

РУКОВОДСТВО ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

ПО "САТЕС" v1.5.3

АННОТАЦИЯ

В данном программном документе приведено руководство пользователя по применению и эксплуатации программы "Программное обеспечение "САТЕС", предназначенной для высокопроизводительного численного моделирования виброакустических процессов в сложных механоакустических системах в интересах обеспечения акустического проектирования малошумных объектов морской техники и комплектующего виброактивного оборудования.

В данном программном документе, в разделе "Назначение программы" указаны сведения о назначении программы и информация, достаточная для понимания функций программы и ее эксплуатации.

В разделе "Условия выполнения программы" указаны условия, необходимые для выполнения программы (минимальный состав аппаратных и программных средств и т.п.).

В данном программном документе, в разделе "Выполнение программы" указана последовательность действий оператора, обеспечивающих загрузку, запуск, выполнение и завершение программы, приведено описание функций, формата и возможных вариантов команд, с помощью которых оператор осуществляет загрузку и управляет выполнением программы, а также ответы программы на эти команды.

В разделе "Сообщения оператору" приведены тексты сообщений, выдаваемых в ходе выполнения программы, описание их содержания и соответствующие действия оператора (действия оператора в случае сбоя, возможности повторного запуска программы и т.п.).

СОДЕРЖАНИЕ

АННОТАЦИЯ.....	2
СОДЕРЖАНИЕ	3
1. НАЗНАЧЕНИЕ ПРОГРАММЫ.....	4
1.1. Функциональное назначение программы.....	4
1.2. Эксплуатационное назначение программы.....	4
1.3. Состав функций.....	4
2. УСЛОВИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОГРАММЫ.....	7
2.1. Минимальный состав аппаратных средств	7
2.2. Минимальный состав программных средств.....	7
2.3. Требования к персоналу (пользователю)	7
3. ВЫПОЛНЕНИЕ ПРОГРАММЫ.....	8
3.1. Загрузка и запуск программы	8
3.2. Выполнение программы.....	8
3.2.1. Главное окно программы Клиент ПО "САТЕС"	8
3.2.2. Карточка "КЭМ"	15
3.2.3. Карточка "Фрагмент"	22
3.2.4. Карточка "Водная граница"	26
3.2.5. Карточка "Группа".....	27
3.2.6. Карточка "Гармонический анализ".....	30
3.2.7. Постпроцессорная обработка результатов	34
3.2.7.1. Карточка "Решение в узлах"	34
3.2.7.2. Карточка "Давление в координатах".....	37
3.2.7.3. Карточка "Проходная характеристика"	39
3.2.7.4. Карточка "Усреднение"	41
3.2.7.5. Карточка "Диаграмма направленности"	44
3.2.7.6. Пункт меню "Постобработка результатов"	50
3.2.8. Карточка "Пересчёт во все узлы"	53
3.2.9. Карточка "Модальный анализ"	56
3.2.10. Карточка "Доводка КЭМ".....	58
3.2.11. Карточка "Импорт CFD"	64
3.2.12. Карточка "Интерполяция CFD"	68
3.2.13. Карточка "Эксперимент"	73
3.2.14. Карточка "Поиск источника"	82
3.2.15. Карточка "Вклад"	86
3.3. Завершение работы программы.....	89
4. СООБЩЕНИЯ ОПЕРАТОРУ	90
ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ	91

1. НАЗНАЧЕНИЕ ПРОГРАММЫ

1.1. Функциональное назначение программы

ПО "САТЕС" обеспечивает численное моделирование следующих процессов и классов задач:

- численное моделирование распространения шумоизлучения для натуральных изделий морской техники, включая оценку шумоизлучающей способности корпусных конструкций и комплектующего оборудования, а так же поиск наилучших мест установки виброактивных механизмов;
- прогнозирование гидродинамического шума, вибрации и внешнего акустического излучения, вызванного взаимодействием потока с упругими элементами гидравлического оборудования на основе одностороннего взаимодействия с CFD-модулями ПО "ЛОГОС";
- расчет воздушного шума в отсеках и его вклада во внешнее акустическое поле изделия;
- осуществление акустической диагностики механоакустических систем на предмет локализации источника повышенного излучения и выделения вклада источника во внешнее поле;
- приведение конечно-элементных моделей в соответствие с экспериментальными данными, в том числе в целях осуществления акустической доводки натуральных изделий по результатам сдаточных испытаний;

1.2. Эксплуатационное назначение программы

Основное назначение ПО "САТЕС" - высокопроизводительное численного моделирования виброакустических процессов в сложных механоакустических системах в интересах обеспечения акустического проектирования малозумных объектов морской техники и комплектующего виброактивного оборудования. ПО "САТЕС" применяется для сопровождения разработки образцов (изделий) вооружения, военной и специальной техники.

1.3. Состав функций

Комплекс ПО "САТЕС" состоит из компонентов, реализующих функции программы:

1. Клиент ПО "САТЕС";

2. Менеджер задач ПО "САТЕС";
3. Расчетные модули ПО "САТЕС";
4. Пакет инфраструктурных программ и библиотек ПО "САТЕС".

Компонент Клиент ПО "САТЕС" представляет собой кроссплатформенное приложение (здесь и далее ОС Windows 7,10; ОС семейства Linux), выполняющее функцию конфигурирования компонентов САТЕС, управления расчетами и отображения результатов.

Компонент Менеджер задач ПО "САТЕС" представляет собой кроссплатформенное приложение-службу, запускаемое совместно с Клиентом ПО "САТЕС" локально (в случае версии РС) или удаленно на головном узле кластера (в случае версии для вычислительного кластера). Компонент выполняет функцию запуска и остановки задач (как локально, так и на вычислительном кластере), реализующих работу Компонент Расчетные модули ПО "САТЕС", отслеживания статуса выполнения задачи, взаимодействие с планировщиком суперкомпьютерного кластера.

Компонент Расчетные модели ПО "САТЕС" представляет собой набор кроссплатформенных динамических и статических библиотек, каждая из которых запускается в виде отдельного экземпляра приложения `sates_module_runner`. Компонент Расчетные модули ПО "САТЕС" реализует функции:

1. Расчета импедансных характеристик систем, оборудования и корпусных конструкций прямым и взаимным методами – модуль "CALC";
2. Расчета модового состава систем и оборудования с учетом внутренних потерь и потерь на акустическое излучение - модуль "CALC_MODAL";
3. Суперэлементного моделирования виброшумовых характеристик механоакустических систем - модуль "CONDENSATION" и модуль "CALC_UNPACK";
4. Численных расчетов уровней шумоизлучения и вибраций конструкций, вызванных силами или источниками аэродинамической и гидродинамической природы в приложениях к задачам шумоизлучения при внешнем и внутреннем обтекании - модуль "CALC" и надстройка, позволяющей сформировать внешние возмущения (приложить нестационарные гидродинамические нагрузки) - модуль "CFD_INTERP";
5. Доводки спектральных характеристик численной модели исходя из полученных экспериментальных данных и модуль численной оптимизации механоакустических систем по критерию обеспечения требуемой величины добротности резонансных колебаний - модуль OPTIMUM";

6. Акустической диагностики систем и оборудования в части локализации источника повышенного шумоизлучения - модуль "SEARCH";
7. Акустической диагностики в части выделения вклада отдельных виброактивных механизмов во внешнее акустическое поле - модуль "CONTRIB";
8. Постпроцессорной обработки результатов расчетов, трехмерной визуализации, экспорта результатов, анализа двумерных и трехмерных характеристик направленности, дальнего акустического поля, проходных характеристик, акустической силы цели и карт допустимых сил - модуль "POSTPROC".
9. Чтения сеточных моделей - модуль "MODEL_READ";
10. Формирования вычислительных матриц - модуль "MATRIX_FORM";
11. Моделирования ГУ излучения звука - модуль "EXTMEDIUM";
12. Импорта экспериментальных данных - модуль "EXP".

2. УСЛОВИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОГРАММЫ

2.1. Минимальный состав аппаратных средств

Для выполнения локальной версии ПО "САТЕС" потребуется вычислительная машина со следующими характеристиками:

- 64-битная SMP-система на основе архитектуры Intel x86-64 (core2, i3, i5, i7, Xeon). В программе используется Intel MKL-реализация математической библиотеки BLAS, в системных требованиях которой заявлена поддержка только процессоров фирмы Intel;

- Не менее 2 Гб оперативной памяти. В "больших" задачах могут потребоваться десятки Гб ОЗУ;

- Объём дисковой памяти зависит от проекта. В процессе счёта в дисковую память записывается множество массивных матриц, и их количество пропорционально количеству расчётных частот. Например, для одного из проектов, содержащего 12 суперэлементов, посчитанных на 500 частотах, потребовалось 1,5 Тб памяти на жёстком диске. Непосредственно файлы программы занимают 650 Мб.

- Видеоадаптер с поддержкой OpenGL 1.1.

Для выполнения серверной части кластерной версии необходимы:

- Вычислительный кластер, имеющий узлы на основе архитектуры Intel x86-64;

- Не менее 2 Гб оперативной памяти на узел.

2.2. Минимальный состав программных средств

Для выполнения локальной версии ПО "САТЕС" требуется:

- 64-битная операционная система (ОС) Windows версии 7 или выше, или Astra Linux Orel 2.14;

- Установленный пакет Microsoft Visual C++ 2017 Redistributable (x64) (для семейства ОС Windows);

Для выполнения серверной части кластерной версии ПО "САТЕС" требуется:

- ОС Scientific Linux 6.5.

2.3. Требования к персоналу (пользователю)

Конечный пользователь программы (оператор) должен обладать практическими навыками работы с графическим пользовательским интерфейсом операционной системы.

3. ВЫПОЛНЕНИЕ ПРОГРАММЫ

3.1. Загрузка и запуск программы

Загрузка компонентов локальной и кластерной версии ПО "САТЕС" подробно описана в программном документе БИГЮ.70300-01 32 01 "Руководство системного программиста".

Запуск локальной версии ПО "САТЕС" под ОС семейства Windows:

- Из корневой директории программы запускается файл **task_manager.exe**;
- Из корневой директории программы запускается файл **client.exe**;

Запуск локальной версии ПО "САТЕС" под ОС Astra Linux:

- Из корневой директории программы запускается файл **task_manager**;
- Из корневой директории программы запускается файл **client**;

Запуск кластерной версии ПО "САТЕС":

- На головном узле вычислительного кластера запускается Менеджер Задач САТЕС командой: **task_manager -h <IP адрес хоста головного узла> -p <номер любого свободного порта на хосте головного узла> -s <наименования планировщика (slurm или torque)> -l <наименование резервации> --mpi &**;

- Из корневой директории программы на головном узле запускается программа работы с базой данных: **./ds_server -a tcp://<IP адрес хоста головного узла>:<номер любого свободного порта на хосте головного узла> &**;

- На ЭВМ оператора запускается файл **client.exe**;

Запуск серверной версии ПО "САТЕС" (удаленный высокопроизводительный хост под управлением ОС семейства Windows):

- Из корневой директории программы на хосте сервера запускается файл **task_manager.exe**;

- Из корневой директории программы на хосте сервера запускается файл **ds_server.exe**;

- Из корневой директории программы на ЭВМ оператора запускается файл **client.exe**;

3.2. Выполнение программы

3.2.1. Главное окно программы Клиент ПО "САТЕС"

Графический пользовательский интерфейс программы Клиент ПО "САТЕС" состоит из главного окна (Рисунок 1), внутри которого расположены: Заголовок окна

(1) с названием проекта, Рабочая область (3) и прикрепляемые виджеты (например, (4) и (5)). Для обеспечения удобства использования ПО, виджеты могут фиксироваться на определенных областях главного окна приложения (сверху, снизу, слева или справа от рабочей области) или быть независимыми плавающими окнами, расположенными поверх главного окна.

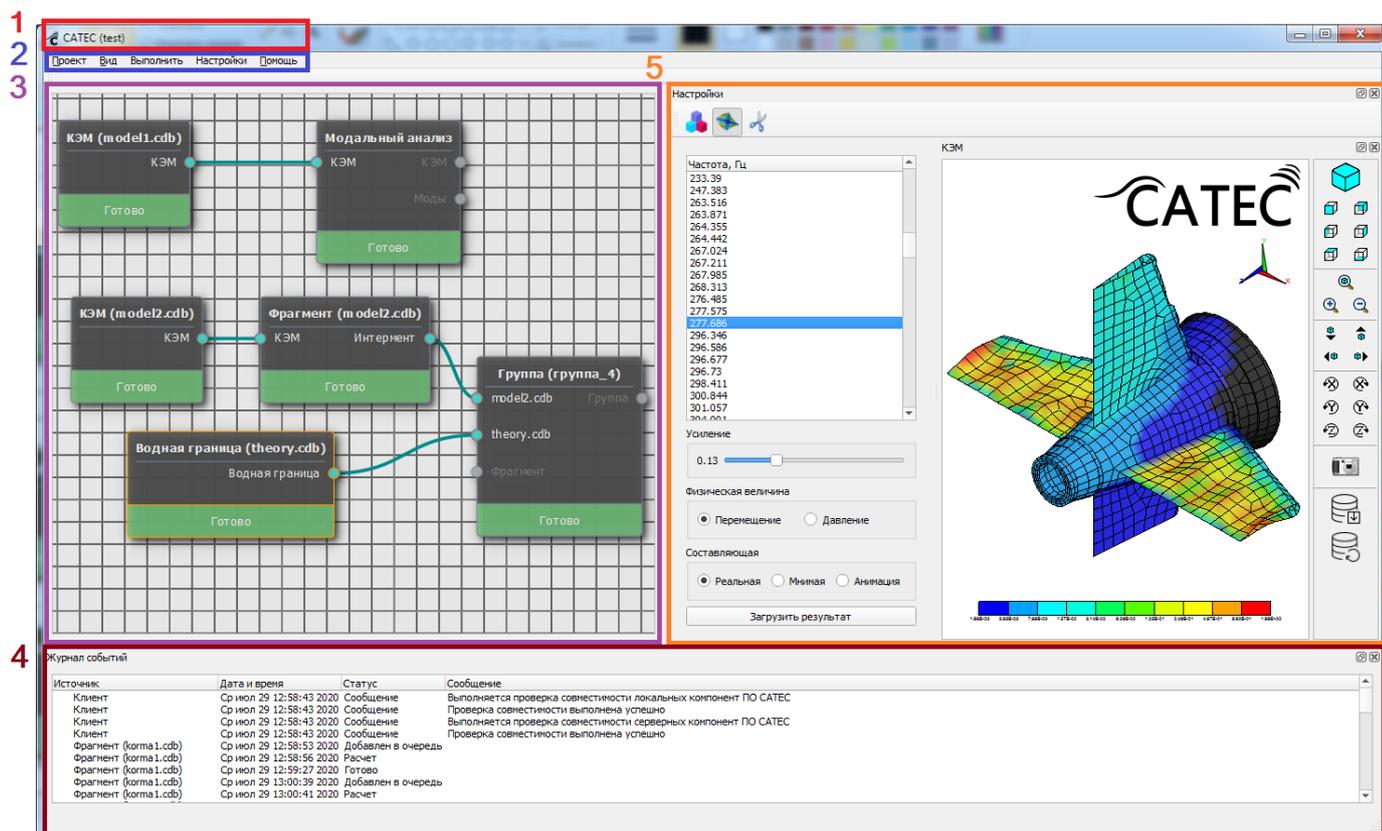


Рисунок 1 - Главное окно приложения

В состав главного окна приложения входит Главное меню (2) на Рисунке 1, содержащее несколько подменю. С помощью первого подменю "Проект" имеет возможность создать новый проект, сохранить и удалить текущий проект, просматривать список актуальных проектов и осуществлять выход из ПО. Второе подменю "Помощь" содержит стандартные пункты подсистемы помощи. Посредством подменю "Вид" пользователь может переключаться между прикрепляемыми виджетами в главном окне программы. Подменю "Выполнить" позволяет пользователю осуществлять запуск задачи выделенной карточки на Рабочей области.

С помощью подменю "Настройки" пользователь может открывать окно настроек программы (Рисунок 2), которое включает пять вкладок: Проекты, База данных, Менеджер задач, Интерфейс, Планировщик. Во вкладке "Проекты" задаются настройки хранилища данных: путь к директории с проектами, адрес хоста и порт. Во вкладке "База данных" указываются настройки базы данных: адрес хоста, порт, имя пользователя и пароль. Во вкладке "Менеджер задач" определяется адрес и порт компьютера, на котором запущен сервис менеджера задач. Во вкладке "Интерфейс" настраивается цветовая тема приложения (темная или светлая) и цветовая палитра окна визуализации. Во вкладке "Планировщик" указываются настройки планировщика задач вычислительного кластера: количество используемых для расчета узлов, максимальное время расчета, объем физической и виртуальной памяти.

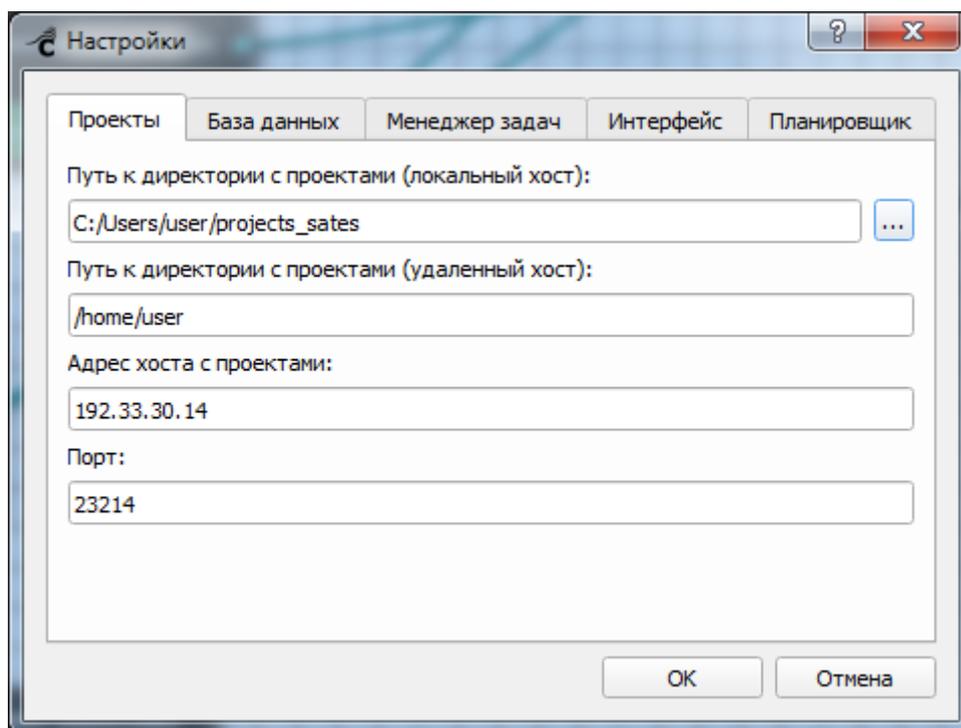


Рисунок 2 - Настройки программы

"Рабочая область" (3) на Рисунке 1 предназначена для формирования последовательности выполнения расчетных задач в виде горизонтальной схемы, состоящей из описанных ниже карточек модулей, соединенных линиями (связями) (Рисунок 3).

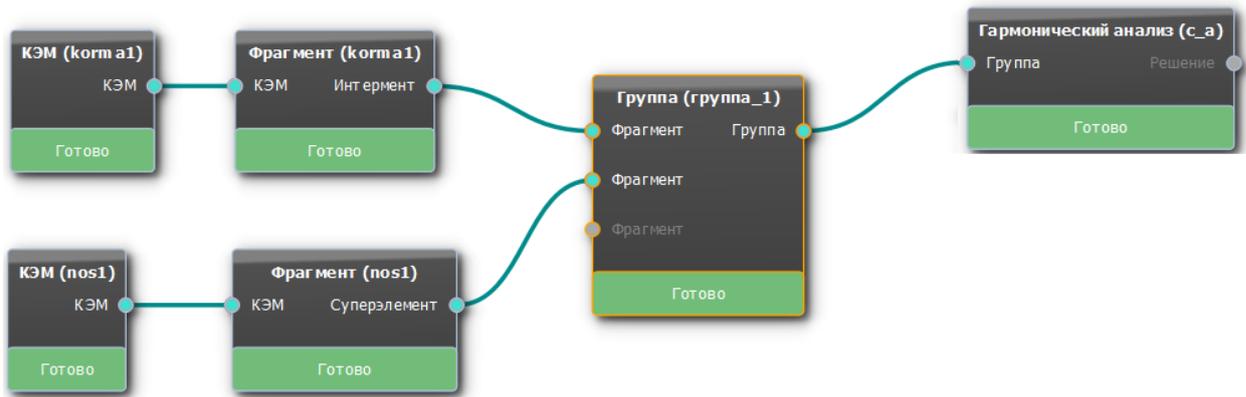


Рисунок 3 - Пример схемы обеспечения виброакустического расчета с помощью комбинации модулей ПО "САТЕС"

На Рисунке 4 отображена карточка расчетного модуля. Она состоит из: Заголовка (1), Входных узлов (2), Выходных узлов (3) и Статуса (4).

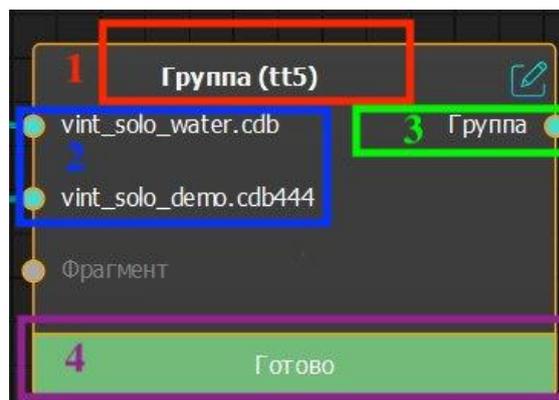


Рисунок 4 - Типовой вид модуля на рабочей области

В заголовке карточки отображается ее тип и имя (в скобках). Имя карточки (расчетной задачи) задается при создании или в настройках. В поле статуса выводится информация о статусе работы модуля, привязанного к карточке, а также о проценте выполнения. При наведении указателя мыши на поле статуса во всплывающем окне отображается:

- В состоянии "Расчет" – этап выполнения задачи;
- В состоянии "Ошибка" – список ошибок, возникших при работе модуля.

В правом верхнем углу расположен значок добавления комментария к карточке. Эту возможность можно опционально включить в меню "Настройки" вкладка "Интерфейс".

Каждый расчетный модуль при запуске выполняет некоторую операцию на локальной или удаленной машине, результат операции передается в следующий модуль через соединения выходных и входных узлов. Выходные узлы являются

результатами расчетов модуля и могут иметь различные типы данных (Фрагмент, КЭМ, Матрицы комплексных амплитуд и т.д.). Выходной узел текущей карточки соединяется с входным узлом следующей. При этом типы данных должны совпадать (Рисунок 5).

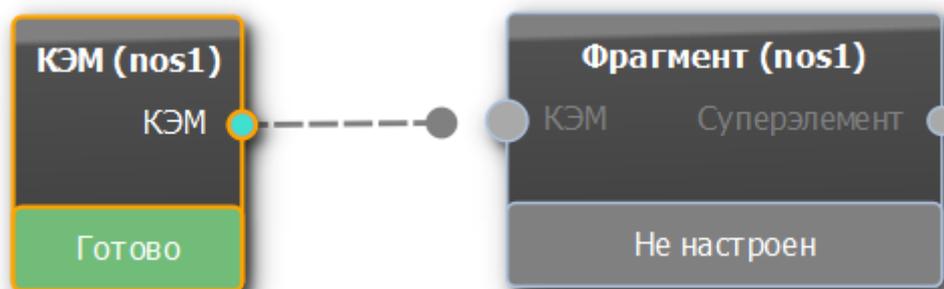


Рисунок 5 - Типовое соединение двух модулей

Статус работы модуля отображает его текущее состояние и указывается текстом и цветом. На текущий момент в ПО "САТЕС" предусмотрены следующие статусы:

- не настроен (статус по умолчанию, означает что модуль требует настройки);
- настроен (модуль готов к запуску);
- расчет (модуль запущен);
- ошибка (ошибка при выполнении расчетов);
- готово (расчет окончен успешно).

Для создания карточки задачи необходимо щелкнуть правой кнопкой мыши по рабочей области и в контекстном меню выбрать модуль из списка. Для взаимодействия с модулем необходимо щелкнуть по нему правой кнопкой мыши и выбрать действие в контекстном меню. Для каждого модуля доступны три основных действия: "Настройки", "Выполнить" и "Остановить". В некоторых модулях также предусмотрена возможность создать следующий, связанный с текущим (Рисунке 6).

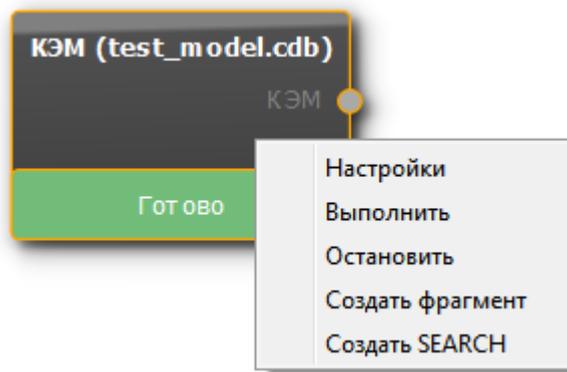


Рисунок 6 - Пример контекстного меню модуля с возможностью создания подчиненного модуля

Настройки расчетного модуля по умолчанию отображаются в области (5) Главного окна программы. В окне настроек отображают входные параметры расчетной задачи (Рисунок 7).

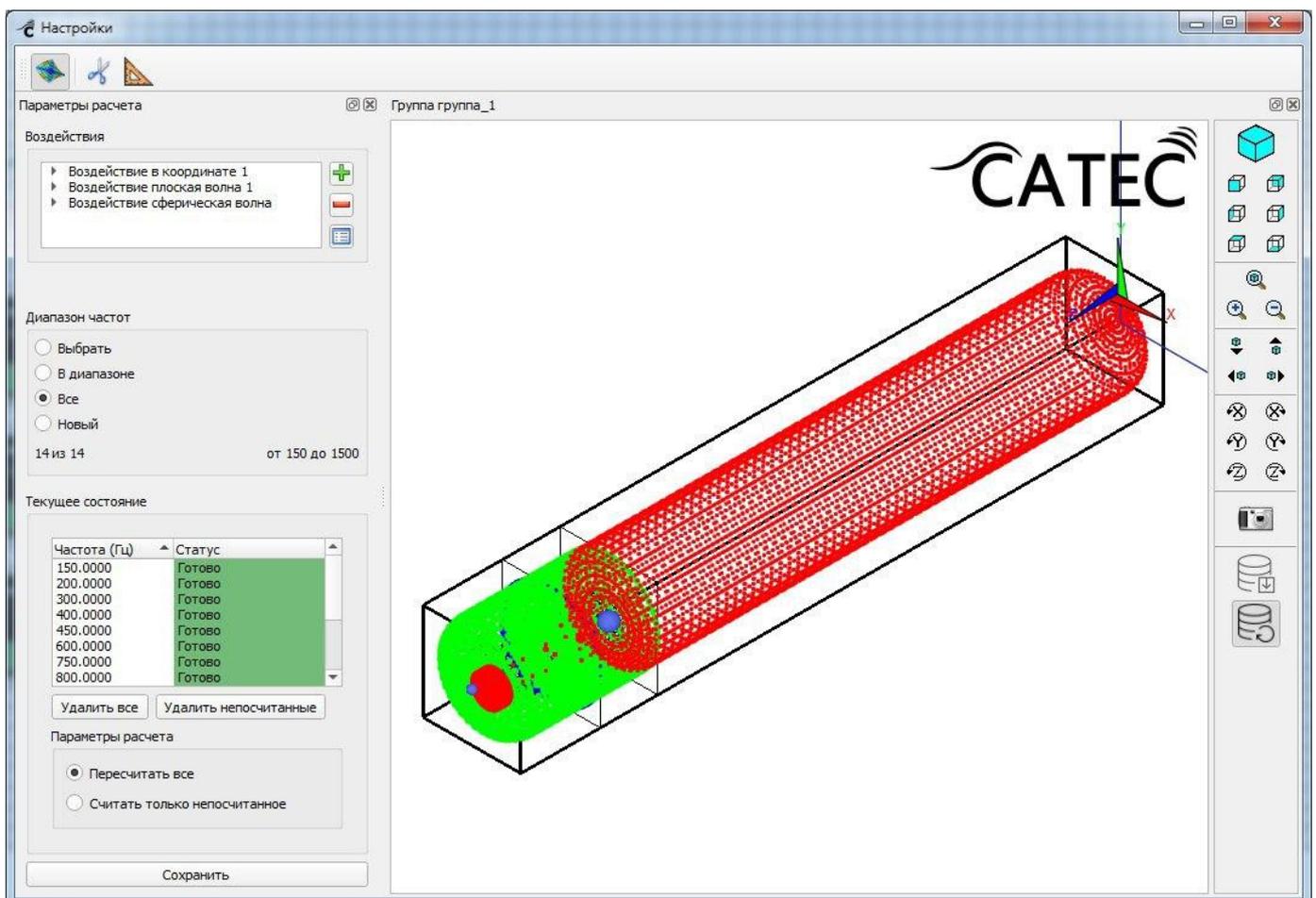


Рисунок 7 - Пример окна настроек модуля гармонического анализа

После установки и сохранения параметров статус карточки расчетного модуля переходит в "Настроен". В некоторых расчетных модулях (например модуль Постобработки и т.д.) в окне настроек могут отображаться как входные параметры, так и результаты работы модуля (Рисунок 8).

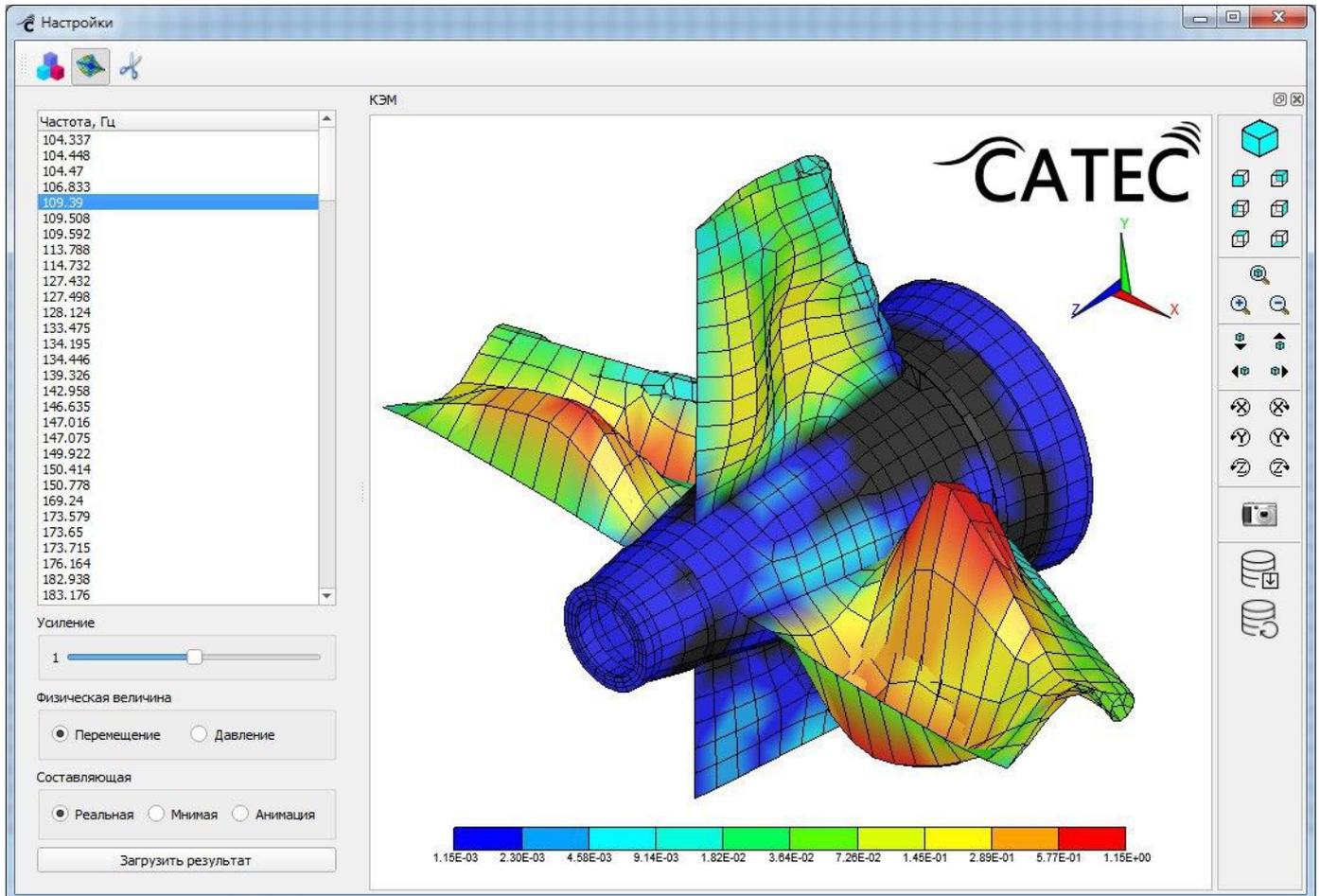


Рисунок 8 - Пример окна настроек модуля Модальный анализ

В журнале событий ((4) на Рисунке 1) регистрируются все ошибки, информационные сообщения, время вычислений и предупреждения программы (Рисунок 9).

Уровень	Дата и время	Источник	Сообщение
Сведения	06.05.2019 13:04...	КЭМ (nos1)	Завершен расчет модуля
Сведения	06.05.2019 13:14...	КЭМ (korna1)	Завершен расчет модуля
Сведения	06.05.2019 13:18...	calc	Добавлено воздействие actions1
Сведения	06.05.2019 13:18...	calc	Добавлено воздействие actions2

Рисунок 9 - Пример журнала событий

3.2.2. Карточка "КЭМ"

В карточке "КЭМ" осуществляется добавление акустической конечно-элементной модели в проект. В ПО "САТЕС" отсутствует собственный сеточный генератор, поэтому реализован импорт сеточных моделей из ПО "ЛОГОС" в формате *.s16 и из ПО ANSYS в формате *.cdb. При выполнении карточки запускается расчётный модуль Matrix_form, в котором выполняется поиск контактных связей в модели и расчёт разреженных матриц масс, жесткостей и др.

Карточка "КЭМ" не имеет входных узлов и создаётся через контекстное меню "Импорт КЭМ" на рабочей области (Рисунок 9).

