.

Видеокарта уровня NVIDIA GeForce GTX 460 или выше.

Разрешение экрана: 1024×768 или выше.

### Операционная система

Поддерживаются следующие версии операционных систем (64-разрядные версии):

Windows 11	Ubuntu 20.04 LTS, 22.04 LTS, 24.04 LTS
Windows Server 2022	CentOS Stream 9
Windows 10	RHEL 9
Windows Server 2019	Astra Linux 1.8.1
Windows Server 2016	Alt Linux 10
Windows 8.1	Alt Linux Server 10
Windows Server 2012	Debian 11, 12
Windows Server 2012 R2	Oracle Linux Server 9
Windows 7 SP1	OpenSUSE Leap 15.3, 15.4
Windows Server 2008 R2 SP1	PEД ОС 8
	Fedora 36
	AlterOS 7.5 (glibc 2.34)

**Важно:** Необходимо установить последние обновления ОС.

## Дополнения и улучшения функционала

### Добавлен новый критерий пластичности Хука-Брауна

Скальные породы по своему поведению отличаются от грунтов главным образом тем, что, как правило, они имеют значительно большую жесткость. Зависимость жесткости от значений напряжений пренебрежимо мала, так что на практике ее считают постоянной. В то же время способность пород к сопротивлению сдвигу в значительной степени зависит от уровня напряжений. Поскольку горные породы имеют нарушения сплошности из-за наличия трещин, то их можно рассматривать как материалы, обладающие внутренним трением. Модель Мора-Кулона, как правило, не в полной мере может описывать поведение горной массы из-за весьма широкого диапазона уровней напряжений, возникающих в ней. Также известно, что горные породы зачастую демонстрируют значительную прочность на растяжение. Таким образом, критерий Хука-Брауна является наиболее предпочтительной моделью для расчета прочности горных пород.

#### Общая формулировка

Критерий разрушения Хука-Брауна был введен в начале восьмидесятых годов XX века для описания прочности на сдвиг ненарушенной породы, подвергнутой трехосным испытаниям. Критерий разрушения для ненарушенной породы формулируется зависимостью между большим  $\sigma'_1$  и меньшим  $\sigma'_3$  главными напряжениями как

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma_{ci} \sqrt{m_i \frac{\sigma'_3}{\sigma_{ci}} + 1}, \quad (1)$$

где  $\sigma_{ci}$  – предел прочности породы на одноосное сжатие, а  $m_i$  – параметр, зависящий от типа породы (обычно определен на  $5 \leq m_i \leq 40$ ).

Оба параметра и могут быть получены из регрессионного анализа результатов трехосных испытаний. Позднее критерий разрушения Хука-Брауна был переформулирован и расширен для определения прочности массивов горных пород на сдвиг. Эта форма критерия, которую обычно называют обобщенным критерием разрушения Хука-Брауна может быть записана как

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma_{ci} \left( m_b \frac{\sigma'_3}{\sigma_{ci}} + s \right)^a. \quad (2)$$

В уравнении (2) сжатие принимается положительным, что часто встречается в механике горных пород и инженерной геотехнике. В контексте механики сплошных сред принято считать положительным растяжение. Тогда в дальнейшем главные напряжения будем обозначать через  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  и  $\sigma_3$  без штриха.

Коэффициенты  $m_b$ ,  $s$  и  $a$  в уравнении (2) являются полуэмпирическими параметрами, характеризующими горную массу.

На практике эти параметры рассчитываются на основе эмпирического индекса, называемого индексом геологической прочности или GSI (Geological Strength Index). Этот параметр лежит в диапазоне от 0 до 100 и может быть количественно оценен по

графикам, полученным в результате оценки качества структуры горных пород и состояния их поверхности.

В последней версии критерия разрушения Хука-Брауна связь между коэффициентами  $m_b$ ,  $s$  и  $a$  в уравнении (2) и GSI выглядит следующим образом

$$m_b = m_i \exp\left(\frac{GSI - 100}{28 - 14D}\right), \quad (3)$$

$$s = \exp\left(\frac{GSI - 100}{9 - 3D}\right), \quad (4)$$

$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} \left( e^{-\frac{GSI}{15}} - e^{-\frac{20}{3}} \right). \quad (5)$$

В уравнениях (3) и (4)  $D$  – это коэффициент, называемый коэффициентом нарушения и зависящий от степени разрушения породы. Его значение изменяется в пределах от 0 до 1.

$$f = \sigma_1 - \sigma_3 - \sigma_{ci} \left( s - m_b \frac{\sigma_1}{\sigma_{ci}} \right)^a = 0, \quad (6)$$

где  $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$  – главные напряжения, причем растягивающее напряжение принимается положительным. Это означает, что  $\sigma_3$  обозначает «наибольшее» сжимающее напряжение.

Проекция критерия на меридиональную плоскость в пространстве главных напряжений показана на рис. 1. На нем поверхность текучести представляет собой кривую с наклоном, стремящимся к бесконечности по мере приближения кривой к вершине  $\sigma_t$ . В вершине  $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3 = \sigma_t$ , причем

$$\sigma_t = s \frac{\sigma_{ci}}{m_b}, \quad (7)$$

что является пределом прочности при растяжении.

Прочность при одноосном сжатии  $\sigma_c$ , показана на рис. 1 и может быть рассчитана путем задания  $\sigma_1 = 0$  в уравнении (6)

$$\sigma_c = \sigma_{ci} s^a. \quad (8)$$

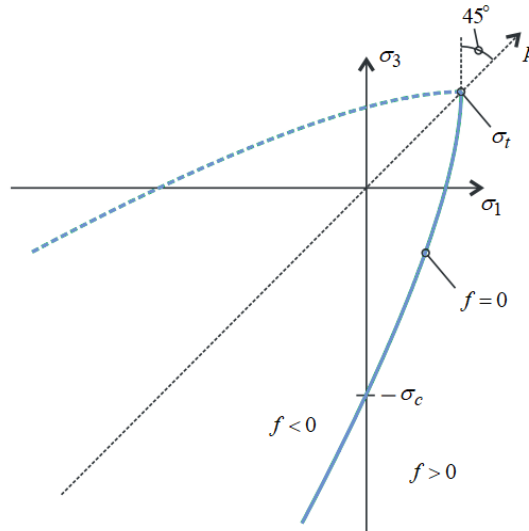


Рис. 1. Проекция критерия Хука-Брауна на меридиональную плоскость. Гидростатическая ось обозначена через  $p$ . Вторичный критерий текучести, где  $\sigma_3 > \sigma_1$  обозначен пунктирной линией.

Таким образом, обобщенный критерий Хука-Брауна может быть записан

$$\sigma_3 = \sigma_1 - \sigma_{ci} \left( s - m_b \frac{\sigma_1}{\sigma_{ci}} \right)^a \quad (9)$$

На рис. 2 изображена поверхность текучести в главных осях

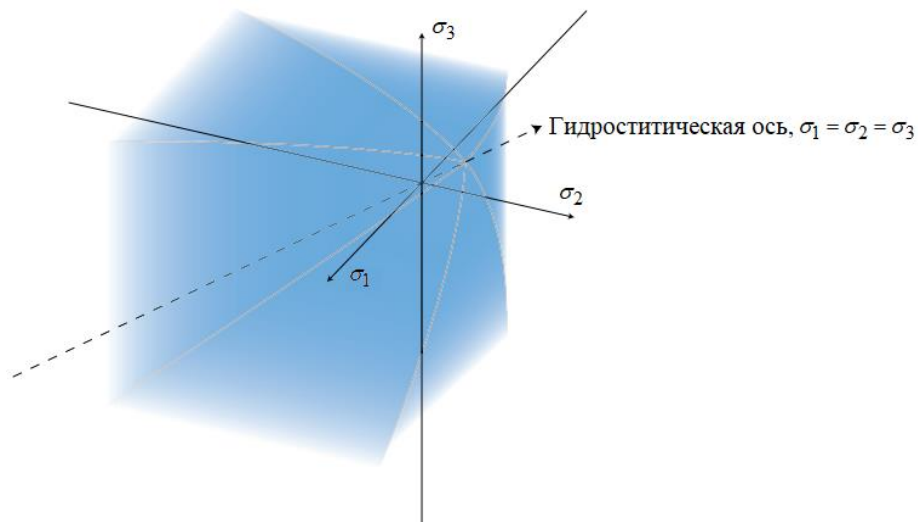


Рис.2. Обобщенный критерий Хука-Брауна в пространстве главных напряжений.

Именно в данном виде критерий разрушения введен в CAE Fidesys, начиная с версии 7.1.

Для задания критерия Хука-Брауна в интерфейсе необходимо в виджете Управления материалами задать соответствующие параметры материала:

**Управление материалами**

Свойства	Материал	ID	Импортированный материал
<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Упругость</li> <li>&gt; Общие</li> <li>&gt; Прочность</li> <li>▼ Пластичность                             <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; По Мизесу</li> <li>&gt; Первый критерий прочности Друкера-Прагера</li> <li>&gt; Второй критерий прочности Друкера-Прагера</li> <li>&gt; Критерий Друкера-Прагера (Ползучесть)</li> <li>&gt; Критерий Кулона-Мора</li> <li>▼ Критерии Хука-Брауна                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>Предел прочности ненарушенной породы на сжатие</li> <li>Геологический индекс прочности</li> <li>Параметр ненарушенной породы</li> <li>Коэффициент нарушения</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>&gt; Упрочнение</li> <li>&gt; Ползучесть</li> <li>&gt; Температурные свойства</li> <li>&gt; Геомеханика</li> <li>&gt; Преднапряжение</li> <li>&gt; Распухание</li> <li>&gt; Высокоскоростное разрушение</li> </ul>	1	1	Углеродистая сталь Сталь ГОСТ 4543-71 Резина Кевлар Титан Грунт Пористый грунт
Свойства    Напряжения/деформации			
Свойства материала		Значение	
▼ 1			
▼ Материал Гука			
Модуль Юнга		2e+07	
Коэффициент Пуассона		0.25	
▼ Критерии Хука-Брауна			
Предел прочности ненарушенной породы на...		100000	
Геологический индекс прочности		100	
Параметр ненарушенной породы		1	
Коэффициент нарушения		0	

Перетащите нужное свойство из окна 'Свойства' Применить

## Простейшие постановки задач

reset

brick x 1

volume 1 size 1

undo group begin

volume 1 size 1

mesh volume 1

undo group end

create material 1

modify material 1 name 'Mat'

modify material 1 set property 'POISSON' value 0.25

modify material 1 set property 'MODULUS' value 2e+07

modify material 1 set property 'HB\_DISTURBANCE\_FACTOR' value 0

modify material 1 set property 'HB\_GSI' value 50

modify material 1 set property 'HB\_INTACT\_ROCK\_CONSTANT' value 15

modify material 1 set property 'HB\_INTACT\_STRENGTH' value 30000

set duplicate block elements off

block 1 add volume 1

block 1 name 'TEMPLATE'