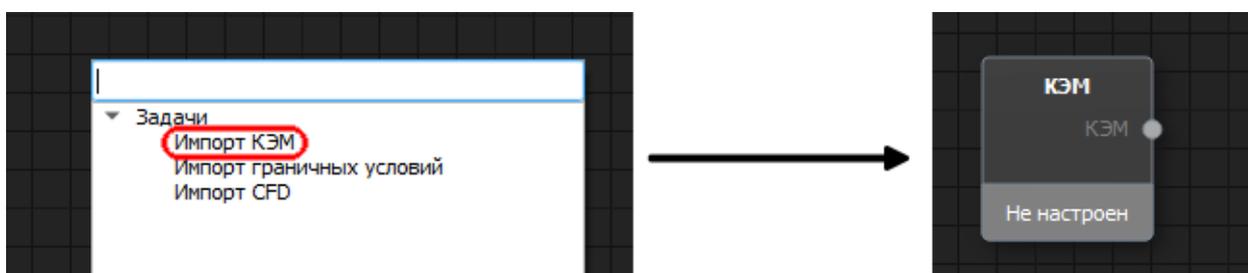


Рисунок 9 – Создание карточки "КЭМ" из контекстного меню рабочей области

Настройка карточки осуществляется в отдельном окне, попасть в которое можно любым из стандартных способов: двойной щелчок мышкой по карточке, либо в контекстном меню карточки выбрать пункт "Настройки".

Первоначально окно настроек (Рисунок 10) ничего не отображает, и первым делом необходимо указать файл импортируемой модели. Для этого необходимо щёлкнуть по кнопке "Загрузить модель..." в верхней части окна и в появившемся стандартном диалоговом окне (Рисунок 11) выбрать требуемый файл. Если модель успешно загрузится, то она будет изображена в правой части окна, а слева в таблице будет показана базовая информация о ней. Для завершения настройки оператору необходимо задать 2 параметра: уникальное в рамках текущего проекта имя модели, и коэффициент масштаба, который будет применён к модели. После чего можно нажать кнопку "Сохранить" и запустить расчёт.

Дополнительно в данном окне присутствует набор различных режимов отображения модели, позволяющих визуально проконтролировать качество и правильность КЭМ. Переключение между режимами осуществляется путём выбора нужного в одноимённом выпадающем списке: "Вся модель", "Типы элементов", "Компоненты", "Контактные группы" и "Материалы".

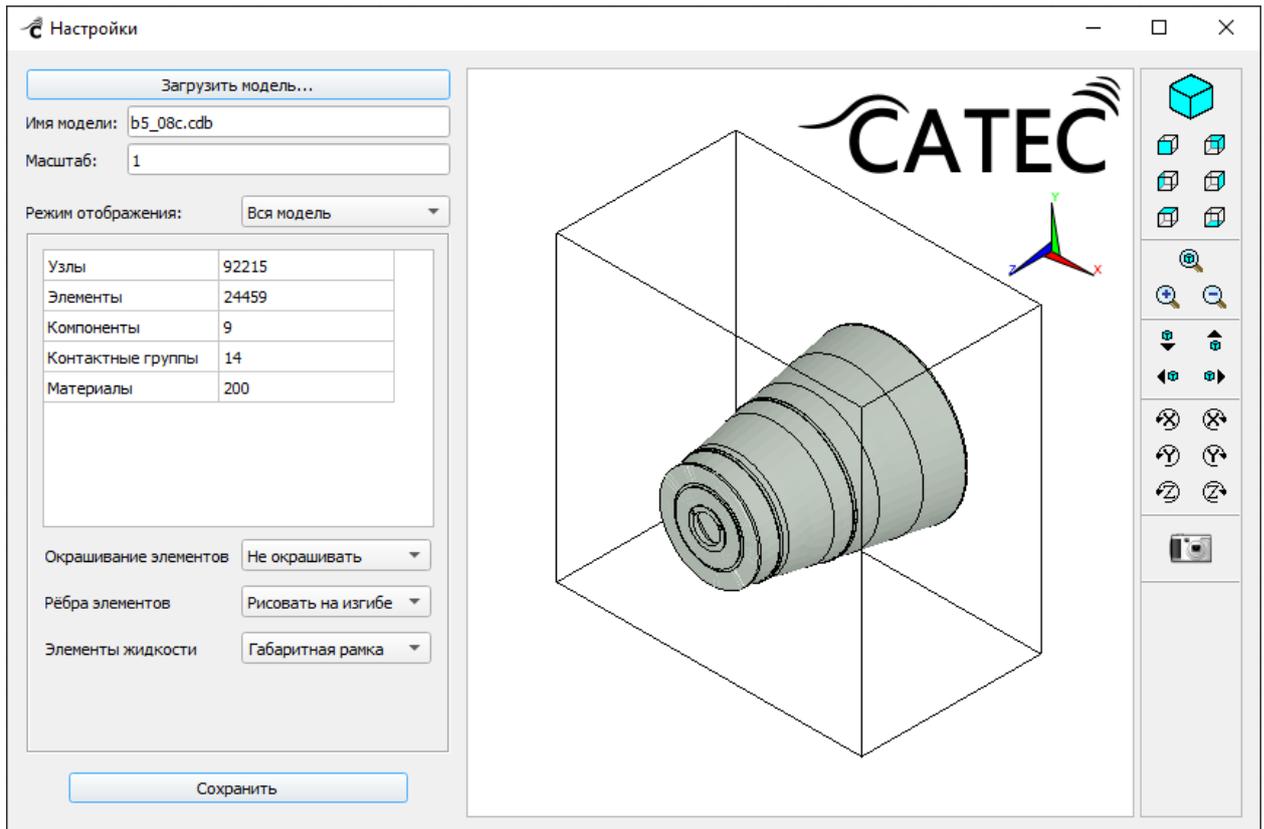


Рисунок 10 – Окно настроек карточки "КЭМ" после импорта модели. Режим отображения "Вся модель"

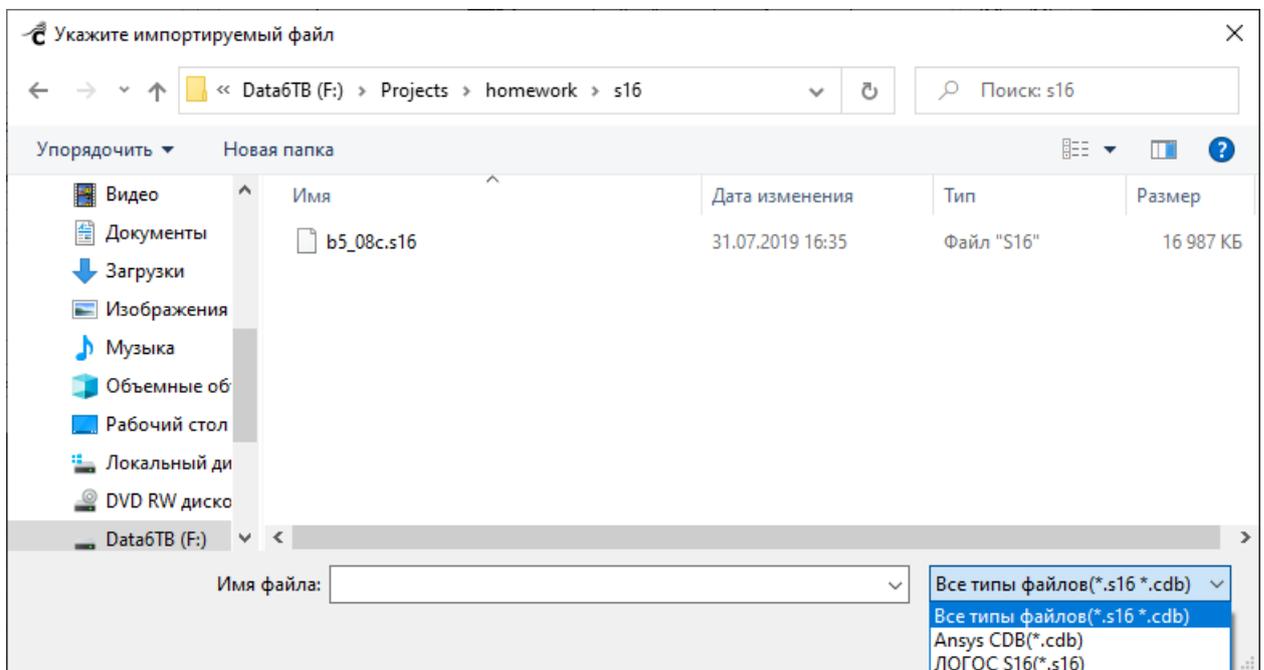


Рисунок 11 – Окно импорта КЭМ

В режиме отображения "Вся модель", который открывается первым, рисуются все структурные элементы КЭМ и опционально можно изобразить элементы

жидкости. Структурные элементы могут быть окрашены одним из четырёх способов (Рисунок 12).

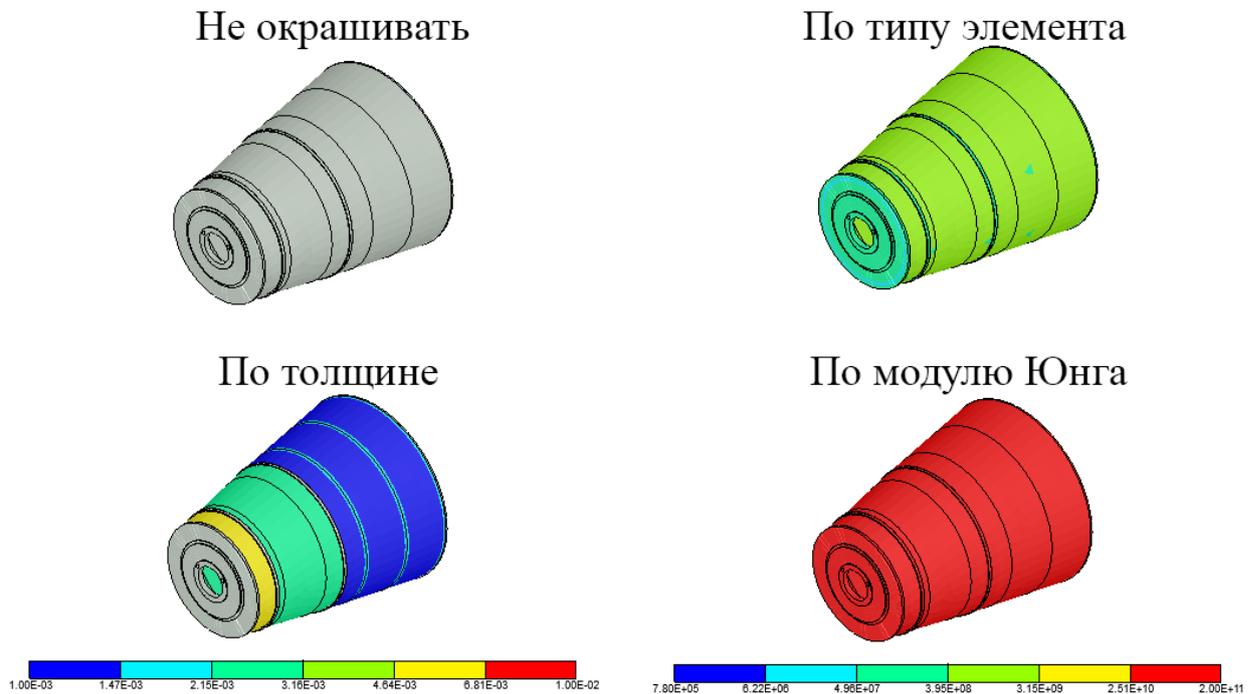


Рисунок 12 – Возможные способы окраски элементов. Элементы, не обладающие заданным свойством, остаются окрашенными в серый цвет

Для конечных элементов можно задать способ обводки их рёбер (Рисунок 13): не рисовать совсем, рисовать все рёбра или рисовать только те рёбра, что находятся на резких изгибах и стыках модели.



Рисунок 13 – Возможные режимы рисования рёбер элементов.

Также может быть задан режим изображения элементов жидкости в модели. Все три возможных режима показаны на Рисунке 14.

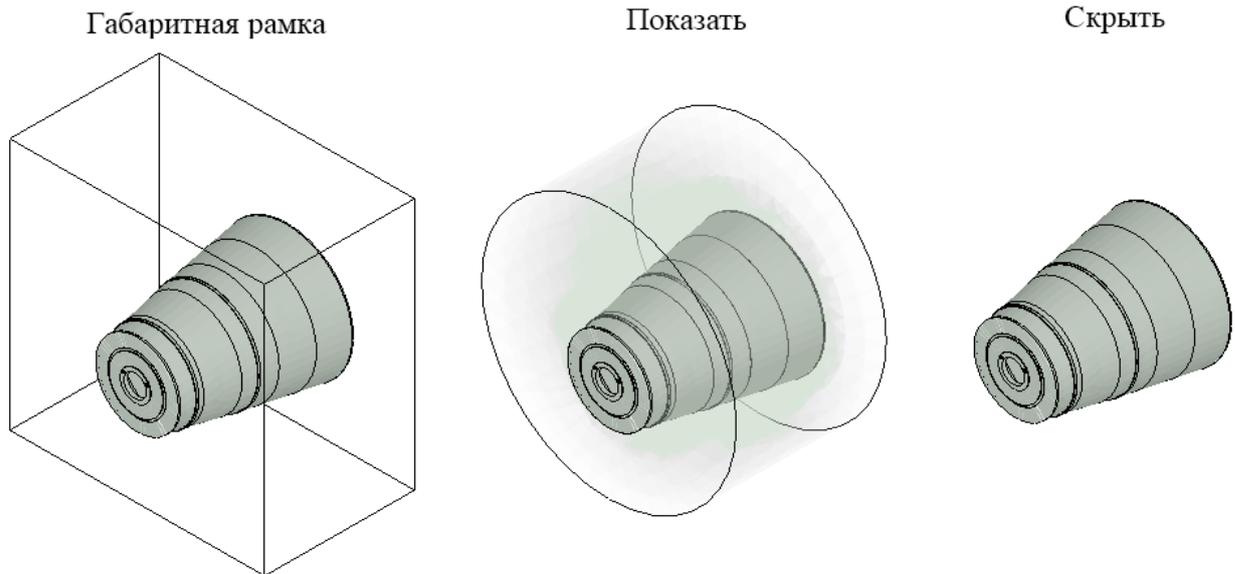


Рисунок 14 – Возможные режимы рисования жидкостных элементов.

В режиме отображения "Типы элементов" (Рисунок 15) слева отображается список имеющихся в модели типов КЭ с указанием их количества. Устанавливая или сбрасывая флажки слева от названий типов, можно показать или скрыть данные элементы в трёхмерном изображении в правой части окна.

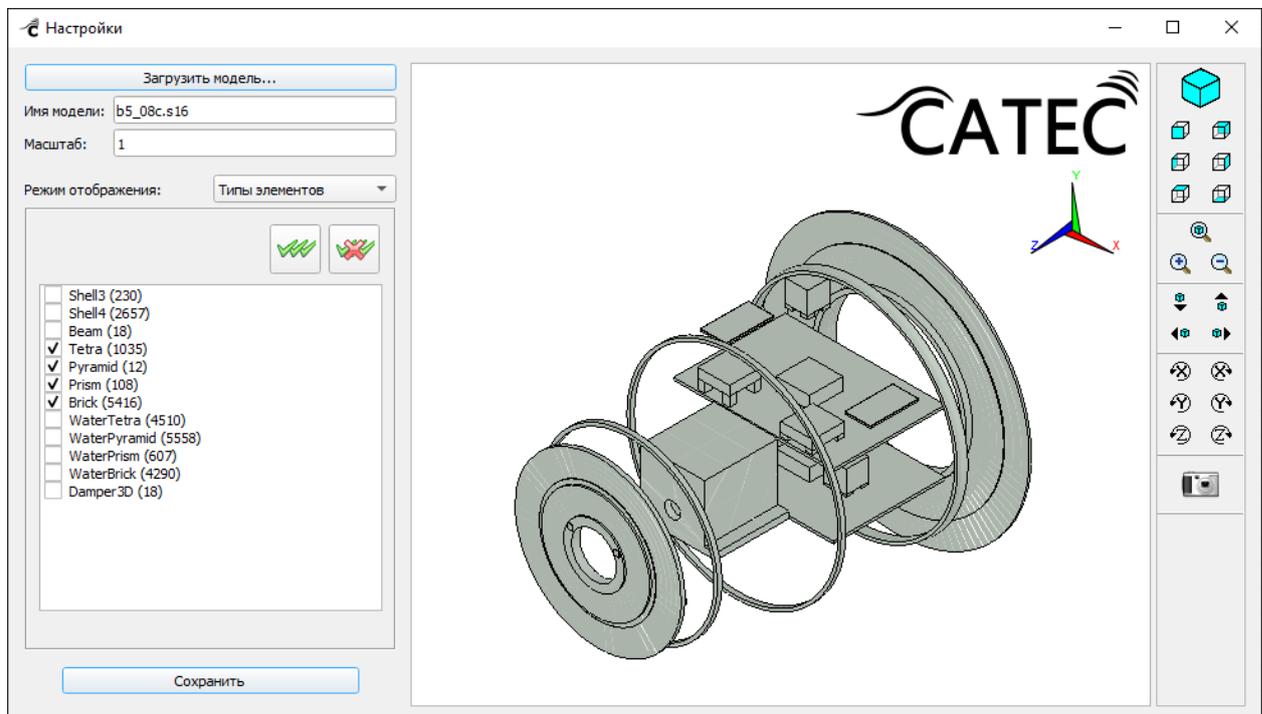


Рисунок 15 – Режим отображения "Типы элементов". Выбраны все типы объёмных структурных элементов.

В режиме отображения "Компоненты" (Рисунок 16) в левой части окна приводится полный список компонент с указанием количества входящих в них узлов или элементов. При выборе в списке какой-либо компоненты, её изображение в правой части окна подсвечивается красным цветом, в то время как остальная часть модели рисуется полупрозрачной. Данный инструмент позволяет проконтролировать присутствие всех необходимых интерфейсных узловых компонент перед созданием суперэлемента, а также наличие элементных компонент, необходимых для модуля интерполяции гидродинамических воздействий или в постпроцессоре для визуализации решения.

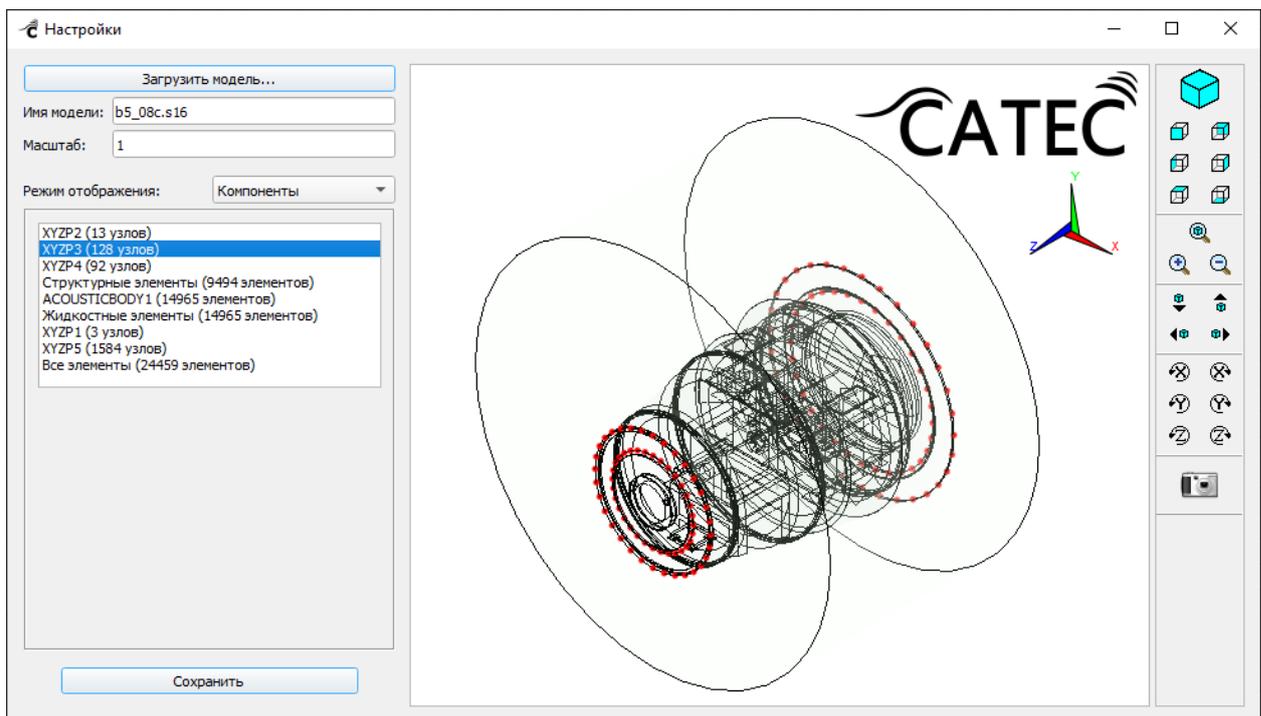


Рисунок 16 – Режим отображения "Компоненты". Выбрана одна из компонент, содержащая интерфейсные узлы.

В режиме отображения "Контактные группы" (Рисунок 17) приведен список пар контактных поверхностей "Контакт - Цель" с указанием количества входящих в них "контактных" и "целевых" элементов. Устанавливая или сбрасывая флажки слева от номеров контактных групп, можно включать или отключать изображения соответствующих поверхностей в правой области окна. Контактная поверхность изображается красным цветом, а целевая - синим.

Для удобства просмотра можно отображать не всю модель, а только отдельную её компоненту. Выбрать компоненту можно в выпадающем списке "Компонента КЭМ".

Для изображения самой контактной группы в выпадающем списке "Компонента КГ" можно выбрать один из четырёх режимов изображения:

- контакты и цели;
- контакты (точки) и цели;
- ТОЛЬКО контакты;
- ТОЛЬКО цели.

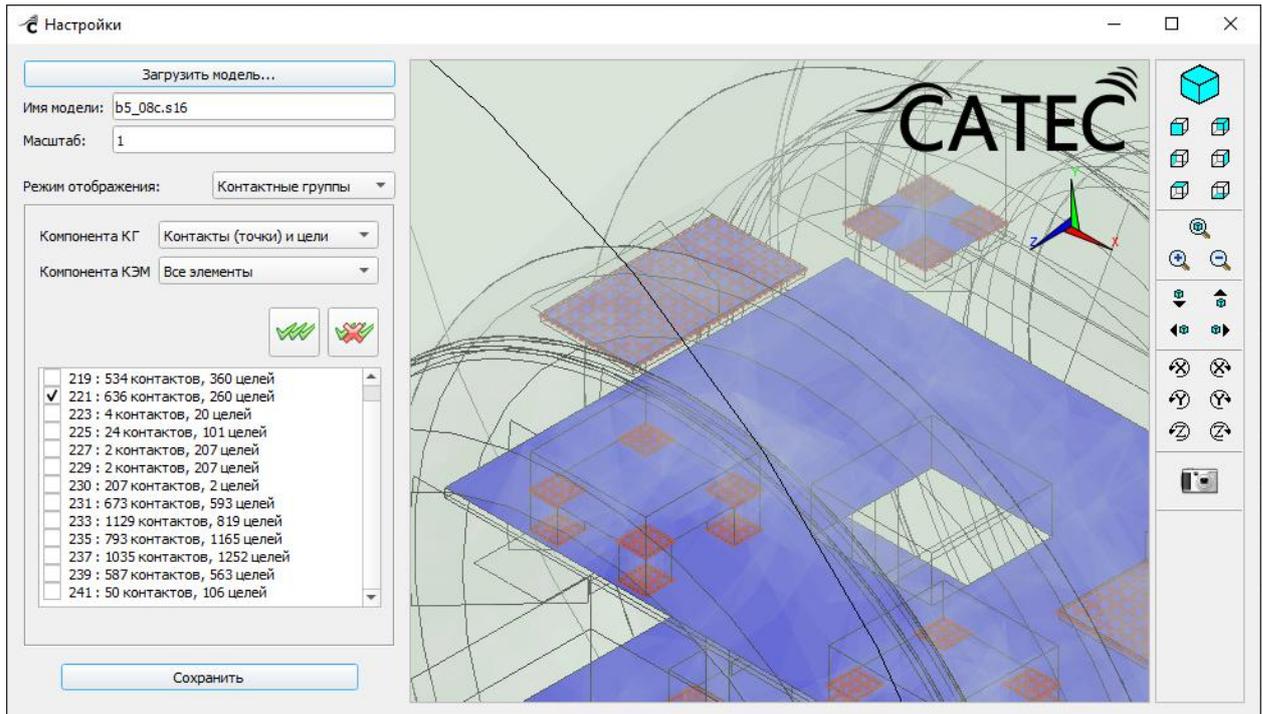


Рисунок 17 - Режим отображения "Контактные группы".

В режиме отображения "Материалы" (Рисунок 18) можно посмотреть и отредактировать свойства материалов, имеющих в КЭМ. В левой части окна приведён список всех имеющихся материалов в модели. При выборе одного из них в правой части окна на изображении КЭМ подсвечиваются красным цветом только те элементы, для которых назначен данный материал, а в нижней левой части окна появляется редактор свойств данного материала.

В редакторе материалов можно посмотреть и при необходимости изменить любой из параметров. Отредактированные параметры изображаются жирными символами (Рисунок 19). Изменения можно применить или отменить, нажав на соответствующую кнопку.

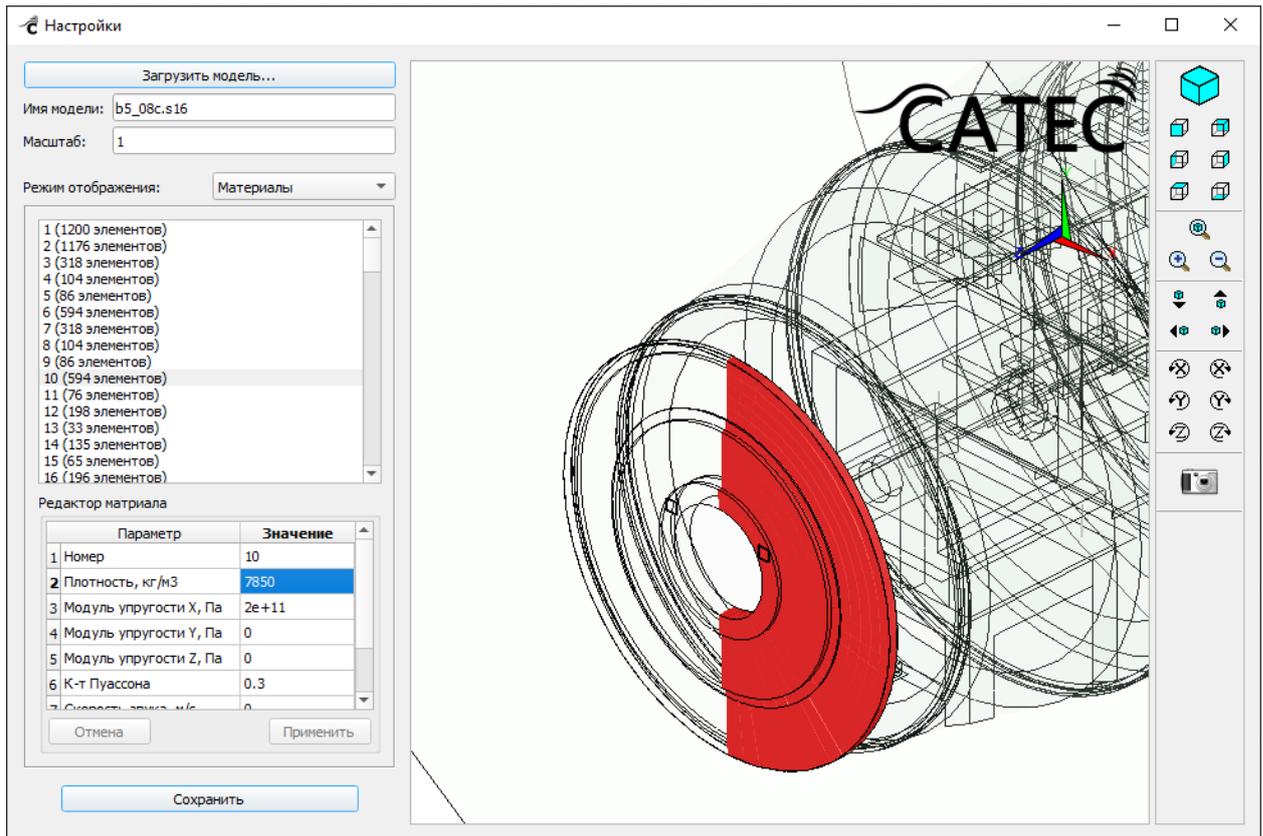


Рисунок 18 – Режим отображения "Материалы".

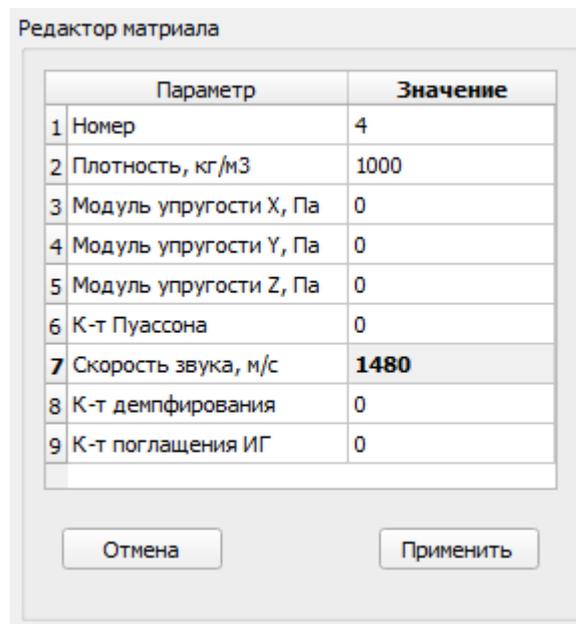


Рисунок 19 - Редактор материалов. Изменено значение скорости звука.

Чтобы все внесённые изменения сохранились в карточке, необходимо нажать кнопку "Сохранить" в нижней части окна настроек. После этого карточку можно запускать на расчёт.

3.2.3. Карточка "Фрагмент"

Карточка "Фрагмент" позволяет задать настройки и выполнить расчет модуля Condensation. Создание карточки "Фрагмент" осуществляется из карточки "КЭМ" после успешного выполнения расчета разреженных матриц конечно-элементной модели (Рисунок 20).

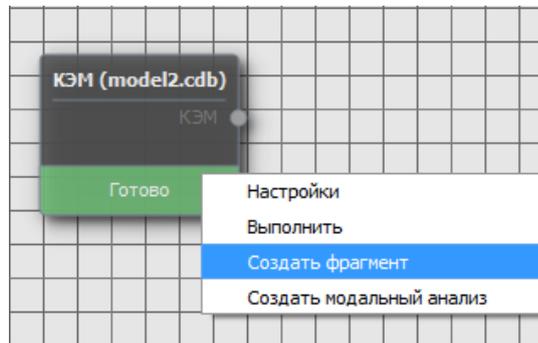


Рисунок 20 - Создание карточки "Фрагмент"

После нажатия кнопки "Создать фрагмент" в контекстном меню карточки "КЭМ" появится диалоговое окно с возможностью конфигурирования настроек фрагмента: пользователь указывает имя фрагмента, коэффициент затухания, тип фрагмента (интермент или суперэлемент), осуществляет выбор интерфейсных компонент, а также при необходимости задает требуемый для решения задачи частотный диапазон расчета (Рисунок 21).

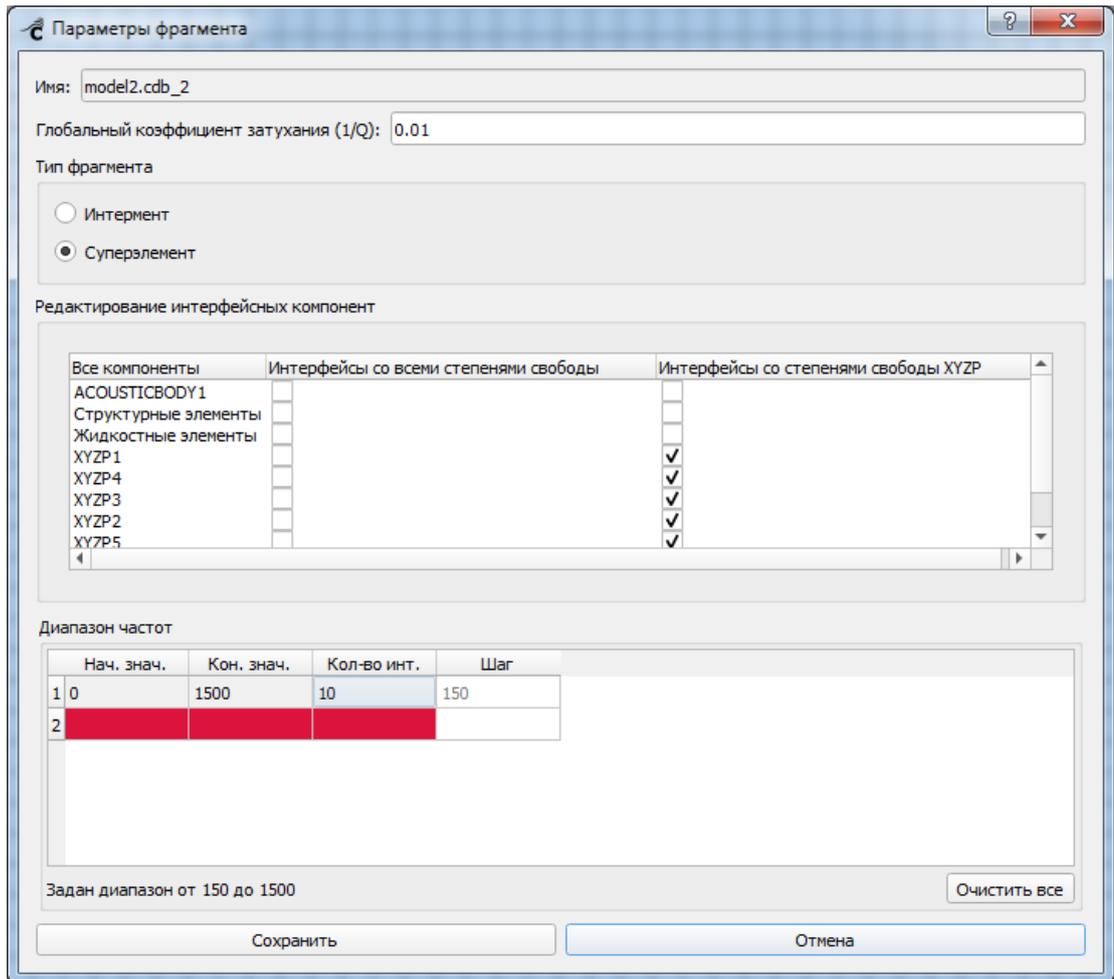


Рисунок 21- Окно первоначальной настройки фрагмента

После нажатия кнопки "Сохранить" карточка "Фрагмент" переходит в статус "Настройка", затем "Настроен". В окне настроек фрагмента отобразится список частот со статусом "Не рассчитан" (Рисунок 22).