block 1 material 1 cs 1 element solid order 1

create displacement on surface 4 dof 1 fix 0

create displacement on surface 3 dof 2 fix 0

create displacement on surface 2 dof 3 fix 0

create displacement on surface 6 dof 1 fix 0.03

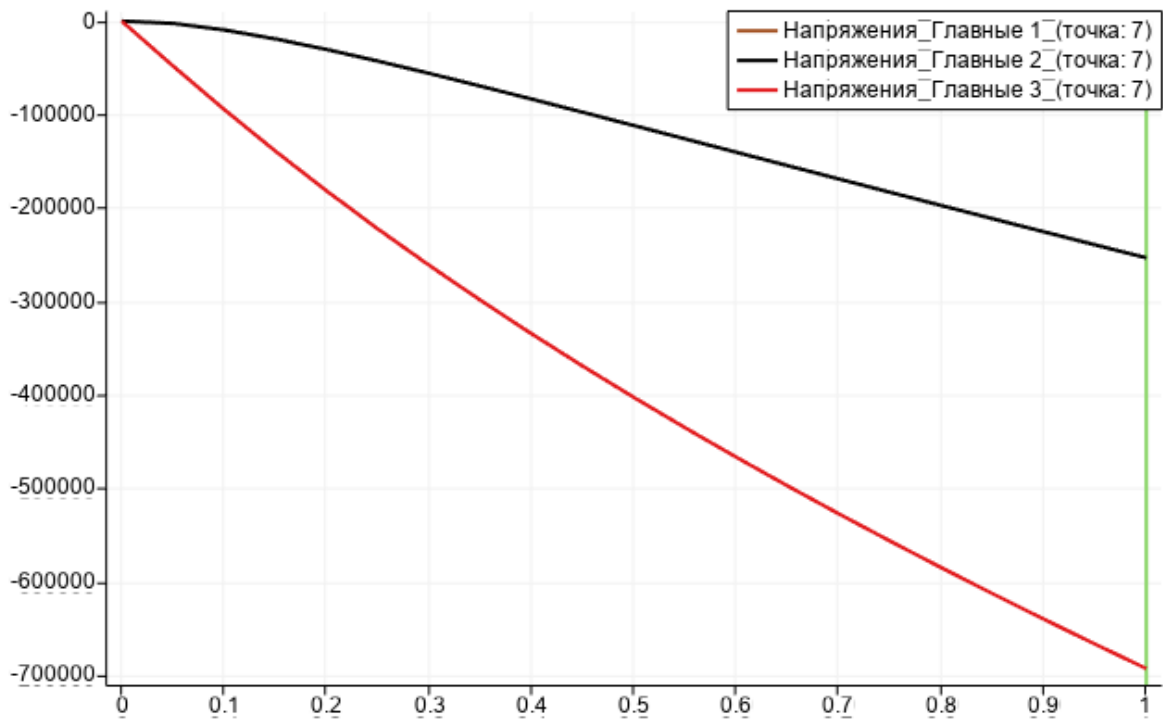
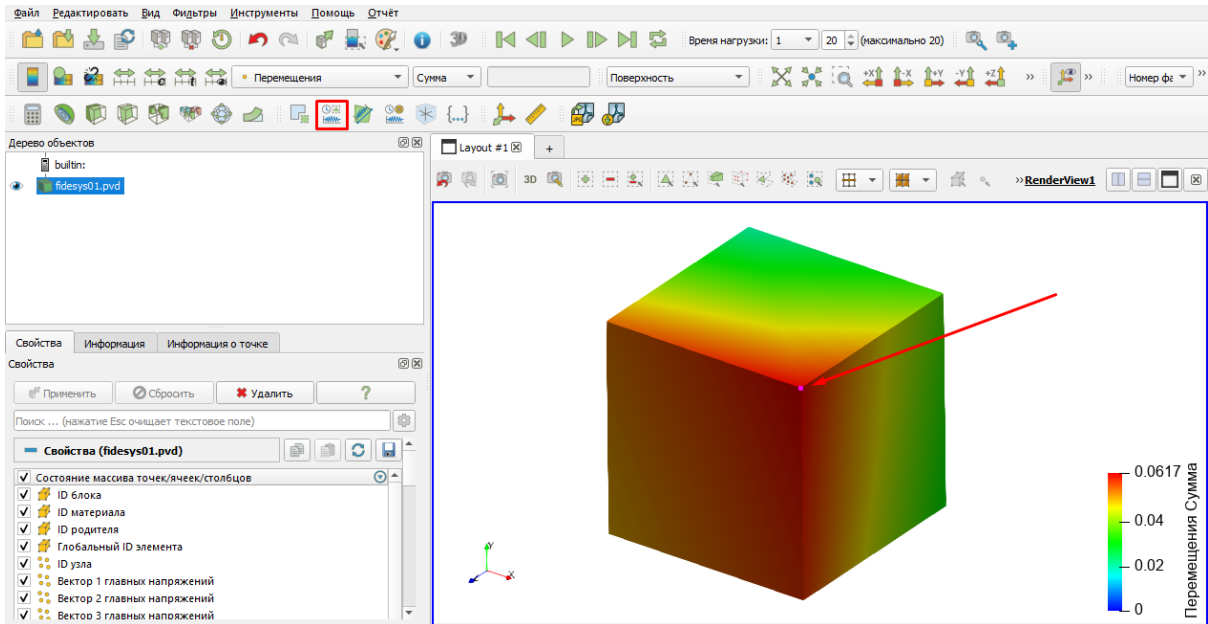
create displacement on surface 5 dof 2 fix 0.02

create displacement on surface 1 dof 3 fix -0.05

calculation settings 4 set\_current

analysis type static elasticity plasticity dim3

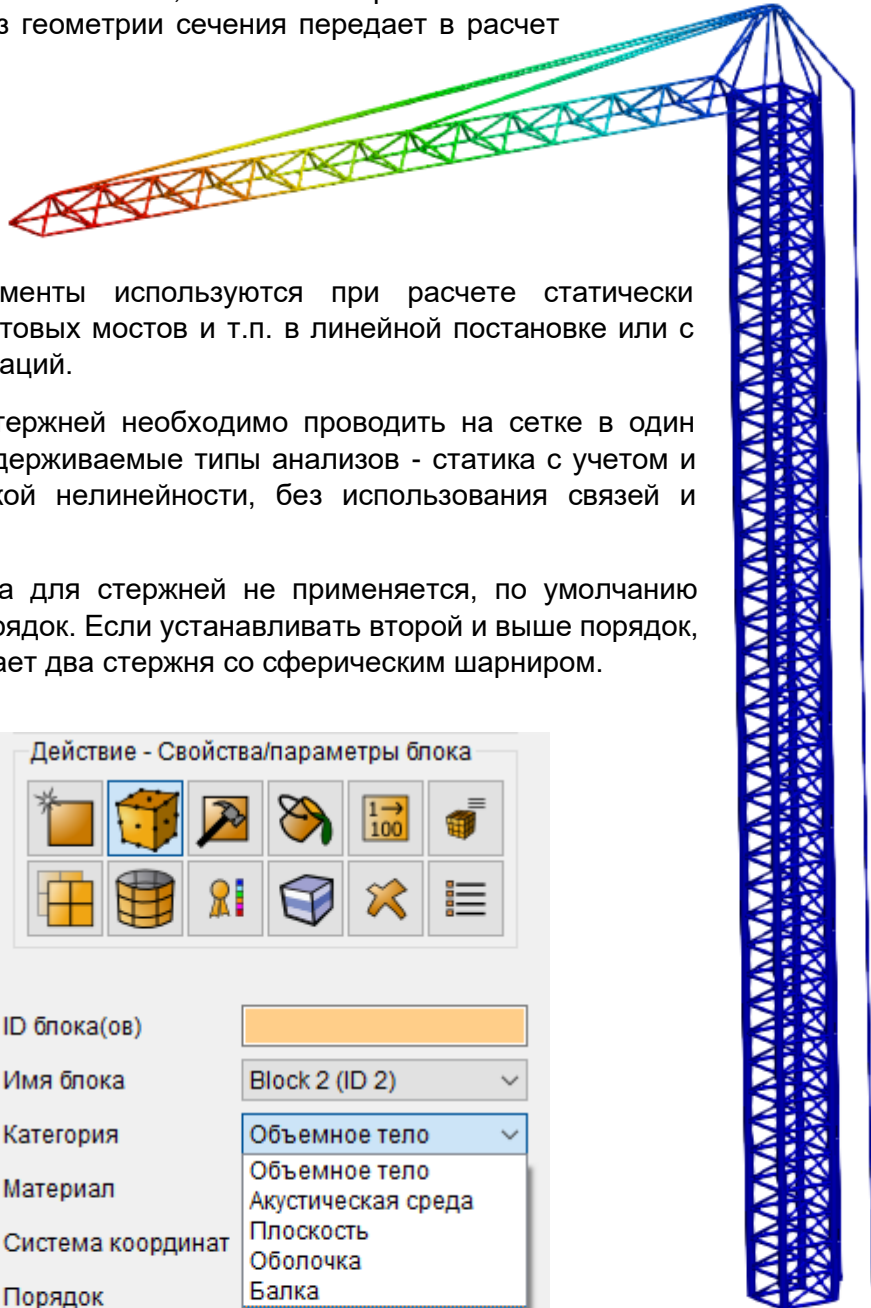
nonlinearopts maxiters 20 startloadsteps 20 minloadsteps 20 maxloadsteps 20 tolerance 1e-5 targetiter 5





## Добавлен новый тип элемента Стержень

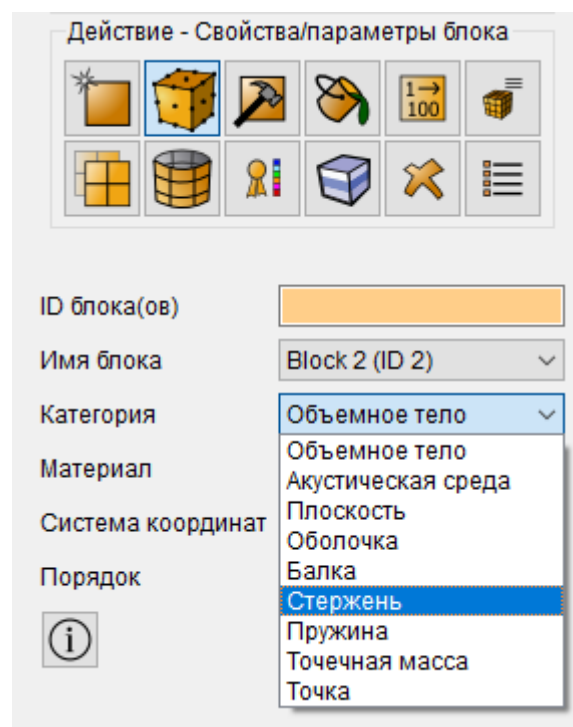
В версии 7.1 добавлен новый тип элемента – стержень, который имеет одну ось, может воспринимать растяжение и сжатие и имеет три степени свободы в каждом узле - перемещения в направлении осей X, Y и Z. Как стержневой элемент он не имеет свойств изгиба, из геометрии сечения передает в расчет только площадь.



Стержневые элементы используются при расчете статически определимых ферм, вантовых мостов и т.п. в линейной постановке или с учетом больших деформаций.

Использование стержней необходимо проводить на сетке в один элемент (два узла), поддерживаемые типы анализов - статика с учетом и без учета геометрической нелинейности, без использования связей и контактов.

Порядок элемента для стержней не применяется, по умолчанию используется первый порядок. Если устанавливать второй и выше порядок, то фактически это означает два стержня со сферическим шарниром.



## Добавлен новый тип элементов - акустическая среда

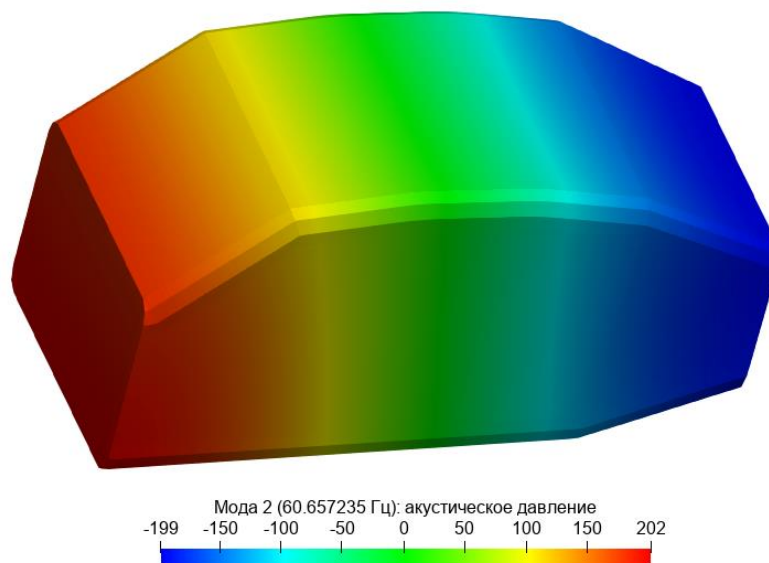
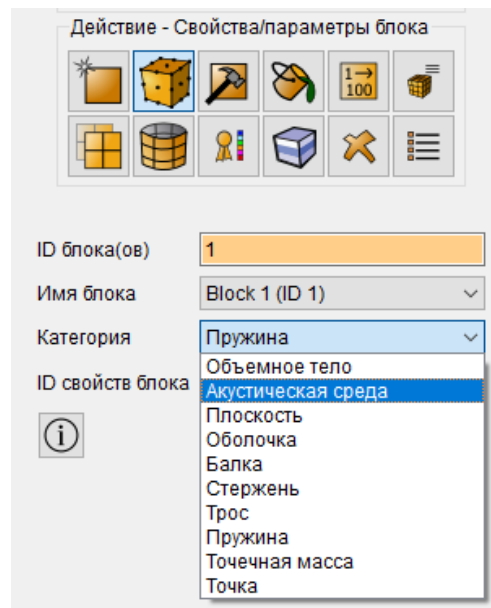
Доступны новые типы задач – распространение акустического давления в среде.

Акустические или звуковые волны обусловлены упругими возмущениями, возникающие при деформировании твердотельной структуры, контактирующие с акустической средой. Новый тип элемента позволяет моделировать связанные задачи упругих деформируемых твердых тел с акустическими средами.

Акустические расчеты доступны для двух типов анализа – модальный и частотный. Для акустической среды исследуются возмущенные и избыточные давления и плотность относительно исходных равновесных состояний. Модальный анализ позволяет определить собственные формы и частоты объема жидкости или газа. В частотном анализе вычисляется отклик системы как функция, зависящая от частоты возбуждения, основанная на возбуждающем давлении. Данные типы расчета служат, например, для устранения шума в транспорте в соответствии с санитарными нормами, для анализа распространения шума в зданиях и сооружениях.

Для задания акустической среды требуется создать материал с заданной скоростью звука и плотностью и создать блок «акустическая среда» с этим материалом. Поддерживаются объемные элементы всех порядков в том числе спектральные.

Результатом расчёта будут формы распределения акустического давления по объему:



Для удобства использования в библиотеку стандартных материалов добавлены два акустических материала – Воздух и Вода.

Материал	ID	Импортированный материал
Воздух	1	Углеродистая сталь
Вода	2	Сталь ГОСТ 4543-71
<i>Укажите имя материала</i>		Резина
		Кевлар
		Титан
		Грунт
		Пористый грунт
		<b>Воздух</b>
		Вода

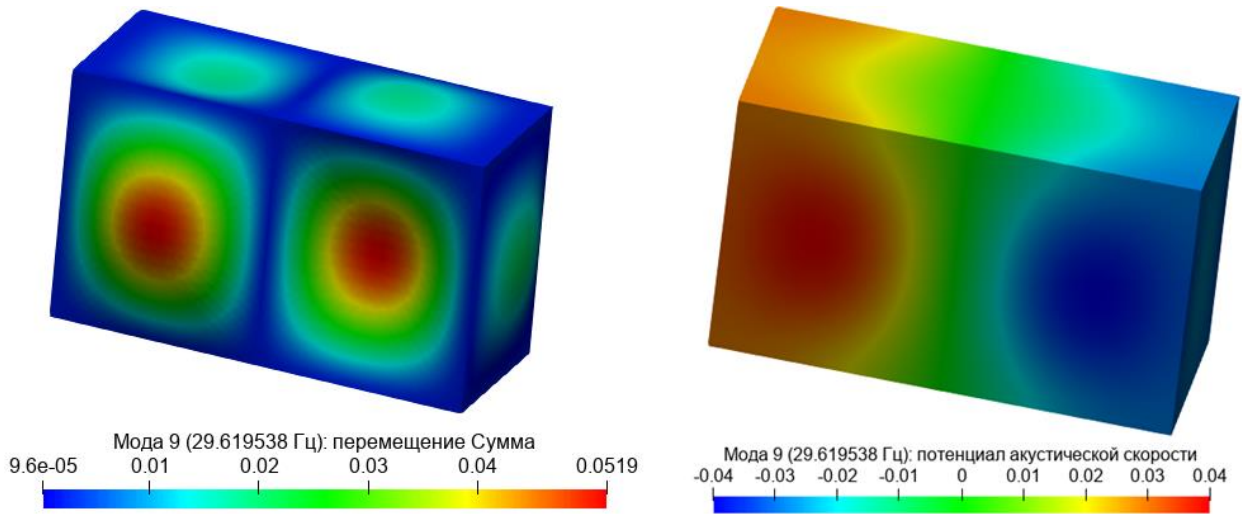
  

Свойства		Напряжения/деформации
Свойства материала		Значение
▼ Воздух		
▼ Общие		
Плотность		1.225
Скорость звука		340.31

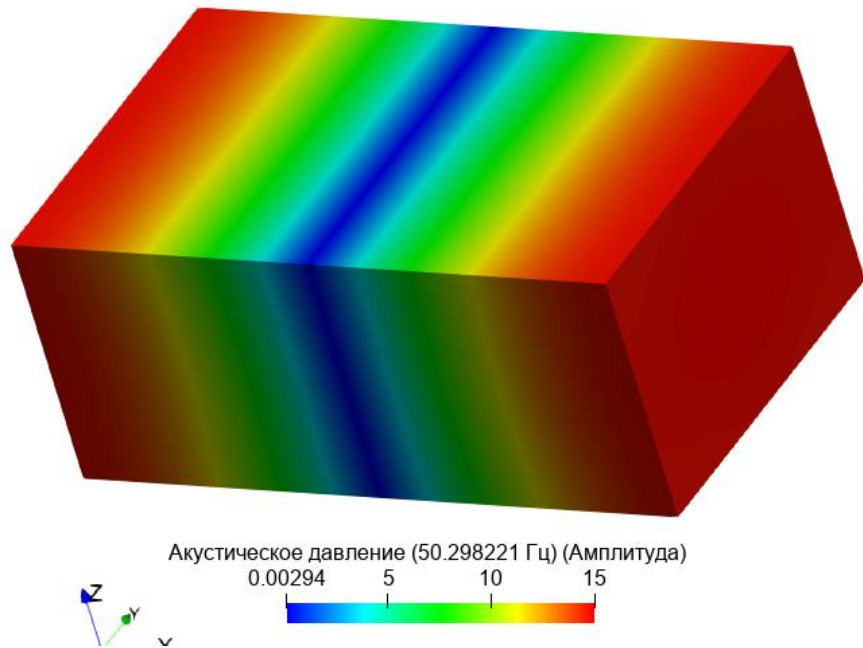
### Связанные задачи

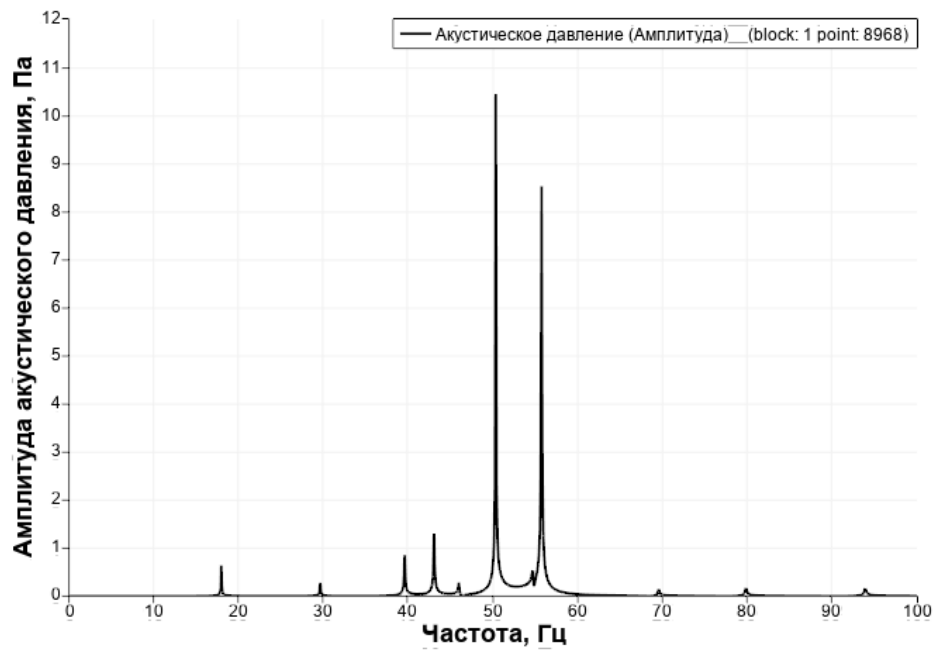
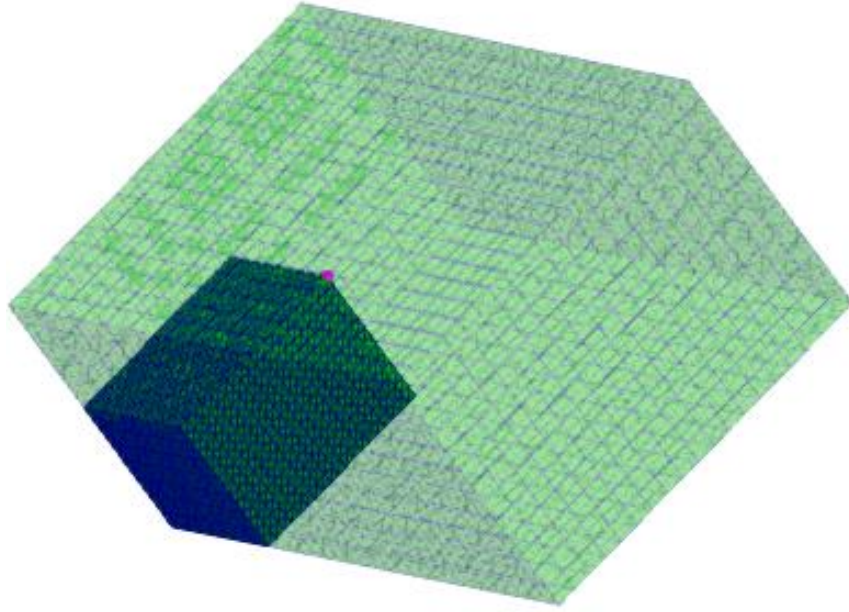
Связанные задачи акустики моделируют взаимодействие твердых деформируемых тел с акустическими (жидкими или газообразными) средами. Связанные задачи акустики в CAE Fidesys 7.1 рассчитываются относительно функции потенциала акустической скорости. Взаимодействие (FSI) определяется с помощью конформной сетки между элементами деформируемых тел и акустической среды. Если требуется учет диссипации энергии рекомендуется применять коэффициенты демпфирования к материалам упругих тел.

Результатом модального анализа связанной задачи будут формы распределения акустического давления по объёму акустической среды и перемещения упругого тела:



Результатом частотного анализа связанной задачи будут графики отклика на гармоническое воздействие в узлах - акустическое давление для акустической среды и перемещения, скорости, ускорения для упругого тела, а также вынужденные формы распределение акустического давления, перемещений, скоростей, ускорений.



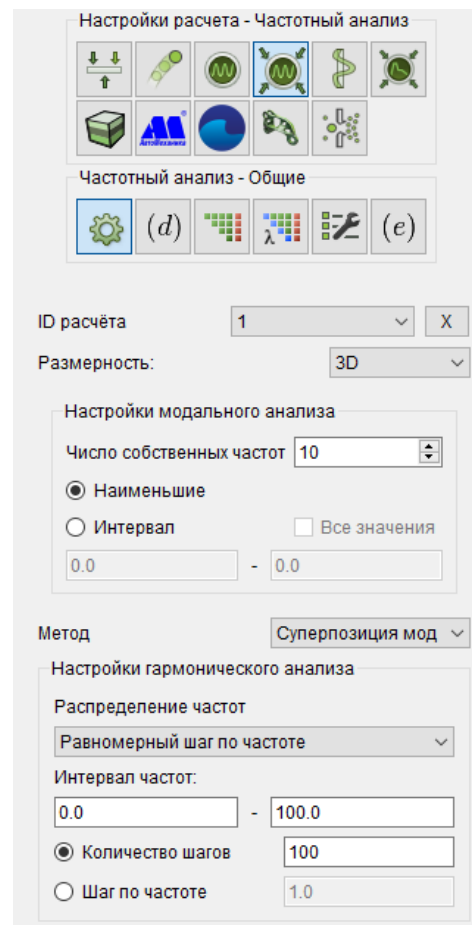


## Расширены настройки частотного анализа

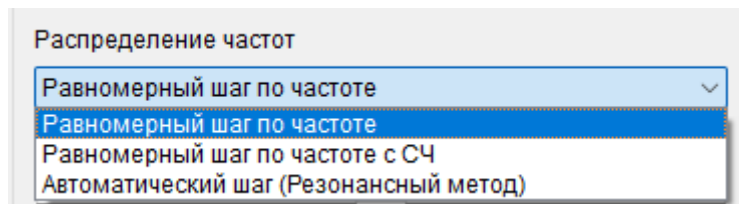
### Ускорение времени расчета

За счет расширения методов модального анализа (добавлен метод поиска наименьших значений) появилась возможность ускорения частотного анализа. Метод наименьших собственных частот имеет преимущество над поиском собственных частот на интервале.

Появилась возможность отдельно задавать интервал поиска модального анализа в рамках частотного анализа.