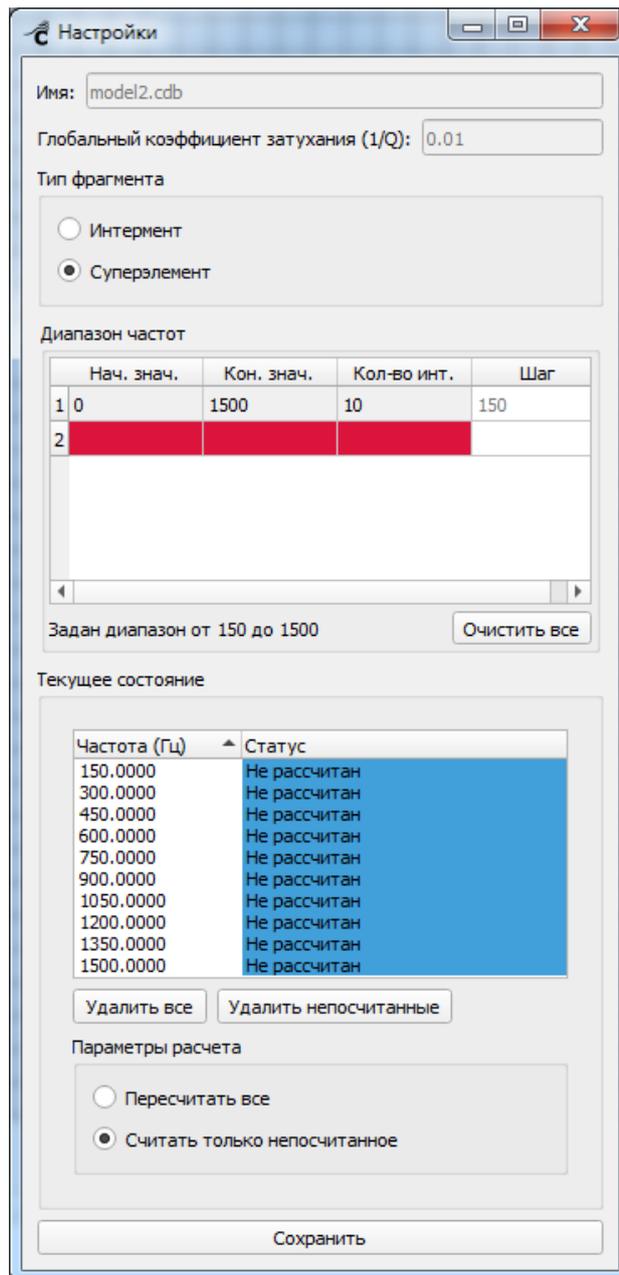


Рисунок 22 - Окно настройки фрагмента

Для запуска расчета необходимо кликнуть правой кнопкой мыши по карточке фрагмента и выбрать команду "Выполнить" из контекстного меню. В таблице "Текущее состояние" пользователю доступен список частот со статусами расчета (Рисунок 23). Задача считается завершенной, когда все частоты перейдут в статус "Готово".

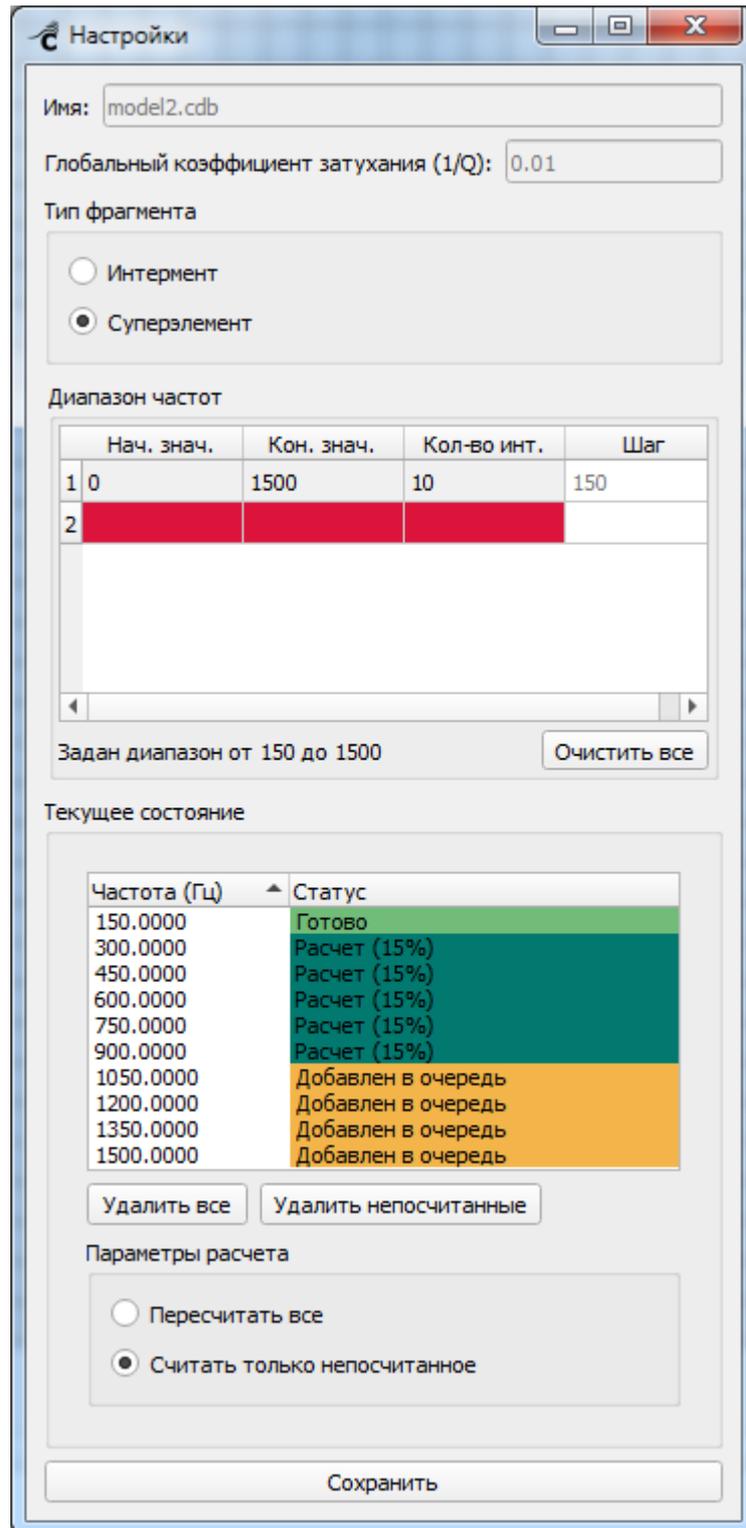


Рисунок 23 - Отображение текущего состояния расчетов

3.2.4. Карточка "Водная граница"

Карточка "Водная граница" позволяет задать настройки и выполнить расчет модуля Condensation. Создание карточки Водная граница осуществляется выбором из контекстного меню пункта "Импорт граничных условий" (Рисунок 24).

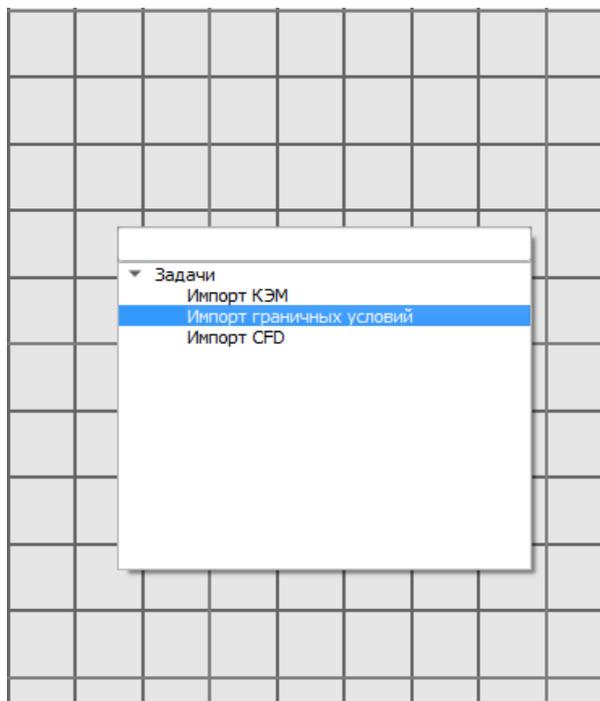


Рисунок 24 Создание карточки "Водная граница"

В окне настроек карточки "Водная граница" пользователь загружает модель граничных условий в формате *.cdb, указывает масштаб модели, плотность, скорость звука, диапазон частот для расчета. Для сохранения настроек необходимо нажать кнопку "Сохранить" (Рисунок 25)

Для запуска расчета необходимо кликнуть правой кнопкой мыши по карточке водной границы и выбрать команду "Выполнить" из контекстного меню. В таблице "Текущее состояние" пользователю доступен список частот со статусами расчета. Задача считается завершенной, когда все частоты перейдут в статус "Готово".

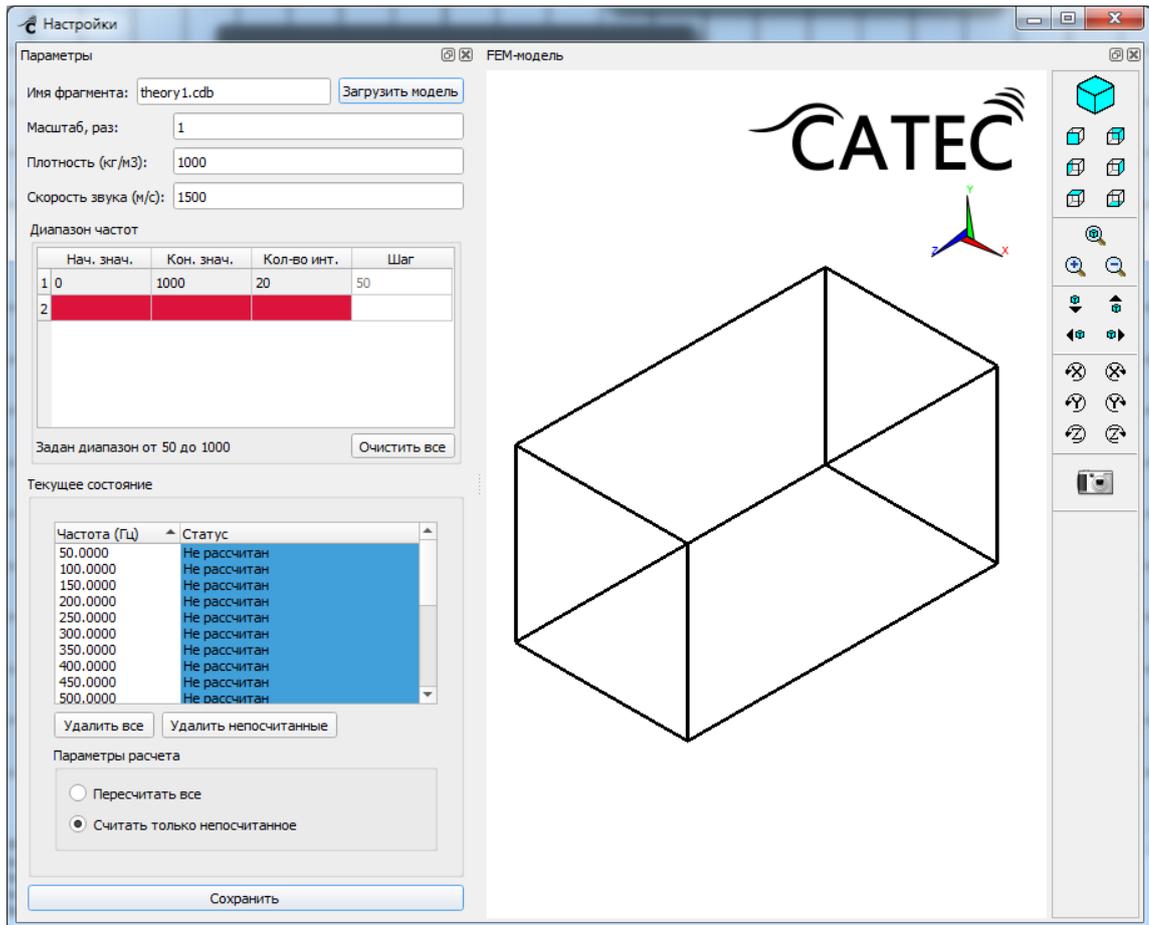


Рисунок 25 Окно настроек карточки Водная граница

3.2.5. Карточка "Группа"

Карточка "Группа" позволяет объединить в группу несколько фрагментов и водную границу. Создание карточки "Группа" осуществляется из карточки "Фрагмент" или "Водная граница" после успешного выполнения расчета суперэлемента или интермента (Рисунок 26).

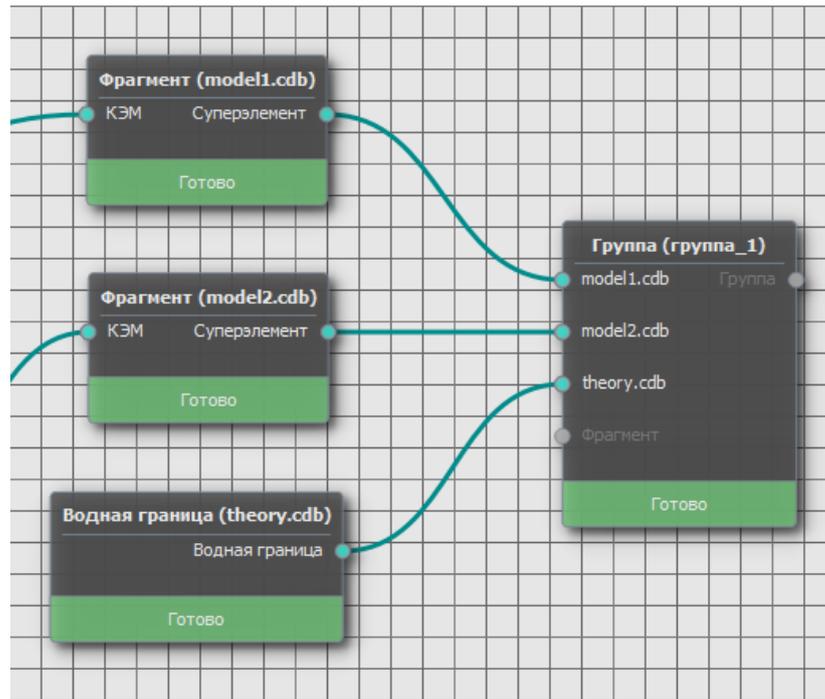


Рисунок 26 Несколько фрагментов объединенных в группу

Для формирования группы необходимо выбрать фрагменты из списка "Фрагменты" и нажать кнопку "Сформировать группу". После формирования группы сращиваемые узлы подсвечиваются зеленым цветом, интерфейсные узлы – красным (Рисунок 27). Для обеспечения стыковки некоторых фрагментов возникает необходимость выполнить их смещение. При этом необходимо выбрать фрагмент в списке фрагментов, указать желаемое смещение по осям x , y , z и нажать кнопку "Применить". В результате выбранный фрагмент сместится на указанное расстояние в окне визуализации, если сращиваемые узлы совпадут с интерфейсными узлами другого фрагмента или водной границы, то они подсвечиваются зеленым цветом. Для сохранения результата необходимо нажать кнопку "Сформировать группу". В разделе "Соединение интерфейсных узлов" задается максимальное расстояние между автоматически сращиваемыми интерфейсными узлами (значение по умолчанию – "0.001").

В окне визуализации ("Геометрия группы") присутствуют дополнительные настройки визуализации: выбор варианта окрашивания, способ рисования ребер, настройка отображения жидкости, настройка отображения интерфейсных узлов.

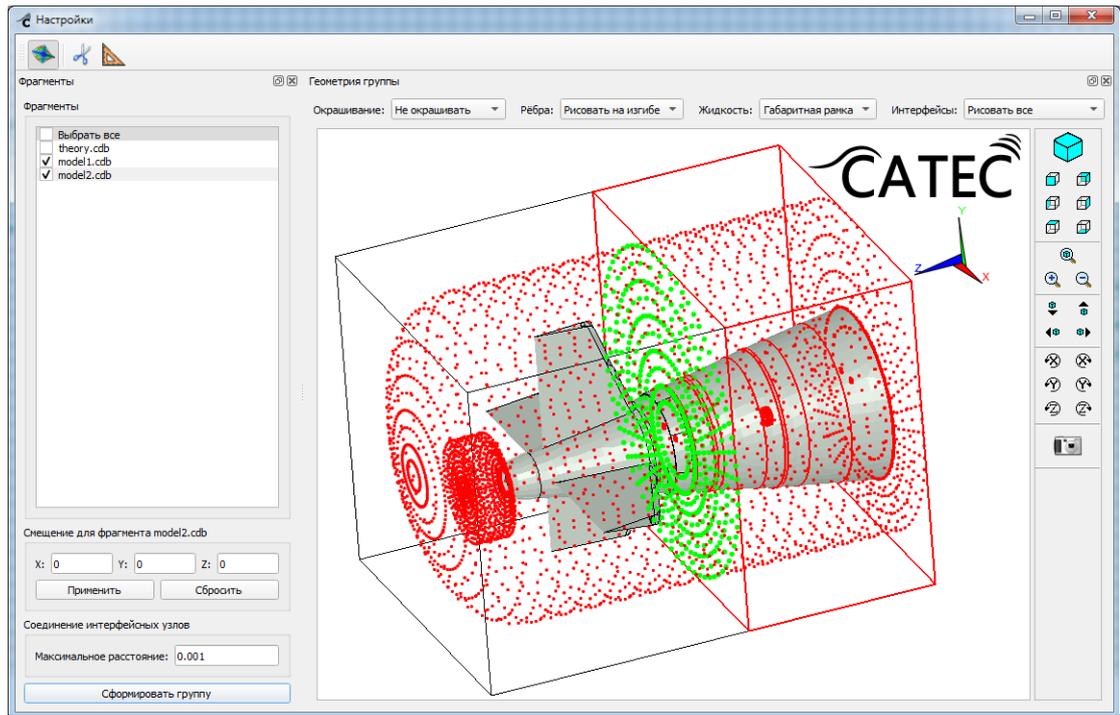


Рисунок 27 Окно настроек карточки Группа

Инструмент "Сечение" (значок ножниц в панели инструментов) позволяет разрезать модель в окне визуализации по одному или нескольким сечениям (Рисунок 28).

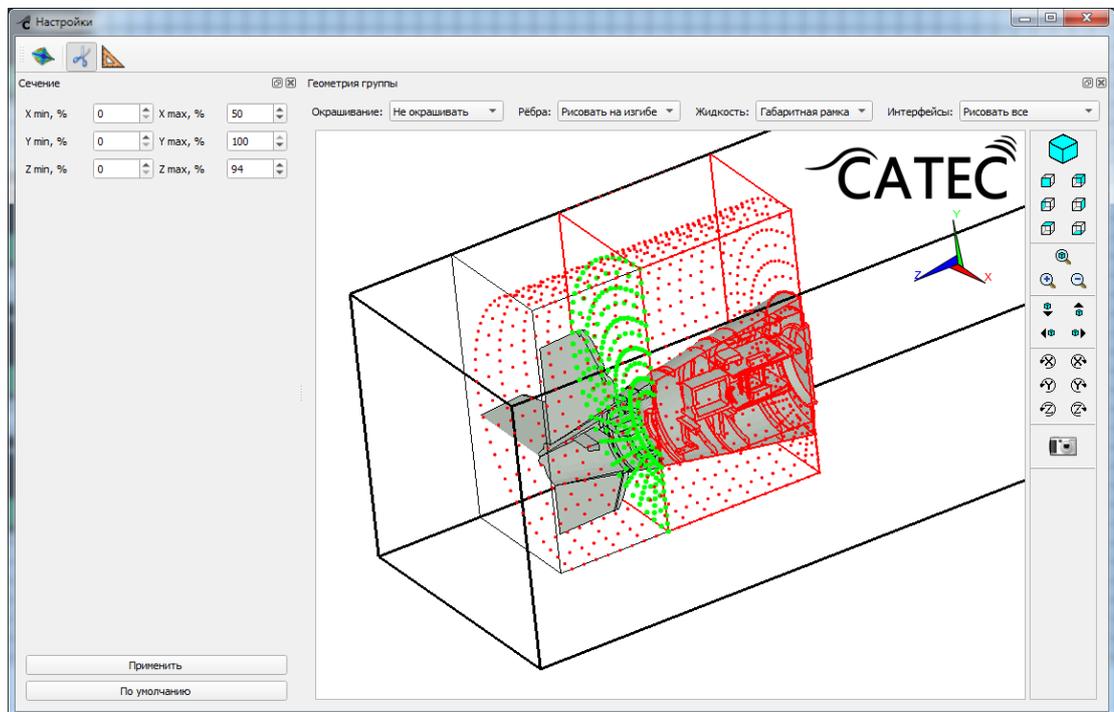


Рисунок 28 - Сечение модели

Инструмент "Линейка" (значок линейки в панели инструментов) позволяет измерить расстояние между двумя узлами КЭМ. Для этого необходимо нажать кнопку "Выбрать узлы" и указать мышкой два узла в окне визуализации. В поле "Дистанция" отобразится расстояние между выбранными точками (Рисунок 29).

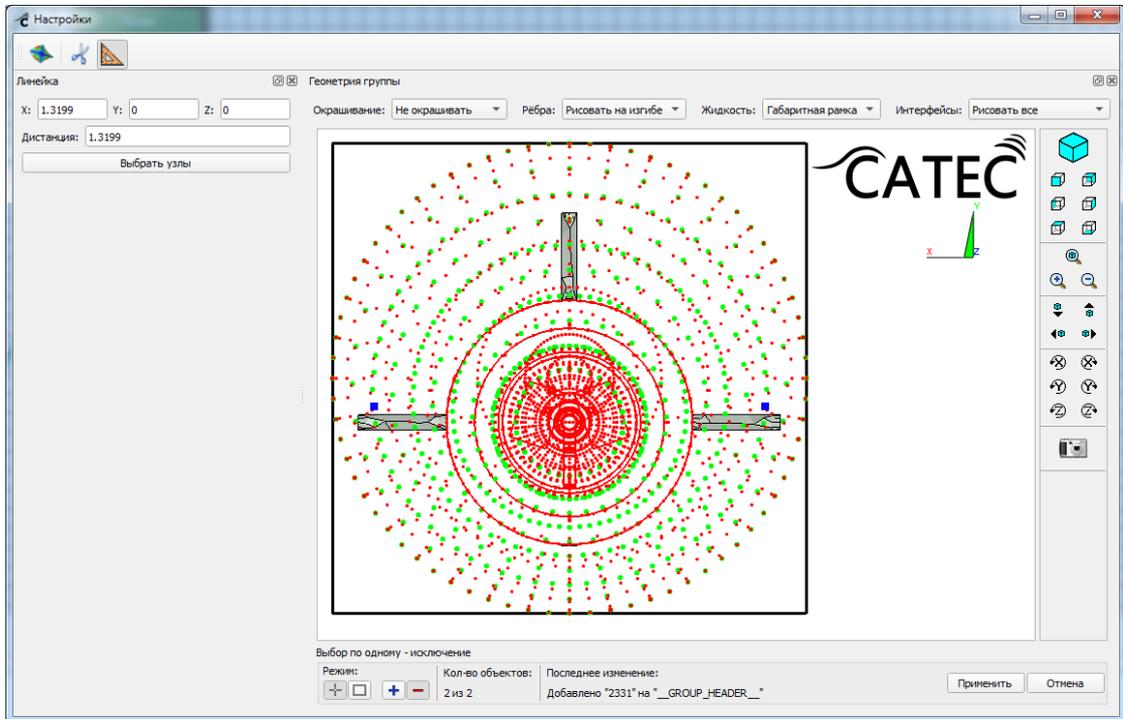


Рисунок 29 - Использование инструмента Линейка

3.2.6. Карточка "Гармонический анализ"

Карточка "Гармонический анализ" позволяет настроить расчетный модуль Calc. Создание карточки "Гармонический анализ" осуществляется из карточки "Группа" после успешного формирования группы. В окне настроек гармонического анализа (Рисунок 30) доступны следующие параметры: воздействия и диапазон частот.

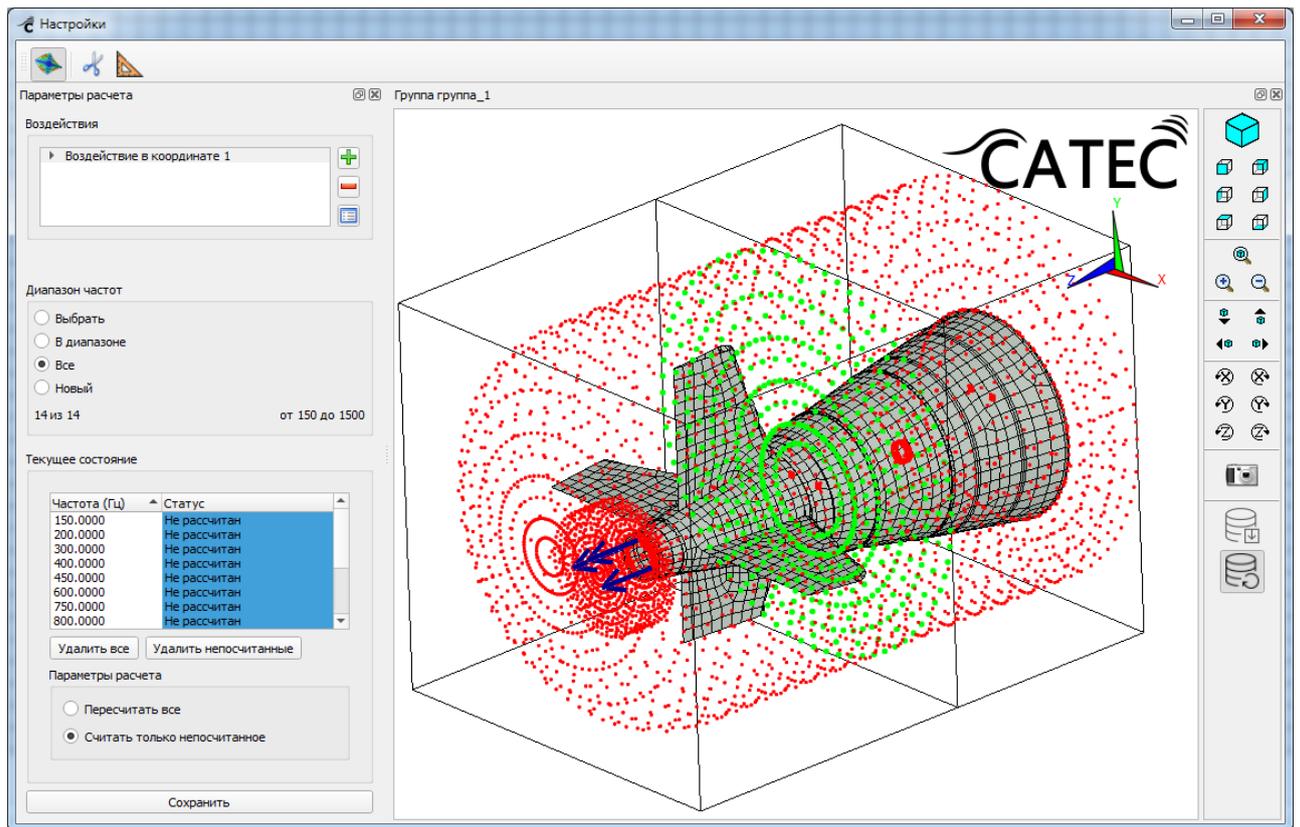


Рисунок 30 Окно настроек карточки "Гармонический анализ"

Для приложения воздействия необходимо нажать кнопку "Добавить воздействие" (значок "плюс" справа от списка воздействий). В появившемся окне (Рисунок 31) необходимо выбрать тип акустического источника: в координате, в узле, плоская волна, сферическая волна. Затем указать в окне визуализации расположение воздействия и выбрать степень свободы. После этого нажать кнопку "Добавить источник". В списке акустических источников появится новый источник (Рисунок 32), затем нажать "Добавить воздействие". В списке воздействий появится новое воздействие. В зависимости от решаемой задачи можно добавлять несколько акустических источников в одно воздействие, либо несколько воздействий.

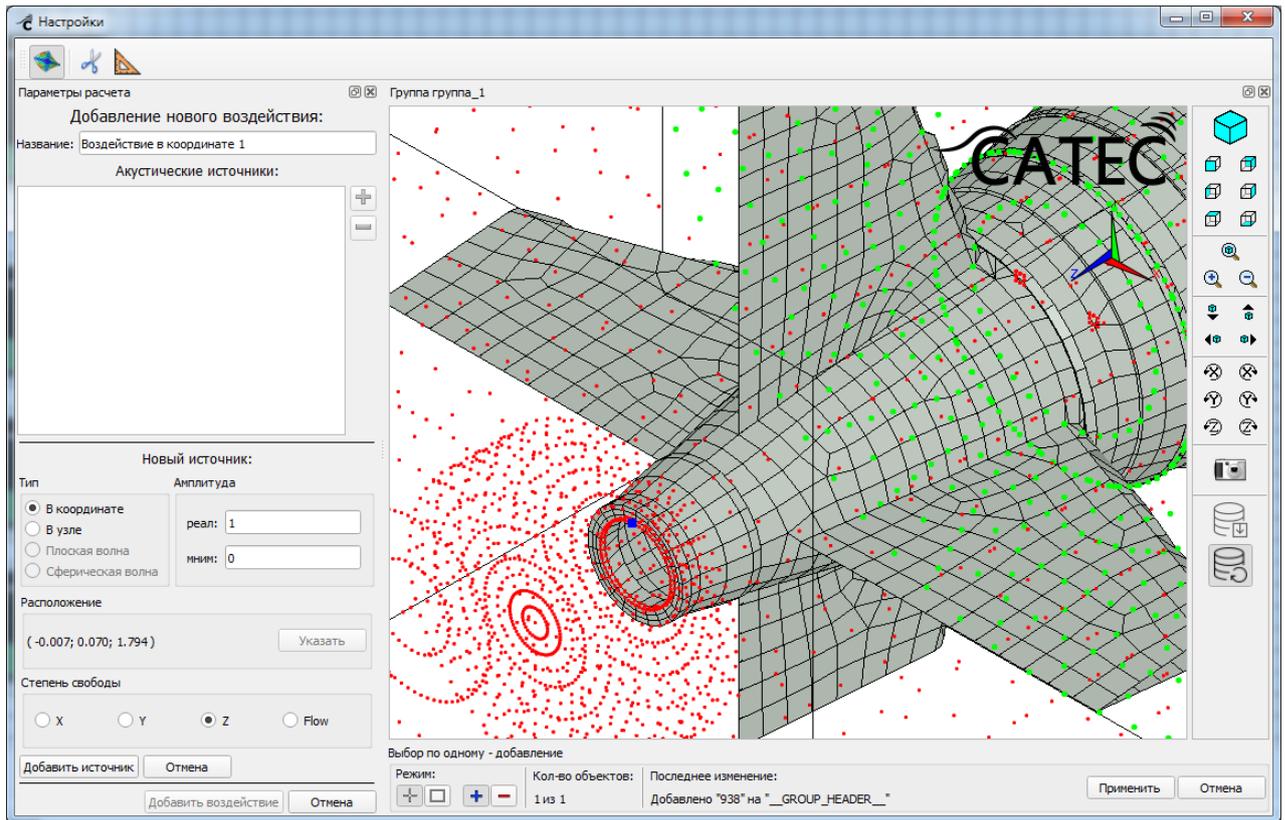


Рисунок 31 Создание акустического источника

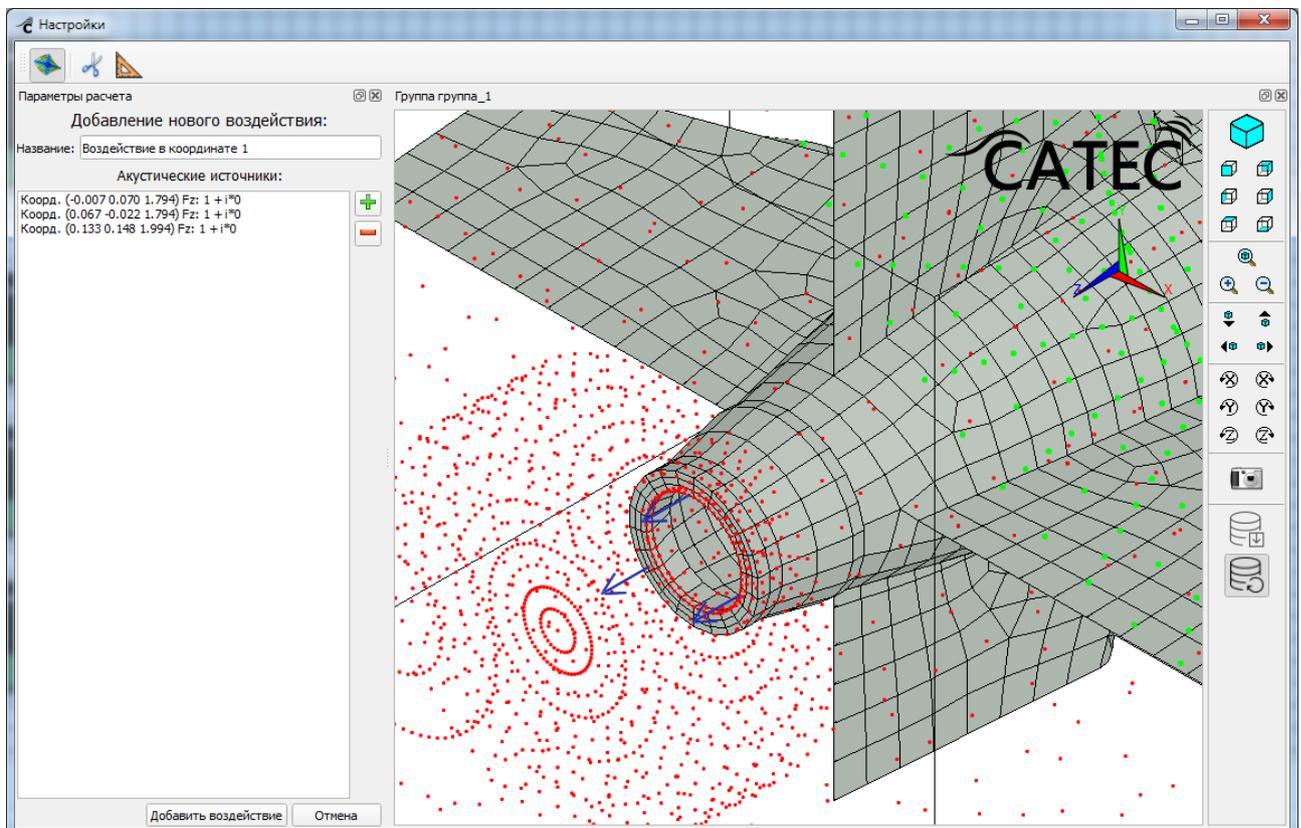


Рисунок 32 Добавление воздействия

Далее необходимо выбрать диапазон частот для расчета. Диапазон частот формируется из частот ранее рассчитанных фрагментов и водной границы, либо задается новый в гармоническом анализе. Для расчета гармонического анализа на заданном диапазоне частот необходимо, чтобы входящие в группу фрагменты были рассчитаны в этом диапазоне. После нажатия кнопки "Сохранить" в таблице "Текущее состояние" появится список частот для расчета. Частоты, которые были добавлены в гармонический анализ, но не были рассчитаны во фрагментах или водной границе, автоматически добавятся в эти модули. Для расчета гармонического анализа необходимо их досчитать и после расчета фрагментов запустить на расчет гармонический анализ. В таблице "Текущее состояние" пользователю доступен список частот со статусами расчета. Задача считается завершенной, когда все частоты перейдут в статус "Готово" (Рисунок 33). Результаты расчета модуля гармонического анализа можно отобразить в окне "Постобработка результатов" (см. пункт 3.2.7.5).