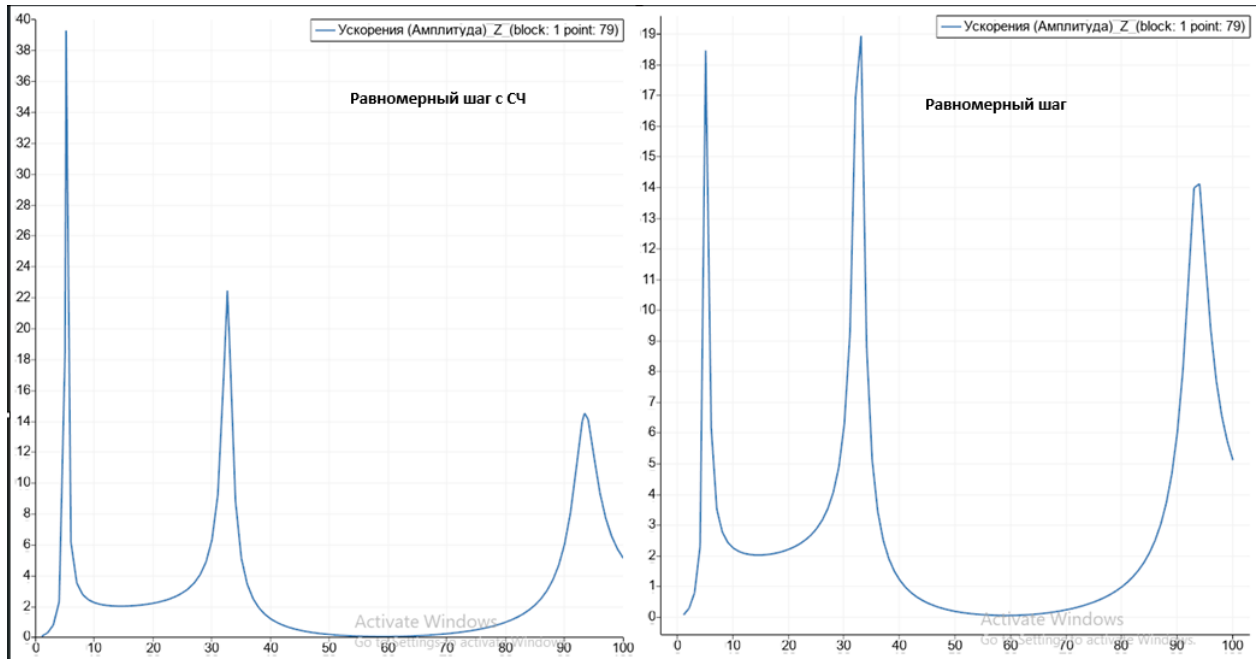
### Новые методы распределения частот в гармоническом анализе



Кроме классического равномерного шага по частоте в CAE Fidesys 7.1 появилось два новых метода, которые позволят гарантированно не пропустить все максимальные отклики при частотном анализе:

1. Равномерный шаг по частоте с СЧ – в данном методе дополнительно к частотам, попадающим в настройки равномерного шага алгоритм будет проводить расчет для каждой собственной частоты.
2. Автоматически шаг (Резонансный метод) – в данном методе алгоритм на основании СЧ будет распределять шаги сконцентрировано вокруг СЧ основываясь на общем количестве заданных шагов.

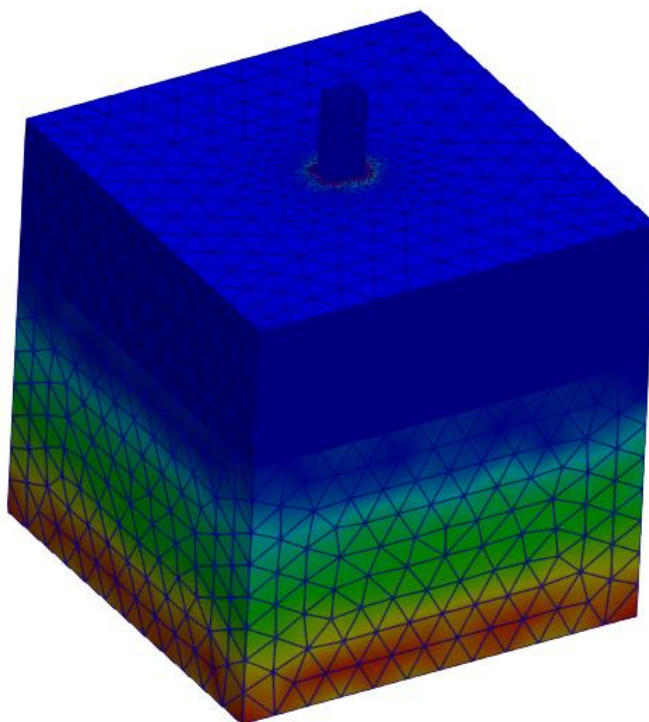
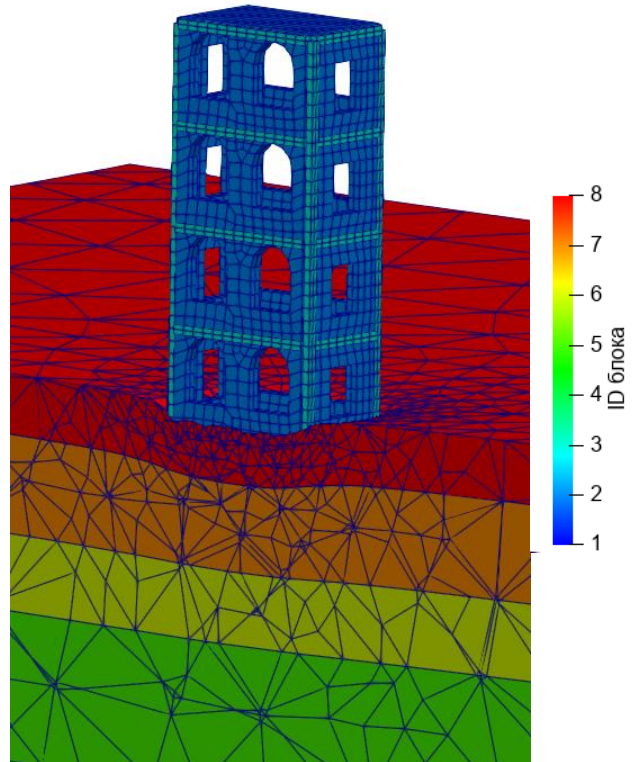
Наглядное преимущество новых методов в сравнении с равномерным шагом:



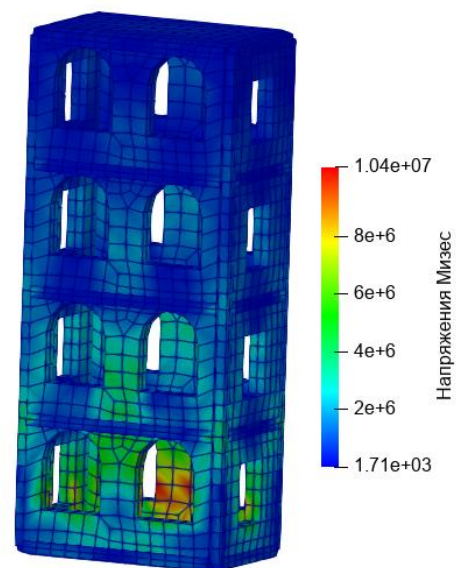
## Добавлена возможность расчета упругих балочно-оболочечных конструкций с пластическими твердыми телами

В версии CAE Fidesys 7.1 добавлена возможность расчета упругих балок и оболочек совместно с пластическими твердыми телами. Это позволит, например, получить результаты для балочно-оболочечной конструкции на пластическом грунтовом основании.

\*Тестовая модель смоделирована таким образом, чтобы продемонстрировать функционал, но не привязана к строительным нормам.



Пластические деформации Мизеса  
 5.24e-15 0.0001 0.0002 0.0003 0.000442





## Дополнения и улучшения расчета эффективных свойств

Алгоритм расчёта эффективных характеристик предварительно нагруженного материала модифицирован с добавлением многошагового нагружения. На первом шаге к представительному объёму (либо ячейке периодичности) прикладывается только предварительное нагружение (которое после модификации может быть, к примеру, внешним давлением). На втором шаге в каждой решаемой статической краевой задаче в дополнение к преднагружению задаются стандартные (для расчёта эффективных механических свойств) модельные деформации: растяжения/сжатия вдоль всех координатных осей и сдвиги в каждой из координатных плоскостей.

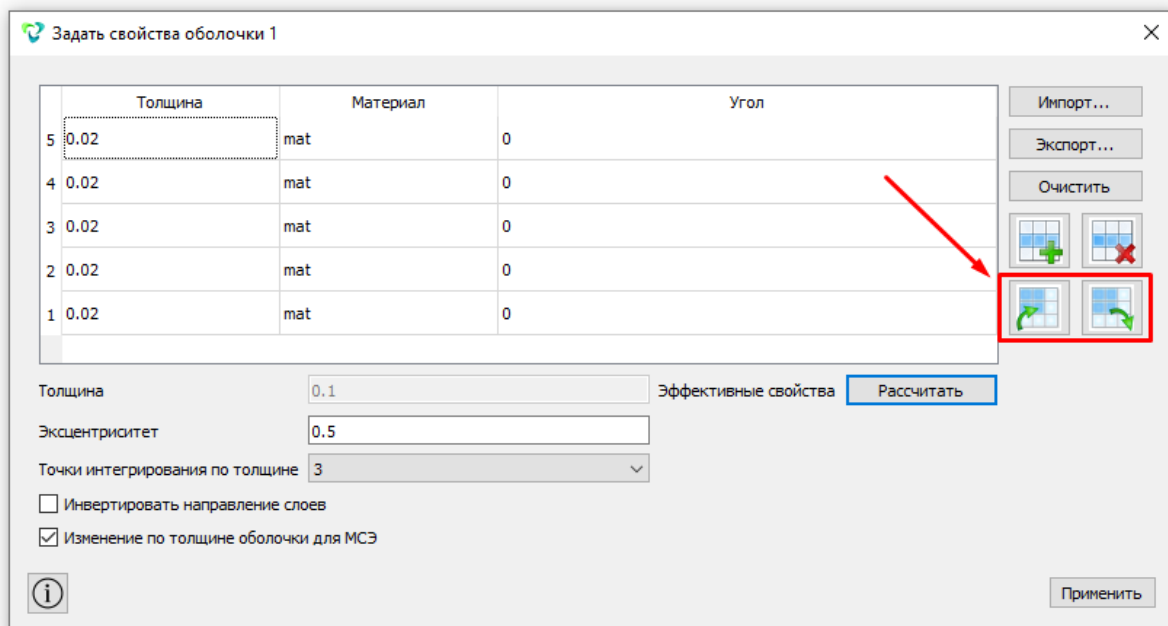
Добавлена возможность выбора пользователем учёта пластичности и геометрической нелинейности при оценке эффективных механических характеристик предварительно нагруженного материала: можно оценить эффективные свойства с учётом пластичности при малых деформациях, можно - в упругой постановке при конечных деформациях, можно - с учётом пластичности при конечных деформациях.

Добавлена возможность выбора расчёта эффективных модулей на растяжение и на сжатие при оценке эффективных механических характеристик предварительно нагруженного материала: при учёте преднагрузки (и особенно при учёте пластичности) эти модули могут быть разными.

## Дополнения и улучшения препроцессора

### Добавлена возможность подгружать таблицу свойств слоев оболочек из xls/csv

В виджете задания свойств оболочек появилось две кнопки для работы с табличными данными. По кнопке «Копировать» происходит копирование всех ячеек, представленных в таблице, в буфер обмена. Далее, эти ячейки можно вставить в файлы xls/csv/txt. По кнопке «Вставить» - из буфера обмена вставляются ячейки вместо существующих. Таким образом, можно вставить таблицу свойств слоев оболочек из файла xls/csv.



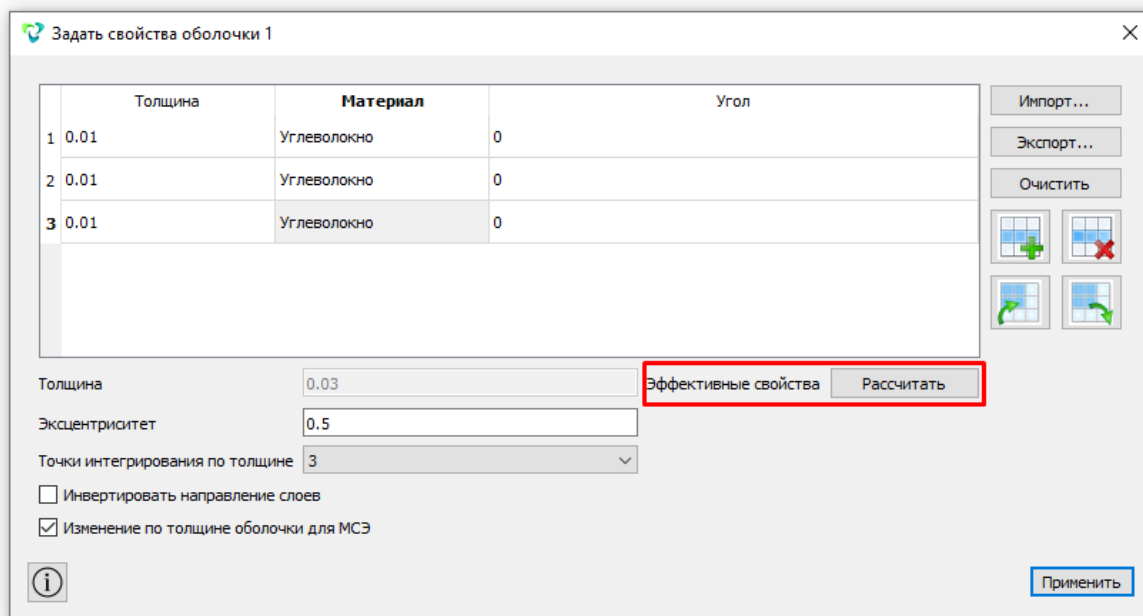
## Добавлен расчет эффективных свойств ламинатов

В виджет «Задания свойств оболочек» добавлена возможность расчета интегральных характеристик многослойных оболочек.

Эта функция полезна при моделировании многослойных оболочек, когда необходимо понимать какие прочностные и термоупругие свойства будет иметь весь многослойный пакет.