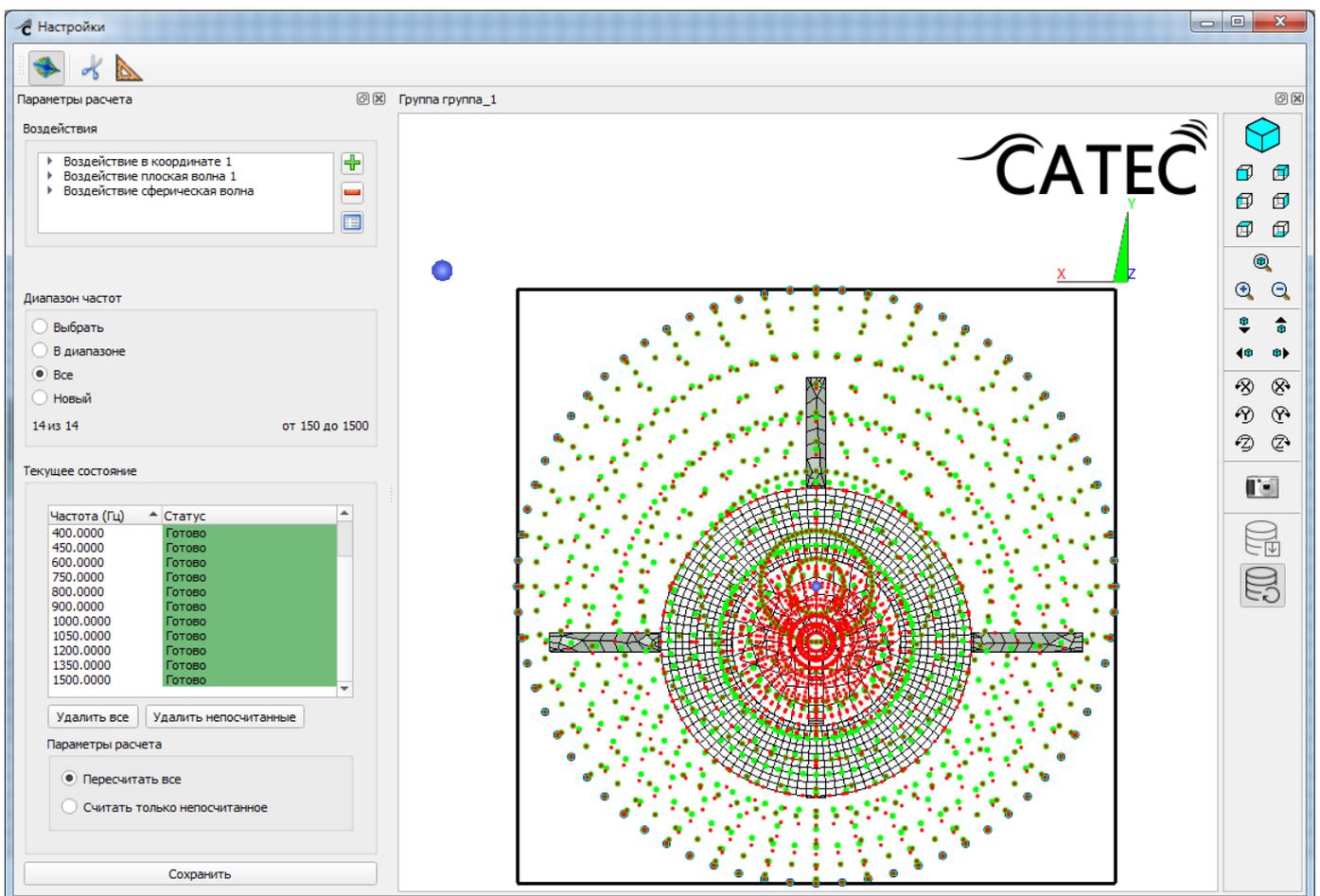


Рисунок 33 Окно настроек гармонического анализа с посчитанным диапазоном частот

3.2.7. Постпроцессорная обработка результатов

Постпроцессорная обработка и экспорт результатов вычислений, их трехмерная визуализация, а также анализ двумерных и трехмерных характеристик направленности, дальнего акустического поля, проходных характеристик, акустической силы цели и карт допустимых сил осуществляется средствами модуля Postproc, в число которых входят:

1. Решение в узлах – позволяет записать в текстовый файл решения в указанных узлах для всех выбранных частот.
2. Давление в координатах – позволяет вывести в текстовый файл значения давления в произвольных заданных точках пространства, расположенных за пределами границ расчетной модели (снаружи аналитического суперэлемента водной границы).
3. Проходная характеристика – расчет и вывод в текстовый файл проходной характеристики.
4. Усреднение – усреднение уже имеющихся результатов и пересчет в третьоктавные полосы.
5. Диаграмма направленности – построение плоских и трехмерных диаграмм направленности.
6. Постобработка результатов – визуализация решения в узлах в окне 3D-анимации.

3.2.7.1. Карточка "Решение в узлах"

Для создания карточки "Решение в узлах" (Рисунок 34) необходимо в контекстном меню карточки "Гармонический анализ" выбрать пункт "Создать решение в узлах".

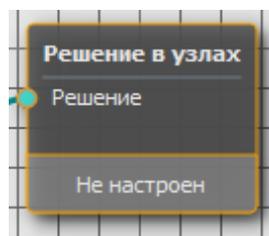


Рисунок 34 - Карточка "Решение в узлах"

Окно настроек карточки представлено на Рисунке 35.

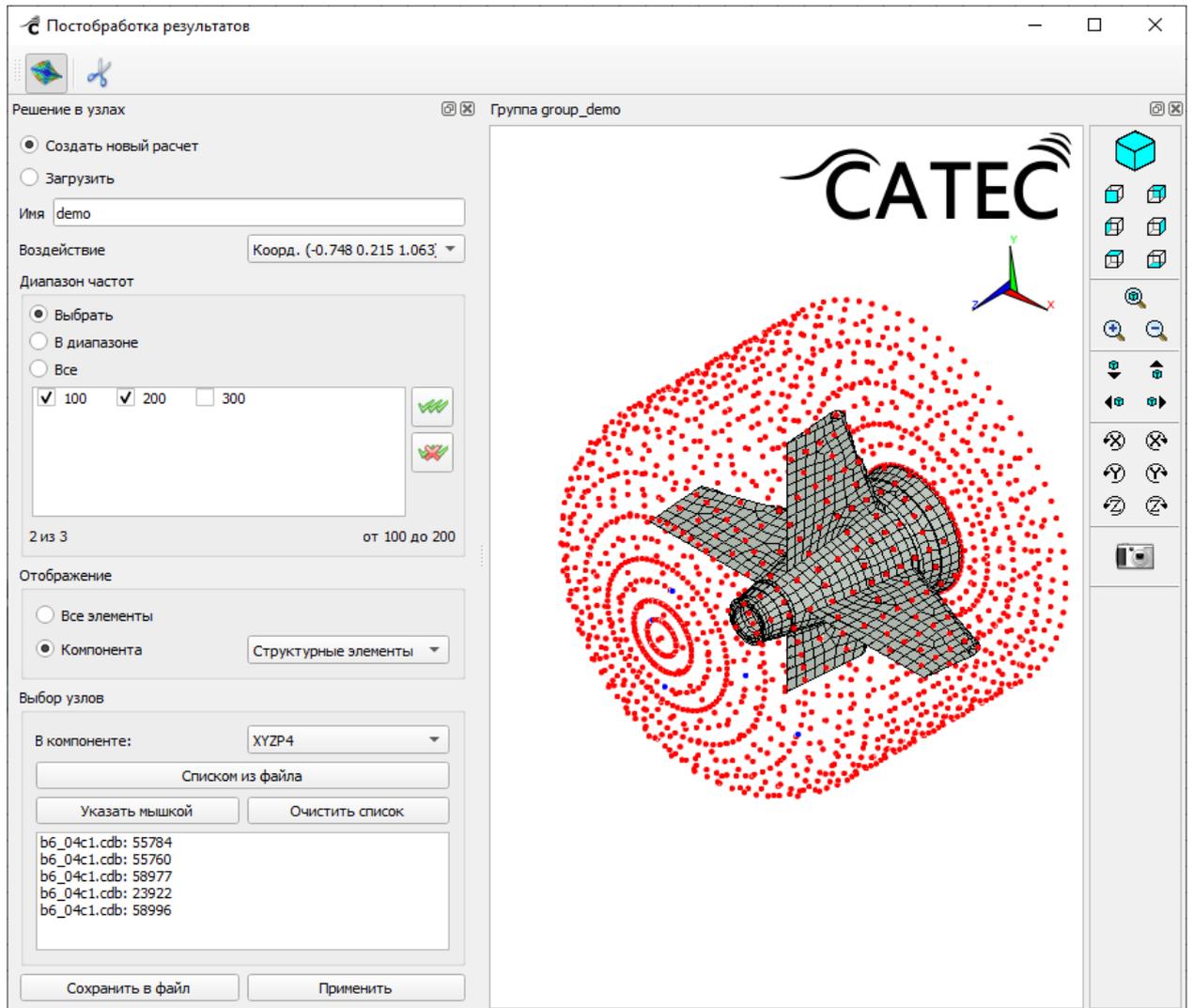


Рисунок 35 - Окно настроек карточки "Решение в узлах"

Для выполнения импорта значений решения, необходимо, прежде всего, указать списки частот и узлов, для которых будет выгружено решение, и выбрать нужное воздействие.

Список узлов для вывода решения можно получить двумя способами в блоке настроек "Выбор узлов" (Рисунок 36):

1. Из текстового файла, в котором каждая строка содержит название суперэлемента и номер узла в этом суперэлементе в виде "имя_суперэлемента: номер_узла". Для указания файла нужно нажать кнопку "Списком из файла" и в диалоговом окне выбрать файл.
2. Указать мышкой в окне 3D-анимации. Для этого нужно нажать кнопку "Указать мышкой" и щёлкнуть по нужным узлам на модели. При этом для удобства можно регулировать отображение элементов модели в блоке "Отображение", переключая отображаемую компоненту в выпадающем списке. Кроме того, выбор узлов также можно ограничить частью

суперэлемента в пункте "В компоненте:". Выбранные узлы автоматически добавляются в список. Кнопка "Очистить список" удаляет все узлы из списка. По завершению выбора можно нажать кнопку "Применить" на панели добавления узлов (Рисунок 37) - для сохранения списка новых узлов, либо "Отмена" - для возврата к предыдущему состоянию.

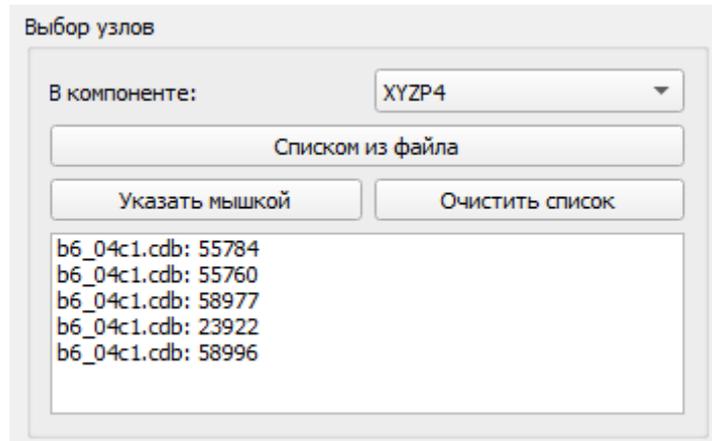


Рисунок 36 - Блок редактирования списка узлов карточки "Решение в узлах"

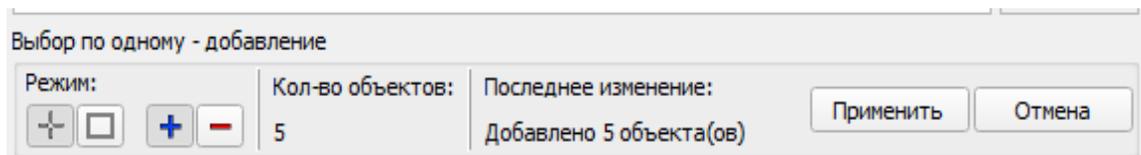


Рисунок 37 - Панель добавления узлов окна визуализации КЭМ

Выбор частот для вывода результатов производится одним из трёх стандартных для данной программы способов: все частоты, диапазон частот или выбор в списке. Также в выпадающем списке пункта "Воздействие" необходимо выбрать имя воздействия, для которого будут выгружены результаты, и в поле "Имя" указать имя результата, по которому будут сохранены результаты выгрузки для последующего доступа к ним.

По нажатию кнопки "Применить" все редактируемые параметры сохранятся, и модуль можно будет запустить на выполнение. Когда карточка примет статус "Готово", соответствующие результаты вычислений становятся доступны для выгрузки по кнопке "Сохранить в файл". При этом сохраненные ранее результаты также доступны в пункте "Загрузить" окна настроек. После выбора имени результата в появившемся выпадающем списке и нажатия кнопки "Сохранить в файл", решения запишутся в текстовый файл в указанной в диалоговом окне директории. Имя файла имеет формат "НазваниеГруппы_ИмяВоздействия_ИмяРезультата.txt". Первая строка содержит номера узлов, которым принадлежит каждое число решения, остальные

строки – комплексные величины решения, соответствующие отдельной частоте, с указанием в первом столбце самого значения частоты (в Гц). Для каждого узла следует восемь чисел, которые представляют собой пары реальных и мнимых частей решения для перемещений по осям X, Y, Z (в метрах) и давления (в паскалях) (Таблица 1). Всего в строке содержится $1+M*8$ чисел, где M-количество узлов.

Частота	Узел1								...	УзелM
F1	UXre	UXim	UYre	UYim	UZre	UZim	PREsre	PRESim	...	
....									...	
FN									...	

Таблица 1. Формат файла с результатами выполнения карточки "Решение в узлах"

3.2.7.2. Карточка "Давление в координатах"

Создание карточки "Давление в координатах" (Рисунок 38) производится аналогично созданию всех карточек модуля постобработки путем выбора соответствующего пункта меню карточки "Гармонический анализ" (см. пункт 3.2.7.1).

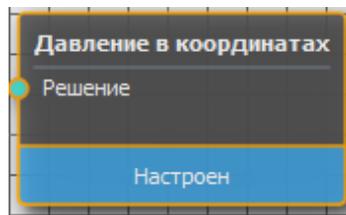


Рисунок 38 - Карточка "Давление в координатах"

Для настройки карточки необходимо указать имя расчета, воздействие и список частот аналогично соответствующим параметрам карточки "Решение в узлах" (пункт 3.2.7.1) в окне настроек "Давление в координатах" (Рисунок 39).

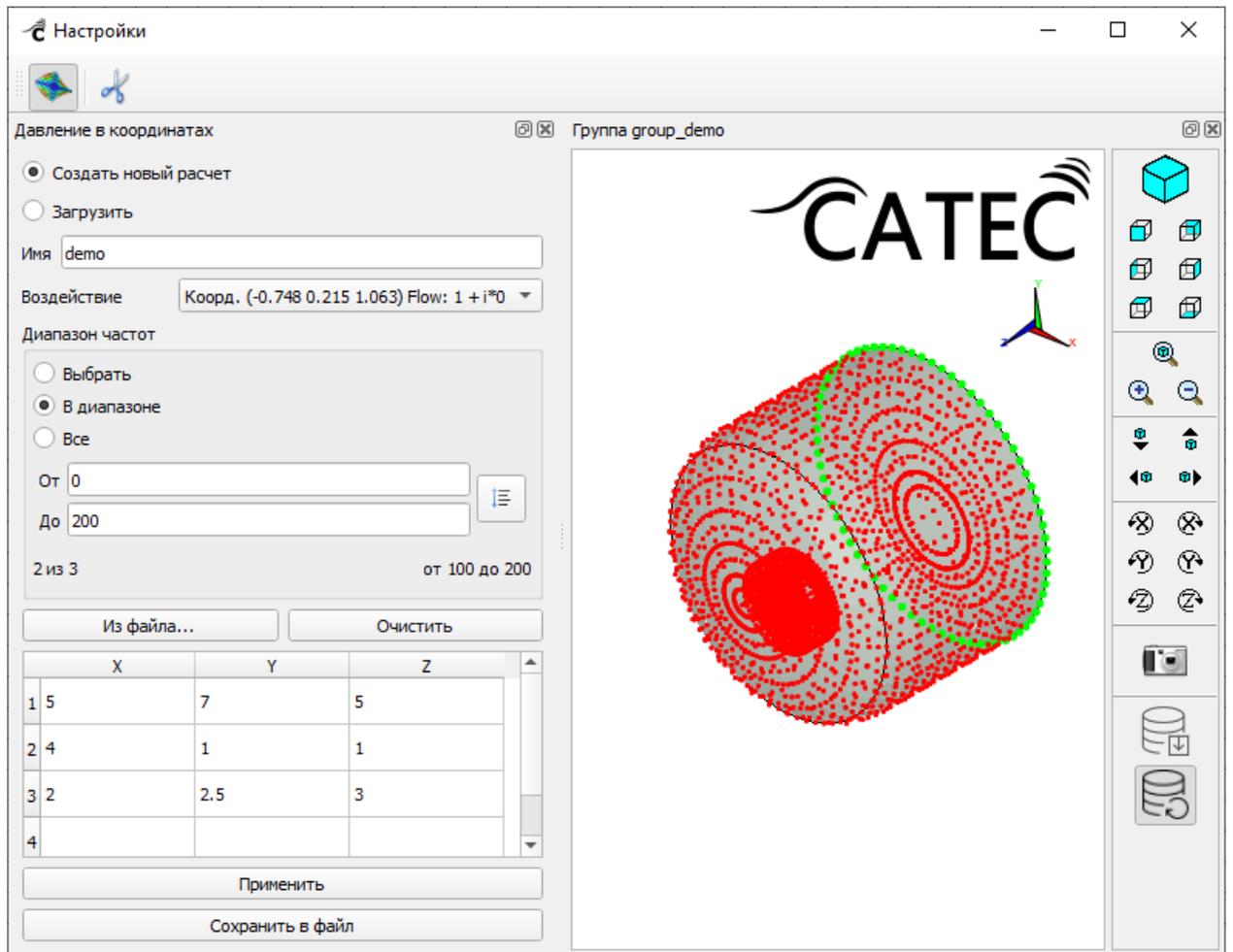


Рисунок 39 - Окно настроек карточки "Давление в координатах"

Кроме того, необходимо задать координаты точек пространства, расположенных за пределами расчетной области (вне аналитического суперэлемента водной границы). Координаты точек могут быть заданы вручную в таблице (Рисунок 40), либо считаны из текстового файла, в котором в каждой строке содержатся по 3 координаты (X, Y и Z), разделённые символом "пробел".

	X	Y	Z
1	5	7	5
2	4	1	1
3	2	2.5	3
4			

Рисунок 40 - Таблица координат точек карточки "Давление в координатах"

Для загрузки списка координат из файла необходимо нажать кнопку "Из файла..." и выбрать нужный файл в появившемся диалоговом окне. Кнопка "Очистить" удаляет все элементы таблицы.

После нажатия кнопки "Применить" и запуска выполнения карточки, необходимо дождаться завершения расчетов, после чего нажать кнопку "Сохранить в файл" и выбрать папку для сохранения. Имя файла имеет формат "НазваниеГруппы_ИмяВоздействия_ИмяРезультата.txt". Результат импортируется в виде текстовой таблицы с числами. Каждая строка соответствует одной частоте. Первое число в строке - это значение частоты (Гц). Далее числа следуют парами, соответствующими реальной и мнимой частям давления (Па) для каждой координаты. Т.е. количество чисел в строке равно $1 + 2 \cdot P$, где P - это количество точек.

Выгрузка предыдущих расчетов также доступна в пункте "Загрузить" по именам результатов, указанных при настройке карточки.

3.2.7.3. Карточка "Проходная характеристика"

Создание карточки "Проходная характеристика" (Рисунок 41) производится аналогично созданию всех карточек модуля постобработки путем выбора соответствующего пункта меню карточки "Гармонический анализ" (см. пункт 3.2.8.1).

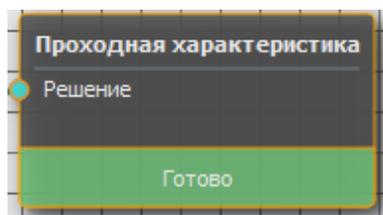


Рисунок 41 - Карточка "Проходная характеристика"

В окне настроек карточки (Рисунок 42) пользователь должен указать:

- Имя расчета
- Диапазон частот
- Значения азимута и дистанции линии проходной характеристики
- Набор воздействий

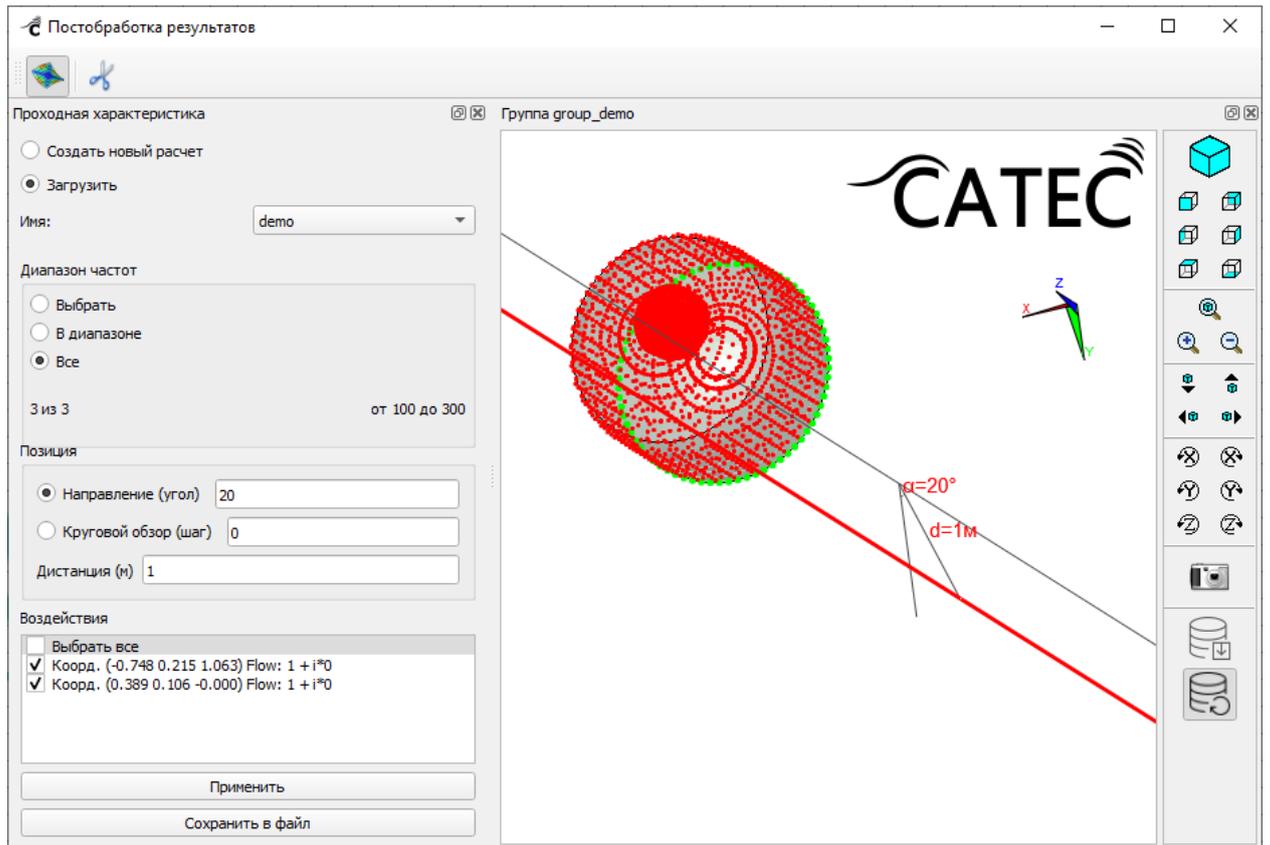


Рисунок 42 - Окно настроек карточки "Проходная характеристика"

Имя расчета и диапазон частот задаются аналогично таковым в карточке "Решение в узлах" (пункт 3.2.7.1).

На рисунке 42 в окне отображения 3D модели красным цветом выделена линия, на которой производится вычисление проходных характеристик (ПХ). Она всегда параллельна оси Z, а её положение задаётся двумя параметрами:

- Угол азимута α , ° - угол поворота вокруг оси Z.
- Дистанция D , м - расстояние от оси Z до линии.

Уравнение линии ПХ задаётся формулами:

$$X = -D \cdot \sin(\alpha)$$

$$Y = D \cdot \cos(\alpha)$$

Азимутальный угол можно задать двумя способами:

1. Одиночное направление - расчёт результатов для одного заданного угла.
2. Круговой обзор - расчёт результатов для направлений, разнесённых по кругу с заданным шагом. Количество направлений определяется по формуле

$$N = \left\lfloor \frac{360}{s} \right\rfloor, \text{ где } s - \text{ шаг по углу.}$$

Редактирование описанных выше параметров угла и дистанции производится в блоке "Позиция" окна настроек (Рисунок 43).

Рисунок 43 - Блок редактирования параметров позиции линии ПХ

Список воздействий формируется из отмеченных галочкой имен воздействий (Рисунок 44)

Рисунок 44 - Список воздействий карточки "Проходная характеристика"

После применения настроек и выполнения расчетов по нажатию кнопки "Сохранить в файл" результаты вычисления проходных характеристик запишутся в текстовые файлы, имеющие имена в формате "НазваниеГруппы_НазваниеВоздействия_Дистанция_Азимут.txt".

В самих файлах содержится текстовая таблица, в каждой строке которой содержатся частота (Гц) и значения давлений (Па) для всех заданных направлений, разделённые "пробелом".

Выгрузка предыдущих расчетов также доступна в пункте "Загрузить" по именам результатов, указанных при настройке карточки.

3.2.7.4. Карточка "Усреднение"

В карточке "Усреднение" осуществляется усреднение по мощности результатов гармонического расчёта, полученных при приложении различных воздействий. Усреднение происходит независимо на каждой из частот заданной частотной сетки. Дополнительно имеется возможность приведения результатов усреднения к третьоктавным полосам.

Карточка имеет один входной узел "Решение", который соединяется либо с выходом карточки "Гармонический анализ", либо с выходом карточки "Пересчёт во все узлы". Единственный выходной узел "Решение" может быть соединён только с карточкой "Решение в узлах" для возможности вывода частотных характеристик.

Карточка "Усреднение" может быть создана в контекстном меню карточек "Гармонический анализ" (Рисунок 45) и "Пересчёт во все узлы".

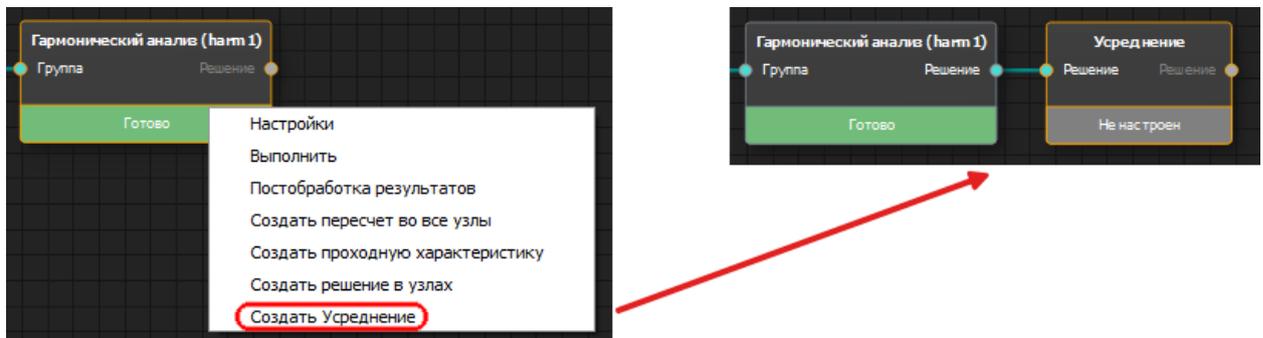


Рисунок 45 – Создание карточки усреднение в контекстном меню карточки "Гармонический анализ"

Окно настроек карточки "Усреднение" состоит из двух вкладок: "Параметры" (Рисунок 46) и "Визуализация" (Рисунок 47). Переключение между вкладками осуществляется нажатием на кнопки  и , расположенные на панели инструментов в верхней части окна. На вкладке "Параметры" оператором задаются параметры усреднения, потом выполняется расчёт карточки, после чего становится доступен просмотр результата усреднения на вкладке "Визуализация".

Настройка параметров проводится в следующем порядке:

1. В блоке "Воздействия" выставить флажки напротив тех воздействий, результаты которых необходимо усреднить. Если нужно выбрать сразу все воздействия, то достаточно выставить флажок в строке "Выбрать все".

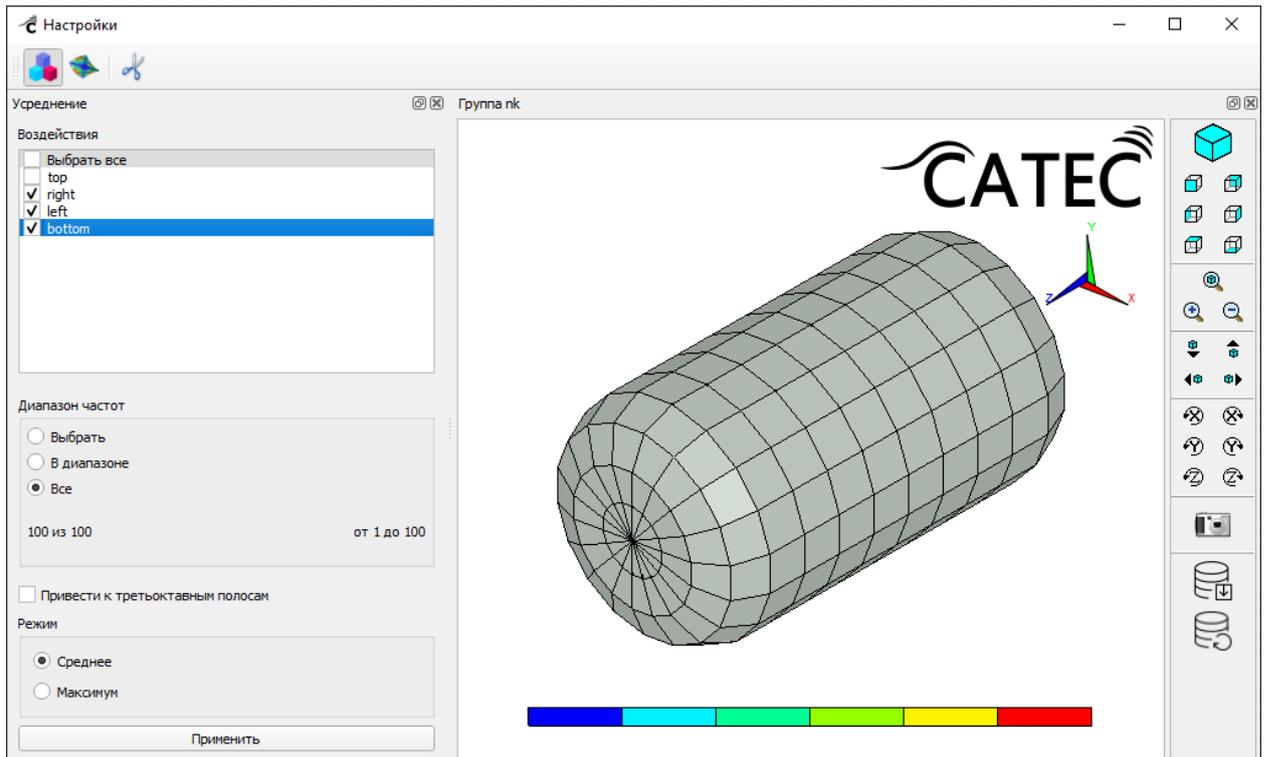


Рисунок 46 – Окно настроек карточки "Усреднение" на вкладке параметров.

2. Задать интересующий набор частот. Выбор осуществляется в стандартном виджете, где можно выбрать сразу все имеющиеся частоты, ограничить набор заданным диапазоном, либо указать частоты индивидуально из списка. Исходный набор частот передаётся сюда из гармонического расчёта.
3. При необходимости приведения результата к третьоктавным полосам, выставить флажок у соответствующей настройки. При этом результаты будут усредняться не в рамках одной частоты, а в рамках наборов частот, попадающих внутрь соответствующих треть октавных полос.
4. Задать режим: "Среднее" — это обычное усреднение по мощности; "Максимум" — вместо усреднения в каждом узле КЭМ будет найдено максимальное по мощности значение из всех "усредняемых" результатов.
5. Нажать кнопку "Применить", расположенную внизу окна, после чего статус карточки поменяется на "Настроен" и её можно будет запустить на расчёт.

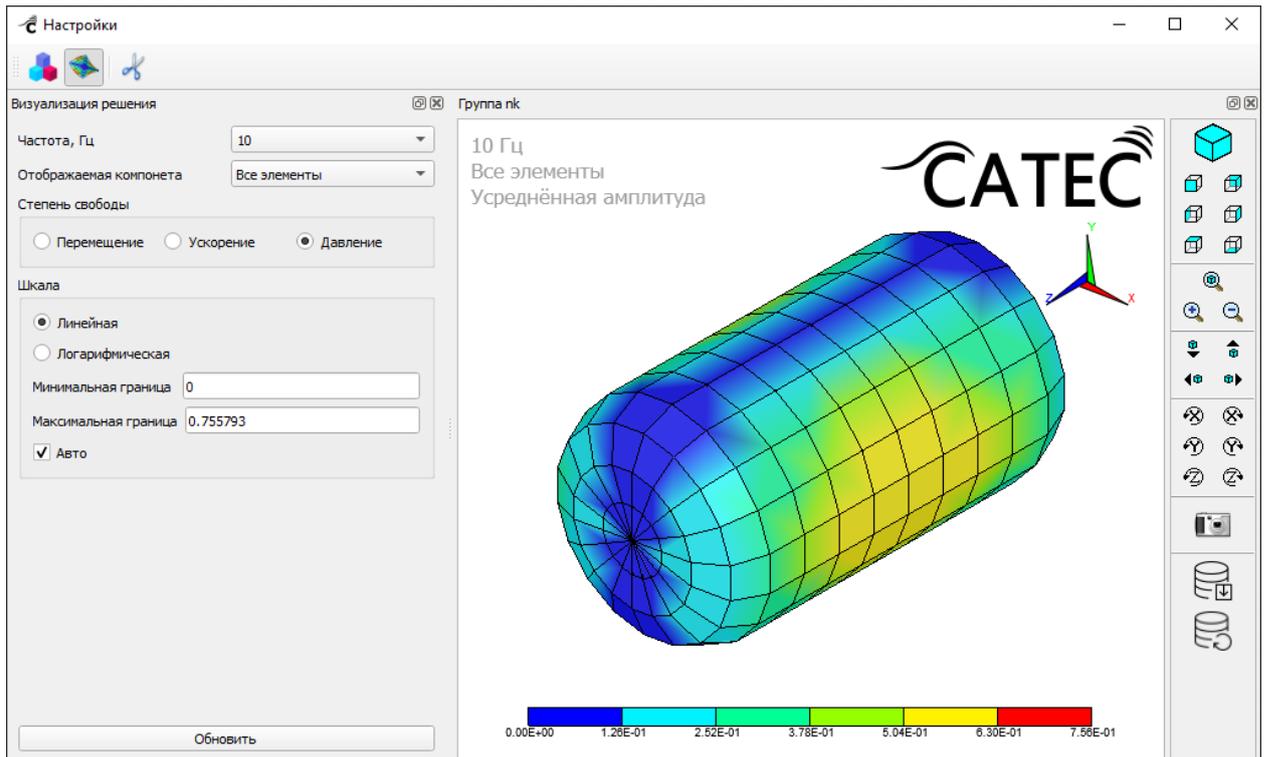


Рисунок 47 – Окно настроек карточки "Усреднение" на вкладке визуализации результата усреднения.

Вкладка визуализации во многом похожа на окно постобработки результата карточки "Гармонический расчёт", но из-за того, что в усреднённом результате отсутствует информация о фазе, то здесь отсутствует возможность просмотра анимации и изображения деформированной модели.

Среди доступных инструментов присутствуют:

1. Выбор частоты просматриваемого усреднённого результата.
2. Выбор отображаемой компоненты КЭМ.
3. Выбор степени свободы (перемещение, давление), значение которой отображается цветом на модели.
4. Параметры диапазона значений цветовой шкалы.

3.2.7.5. Карточка "Диаграмма направленности"

Для создания карточки "Диаграмма направленности" (Рисунок 48), нужно выбрать пункт "Создать диаграмму направленности" в контекстном меню карточки "Гармонический анализ". Рассчитать диаграмму направленности (ДН) возможно только для групп, содержащих аналитический суперэлемент водной границы.

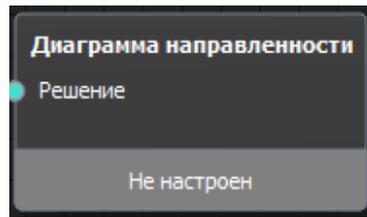


Рисунок 48 - Карточка "Диаграмма направленности"

Окно настроек карточки (Рисунок 49) содержит параметры для построения трехмерных и плоских диаграмм направленности. Визуальное отображение группы доступно по кнопке загрузки группы на панели управления 3D анимацией (по умолчанию группа не загружается).

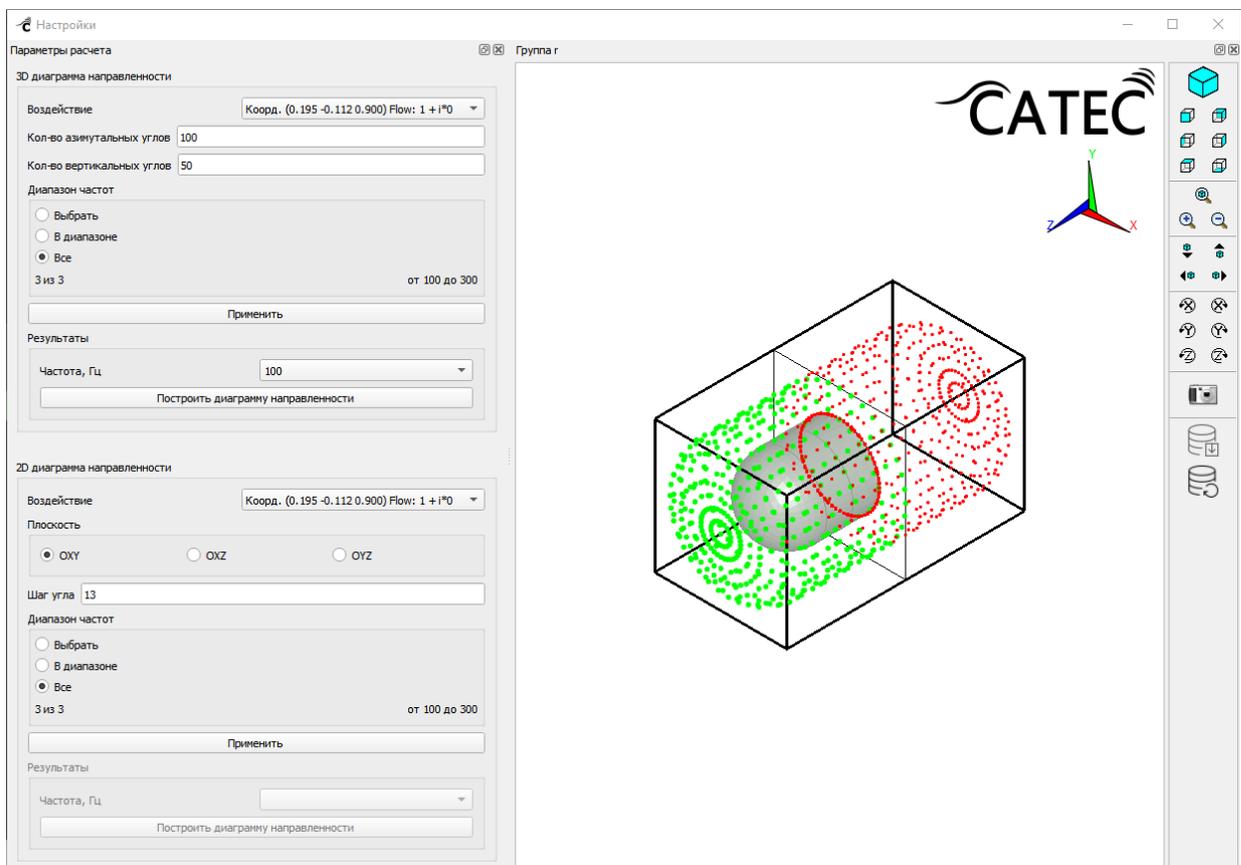


Рисунок 49 - Окно настроек карточки "Диаграмма направленности"

Построение трехмерной ДН осуществляется в блоке "3D диаграмма направленности" (Рисунок 50), для этого в выпадающем списке доступных воздействий необходимо задать имя воздействия, для которого будет происходить расчет ДН, и набор частот в пункте "Диапазон частот".

3D диаграмма направленности

Воздействие Коорд. (0.195 -0.112 0.900) Flow: 1 + i*0

Кол-во азимутальных углов 100

Кол-во вертикальных углов 50

Диапазон частот

Выбрать

В диапазоне

Все

3 из 3 от 100 до 300

Применить

Результаты

Частота, Гц 100

Построить диаграмму направленности

Рисунок 50 - Параметры построения трехмерной ДН

Кроме того, необходимо указать количество азимутальных и вертикальных углов, от которых зависит детализация отображения диаграммы. При увеличении числа узлов будет увеличиваться время расчета. При большом числе узлов рекомендуется проводить расчет для каждой частоты по отдельности. После применения настроек по кнопке "Применить" необходимо запустить расчет стандартным способом запуска карточек, при этом в заголовке карточки отобразится тип диаграммы (2D / 3D). По завершению расчетов построение ДН доступно в блоке "Результаты" (Рисунок 51), для чего необходимо выбрать частоту, для которой будет отображена диаграмма, и нажать кнопку "Построить диаграмму направленности".

Результаты

Частота, Гц 100

Построить диаграмму направленности

Рисунок 51 - Построение рассчитанных диаграмм направленности.

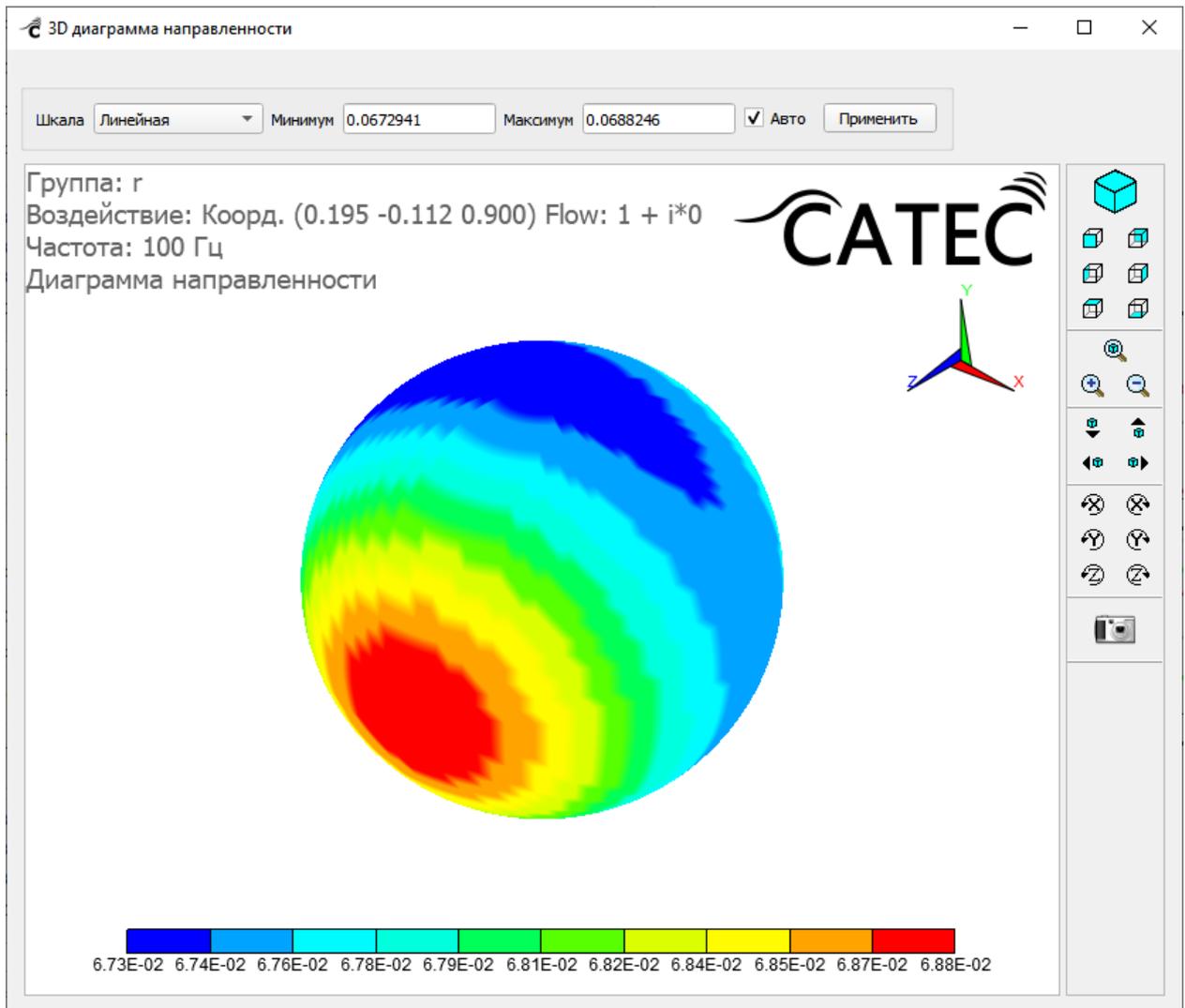


Рисунок 52 - Результаты расчетов трехмерной ДН

Каждая диаграмма отображается в новом окне результатов. Трехмерная ДН представлена раскрашенной сферической поверхностью (Рисунок 52). Цвет каждой точки на сфере соответствует давлению, приведённому к расстоянию в 1 метр (Па · м) для направления, выходящего из центра сферы и проходящего через заданную точку. В верхней части окна можно поменять параметры цветовой шкалы: выбрать между линейной и логарифмической шкалами, вручную задать границы минимума и максимума.

В блоке настроек "2D диаграмма направленности" (Рисунок 53) задаются параметры построения плоской ДН.

2D диаграмма направленности

Воздействие Коорд. (0.195 -0.112 0.900) Flow: 1 + i*0

Плоскость

OXY OXZ OYZ

Шаг угла 13

Диапазон частот

Выбрать
 В диапазоне
 Все

3 из 3 от 100 до 300

Применить

Результаты

Частота, Гц

Построить диаграмму направленности

Рисунок 53 - Параметры построения плоской ДН

Аналогично построению трехмерной ДН для плоской необходимо задать воздействие и список частот, указать шаг следования углов, который отвечает за детализацию графика ДН. А также нужно выбрать одну из трех плоскостей (OXY, OXZ и OYZ), в которой будет рассчитываться диаграмма направленности. Затем следует нажать кнопку "Применить" и запустить расчет.

При отображении результатов расчета плоской ДН (Рисунок 54) доступны следующие параметры:

- выбор параметров масштабирования
- выбор типа и цвета линий графика
- выбор значения опорной величины
- выбор измерения шкалы (дБ, unit)
- выбор типа шкалы (линейная, логарифмическая)
- выбор отображаемого параметра (амплитуда, фаза, реальная часть, мнимая часть)

Также доступно сохранение отображаемого изображения ("Сохранить картинку") и значений рассчитанной ДН ("Сохранить ДН", "Сохранить на всех частотах"), которые сохраняются в текстовый файл, содержащий три столбца (первый столбец - значения углов, второй столбец - реальная часть давления во внешнее поле (ВП), третий столбец - мнимая часть давления в ВП).

В Таблице 2 представлены соответствия углов и направления объекта для плоских диаграмм направленности.

Плоскость	00	900
OXY	Положительное направление оси X	Положительное направление оси Y
OXZ	Отрицательное направление оси Z	Положительное направление оси X
OYZ	Положительное направление оси Z	Положительное направление оси Y

Таблица 2 - Соответствие углов и направлений для плоских ДН

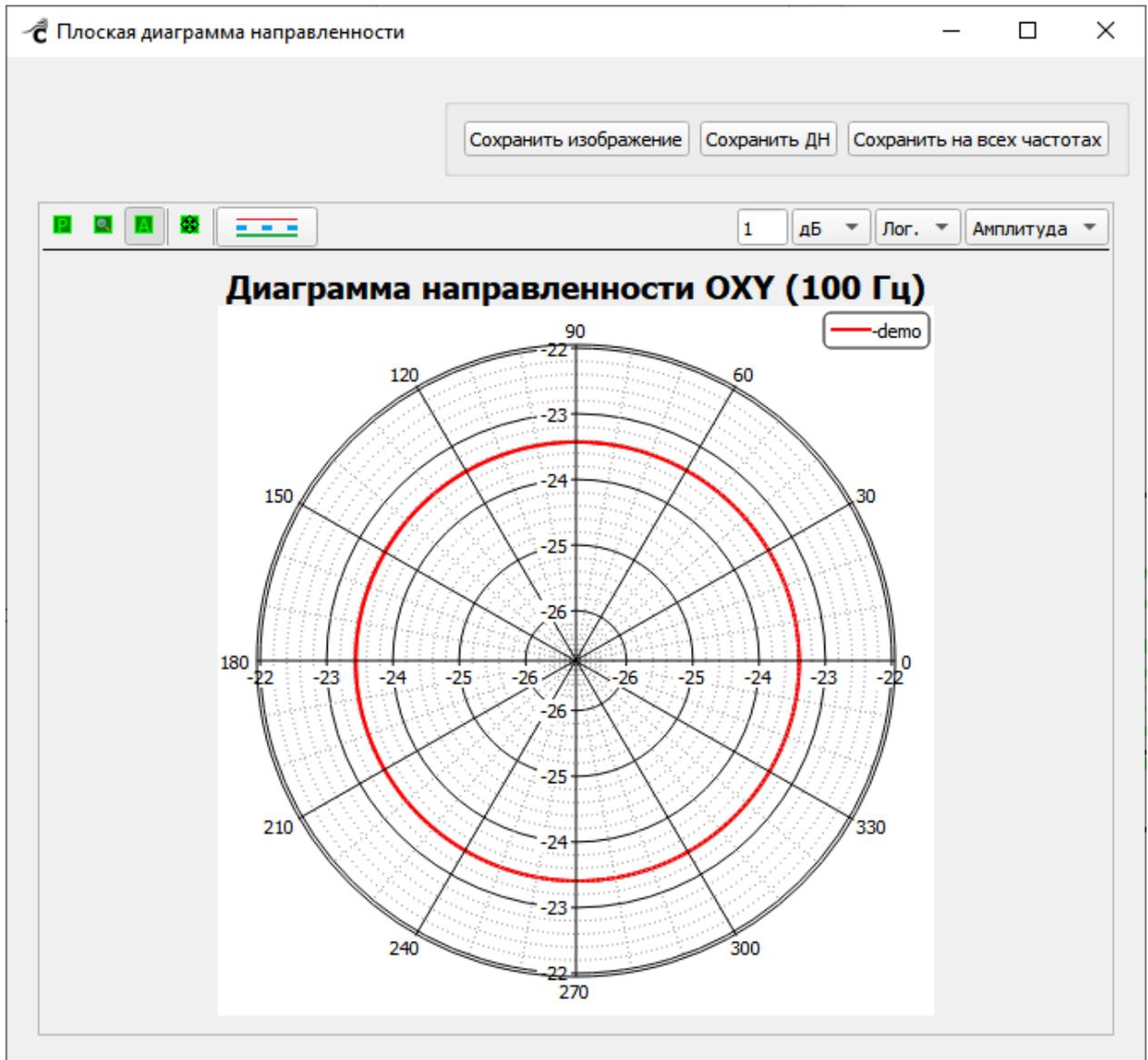


Рисунок 54 - Отображение плоской диаграммы направленности.

3.2.7.6. Пункт меню "Постобработка результатов"

Чтобы открыть окно постобработки результатов (Рисунок 55), нужно выбрать пункт "Постобработка результатов" в контекстном меню карточки "Гармонический анализ".

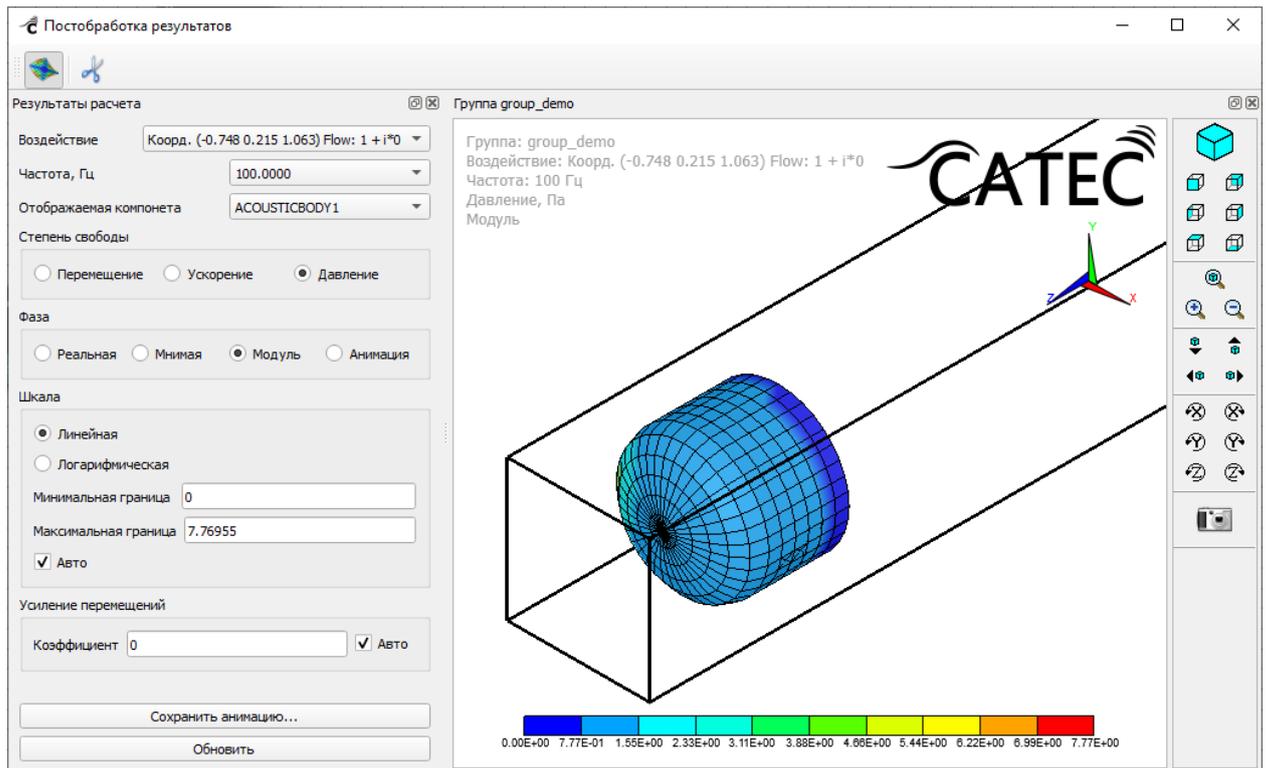


Рисунок 55 - Окно "Постобработка результатов"

В окне постобработки полученные решения в узлах можно визуализировать на 3D модели. Все узлы раскрашиваются в соответствии с величиной степени свободы, выбранной для изображения. Узлы, содержащие степени свободы перемещения, изображаются смещёнными относительно своих начальных позиций.

Помимо названия группы и воздействия перед визуализацией результата нужно указать дополнительные параметры:

- Частота (Гц) - одна из частот, на которых был произведён расчёт.
- Отображаемая компонента - название части суперэлемента. Зачастую удобно видеть не всю конструкцию, а только её часть, например, в ситуации окружения оболочек слоем элементов воды. Для обеспечения возможности ее обособленной визуализации нужно выделить оболочку в отдельную компоненту геометрии ещё до импорта модели в ПО "CATEC".

- Степень свободы - перемещение, ускорение или давление. Раскраска модели в узлах производится в соответствии с величиной выбранной степени свободы. Если узел не содержит выбранной степени свободы, то он окрашивается в чёрный цвет.

- Фаза. Решения в узлах представлены комплексными величинами. Визуализировать такое решение можно статической картинкой отдельно для реальной или мнимой составляющих, либо показать движение конструкции в виде анимации. Для степени свободы "Давление" также доступно отображение модуля.

- Шкала - определяет соответствие числового значения цвету узла. Может быть с линейным или логарифмическим шагом. Для шкалы задаются минимальное и максимальное значения. Любой узел содержащий значение за пределами шкалы будет нарисован чёрным цветом. Если выбрать пункт "Авто" в блоке настроек шкалы (Рисунок 56), то подходящие значения границ шкалы для текущего результата будут найдены программой. Цветовая шкала показана в нижней части окна 3D-анимации.

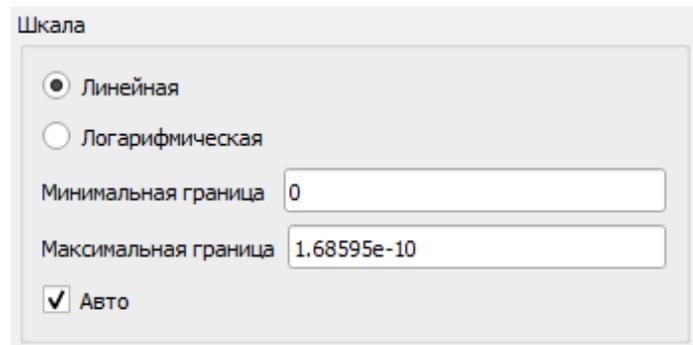


Рисунок 56 - Панель настроек цветовой шкалы в постобработке результатов

- Усиление перемещений. Реальные перемещения в конструкции часто незаметны в силу малости амплитуды вибраций. Для того чтобы можно было рассмотреть форму колебаний, необходимо многократно усилить эти перемещения. Установка флажка "Авто" позволяет программе самой выбрать подходящее значение коэффициента усиления.

Когда все перечисленные параметры заданы, нужно нажать кнопку "Обновить", и на экране будет показан результат (Рисунок 57 **Ошибка! Источник ссылки не найден.**).

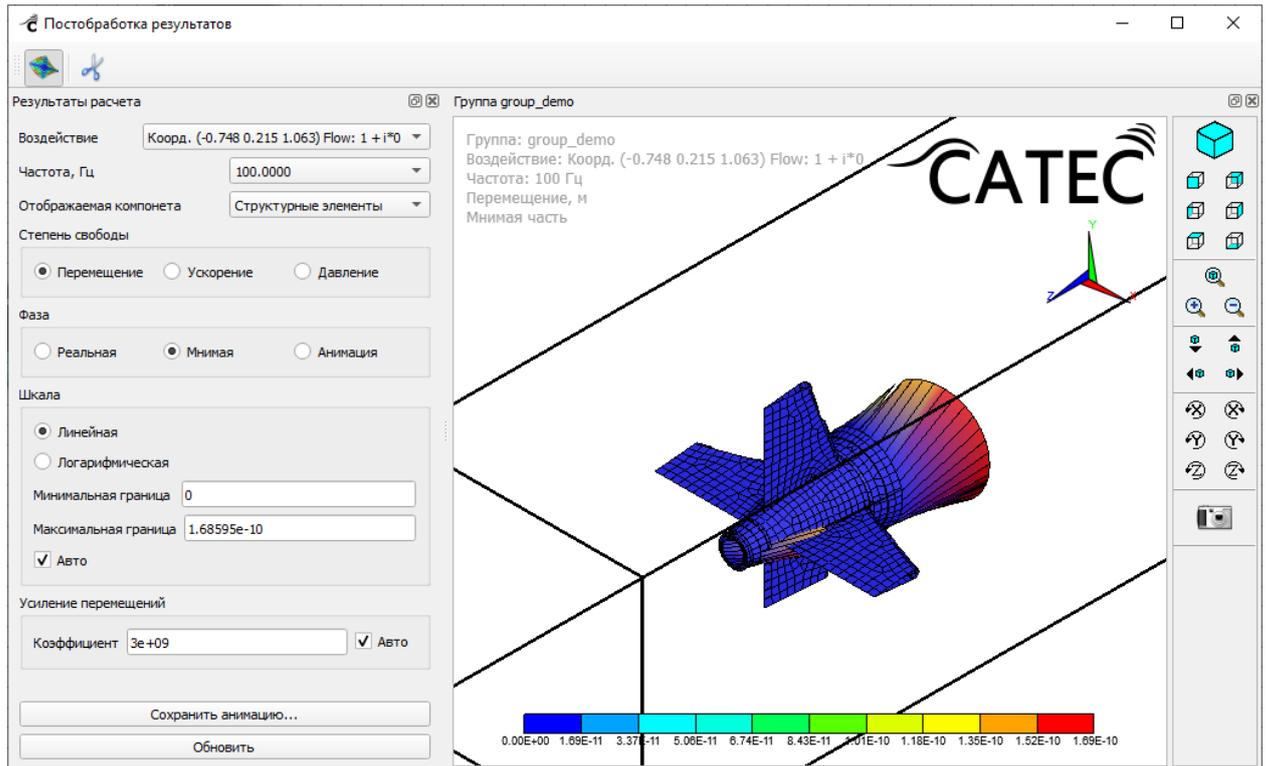


Рисунок 57 - Визуализация результатов постобработки решения

Кроме того, по кнопке "Сохранить анимацию" есть возможность сохранить полученные результаты в виде анимации.

3.2.8. Карточка "Пересчёт во все узлы"

В карточке "Пересчёт во все узлы" осуществляется вычисление отклика на заданное воздействие во всех узлах КЭМ на основе ранее посчитанного в карточке "Гармонический анализ" отклика в интерфейсных узлах суперэлемента. Такой пересчёт необходим для трёхмерной визуализации, и, как правило, выполняется на отдельных интересующих частотах. Сравнить как выглядят картинки визуализации до и после пересчёта можно на Рисунке 58, по которому видно, что до пересчёта ненулевое решение содержится только в узлах на границах соединения отдельных суперэлементов.

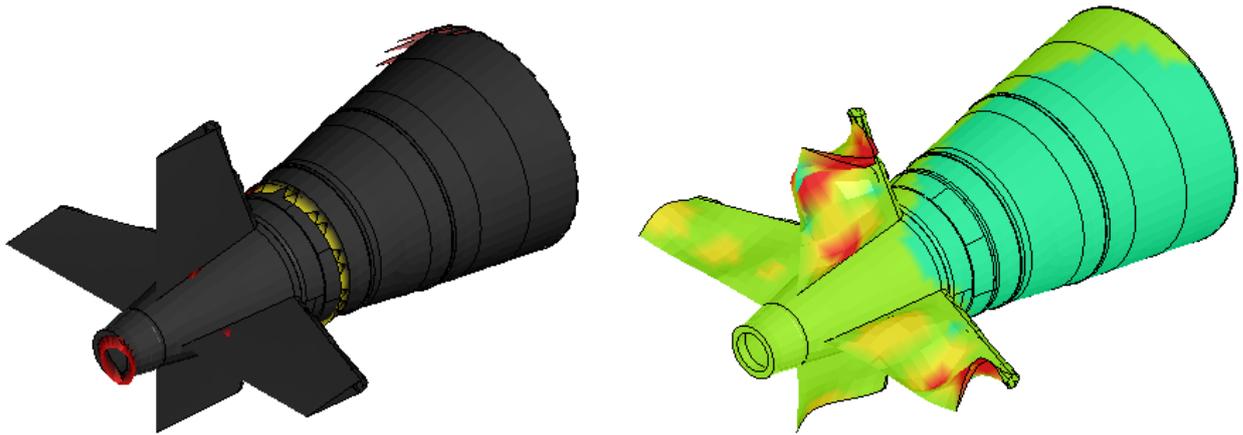


Рисунок 58 – Сравнение визуализации решения гармонического расчёта до пересчёта (слева) и после пересчёта(справа) во все узлы

Карточка имеет один входной узел "Решение", который соединяется с выходом карточки "Гармонический анализ". Единственный выходной узел "Решение" может быть соединён с карточками постпроцессинга: "Решение в узлах", "Усреднение", "Проходная характеристика" и "Давление в координатах".

Карточка "Пересчёт во все узлы" может быть создана в контекстном меню карточки "Гармонический анализ" (Рисунок 59).

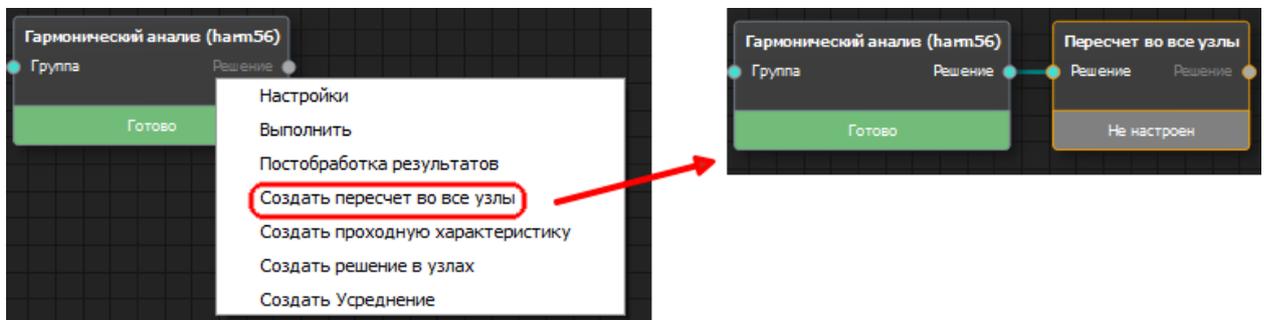


Рисунок 59 - Создание карточки "Пересчёт во все узлы" в контекстном меню карточки "Гармонический анализ"

Окно настроек карточки "Пересчёт во все узлы" состоит из двух вкладок: "Параметры" (Рисунок 60) и "Визуализация" (Рисунок 61). Переключение между вкладками осуществляется нажатием на кнопки  и , расположенные на панели инструментов в верхней части окна. На вкладке "Параметры" оператором задаются параметры пересчёта, потом выполняется расчёт карточки, после чего становится доступен просмотр результата пересчёта на вкладке "Визуализация".

Настройка параметров проводится в следующем порядке:

1. Задать воздействия, отклики на которые необходимо пересчитать. Для этого необходимо выставить флажки напротив названий необходимых воздействий.
2. Задать список суперэлементов группы, для которых будет производиться пересчёт. Здесь тоже напротив названий выставляются флажки.
3. Задать набор частот для пересчёта в стандартном виджете выбора частот. Можно пересчитать все частоты, заданный диапазон или отдельные частоты из списка.
4. Нажать кнопку "Сохранить", после чего таблица со списком расчётов обновится, дополнившись новыми частотами, а статус карточки поменяется на "Настроен" и её можно будет запустить на расчёт. Если по окончании ввода параметров обнаружилась неточность, то сначала необходимо очистить список расчётов (кнопки "Удалить всё" или "Удалить непосчитанное" и повторить ввод параметров сначала).