Например, если слои многослойной оболочки:

- заданы материалами с разными жесткостными и термоупругими характеристиками (изотропные, ортотропные, трансверсальные);
- заданы ортотропным материалом и ориентированы под различными углами.



В каждом слое материал может быть задан одной из следующих моделей: Изотропный материал, ортотропный материал, изотропный трансверсальный. Все слои могут быть ориентированы под различными углами относительно продольного направления (ось X) СК блока. Термоупругие свойства вычисляются, если для материала в каждом слое заданы коэффициенты температурного расширения (КТР).

Выводимые эффективные свойства представляют собой свойства ортотропного материала, его свойства характеризуются четырьмя константами упругости:

- $E_1$  – модуль упругости в продольном направлении
- $E_2$  – Модуль упругости в поперечном направлении
- $G_{12}$  – Модуль сдвига
- $\nu_{12}$  – Коэффициент Пуассона

Термоупругие свойства характеризуются двумя коэффициентами температурного расширения:

- $\alpha_1$  – КТР в продольном направлении;
- $\alpha_2$  - КТР в поперечном направлении.

Эффективные свойства ламинатов

**Упругие свойства**

$E_x$  4.70361e+10

$E_y$  4.70361e+10

$G_{xy}$  1.80509e+10

$\nu_{xy}$  0.302876

**Термоупругие свойства**

$\alpha_x$  2.00902e-06

$\alpha_y$  2.00902e-06

Добавить в активные материалы

Экспорт материала...

Имя материала пакет1

Имя файла пакет1

Обзор...

Экспорт

Если файл существует

Игнорировать  Перезаписать  Добавить

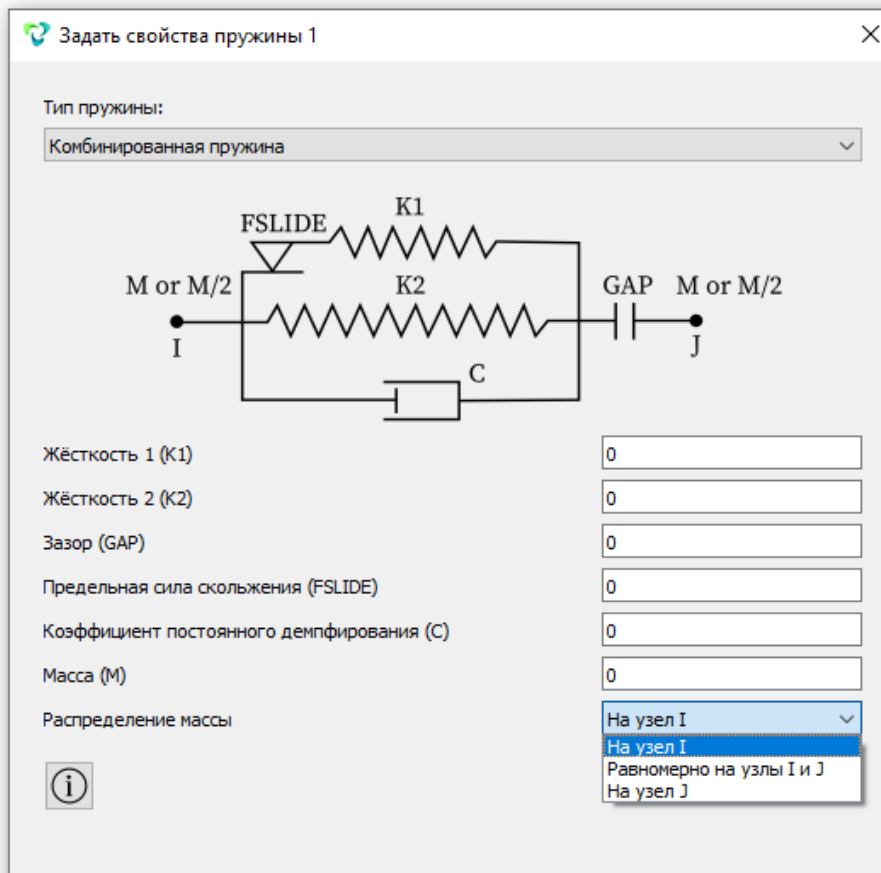
Полученный ортотропный материал можно добавить в активные материалы или экспортировать в формате xml.

Материал	ID	Импортированный материал
углеволокно	1	Углеродистая сталь
Материал 2	2	Сталь ГОСТ 4543-71
<i>Укажите имя материала</i>		Резина
		Кевлар
		Титан
		Грунт
		Пористый грунт
		Воздух
		Вода

Свойства		Напряжения/деформации
Свойства материала		Значение
Материал 2		
Ортотропный материал		
Модуль Юнга X		4.70361e+10
Модуль Юнга Y		4.70361e+10
Главный коэффициент Пуассона XY		0.302876
Модуль сдвига XY		1.80509e+10
Температурные ортотропные		
Коэффициент температурного расширения X		2.00902e-06
Коэффициент температурного расширения Y		2.00902e-06

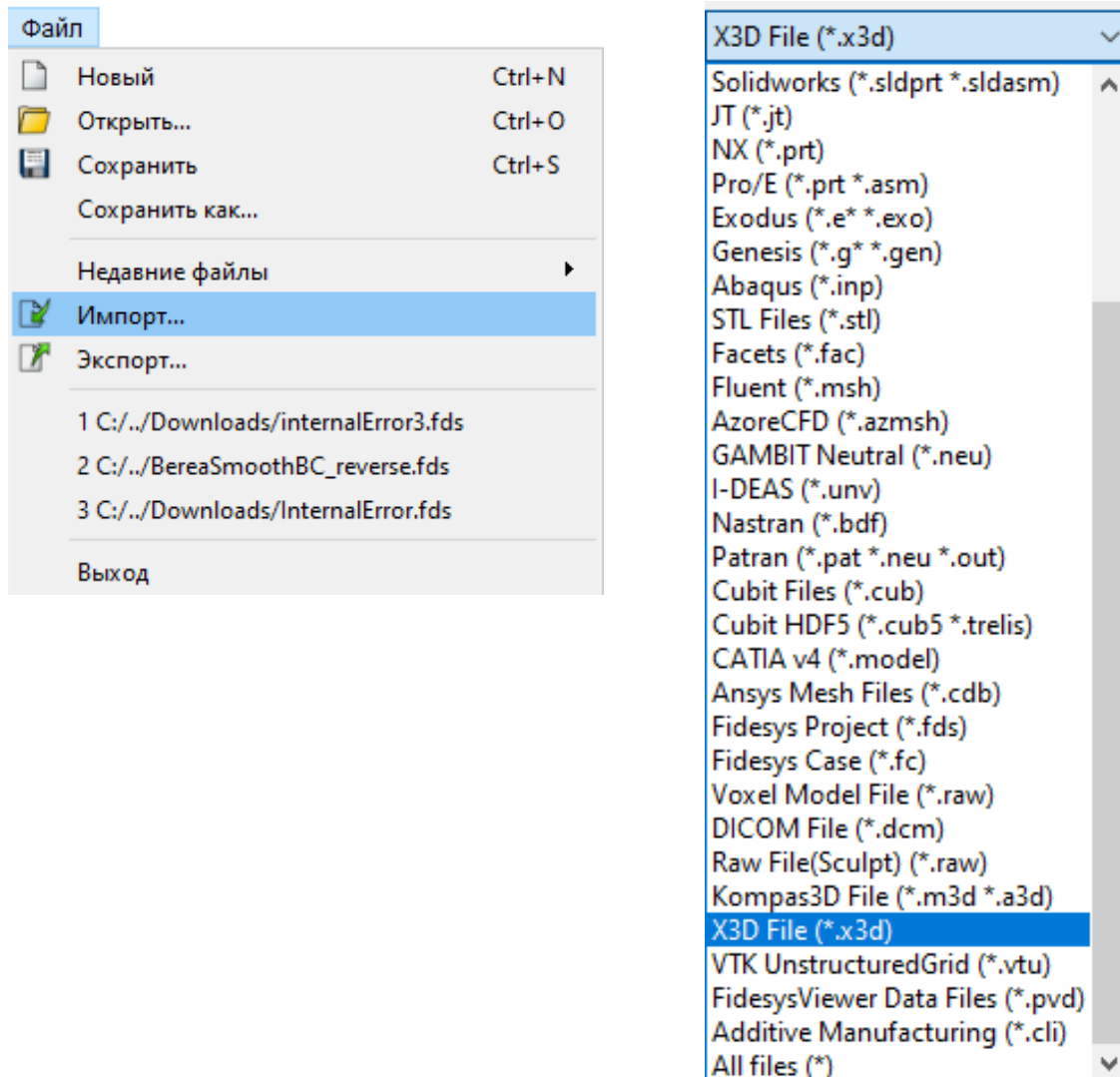
## Улучшен виджет для создания комбинированных пружин



Улучшен виджет «Задать свойства комбинированной пружины». При этом расчетные функции и скриптовые команды остались без изменения.

Улучшено описание элемента в CAE Fidesys Справка F1.

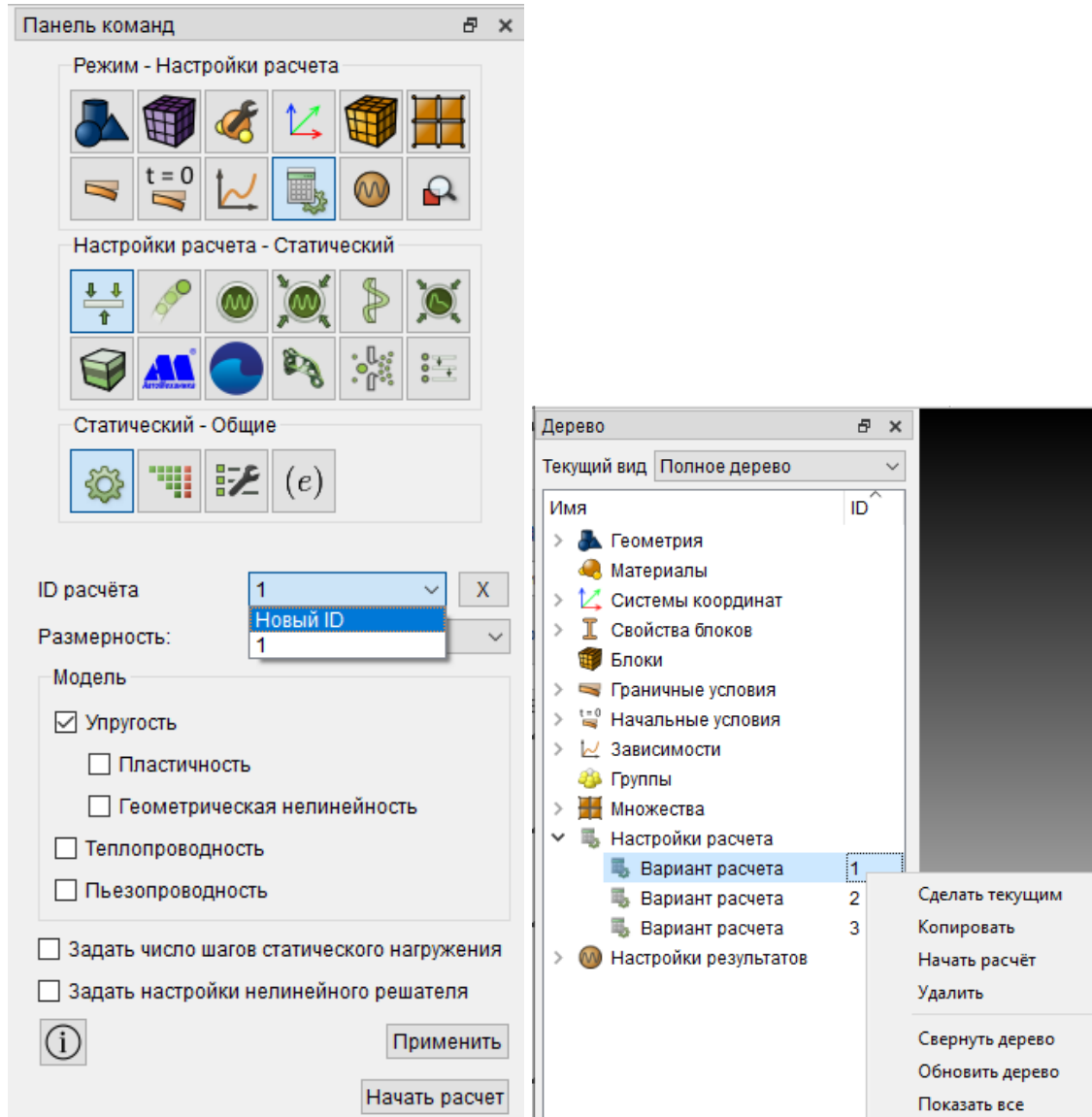
## Добавлен импорт топологически-оптимизированной .x3d геометрии в препроцессор



Для создания топологически-оптимизированной модели, пригодной для 3Д-печати добавлена возможность импортировать модели в формате \*.x3d в препроцессор для доработки начальной геометрии с учетом результатов анализа.

## Добавлена возможность сохранять различные варианты расчета

При запуске на расчет на панели команд появилась новая опция – указать ID расчета. Если из выпадающего списка выбрать Новый ID, то в Дереве в разделе Настройки расчета будет сохранен новый вариант расчета с текущими настройками.



В версии 7.1 доступны опции:

- Скопировать текущий вариант расчета с целью изменить какие-либо настройки
- Запустить расчет с сохраненными в выбранном варианте расчета настройками
- Сделать текущим выбранный расчет (на панели команд в поле ID расчета отобразится указанный вариант расчета)

Настройки решателя для варианта расчета можно перезаписать из панели команд, указав соответствующий номер ID.

Синтаксис команд:

```
calculation settings {cpu <value>|ram <value>|compress ids}
```

calculation settings [id] <ID> {set\_current|copy}

calculation {stop|([settings [id] <ID>] start path <result path>  
[source <fc path>] [mute\_output] [ignore\_normals])}

{delete|remove} calculation settings {  
[[id] {<id> [(<id range start> to <id range finish>)...]}...]  
[all]  
[except {<except id> [(<except id range start> to <except id range  
finish>)...]}...]}  
}



## Дополнения и улучшения постпроцессора

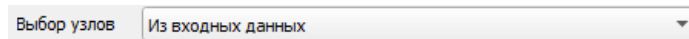
### Добавлен фильтр «Суммарная сила и момент»

Фильтр «Суммарная сила и момент» используется для отображения вычисленных полей данных «суммарные узловые силы» и «суммарные узловые моменты», Фильтр наглядно демонстрирует направление вектора узловой силы или момента.

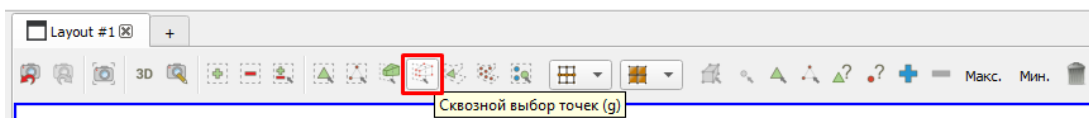
В фильтре «Суммарная сила и момент» удобно отображать силы и моменты реакций в закреплениях, узловые силы в контактах или соединениях. Фильтр работает с узлами любых конечных элементов.

В фильтре доступны два способа задания узлов для вычисления внутренних узловых сил и моментов:

- 1) Из входных данных



Выделите необходимые для расчета узлы с помощью сквозного выделения точек

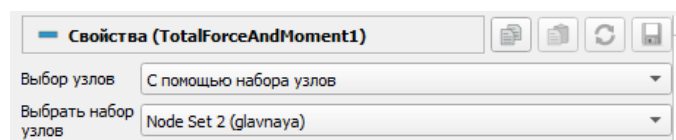


Выберите в верхней строке **Фильтры - Алфавитный указатель - Суммарная сила и момент**.

Нажмите **Применить**.

- 2) С помощью набора узлов

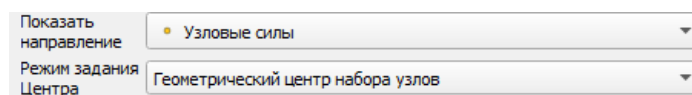
Выберите в верхней строке **Фильтры - Алфавитный указатель - Суммарная сила и момент**.



В выпадающем меню выберите необходимый набор узлов и нажмите **Применить**.

В появившемся фильтре на странице **Свойств** выберите:

- **Режим задания центра** – точка относительно которой будут рассчитываться узловые силы и моменты;
- **Показать направление** - вид отображаемой стрелки (прямая для сил и круглая для моментов).



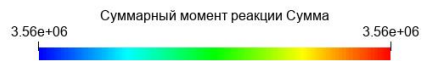
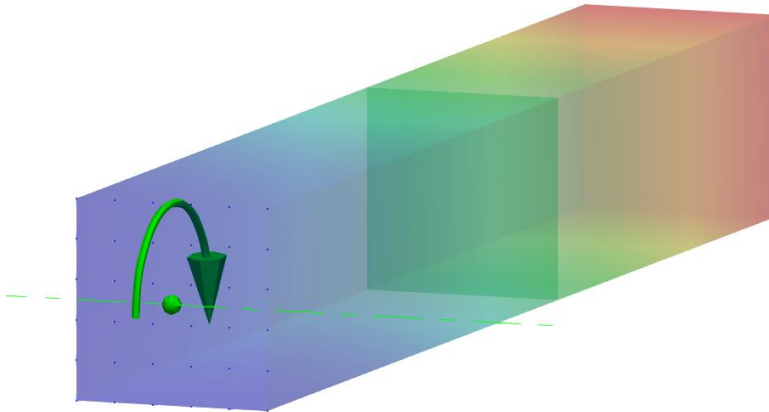
В полях данных выберите компоненту для отображения

Суммарная узловая сила (вычисленная)
  Суммарный момент реакции Сумма

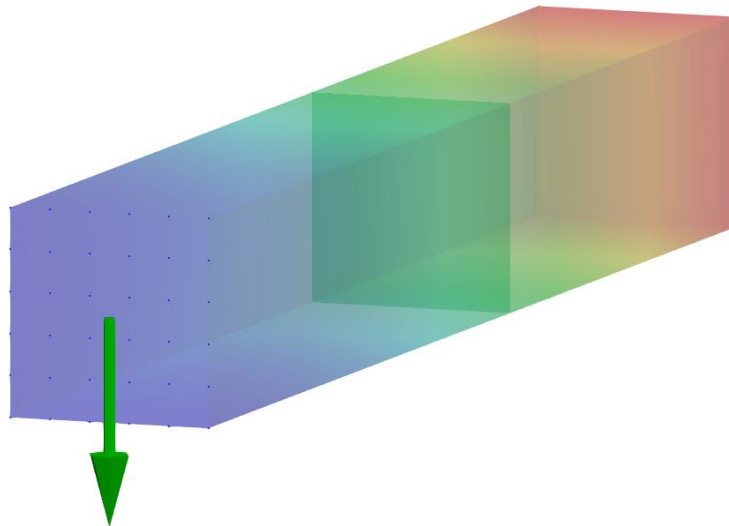
Нажмите **Применить**.

Примеры работы фильтра **Суммарная сила и момент**:

Геометрический центр набора узлов: 1.000000 1.000000 -3.000000



Геометрический центр набора узлов: 1.000000 1.000000 -3.000000



## Добавлен фильтр «Прочностная надёжность»

Для инженерных расчетов на практике применяют подход вычисления вероятности безотказной работы для выбранного результата расчета (выбранной точки во времени) через следующее соотношение:

$$R = \Phi \left( \frac{\sigma_{\text{ПРЕД}} - \sigma_{\text{ДЕЙСТВ}}}{\sqrt{\sigma_{\text{ОТКЛ.ПРЕД}}^2 + \sigma_{\text{ОТКЛ.ДЕЙСТВ}}^2}} \right) = \Phi \left( \frac{\sigma_{\text{ПРЕД}} - \sigma_{\text{ДЕЙСТВ}}}{\sqrt{(v_M \sigma_{\text{ПРЕД}})^2 + (v_H \sigma_{\text{ДЕЙСТВ}})^2}} \right)$$

где  $\Phi(\gamma)$  - функция Лапласа,  $\gamma$  – квантиль нормального распределения,

$\sigma_{\text{ПРЕД}}$  - значение напряжений, считаемое отказом, МПа,

$\sigma_{\text{ДЕЙСТВ}}$  - рассчитанное значение напряжений, МПа,

$\sigma_{\text{ОТКЛ.ПРЕД}}$  - среднеквадратическое отклонение допускаемых напряжений, МПа,

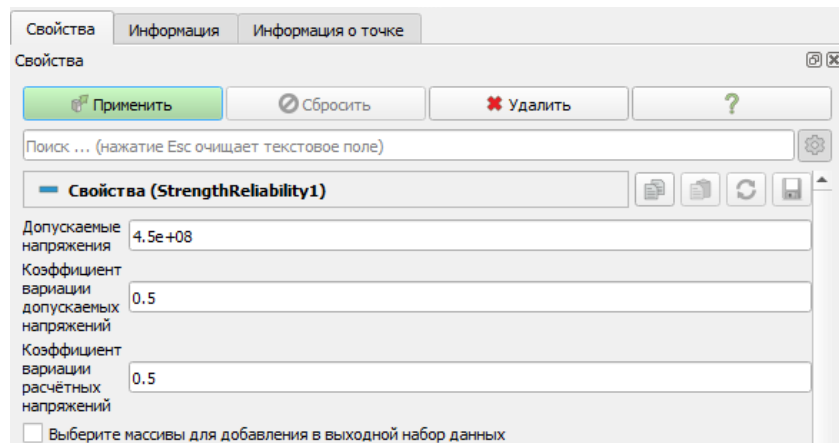
$\sigma_{\text{ОТКЛ.ДЕЙСТВ}}$  - среднеквадратическое отклонение расчетных напряжений, МПа,

$v_M$  - коэффициент вариации допускаемых напряжений,

$v_H$  - коэффициент вариации расчетных напряжений.

Если значение квантили  $\gamma > 3,9$ , то показатель надежности рассматриваемого элемента в механическом смысле  $R = \Phi(\gamma) = 1$ .

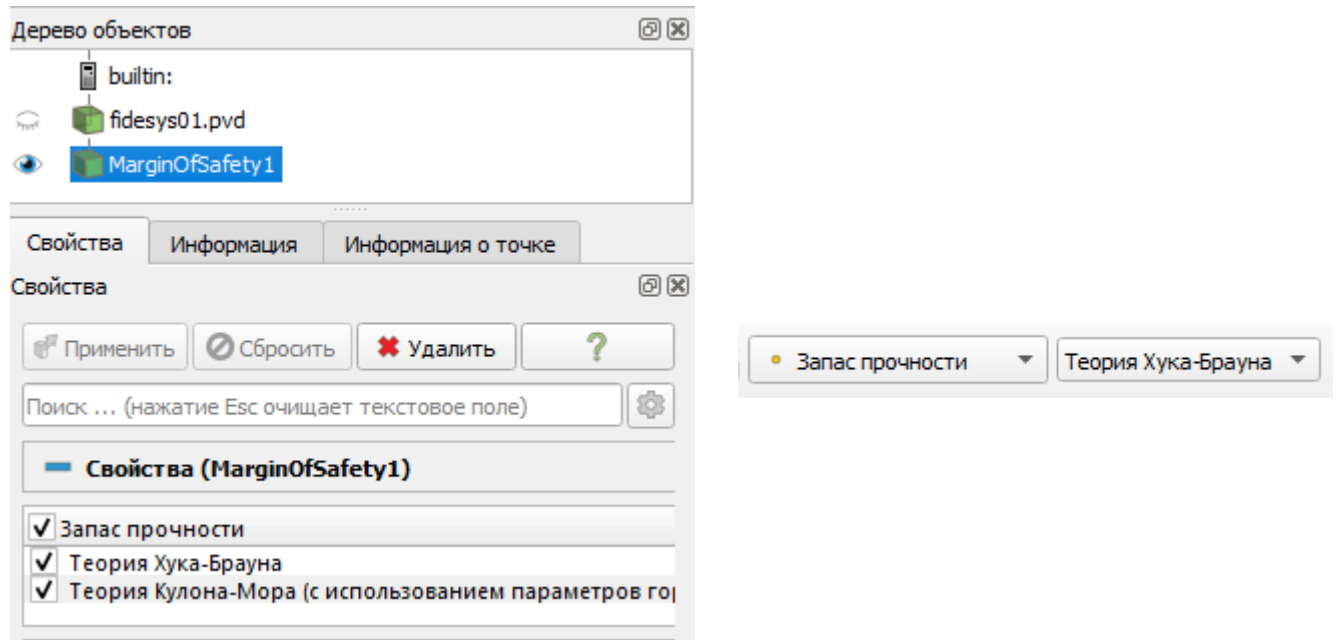
Настройки фильтра **Прочностная надёжность**:



Данный фильтр вычисляет вероятность безотказной работы в узлах.

## Добавлен расчет запаса прочности по теории Хука-Брауна

В фильтр Запасы прочности CAE FidesysViewer добавлен расчет по теории Хука-Брауна.



Критерий Хука-Брауна был введен в 1980 году для обеспечения исходных данных при проектировании подземных выработок в скальных породах. Критерий включает в себя как неповрежденную горную породу, так и неоднородности, такие как швы, характеризующиеся индексом геологической прочности (GSI), в систему, предназначенную для оценки механического поведения типичных массивов горных пород, встречающихся в туннелях, откосах и фундаментах. Напряжения и деформации неповрежденной породы, полученные в результате лабораторных испытаний, снижаются на основе свойств неоднородностей горного массива. Нелинейный критерий Хука-Брауна для горных массивов широко распространен, принят и применялся во многих проектах по всему миру.