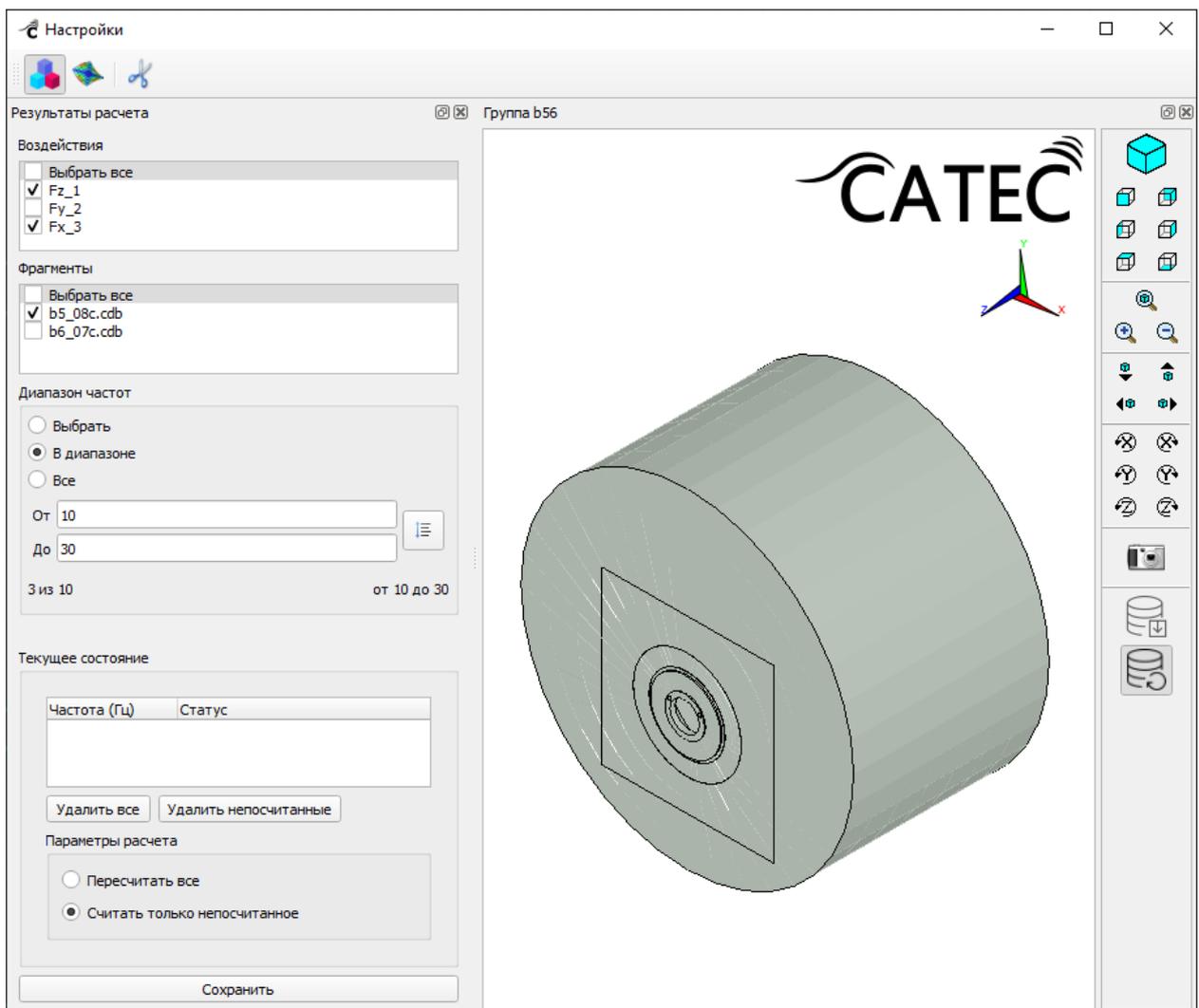


Рисунок 60 - Окно настроек карточки "Пересчёт во все узлы" на вкладке параметров.

Вкладка визуализации полностью копирует интерфейс окна постобработки результата карточки "Гармонический расчёт" (см. пункт 3.2.6). Здесь можно изобразить деформацию модели; окрасить модель в соответствии с величиной перемещения, ускорения или давления; изобразить модель целиком или отдельную её компоненту; изобразить анимацию периода колебания модели. Изменения параметров изображения производится в соответствующих функции виджетах. Обновление изображения происходит по нажатию кнопки "Обновить".

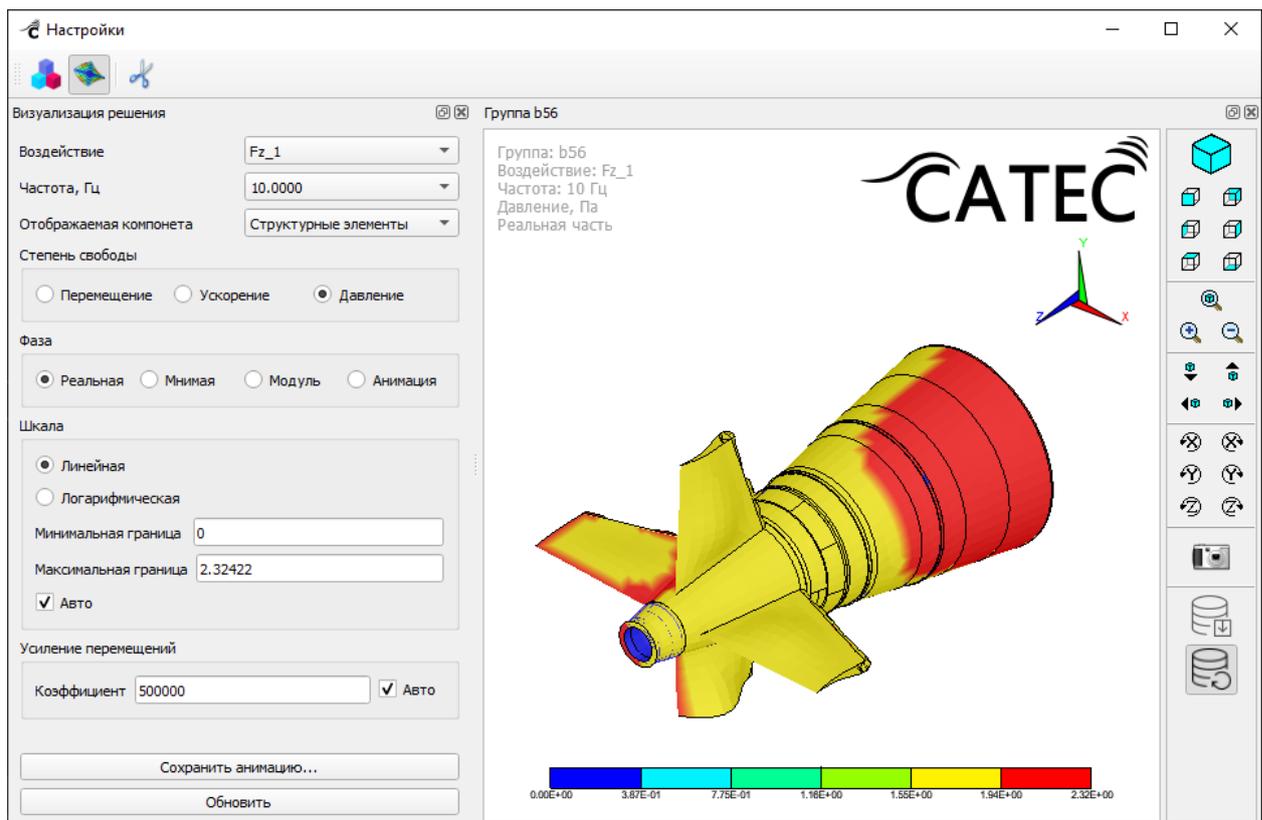


Рисунок 61 - Окно настроек карточки "Пересчёт во все узлы" на вкладке визуализации результата.

3.2.9. Карточка "Модальный анализ"

Карточка "Модальный анализ" позволяет задать настройки и выполнить расчет модуля. Создание карточки "Модальный анализ" осуществляется из карточки "КЭМ" после успешного выполнения расчета разреженных матриц конечно-элементной модели (Рисунок 62).

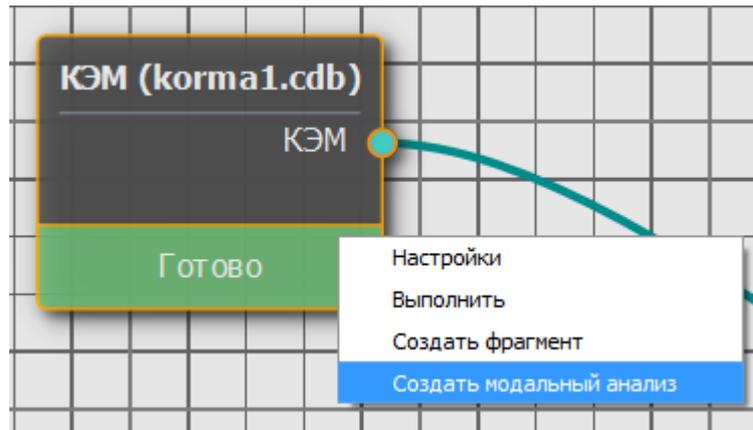


Рисунок 62 - Создание карточки "Модальный анализ"

После открытия карточки "Модальный анализ" появится диалоговое окно с возможностью конфигурирования настроек модального анализа (Рисунок 63).

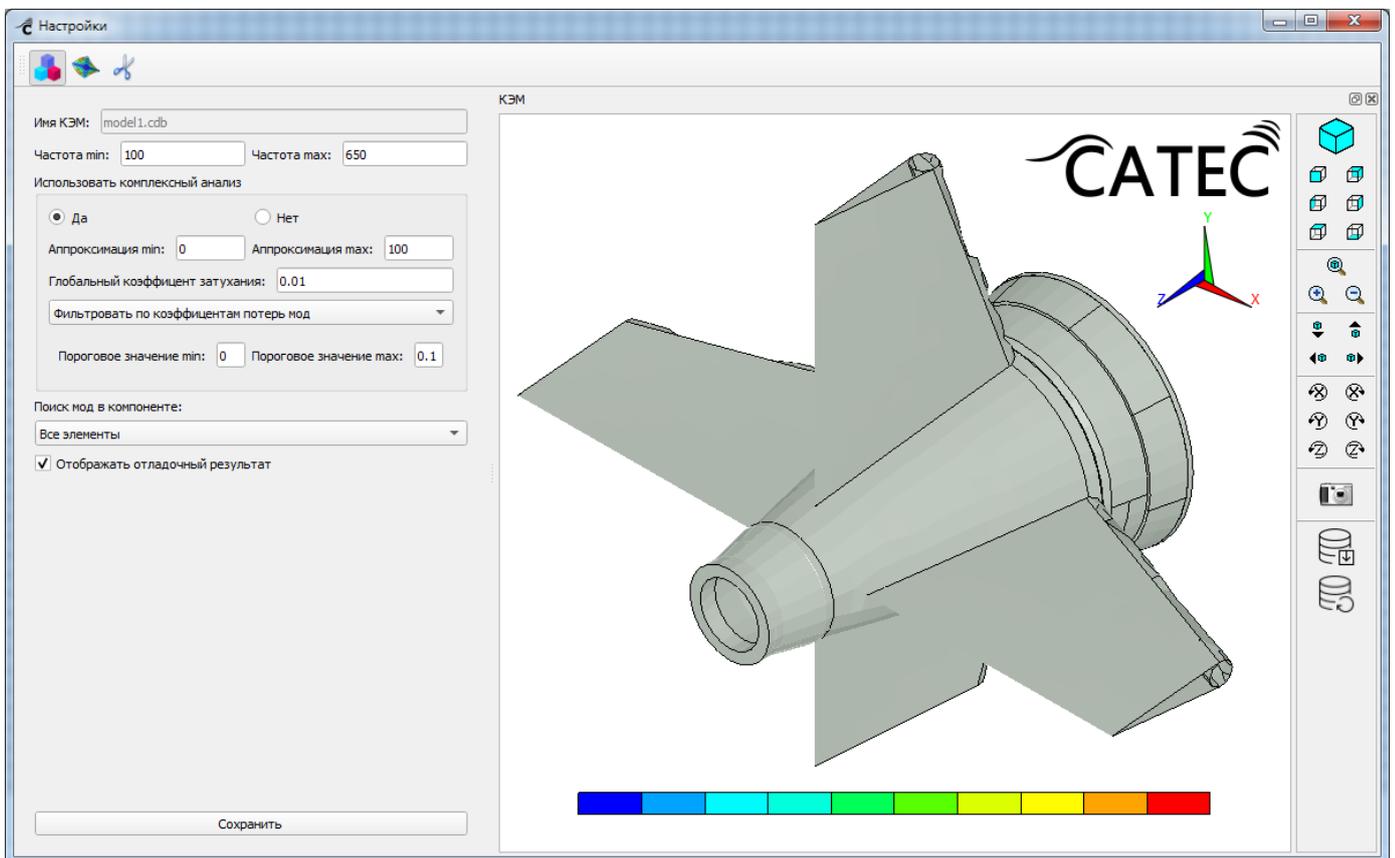


Рисунок 63 - Настройки карточки "Модальный анализ"

В настройках карточки "Модальный анализ" необходимо задать следующие настройки: использовать / не использовать комплексный анализ, указать компоненты для поиска мод, разрешить или запретить отображение отладочной информации. При использовании комплексного анализа необходимо задать значения для минимальной

и максимальной аппроксимации, глобального коэффициента затухания и выбрать способ фильтрации мод.

После завершения настройки карточки модального анализа необходимо нажать кнопку "Сохранить" - карточка перейдет в статус "Настроен". После этого запустить карточку на расчет. После успешного завершения расчета карточка перейдет в статус "Готово".

Для просмотра результатов расчета в окне настроек необходимо щелкнуть по значку "Визуализация решения" в панели инструментов и нажать кнопку "Загрузить результат" (Рисунок 64).

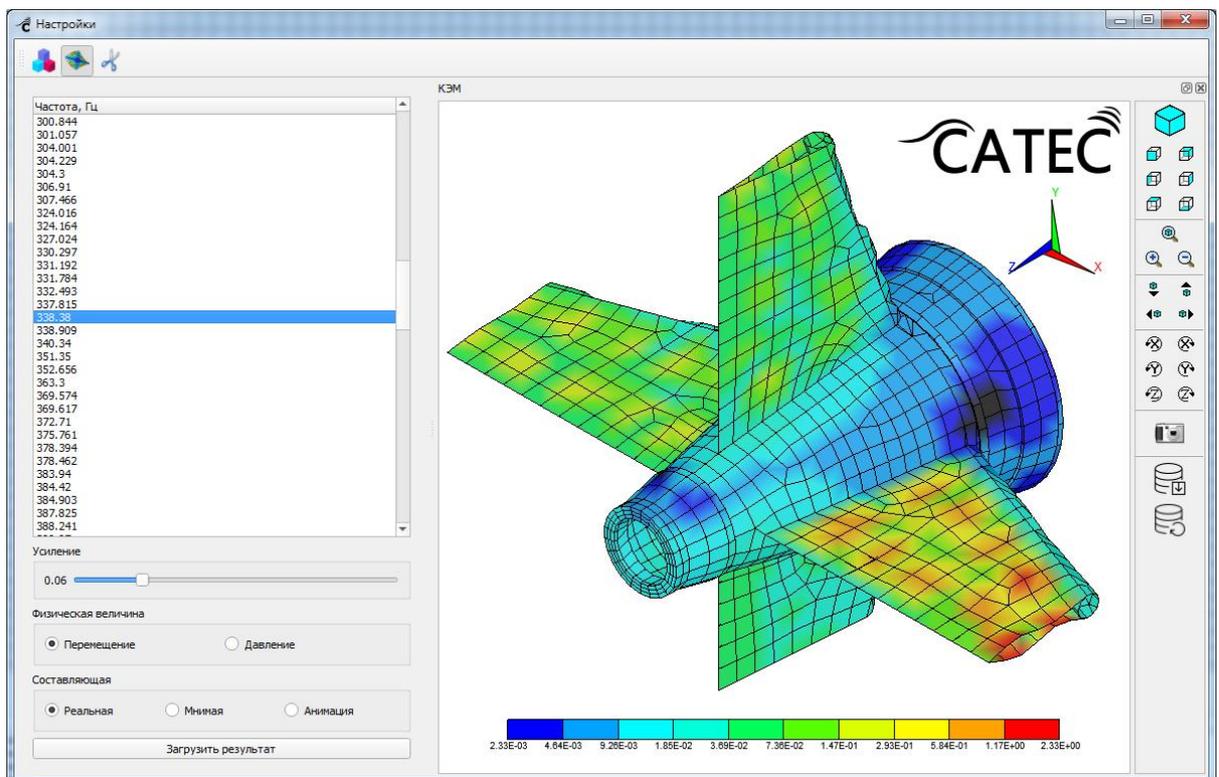


Рисунок 64 - Просмотр результатов модального анализа

В списке частот доступен выбор рассчитанных мод, также имеется возможность настроить усиление, выбрать отображаемую физическую величину (перемещение, давление) и выбрать составляющую (реальная, мнимая или анимация).

3.2.10. Карточка "Доводка КЭМ"

Доводка спектральных характеристик численной модели на основе полученных экспериментальных данных и численная оптимизация механоакустических систем по критерию обеспечения требуемой величины добротности резонансных колебаний

осуществляется модулем Optimum, соответствующая ему карточка имеет название "Доводка КЭМ" (Рисунок 65).

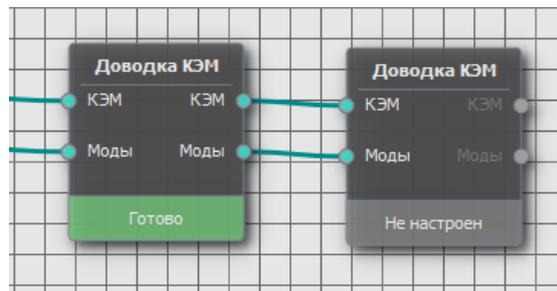


Рисунок 65 Карточка "Доводка КЭМ"

Для создания карточки доводки необходимо в контекстном меню карточки "Модальный анализ" выбрать пункт "Создать Доводку КЭМ", после чего можно перейти в окно настройки модуля доводки (Рисунок 66), выбрав пункт "Настройки" в меню созданной карточки.

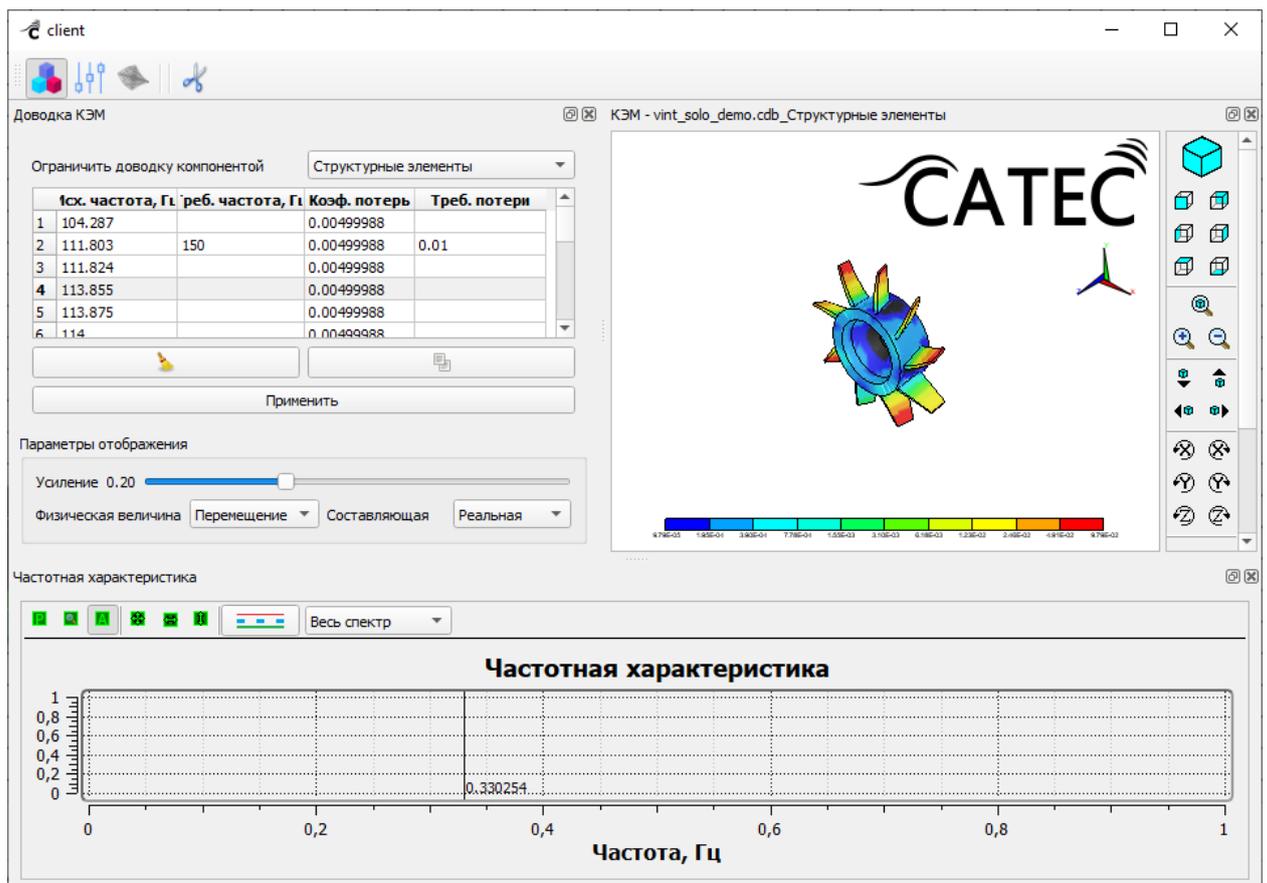


Рисунок 66 Окно настроек карточки "Доводка КЭМ"

В окне настроек карточки доводки отображаются список собственных частот и формы колебаний (моды) суперэлемента, полученные в модальном анализе (см. пункт 3.2.9).

	Исх. частота, Гц	Треб. частота, Гц	Козф. потерь	Треб. потери
2	111.803		0.00499988	
3	111.824	100	0.00499988	
4	113.855		0.00499988	
5	113.875	113.875	0.00499988	0.00499988
6	114		0.00499988	
7	114.004		0.00499988	
8	114.029	114.029	0.00499988	0.00499988
9	114.06		0.00499988	
10	147.956		0.00499988	

Рисунок 67 - Таблица с частотами мод модуля "Доводка КЭМ"

При переключении строк в таблице (Рисунок 67) на 3D модели отображается форма мод выбранной частоты, при этом в блоке "Параметры отображения" (Рисунок 68) можно отрегулировать коэффициент усиления отображения, выбрать изображаемую физическую величину (перемещение/давление) и составляющую (реальная/мнимая, либо анимация).

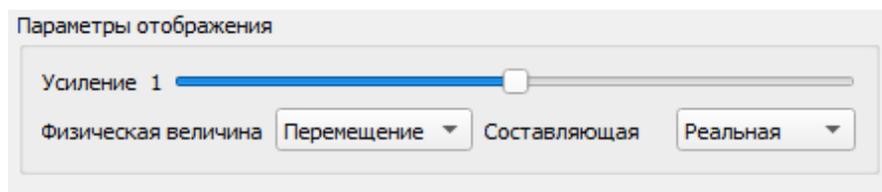


Рисунок 68 - Параметры отображения мод модуля "Доводка КЭМ"

Таблица с частотами мод (Рисунок 67) содержит рассчитанные значения частот и коэффициент потерь, в случае комплексного анализа. Желаемые значения частот и коэффициентов потерь можно задать в столбцах "Треб. частота" и "Треб. потери" соответственно. Если эти значения нужно зафиксировать, необходимо кликнуть по кнопке "Копировать исходную частоту в выбранные ячейки" , предварительно выделив ячейки со значениями, которые требуется зафиксировать, либо ввести те же самые значения вручную. Для очистки всех введенных значений используется кнопка . В процессе доводки модели моды, для которых столбцы "Треб. частота" и "Треб. потери" остались пустыми, могут поменять значения произвольным образом.

Кроме того, в пункте "Ограничить доводку компонентой", аналогично настройкам поиска мод, можно указать часть суперэлемента (компоненту), для которой будут выполняться перемещения мод. После редактирования описанных выше параметров для запуска расчета необходимо сохранить настройки кнопкой "Применить" и запустить вычисления, нажав пункт "Выполнить" в меню карточки "Доводка КЭМ".

Кроме перемещения мод в модуле доступны построение амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) и просмотр результатов доводки. Переключение между соответствующими режимами осуществляется при помощи верхней панели инструментов окна настроек . Режим построения АЧХ (Рисунок 68) отображается по кнопке .

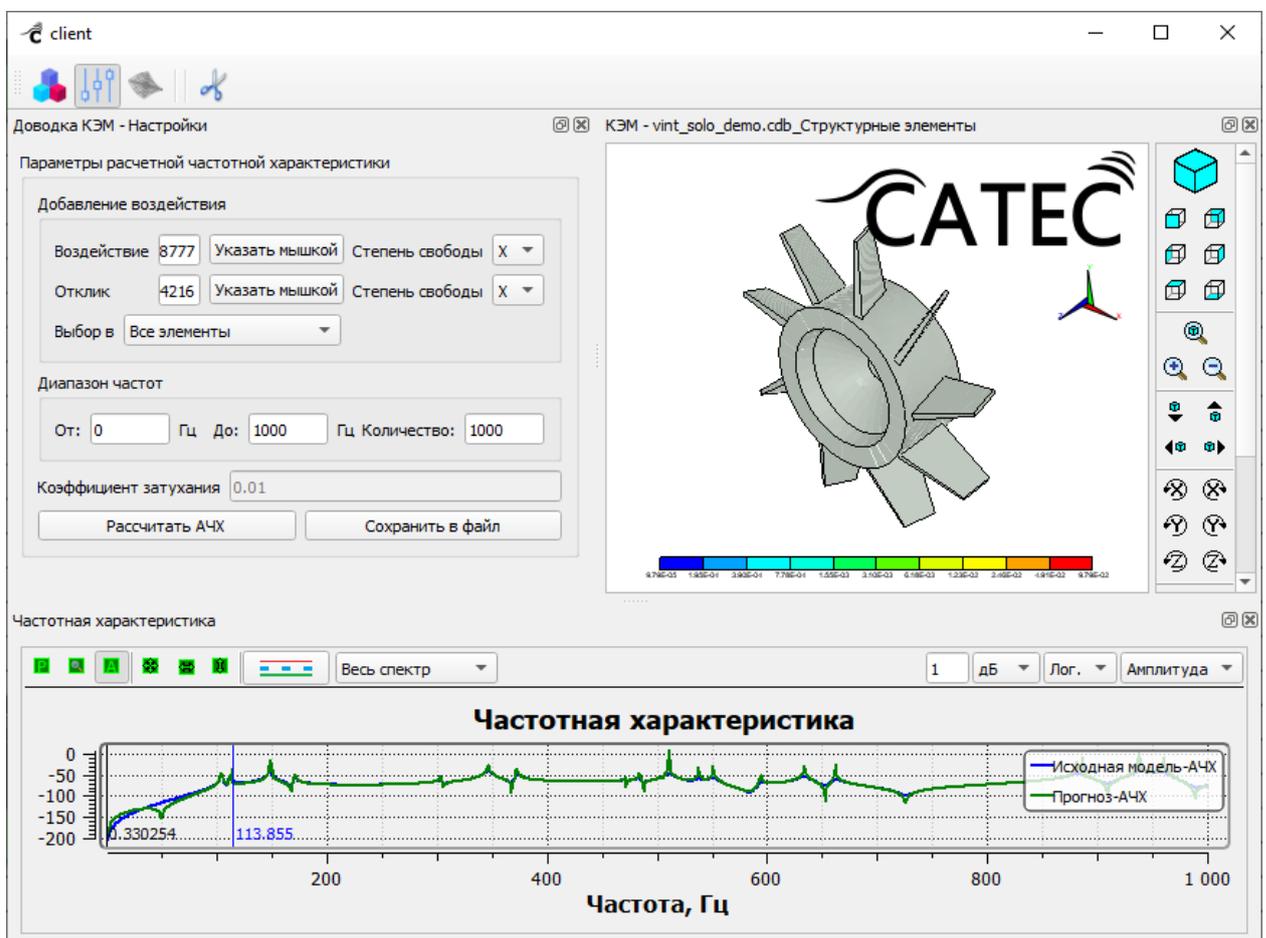


Рисунок 68 - Окно построения амплитудно-частотных характеристик в модуле "Доводка КЭМ"

Для построения графика частотной характеристики в соответствующих полях необходимо указать номера узлов для воздействия и отклика либо выбрать их на 3D модели КЭМ, нажав кнопку "Указать мышкой" (для удобства можно ограничить

выбор одной из компонент, указав её в выпадающем списке "Выбор в".), и выбрать степени свободы X, Y, Z или P. Диапазон частот задается путем указания начальной и конечной частоты и количества частот на этом отрезке. По нажатию кнопки "Расчитать АЧХ" в окне "Частотная характеристика" (Рисунок 63) отобразятся полученные графики АЧХ для исходной ("Исходная модель-АЧХ" на графике) и доведенной ("Полученная модель-АЧХ") моделей. В случае если расчет доводки еще не проведен, вместо доведенной модели отобразится "Прогноз-АЧХ", рассчитанный на основе указанных данных. Выбранная в таблице частота отмечается на графике вертикальной линией (Рисунок 69).

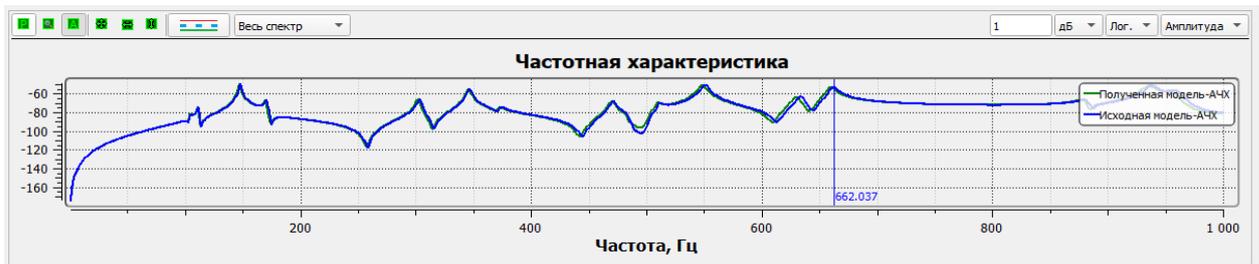


Рисунок 19 - Пример графика АЧХ исходной и доведенной модели с указанием выбранной частоты (662.037 Гц на графике) в модуле "Доводка КЭМ"

Исходную частотную характеристику можно импортировать в текстовый файл, нажав кнопку "Сохранить в файл", по указанному в появившемся диалоговом окне пути и имени файла. Данные выводятся в три столбца, первый соответствует частотам, второй и третий – реальной и мнимой части соответственно.

Для перехода в режим визуализации полученных результатов доводки, необходимо дождаться окончания расчетов и загрузки результата и нажать ставшую активной кнопку "Визуализация результатов" , после чего на панели инструментов появятся дополнительные кнопки . Режим визуализации выглядит аналогично режиму настроек – таблица соответствия исходных и полученных мод и параметры отображения. Таблица имеет три режима отображения, переключение между которыми осуществляется дополнительными кнопками панели инструментов:

 - отображение частот всех исходных мод (левый столбец); В ходе доводки в результирующей модели часть мод может выйти из расчетного диапазона частот и в таблице соответствующая ячейка правого столбца будет пуста.

 - отображение частот только перемещаемых мод;



- отображение частот всех полученных мод (правый столбец); В ходе доводки в результирующей модели часть мод, находившаяся за пределами расчётного диапазона, может передвинуться внутрь его; В правом столбце таблицы появится новая мода, а соответствующая левая ячейка будет пуста;

Для просмотра визуализации форм колебаний моды, нужно щелкнуть по ячейке таблицы с соответствующей ей частотой (как для исходной, так и для доведенной КЭМ).

Переключение в режим изображения относительного изменения упругости в элементах суперэлемента (Рисунок 70) происходит по нажатию кнопки . Цвета элементов соответствуют величине изменения их жёсткости: синий цвет означает уменьшение жёсткости, красный - увеличение, а зелёный - жёсткость не менялась. Величины изменения, показанные на картинке, обозначают во сколько раз была изменена исходная жёсткость элемента. Аналогично отображаются относительные изменения потерь при переключении соответствующего пункта в блоке "Изображаемая величина".

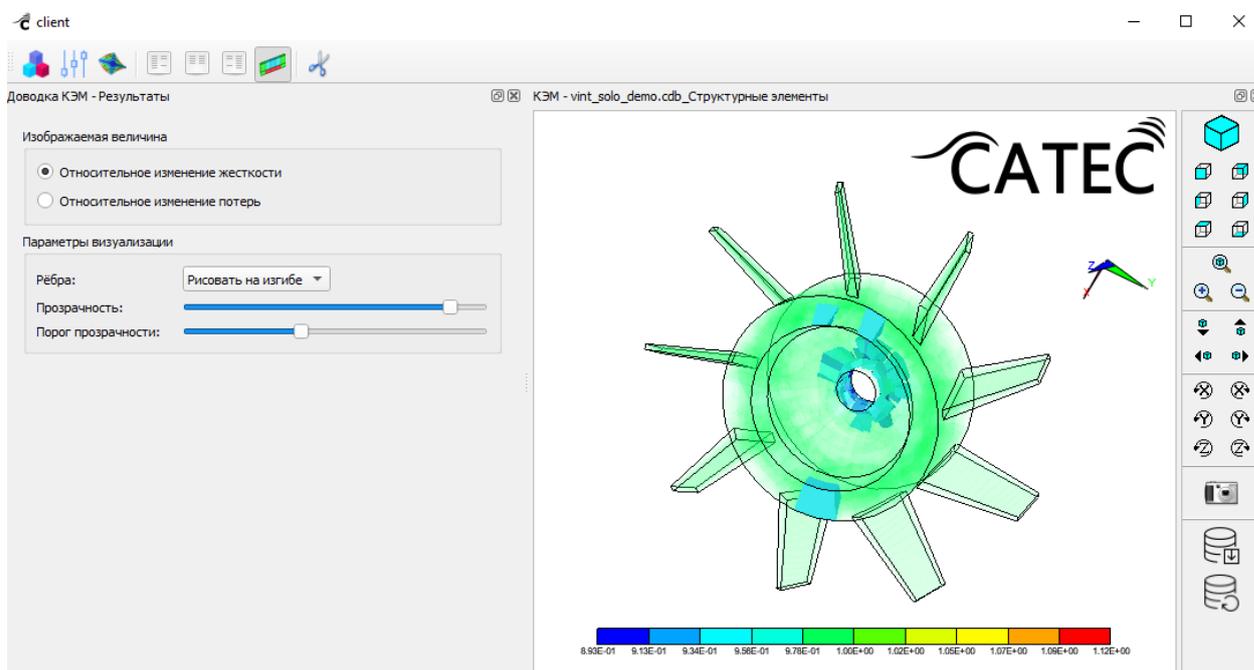


Рисунок 70 - Режим изображения относительного изменения упругости в элементах суперэлемента в модуле "Доводка КЭМ"

Для удобства просмотра в параметрах визуализации можно регулировать прозрачность изображения, порог прозрачности, и выбрать режим рисовки ребер в выпадающем списке: "Рисовать на изгибе", "Рисовать все", "Не рисовать".

Кроме того, на панели инструментов можно перейти в режим "Сечение", описанный в пункте 3.2.5, для просмотра 3D модели в разрезе.

При необходимости последующей доводки модели, можно продолжить вычисления, создав новую карточку "Доводка КЭМ" из контекстного меню текущей карточки, и повторять весь процесс циклично, пока не получатся нужные результаты. При этом на любом шаге полученную доведенную модель можно использовать как фрагмент в расчетах остальных модулей ПО "САТЕС". Если же процессы доводки запускаются из одной карточки, предыдущие результаты перезаписываются и не могут быть доступны другим модулям.