- Критерий Хука-Брауна в положительных напряжениях на сжатии:

$$n \cdot \sigma_1 \leq \sigma_3 + \sigma_{ci} \left( m_b \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + s \right)^a$$

Прочность сохраняется при:

$$n \leq 1$$

- Критерий Хука-Брауна в отрицательных напряжениях на сжатие:


$$-n\sigma_3 \leq \sigma_1 + \sigma_{ci} \left( m_b \frac{-\sigma_1}{\sigma_{ci}} + s \right)^a$$

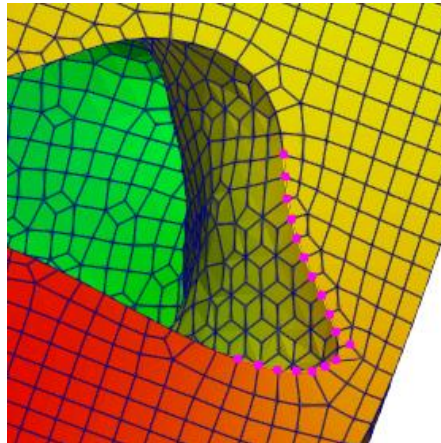
Прочность сохраняется при:

$$n \geq 1$$

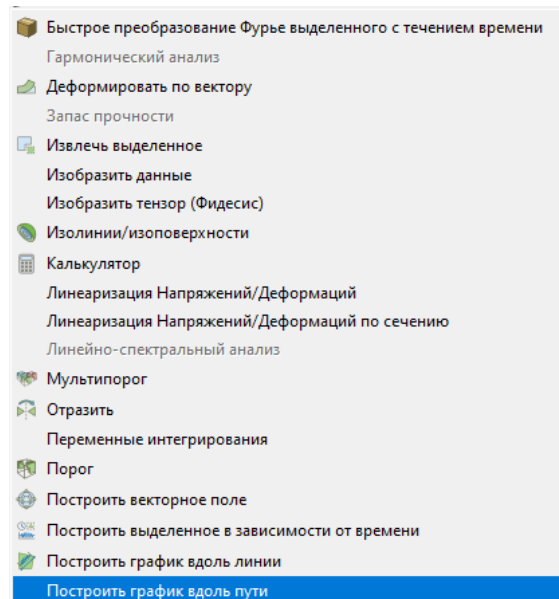
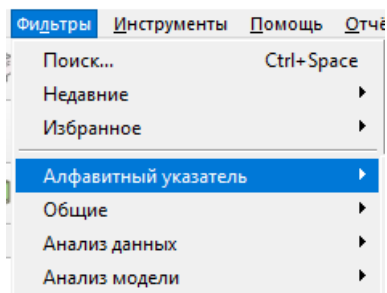
## Добавлен фильтр для построения графика по пути

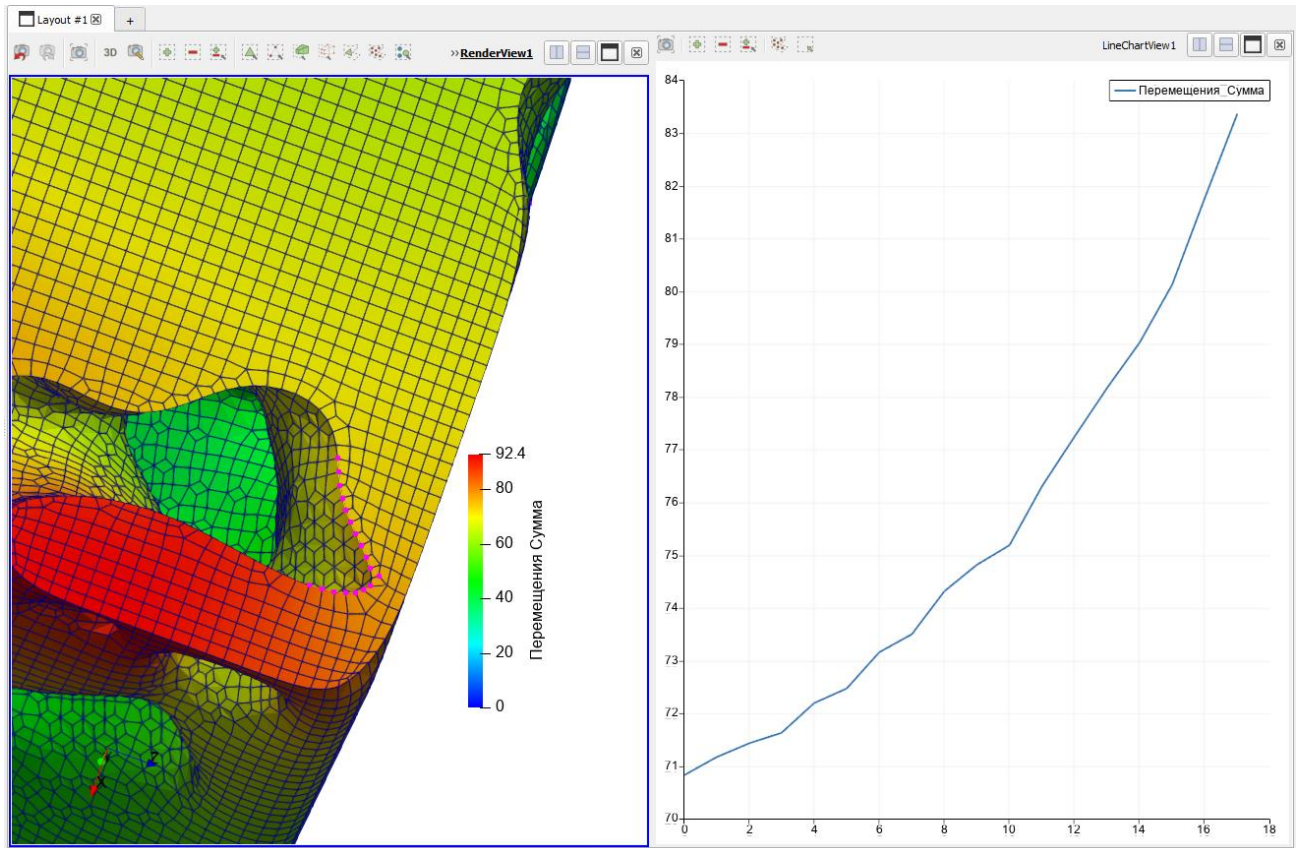
Добавлен новый фильтр для построения графика по выбранному на модели последовательности узлов.

Для работы с фильтром необходимо отметить на модели узлы с помощью интерактивного выбора точек. 



Далее, необходимо подключить Фильтры - Алфавитный указатель – Построить график вдоль пути.

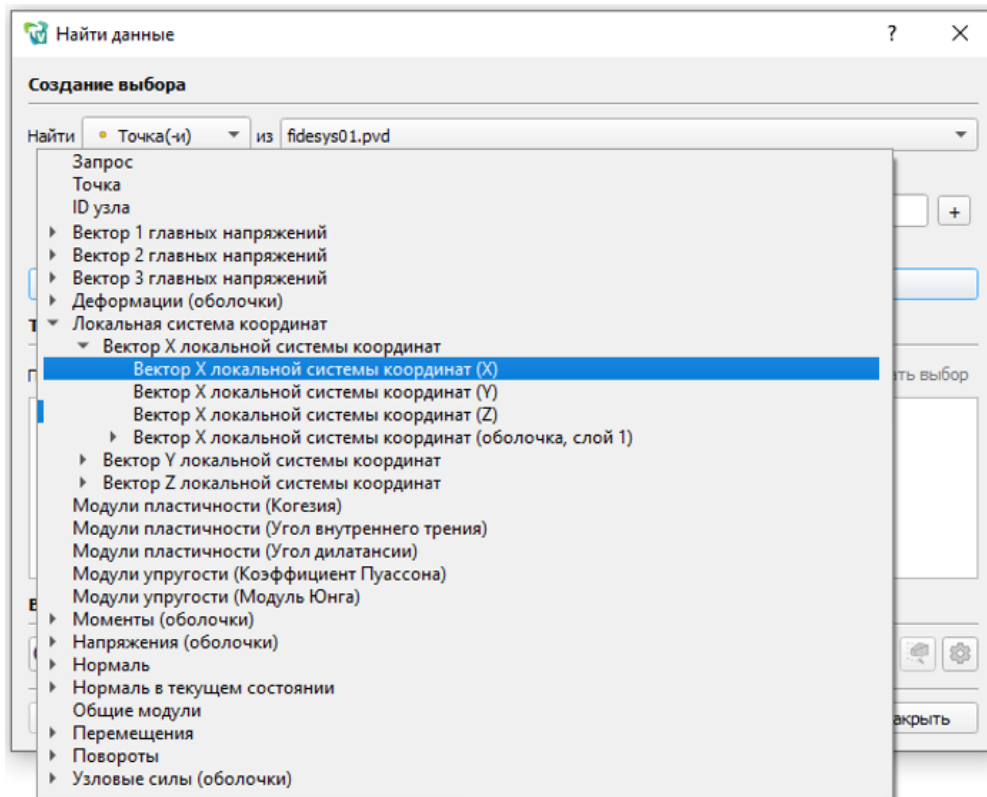




Для графика доступна опция Сохранить данные окна, чтобы выгрузить значения в формат \*.csv. Функционал фильтра частично дублируется в Изобразить данные и вынесен отдельно для более удобного доступа.

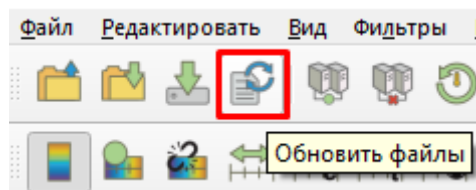
## Улучшена работа со списком для функции «Найти данные»

Добавлена группировка входных массивов, что упрощает навигацию в виджете.



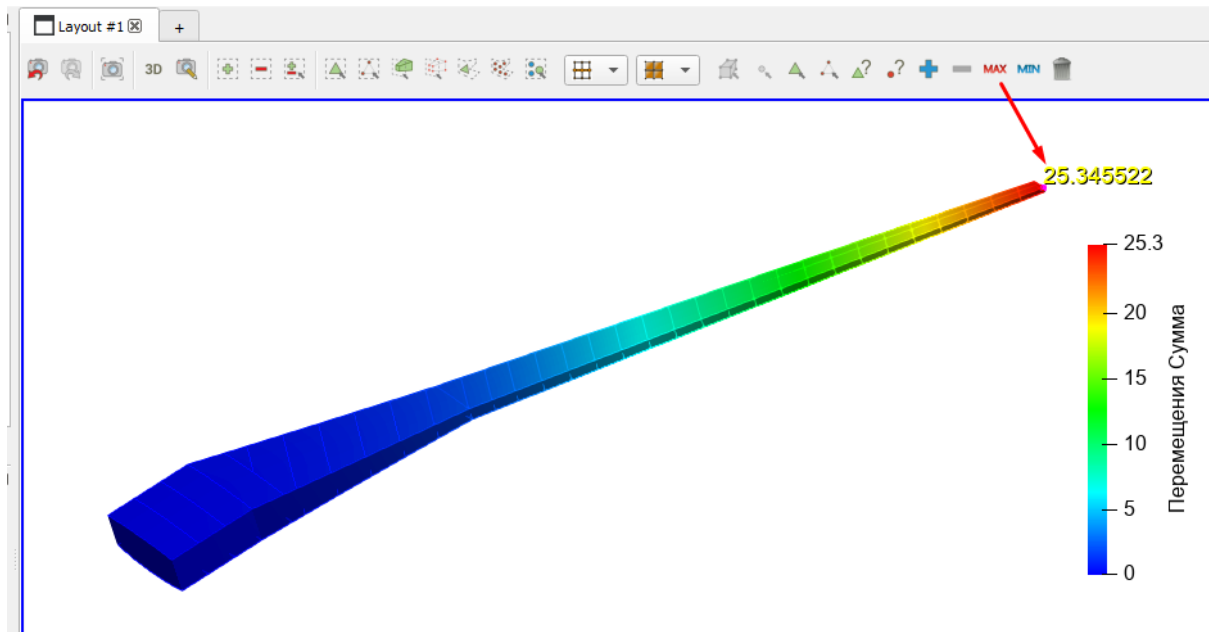
## Кнопка «Обновить данные» вынесена на панель инструментов

Теперь для того, чтобы подгружать результаты пошаговых или временных расчетов, достаточно нажать кнопку Обновить данные. Тогда новые файлы vti будут загружены для отображения и анализа.



## Добавлены кнопки для отображения максимальных и минимальных значений

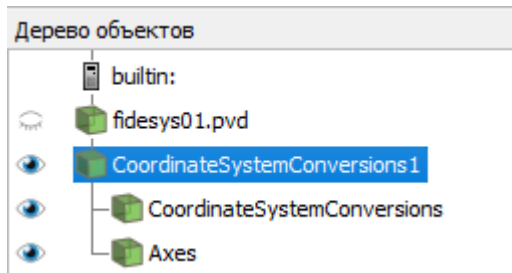
На панели выбора для окна отображения модели добавлены кнопки для поиска максимального или минимального значения на модели.