3.2.11. Карточка "Импорт CFD"

В карточке "Импорт CFD" осуществляется настройка параметров расчётного модуля `Cfd_read`, осуществляющего добавление в проект результатов гидродинамических расчётов задач обтекания тел, представляющих собой либо значения скоростей во всех ячейках заданного объема, либо значения давлений на заданной обтекаемой поверхности, полученные на наборе эквидистантных временных шагов. Такие данные могут быть получены как из ПО "ЛОГОС" в формате "единого файлового разреза" (EFR), так и из ПО "ANSYS" в формате "CFD General Notation System" (CGNS). Полученные данные потом проходят стадию интерполяции на акустическую сетку, после чего могут использоваться в акустических расчётах.

Карточка "Импорт CFD" не имеет входных узлов и создаётся через контекстное меню "Импорт CFD" на рабочей области (Рисунок 71).



Рисунок 71- Создание карточки "Импорт CFD" из контекстного меню рабочей области.

Набор вводимых параметров в окне настроек карточки (Рисунки 72-73) немного различается в зависимости от типа файлов (CGNS или EFR) и типа данных (скорости или давления), но в целом порядок настройки состоит из следующих шагов:

1. Выбрать тип импортируемого файла, установив переключатель в положение CGNS или EFR.
2. Задать уникальное имя для сохранения CFD-данных в проекте.
3. Выбрать расположение файлов из выпадающего списка: локально (т.е. на компьютере, где запущен Клиент) или удалённо (т.е. на компьютере, где запускается Менеджер задач). В текущей версии ПО "САТЕС" имеется ограничение на возможности данной опции – для локальной версии ПО следует указывать значение "локально", а для кластерной – "удалённо".
4. Указать путь к файлу. При локальном расположении файлов, указание пути к файлам производится через диалоговое окно, а при удалённом – нужно вводить вручную. Причём для CGNS-файлов предлагается указать путь к папке, содержащей файлы, а для efr – следует указать путь к "главному" efr-файлу, расположенному в поддиректории "MESH".
5. Задать номера начального и конечного считываемых из файлов временных отсчётов (шагов). Нумерация шагов начинается с 1.

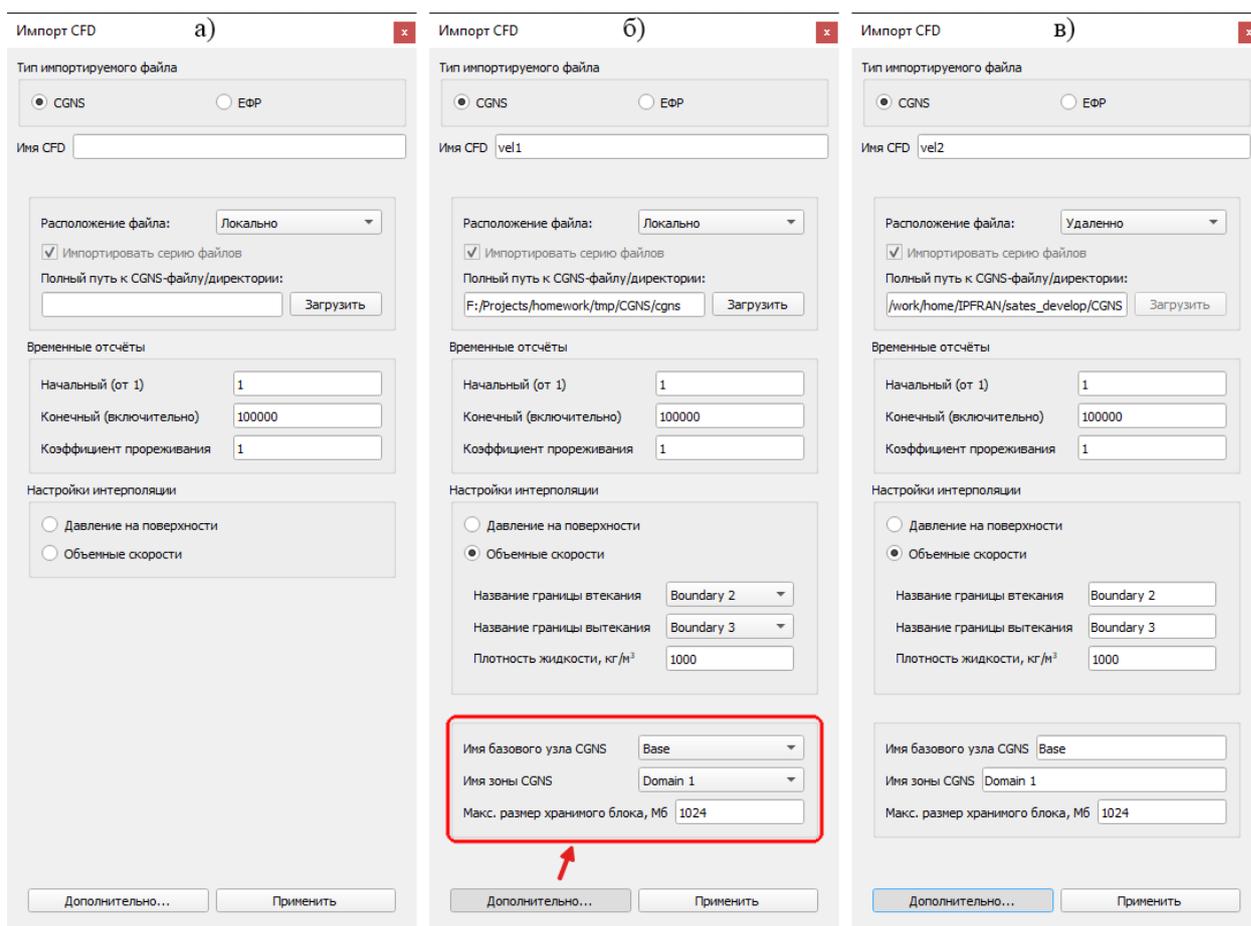


Рисунок 72 – Окно настроек импорта скоростей из cgns-файлов: а – до ввода параметров, б – пример параметров для локальной версии, в – пример параметров для кластерной версии. Параметры, обведённые красной рамкой, открываются после нажатия на кнопку "Дополнительно..."

6. Задать коэффициент прореживания временных шагов. Прореживание осуществляется с усреднением, что не приводит к искажениям сигналов.
7. Задать тип импортируемых данных, установив переключатель в положение "Давление на поверхности" либо "Объёмные скорости".
8. В случае считывания давлений нужно задать название границы обтекаемой поверхности. При локальном расположении файлов предлагается выбор из списка, считанного из файла, а при удалённом – нужно вводить вручную.

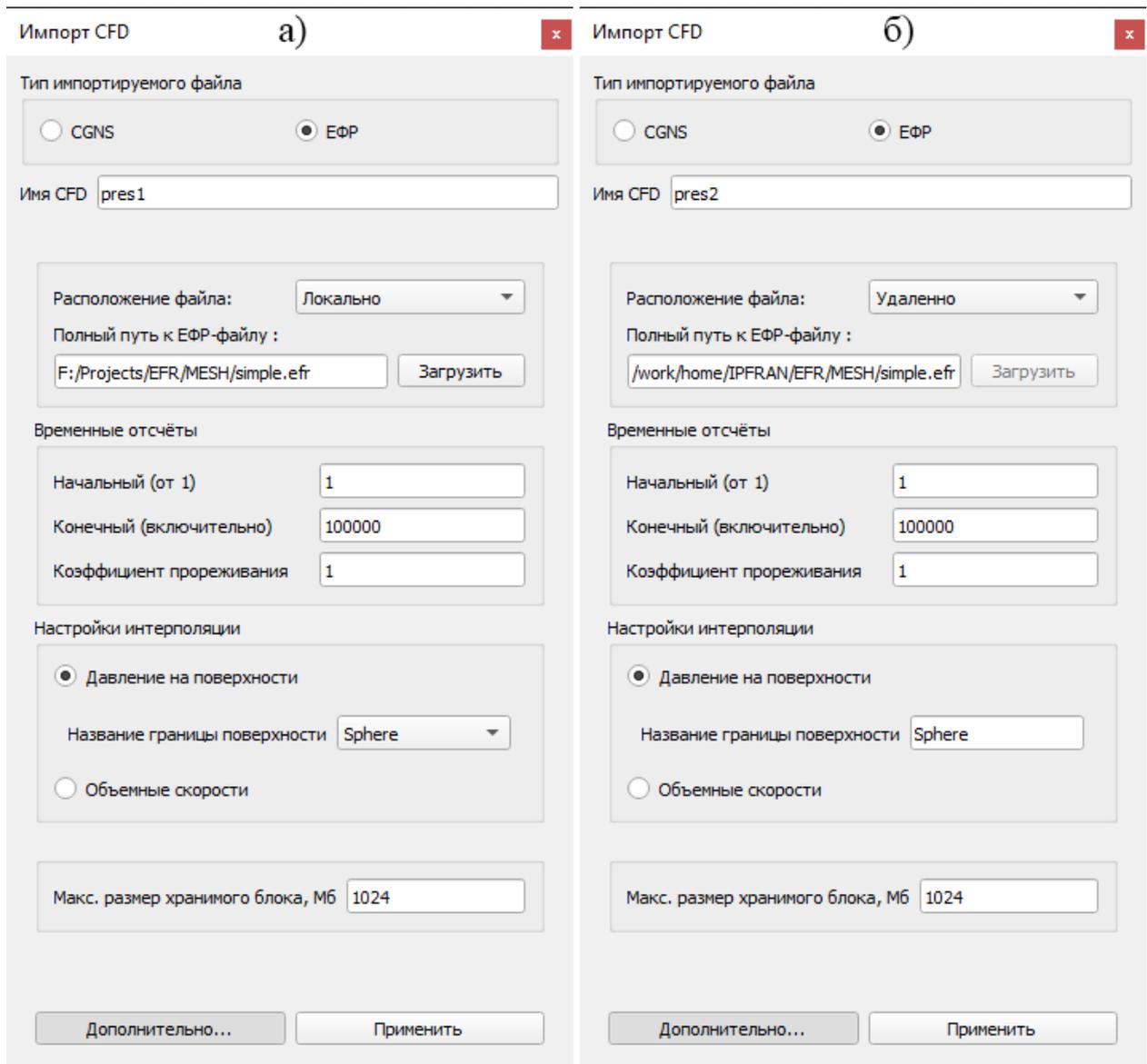


Рисунок 73 – Окно настроек импорта давлений из efr-файлов: а– пример параметров для локальной версии, б – пример параметров для кластерной версии

9. В случае считывания скоростей нужно задать названия границ втекания и вытекания. При локальном расположении файлов предлагается выбор из списка, считанного из файла, а при удалённом – нужно вводить вручную.
10. В случае считывания скоростей из CGNS-файлов нужно вручную задать значение плотности жидкости. Для EFR-файлов его задавать не нужно, т.к. оно записано в самих файлах.
11. Опционально можно задать размер хранимого блока. Считываемые данные сохраняются в проекте не единым файлом, а блоками, и впоследствии поблочно интерполируются на акустическую сетку. Значение по умолчанию равно 1024 Мб обычно подходит для

большинства задач, но если в процессе интерполяции возникает проблема с нехваткой оперативной памяти, то уменьшение размера блока может помочь решить её.

12. При удалённом расположении CGNS-файлов нужно указать имена базового узла и зоны CGNS, в которых записаны результаты. Обычно при создании CGNS-файла в ПО "ANSYS" этими названиями являются "Base" и "Domain 1" соответственно. При локальном запуске эти названия считываются из файла автоматически.

13. Нажать кнопку применить, после чего статус карточки поменяется на "Настроен" (Рисунок 74) и её можно будет запустить на расчёт.

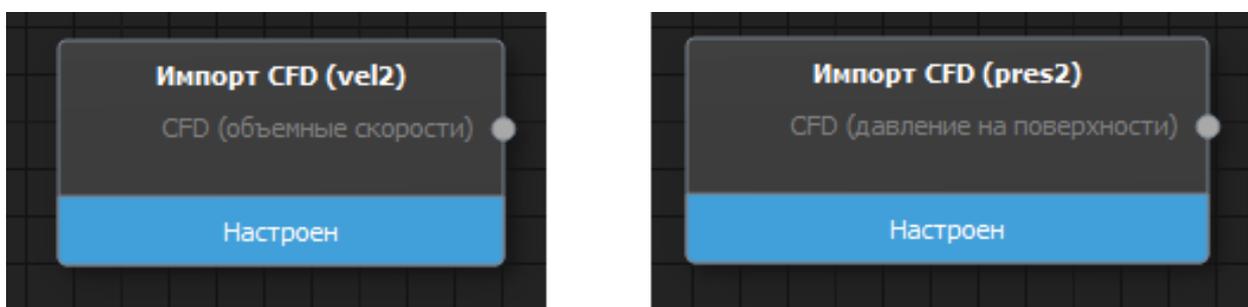


Рисунок 74 – Настроенные карточки импорта: слева – чтение объёмных скоростей, справа – чтение давлений на поверхности

3.2.12. Карточка "Интерполяция CFD"

В карточке "Интерполяция CFD" осуществляется настройка параметров расчётного модуля Cfd_interp, выполняющего перевод результата гидродинамического расчёта в эквивалентные акустические источники, которые впоследствии используются в качестве воздействий в гармонических расчётах акустической модели. В процессе интерполяции происходит перевод сигналов из временной области в частотную.

Карточка "Интерполяция CFD" имеет два входных узла: CFD и интермент. Выходным узлом является фрагмент, который может быть добавлен в группу. Вместе с фрагментом в группу передаётся и интерполированное воздействие, которое будет доступно в гармоническом расчёте.

Создание карточки происходит всегда через контекстное меню карточки "Импорт CFD" (Рисунок 75).

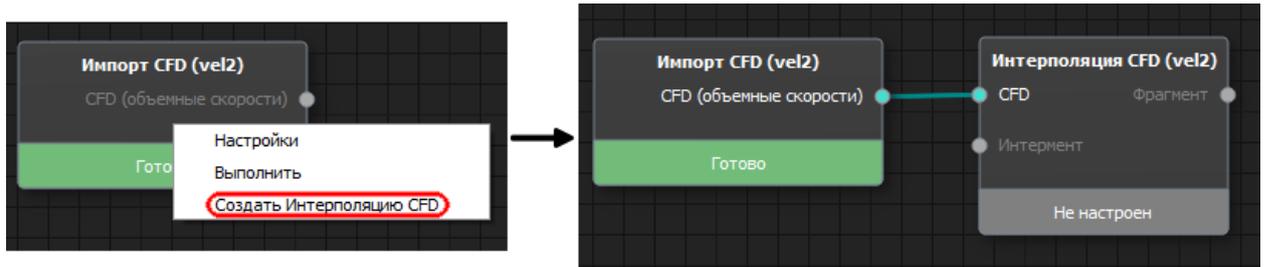


Рисунок 75 - Создание карточки "Интерполяция CFD" из контекстного меню карточки "Импорт CFD"

Окно настроек немного различается для случаев интерполяции объёмных скоростей (Рисунок 76) и интерполяции давлений на поверхности (Рисунок 77). Фактически при интерполяции давлений часть параметров становятся недоступны.

Порядок задания параметров следующий:

1. Выбрать из списка название интермента акустической модели, в узлы которой будет проводиться интерполяция. Список содержит названия всех имеющихся интерментов в проекте. Сразу после завершения выбора, вход "интермент" карточки "Интерполяция CFD" соединится с выходом соответствующей карточки "фрагмент" (Рисунок 78).

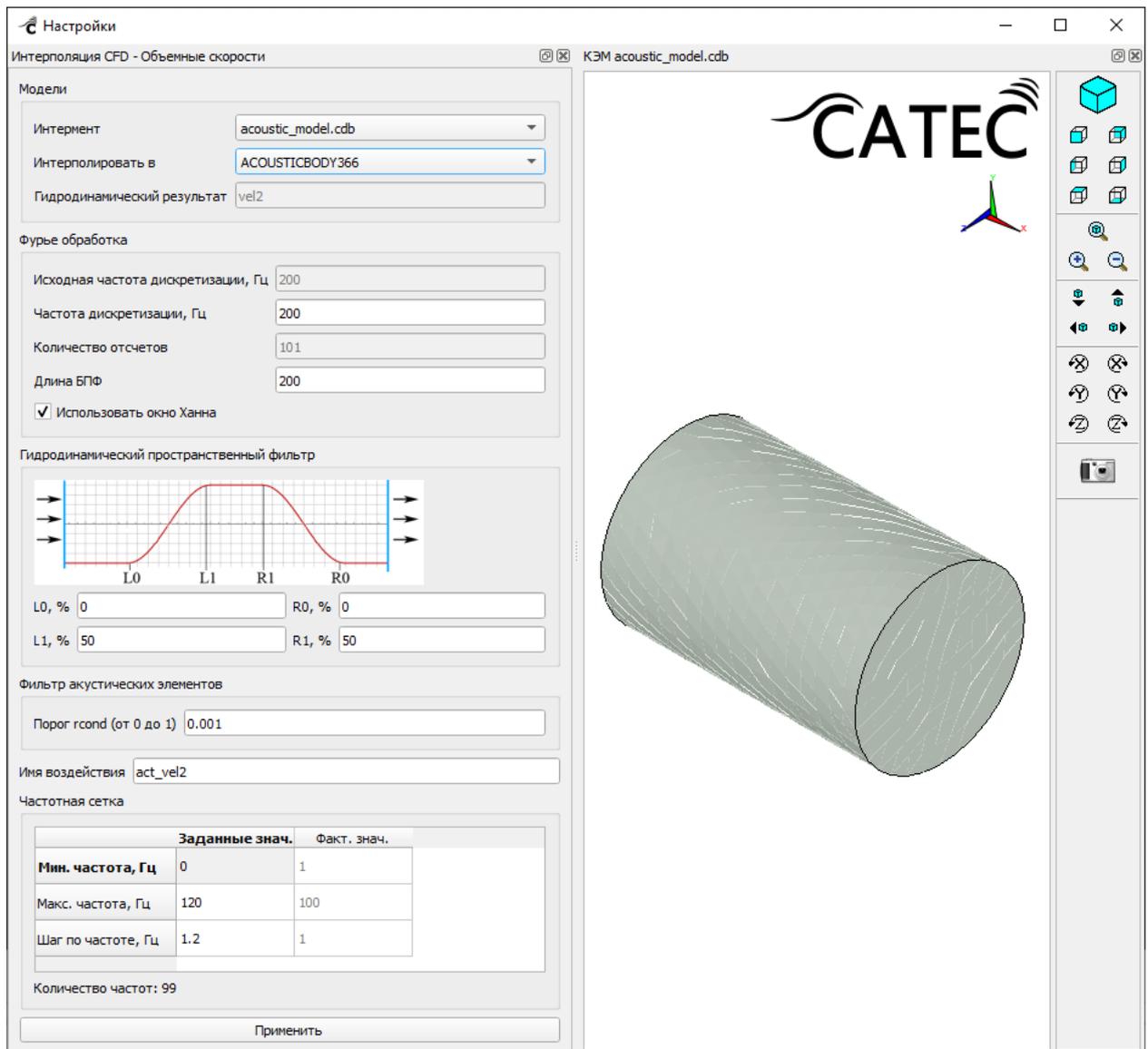


Рисунок 76 – Окно настроек карточки "Интерполяция CFD" в случае интерполяции объёмных скоростей

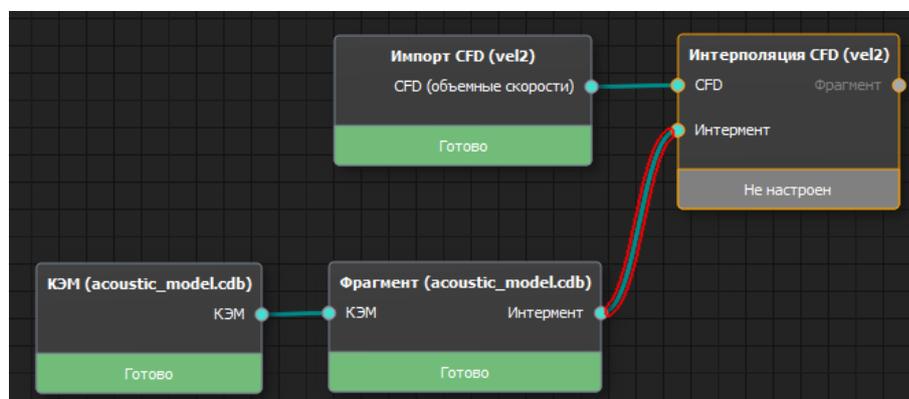


Рисунок 77 – Создание связи между карточками "Фрагмент" и "Интерполяция CFD"

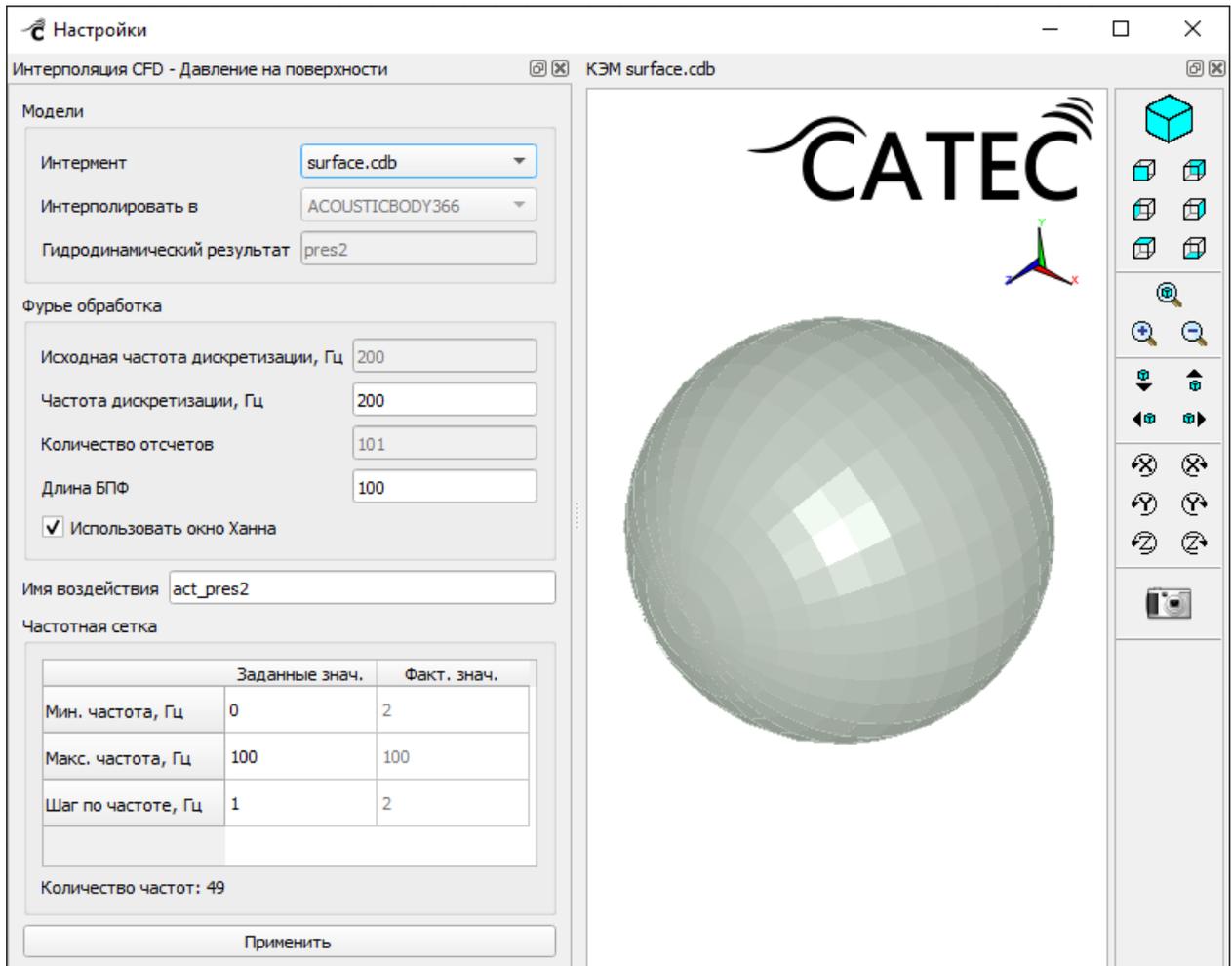


Рисунок 78 – Окно настроек карточки "Интерполяция CFD" в случае интерполяции давлений на поверхности.

2. Выбрать из списка название элементной компоненты акустической модели, внутри которой будет производиться поиск принадлежности гидродинамических узлов акустическим элементам. Данная настройка применима только к интерполяции скоростей. Она добавлена как оптимизация, заключающаяся в том, что пользователь может заранее создать компоненту, совпадающую по размерам с гидродинамической расчётной областью, и ограничить поиск ей. Если такой компоненты не создано, то следует выбрать компоненту "Все элементы".
3. Задать параметры обработки Фурье.
 - а. При необходимости можно подкорректировать значение частоты дискретизации сигнала. Бывает, что оно автоматически высчитывается по значениям временных шагов с недостаточной точностью, что обычно приводит к некрасивой частотной сетке при переходе в частотную область. Например, вместо реальных 200 Гц

может посчитаться частота 199.999 Гц, и при наличии 100 временных шагов получится частотная сетка [1.999; 3.9999;...] вместо правильной [2; 4; ...].

- б. Задать длину БПФ (преобразования Фурье). Можно задать меньшей, большей и равной количеству имеющихся временных отсчётов. Данный параметр влияет на результирующую сетку частот при переходе в частотную область.
 - в. Параметр "Использовать окно Ханна" всегда следует включать.
4. Задать параметры пространственного фильтра. Применимо только к интерполяции скоростей. Данный фильтр позволяет погасить влияние нефизичных шумов, возникающих вблизи границ втекания и вытекания жидкости в гидродинамическом расчёте. Значения всех четырёх параметров границ фильтра задаётся в процентах нахождения между границами втекания и вытекания. Исторически сложилось, что значения параметров L0 и L1 увеличиваются от 0 до 100 при перемещении от границы втекания к границе вытекания, а параметры R0 и R1 – при перемещении от границы вытекания к границе втекания.
 5. При необходимости поменять параметр "порог rcond" (от 0 до 1). В ходе вычисления коэффициентов интерполяции гидродинамического узла в узлы акустического элемента производится обращение матрицы, связывающей декартовы и параметрические координат КЭ и их производные. Определитель этой матрицы зависит от формы акустического элемента. Если элемент является сильно вытянутым или сильно искривлённым, то возникают ситуации, когда матрица становится близкой к сингулярной и после её обращения приводит к нефизичному завышению гидродинамических источников. Параметр "порог rcond" представляет собой некий критерий качества акустических элементов, используемых в интерполяции. Увеличение порога, исключает часть самых "некачественных" элементов из интерполяции. Значение параметра по умолчанию: 0.001.
 6. Задать уникальное имя воздействия, которое получится в результате интерполяции.
 7. Задать желаемые параметры частотной сетки создаваемого воздействия в таблице: "Минимальная частота", "Максимальная частота" и "Шаг по частоте". Исходя из этих параметров, а также "частоты дискретизации" и "длины БПФ", в правом столбце таблицы будут выведены реальные параметры частотной сетки, которые получатся после расчёта. Под

таблицей показано общее число частот, которые будут присутствовать в результирующем воздействии.

Нажать кнопку "Применить", после чего статус карточки поменяется на "Настроен" и её можно будет запустить на расчёт.

3.2.13. Карточка "Эксперимент"

Импорт и обработка экспериментальных данных осуществляется модулем Ехр, соответствующая ему карточка имеет название "Эксперимент" (Рисунок 79).

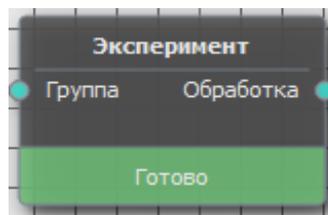


Рисунок 79 - Карточка "Эксперимент"

Создание карточки начинается с задания имени расчета в появившемся диалоговом окне (Рисунок 80) при выборе пункта "Создать Эксперимент" в контекстном меню карточки "Группа".

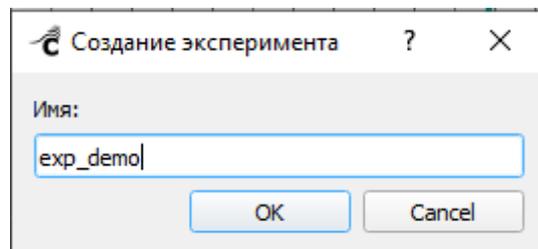


Рисунок 80 - Создание карточки "Эксперимент"

Далее при выборе пункта "Настройка" в меню карточки "Эксперимент" открывается окно настроек (Рисунок 81), представляющее собой таблицу размещения файлов (.raw), содержащих экспериментальные данные – записи временных реализаций сигнала для всех измерительных каналов. На выходе модуля для всех RAW-файлов будет определен один набор результатов каждого типа, файлы при этом объединяются в соответствии с их размещением в таблице:

- файлы, расположенные в одной строке, объединяются по частотам;
- файлы, расположенные в одном столбце, объединяются по каналам.

Для добавления файлов в таблицу необходимо кликнуть правой кнопкой мыши по нужной ячейке и выбрать во всплывающем меню (Рисунок 82) пункт "Загрузить"

файл" или по двойному нажатию ЛКМ запустить процедуру выбора файла и перехода в параметры обработки, затем в появившемся диалоговом окне выбрать файл с данными. После загрузки файла в ячейке таблицы отобразится имя файла. Используя пункт меню "Полное имя файла" можно переключаться между отображением имени файла и полного имени файла, содержащего абсолютный путь. Чтобы исключить файл из обработки, необходимо выбрать пункт "Удалить" в меню соответствующей ячейки.

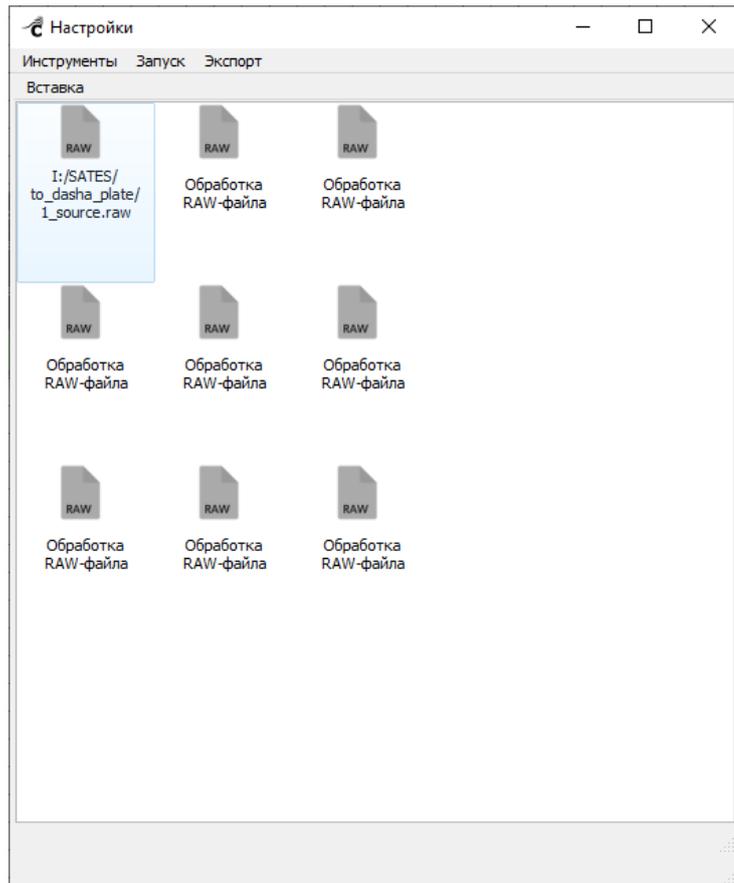


Рисунок 81 - Таблица размещения файлов окна настроек карточки "Эксперимент"

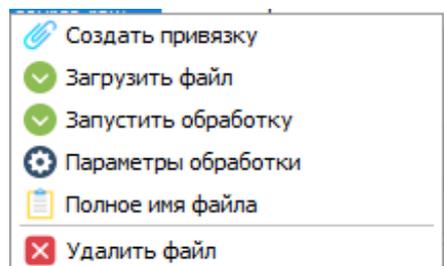


Рисунок 82 - Меню работы с файлами карточки "Эксперимент"

Для каждого файла с данными возможно создать привязку каналов сигнала к узлам КЭМ, с указанием направлений датчиков. Редактор привязок (Рисунок 83) открывается по пункту "Создать привязку" в контекстном меню ячейки (Рисунок 82).

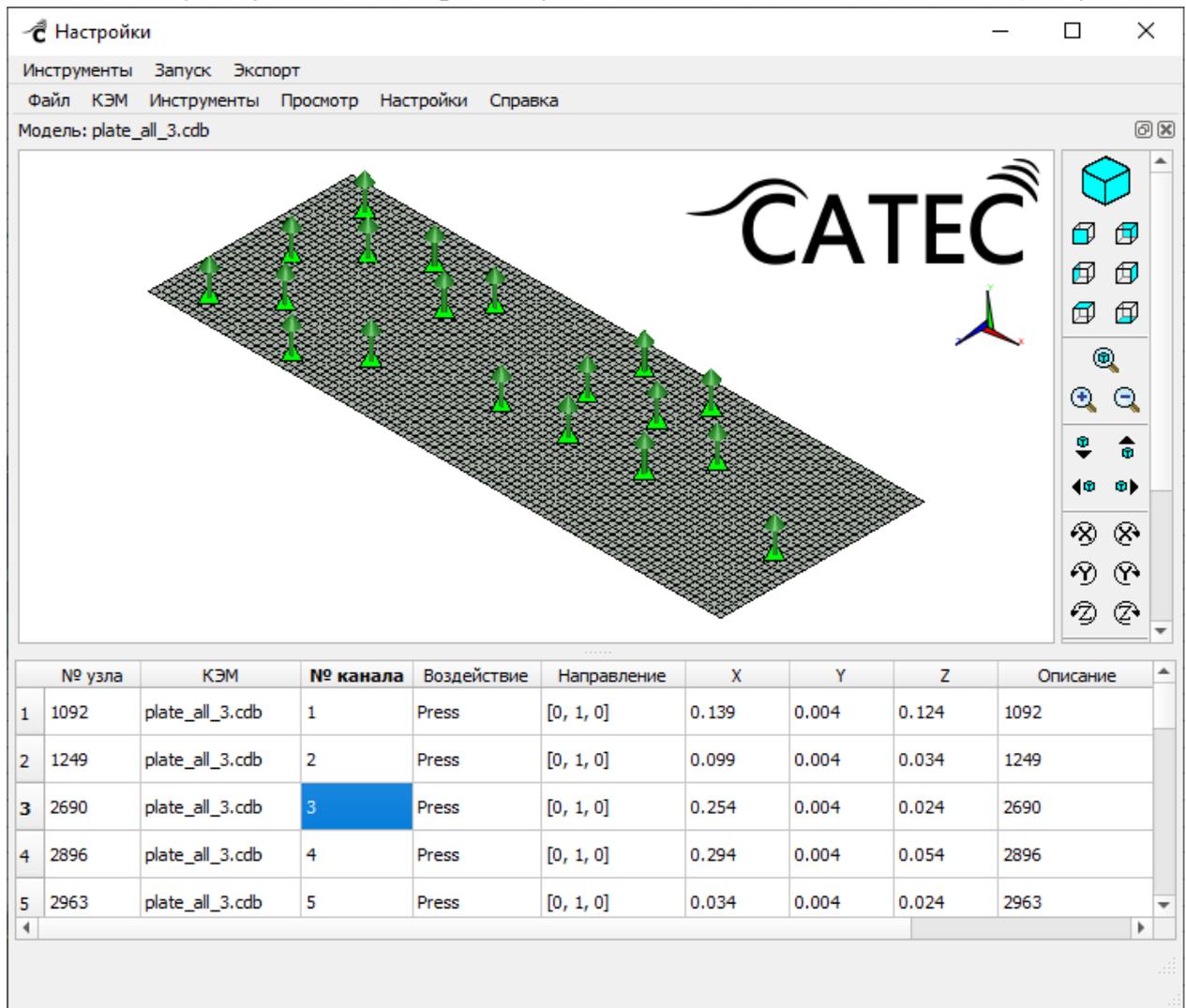


Рисунок 83 - Редактор привязок карточки "Эксперимент"

Создание привязок происходит в таблице редактирования привязки, содержащей следующие поля:

- Номер узла – номер узла модели, к которому будет привязан соответствующий датчик.
- КЭМ – имя конечно элементной модели, для которой создается привязка.
- Номер канала – номер канала в файле данных, соответствующий номеру датчика.
- Воздействие – тип измеряемого датчиком воздействия (Acc - ускорение, Vel - скорость, Press - давление, Force - сила, Disp - смещение)
- Направление – координаты вектора направления датчика x, y, z.
- X, Y, Z – координаты выбранного узла КЭМ, отображаются автоматически при выборе узла.