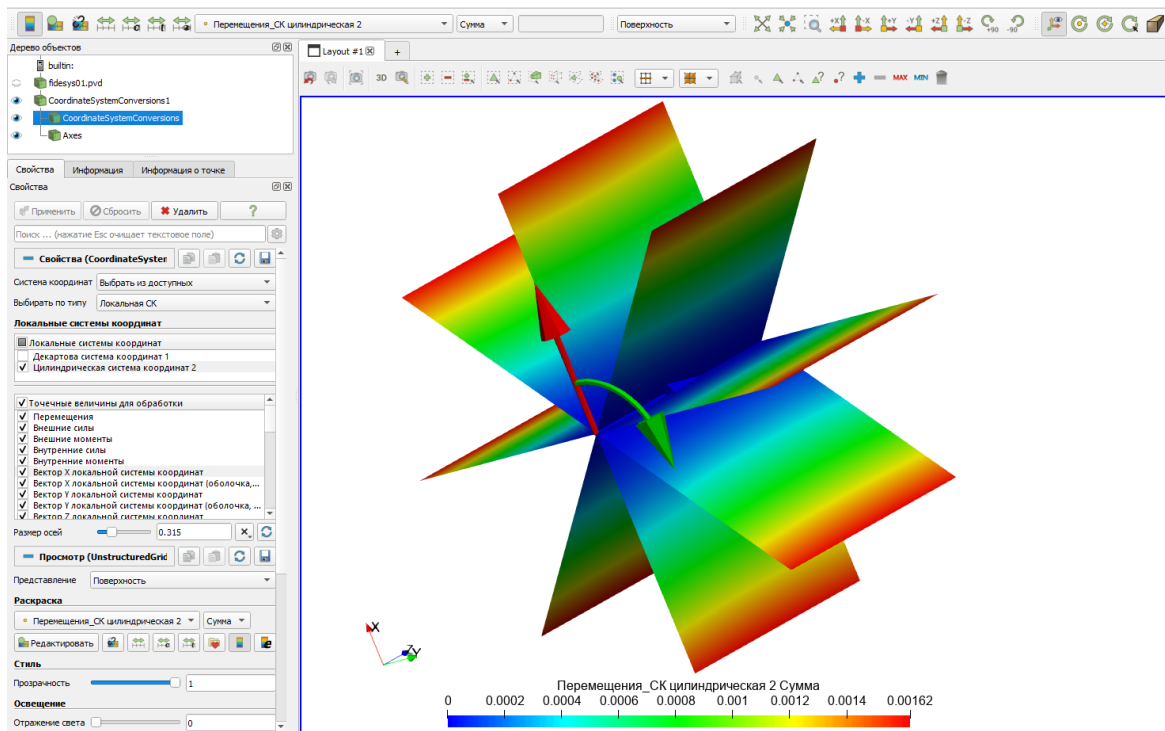


## Улучшен фильтр Системы координат

Новые ветви фильтра в дереве объектов и отображение осей

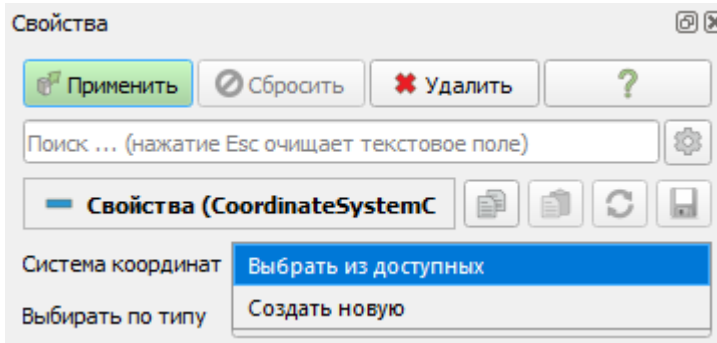


Теперь в фильтре доступны новые ветви в дереве объектов. Их можно отобразить и погасить независимо друг от друга, в зависимости от задачи. Ветвь `CoordinateSystemConversions` отображает раскраску модели в соответствии с выбранной СК. Ветка `Axes` отображает оси выбранной СК. Можно за раз отобразить оси нескольких СК, а также изменить их масштаб.



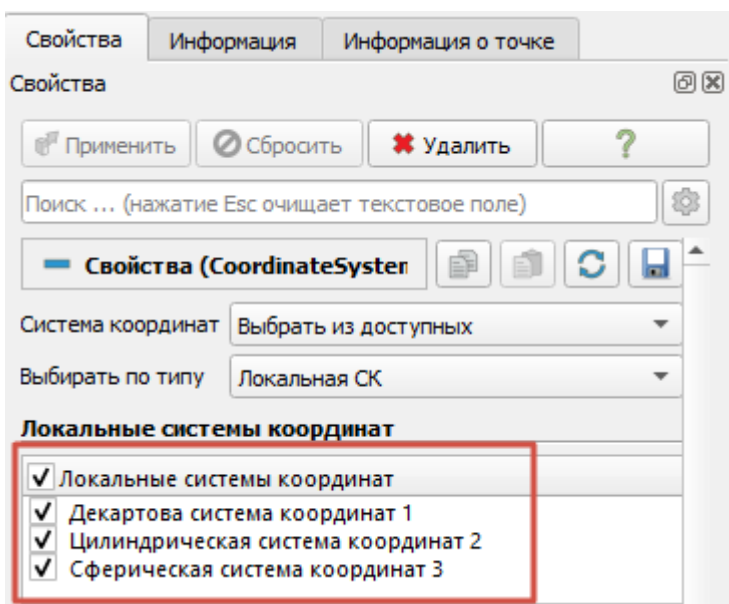
## Новый улучшенный интерфейс фильтра

Работа с обновленным фильтром начинается с выбора СК. Можно как создать новую СК в фильтре так и выбрать СК, уже созданную в препроцессоре.

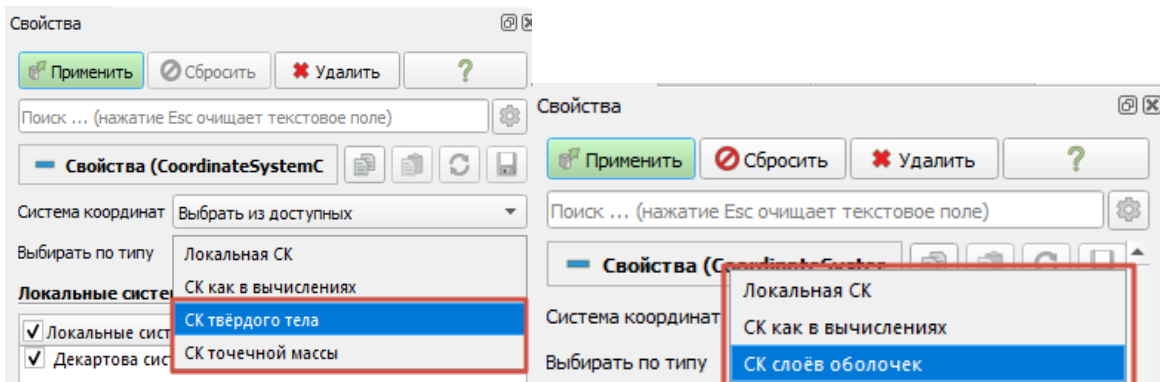


- Выбрать из доступных

В разделе локальная СК отображаются системы координат, созданные в препроцессоре (декартова, цилиндрическая, сферическая).



Из препроцессора передаются данные о СК, задаваемой в свойствах блока (СК слоёв оболочки, СК твёрдого тела, СК точечной массы, СК как в вычислениях).



- Создание новой СК

Доступны два новых способа задания новой СК в фильтре:

- Выбор узлов
- Направляющие векторы

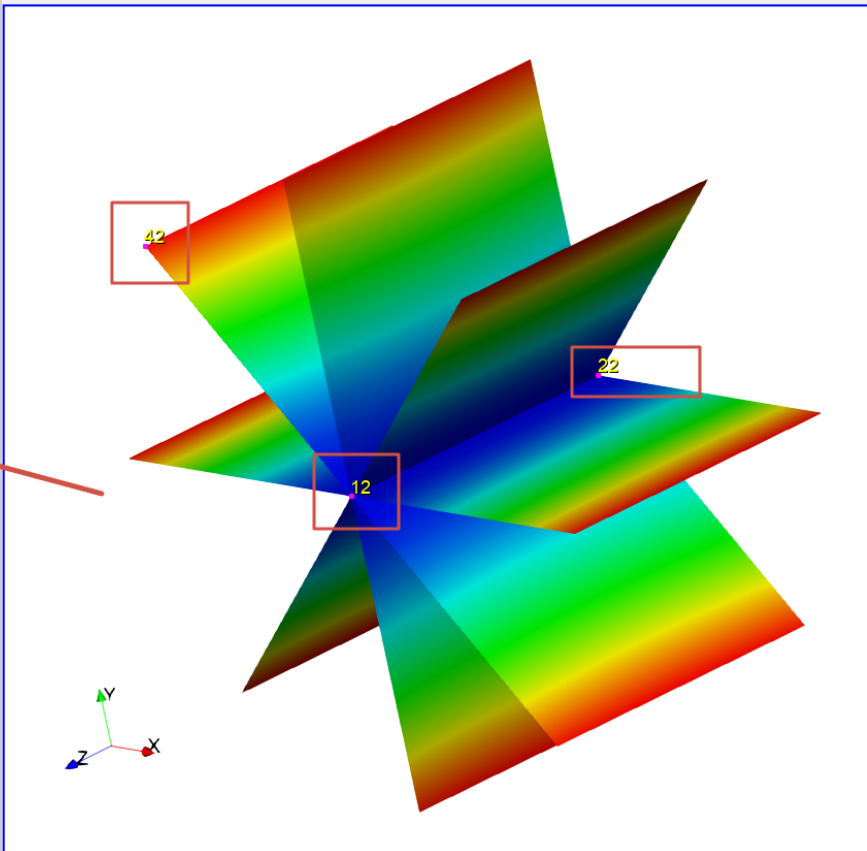
Выбор узлов – необходимо через ctrl выбрать нужные узлы и копировать в активный выбор, после чего выбрать узлы в параметрах системы координат.

Система координат Создать новую

Тип Декартова

Способ задания Выбор узлов

Layout #1



Дерево объектов

- builtin:
  - fidesys01.pvd
    - CoordinateSystemConversions1**
      - CoordinateSystemConversions
      - Axes

Свойства

Свойства (CoordinateSystem)

Копировать активный выбор

Скопированное выбранное

ID процесса	Индекс	ID узла
0	141	22
0	120	12
0	20	42

Параметры системы координат

Задать оси Х и Y

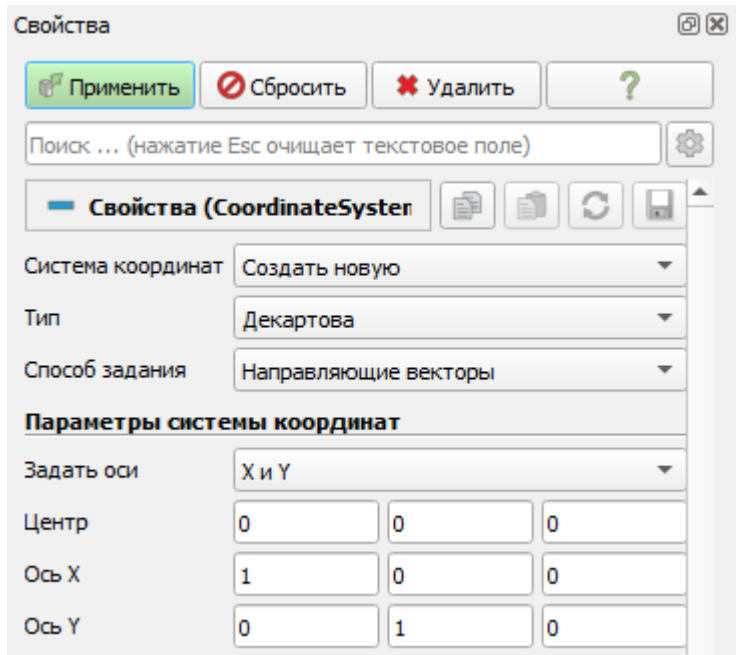
ID узла центра Узел 12

ID узла оси X Узел 42

ID узла оси Y Узел 22

- Точечные величины для обработки
- Перемещения
- Внешние силы
- Внешние моменты
- Внутренние силы
- Внутренние моменты
- Вектор X локальной системы координат

Направляющие векторы – оси новой СК задаются относительно осей декартовой СК.



- Величины для обработки

Появилась возможность за раз выбрать несколько величин для обработки, они теперь отображаются после выбора СК.