- Описание – произвольная информация, задаваемая пользователем при необходимости.

- Использовать – флаг учитывать (1)/ не учитывать (0) канал в обработке.

Создание привязки можно выполнить, загрузив готовый файл-привязку, либо файл-описание, содержащий данные о сопоставлении каналов с датчиками и их направлениями. Перед редактированием привязок в выпадающем списке моделей в пункте "КЭМ" верхнего меню редактора привязок (Рисунок 6) необходимо выбрать КЭМ, для которой будет осуществляться привязка.

Загрузка файла-привязки происходит по выбору пункта "Открыть файл-привязка" в пункте меню "Файл" (Рисунок 84).

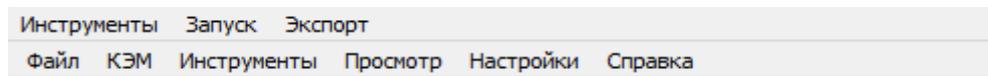


Рисунок 84 - Меню редактора привязок карточки "Эксперимент"

Файл-привязка имеет вид таблицы редактирования привязок в формате *.csv с разделителем ";".

После загрузки файла-привязки все данные отобразятся в таблице редактирования, а привязанные узлы отобразятся на 3D модели КЭМ векторами-направлениями датчиков . При необходимости загруженную привязку можно отредактировать вручную. По двойному клику по ячейке, содержащей номер узла, область визуализации КЭМ перейдет в режим выбора узлов. После чего можно выбрать нужный узел, кликнув по нему на 3D модели, тогда номер выбранного узла отобразится в выделенной ячейке, а его координаты – в соответствующих полях X, Y и Z. Чтобы изменить тип воздействия нужно кликнуть двойным щелчком по соответствующей ячейке и выбрать нужное из списка. Аналогично, щелкая два раза на ячейку в столбце "Направление" можно задать координаты вектора x, y и z. Столбец "Описание" редактируется как простой текст и не используется в расчетах. Учет каналов сигнала устанавливается из контекстного меню таблицы редактирования пунктом "Учитывать / не учитывать строки" для выделенных строк. Кроме того, из контекстного меню доступны копирование, вставка, удаление строк и добавление новой пустой строки.

Описанным выше взаимодействием с таблицей редактирования привязок можно сформировать привязку из файла-описания, представляющего собой таблицу .csv, выбрав пункт меню "Открыть файл-описание". Таблица, содержащаяся в описании, должна иметь вид (Таблица 3):

Номер канала	Воздействие	Направление	Описание
66	Acc/Vel/Press/Force/ Disp	+X/+Y/+Z/- X/-Y/-Z	Пр.Б. Настил 1

Таблица 3 - Формат файла-описание, где:

"Номер канала" - номер канала датчика в файле с сигналом;

"Воздействие" - тип воздействия, измеряемого датчиком;

"Направление" - направление датчика по осям (+X, +Y, +Z – в сторону положительного направления осей X, Y, Z соответственно, а -X/-Y/-Z – отрицательного направления)

"Описание" - некоторая служебная информация для пользователя.

После загрузки файла вся представленная в нем информация автоматически размещается в таблице редактирования, а оставшиеся поля предлагается заполнить вручную.

По завершению формирования привязки полученный файл-привязку можно выгрузить в таблицу .csv для дальнейшего использования с помощью пункта "Файл"/"Сохранить файл-привязку как..." верхнего меню. Далее необходимо сохранить данные привязки, используя "Файл"/"Сохранить файл-привязку", после чего можно вернуться в окно работы с файлами экспериментальных данных, нажав "Выход" в том же пункте меню "Файл".

Дальнейшая настройка карточки "Эксперимент" заключается в редактировании параметров обработки для каждого файла таблицы размещения файлов (Рисунок 81). Для этого в контекстном меню ячейки выбранного файла нужно выбрать пункт "Параметры обработки", либо щелкнуть по ячейке двойным щелчком.

В модуле "Эксперимент" доступно три режима обработки данных:

- ЛЧМ (Линейная частотная модуляция), предназначенный для обработки тональных сигналов;
- ЛЧМ-2 – для обработки политональных сигналов;
- ШП – обработка полосового шума.

Переключение между режимами осуществляется с помощью панели инструментов



, расположенной под главным меню окна обработки. Первая кнопка отвечает за обработку тональных сигналов, окно редактирования параметров ЛЧМ представлено на Рисунке 85.

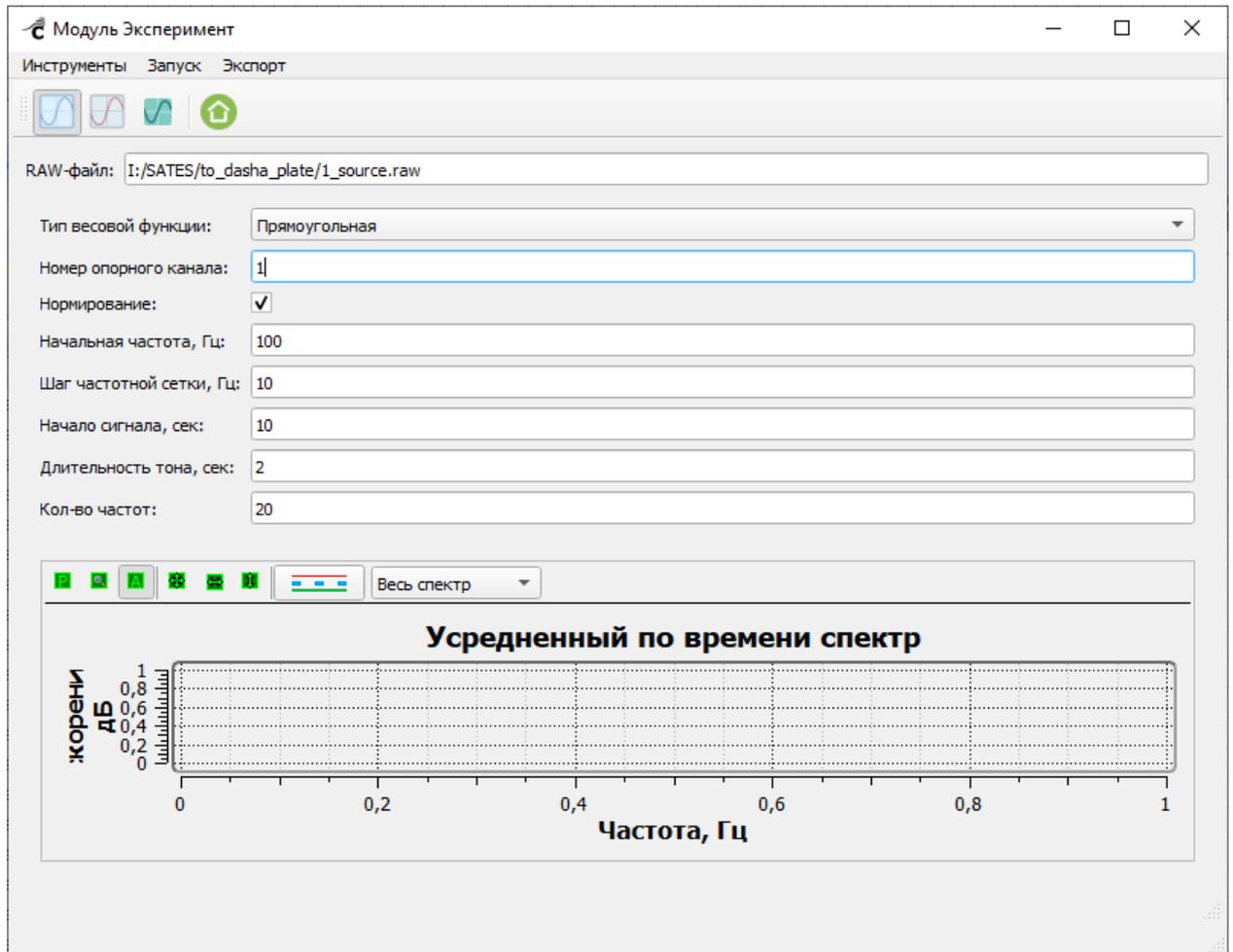


Рисунок 85 - Окно ЛЧМ обработки сигналов в модуле "Эксперимент"

Имя файла, для которого происходит настройка, указано в поле "RAW-файл".

Настройка ЛЧМ обработки заключается в выставлении параметров весовой функции ("Прямоугольная" либо "Ханна"), номера опорного канала, установки флага использования нормировки и задания параметров частотной сетки – "Начальная частота", "Шаг частотной сетки" и "Кол-во частот". Также необходимо указать начало сигнала и длительность тона в секундах.

При задании несовместимых параметров, области их редактирования подсвечиваются красным (Рисунок 86).

Начальная частота, Гц:	100
Шаг частотной сетки, Гц:	10
Начало сигнала, сек:	10
Длительность тона, сек:	2
Кол-во частот:	200

Рисунок 26 - Некорректное задание параметров обработки в модуле "Эксперимент"

Настройка ЛЧМ-2 (Рисунок 87) отличается от описанного выше способом задания частотной сетки.

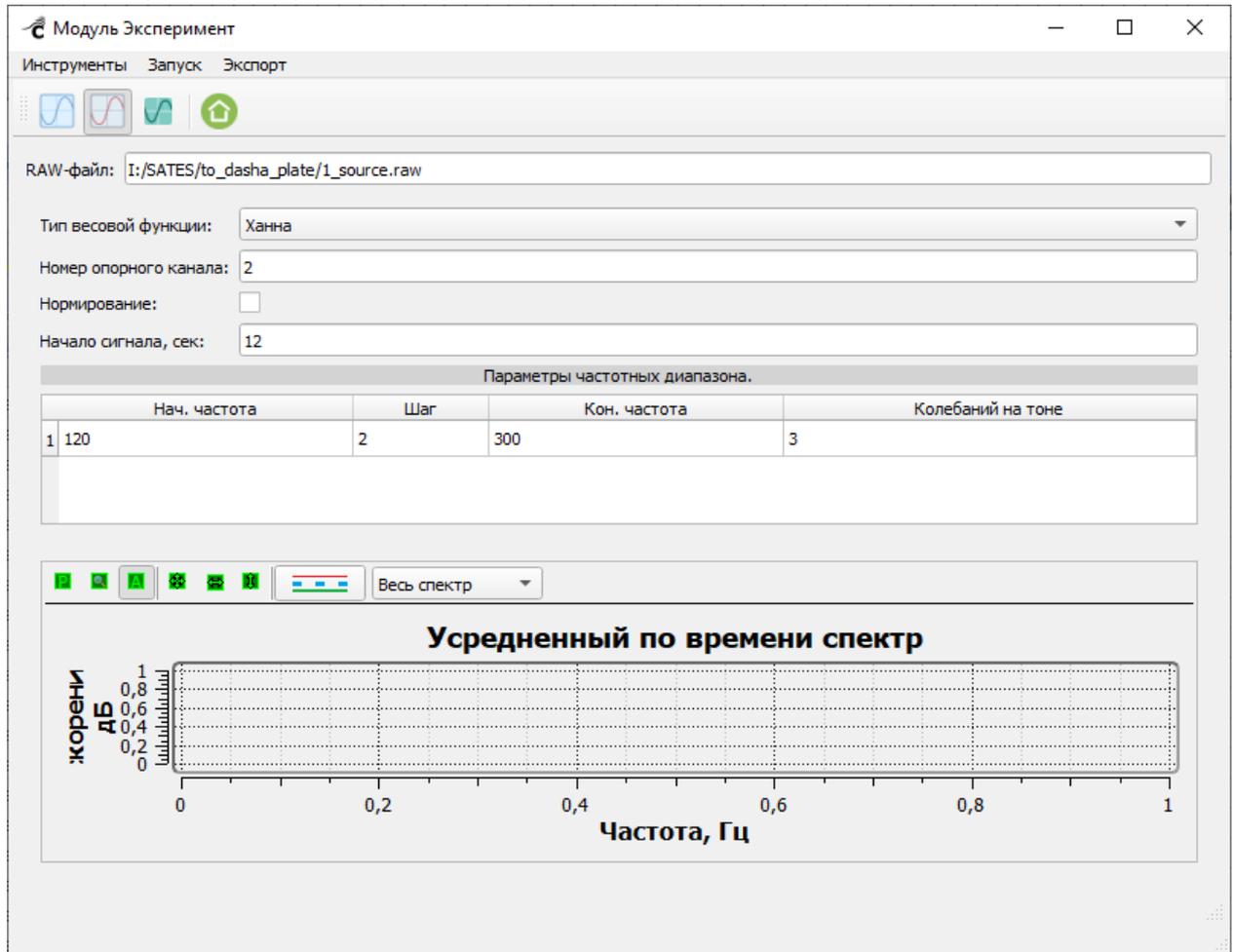


Рисунок 87 - Окно обработки политональных сигналов в модуле "Эксперимент"

Здесь доступно задание нескольких частотных диапазонов с различным шагом частотной сетки и количеством колебаний на тоне. Задание этих параметров осуществляется в блоке "Параметры частотных диапазонов" (Рисунок 88).

Параметры частотных диапазонов.				
	Нач. частота	Шаг	Кон. частота	Колебаний на тоне
1	120	2	300	3

Рисунок 88 - Таблица редактирования частотных диапазонов при обработке политональных сигналов в модуле "Эксперимент"

Остальные параметры – "Тип весовой функции", "Номер опорного канала", "Нормировка" и "Начало сигнала" – редактируются аналогично описанным выше параметрам в обработке тональных сигналов.

Режим настройки широкополосных сигналов (Рисунок 89) открывается по кнопке

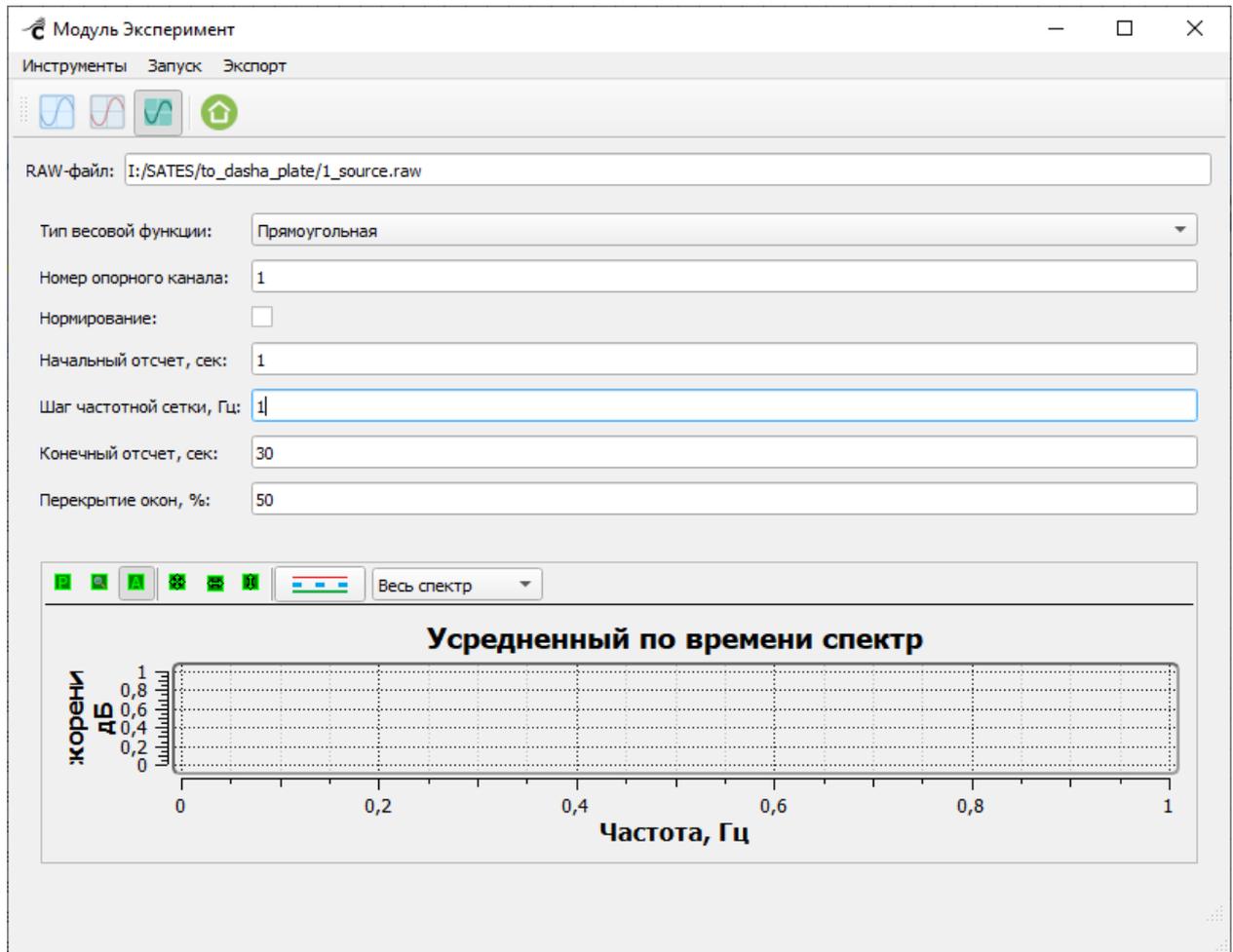


Рисунок 89 - Режим настройки широкополосных сигналов в модуле "Эксперимент"

Для настройки ШП обработки требуется задать начальный и конечный отсчет сигнала и шаг частотной сетки. Также необходимо указать процент перекрытия окон в соответствующем поле для выбранной в пункте "Тип весовой функции" оконной функции. Остальные параметры задаются также, как и в предыдущих режимах обработки.

Все введенные значения параметров обработки сохраняются автоматически. После завершения настройки одного из описанных выше режимов можно запустить обработку при помощи пункта "Запуск" в верхнем меню окна настроек, либо из

контекстного меню карточки "Эксперимент", либо из пункта "Запустить обработку" в контекстном меню (Рисунок 82) таблицы размещения файлов с сигналами (Рисунок 81). Для возврата в таблицу размещения файлов необходимо нажать кнопку .

После выполнения обработки в окне "Параметры обработки" можно посмотреть усредненный по времени спектр сигнала в области отображения графиков (Рисунок 90).

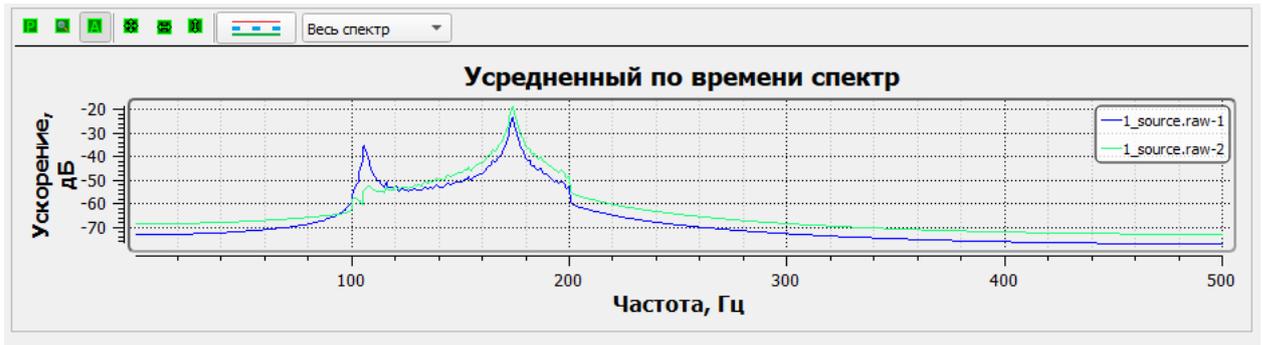


Рисунок 90 - Усредненный по времени спектр сигнала для двух каналов

Чтобы посмотреть спектры необходимо выбрать номера каналов, для которых требуется построить график. Для этого нужно кликнуть по кнопке , после чего откроется окно выбора каналов (Рисунок 91).

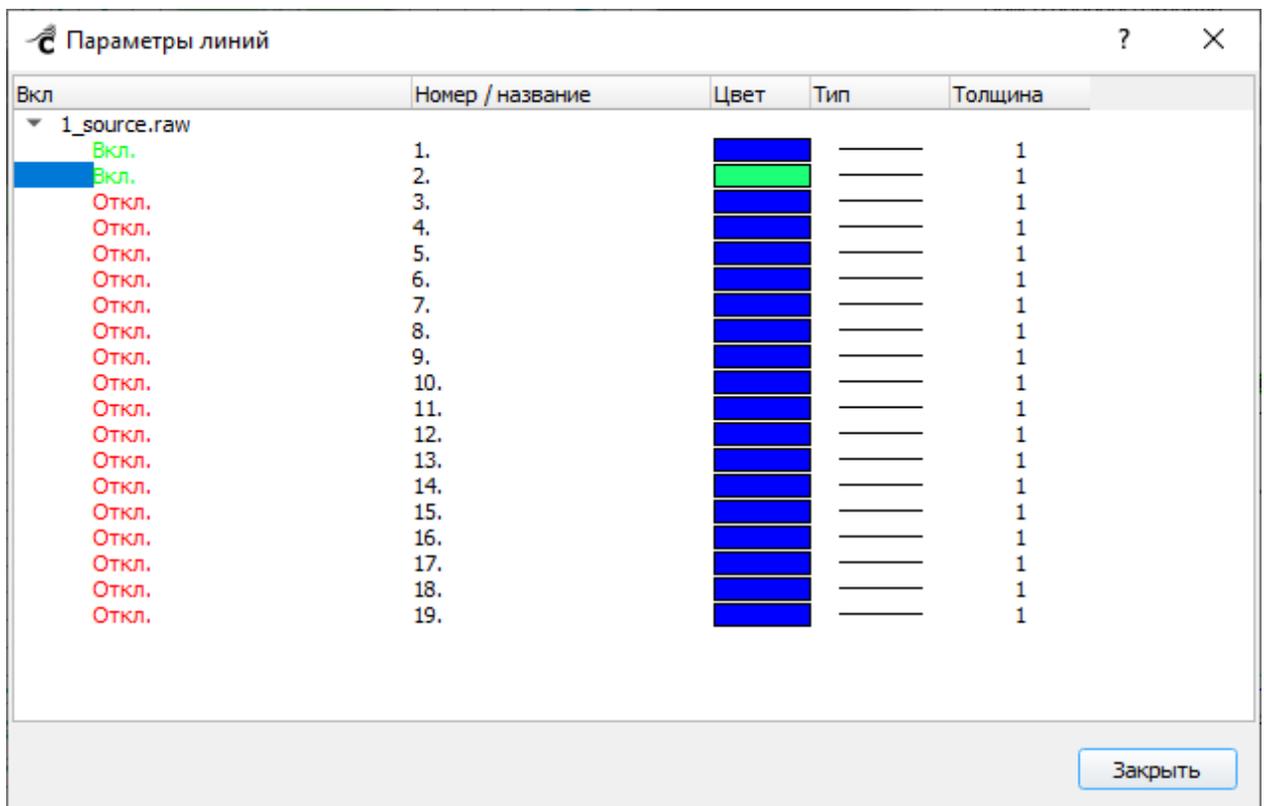


Рисунок 91 - Окно выбора каналов для рисования графиков спектра

Для отображения спектра канала, нужно выбрать его номер в столбце "Номер / название" и перевести его в режим "Вкл.", указать цвет, тип и толщину линии. Отображение графиков спектра и дальнейшая обработка данных доступны только для каналов, указанных в привязке.

3.2.14. Карточка "Поиск источника"

Локализация источников акустической и вибрационной активности осуществляется модулем Search по результатам измерений вибраций в контрольных точках в комплексе с другими расчетами. Карточка модуля имеет название "Поиск источника".

Выполнение поиска источника зависит от результатов вычислений следующих модулей:

- КЭМ,
- Фрагмент,
- Группа,
- Эксперимент,
- Гармонический анализ,
- Пересчет во все узлы.

Описание выполнения данных модулей представлено ранее в пунктах настоящего руководства. Пример цепочки предварительных вычислений представлен на Рисунке 92.

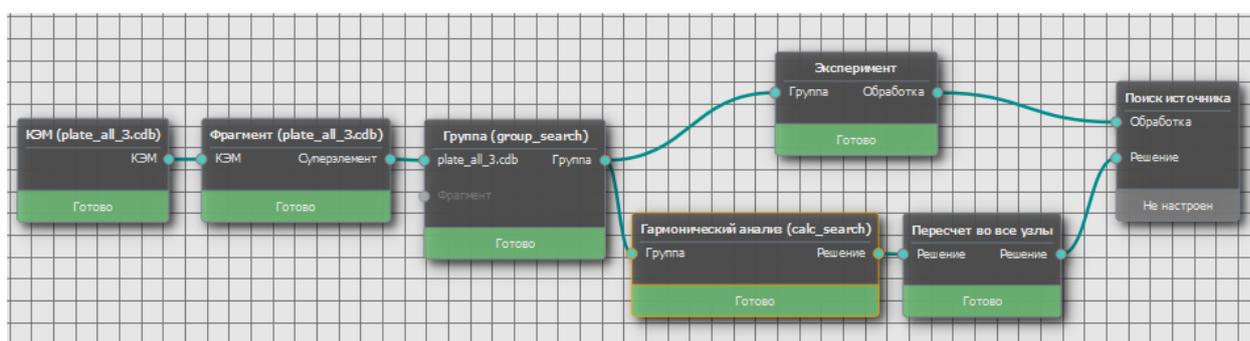


Рисунок 92 - Пример создания цепочки вычислений карточки "Поиск источника"

Создание карточки поиска источника производится путем выбора соответствующего пункта контекстного меню модуля "Эксперимент".

Окно настроек карточки поиска источника представлено на Рисунке 93.

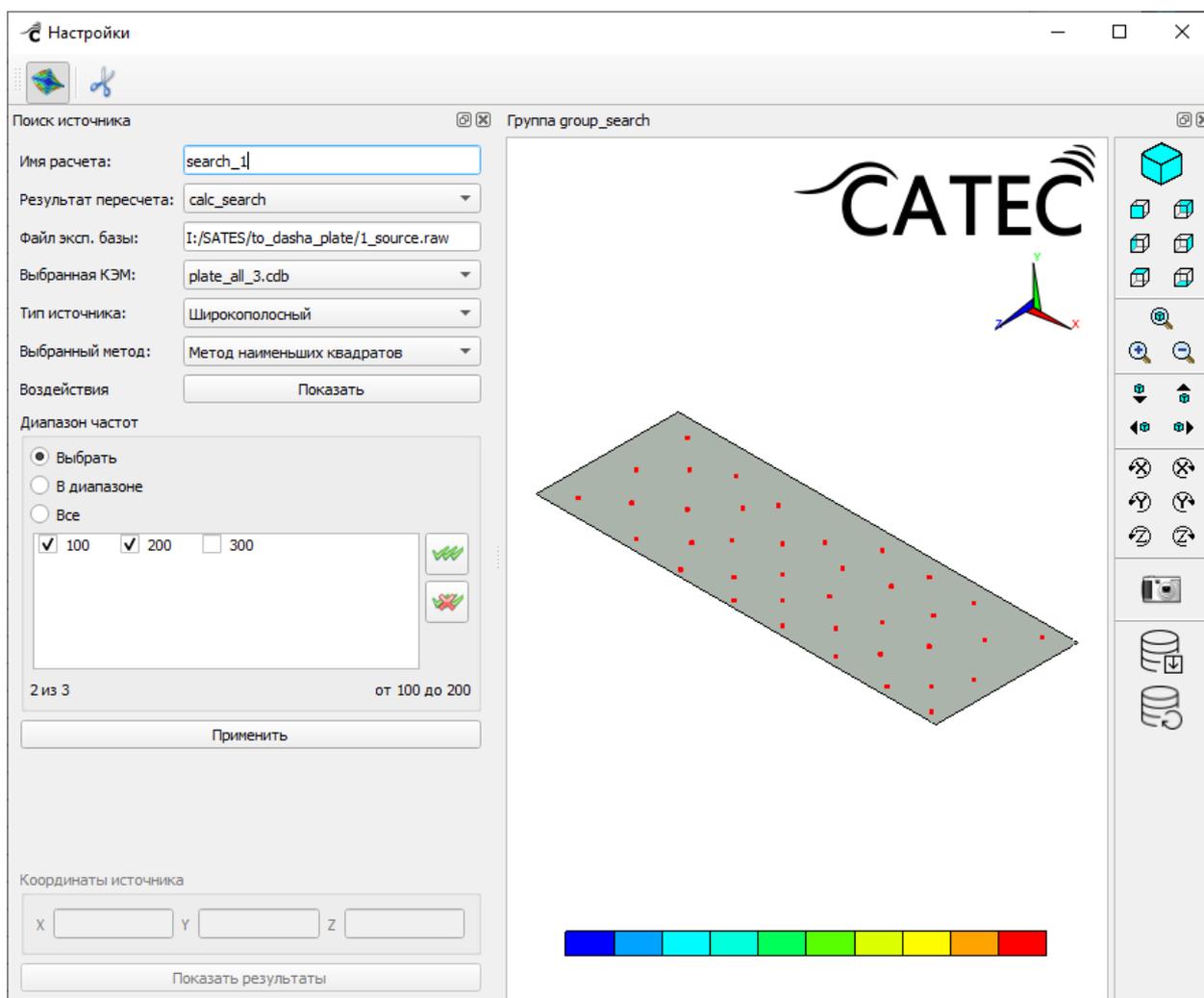


Рисунок 93 - Окно настроек карточки "Поиск источника"

Для выполнения поиска источника шумоизлучения необходимо задать следующие параметры:

- "Имя расчета" – имя расчета, по которому будут сохранены результаты.
- "Результат пересчета" – имя гармонического анализа, для которого выполнен пересчет во все узлы.
- "Выбранная КЭМ" – имя конечно элементной модели, принадлежащей текущей группе, на которой будет производиться локализация источника.
- "Тип источника" – тональный/широкополосный. Тип источника должен соответствовать типу и методу обработки экспериментальных данных в модуле "Эксперимент", связанном с текущей карточкой "Поиск источника"
- "Выбранный метод" – название алгоритма, с помощью которого оценивается распределение вероятности локализации источника. Для широкополосного источника доступны следующие методы:
 - MUSIC (MUltiple SIgnal Classification);

- Метод Кейпона;
- Метод максимального правдоподобия;
- Метод наименьших квадратов.

Для тональных источников – только метод наименьших квадратов (недоступен в ПО "САТЕС" версии 1.5.3)

- "Диапазон частот" – список частот, на которых производится расчет. Список доступных частот ограничен набором частот, на которых выполнен пересчет во все узлы. Среди доступных частот можно выбрать необходимые частоты по отдельности или ограничить их диапазоном, путем переключения соответствующих пунктов в блоке настроек "Диапазон частот" (Рисунок 94), в котором также указывается количество выбранных частот.

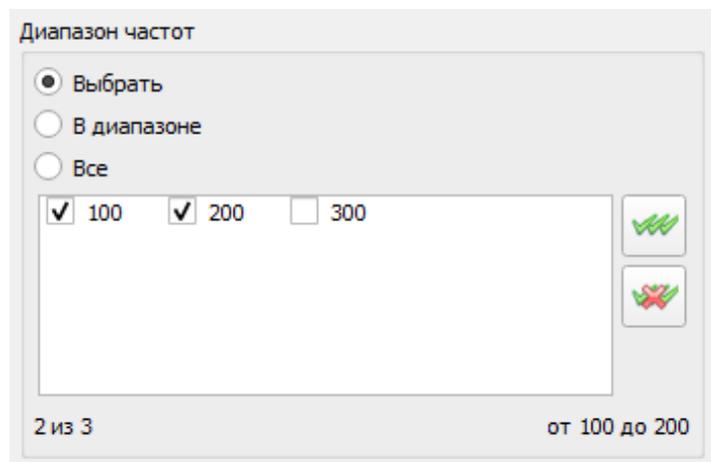


Рисунок 94 - Блок редактирования диапазона частот карточки "Поиск источника"

Кроме того, при необходимости можно задать список воздействий, который доступен по кнопке "Показать" в пункте "Воздействия" (Рисунок 95).

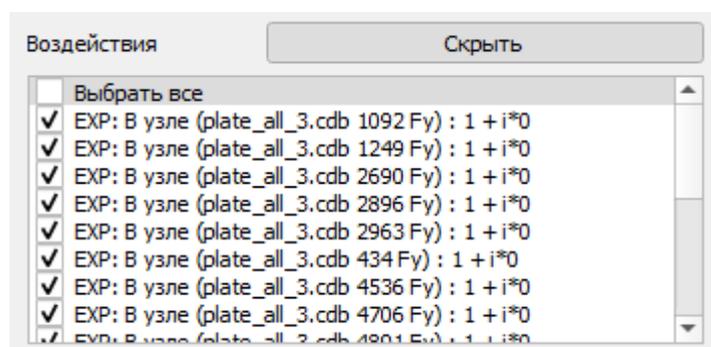


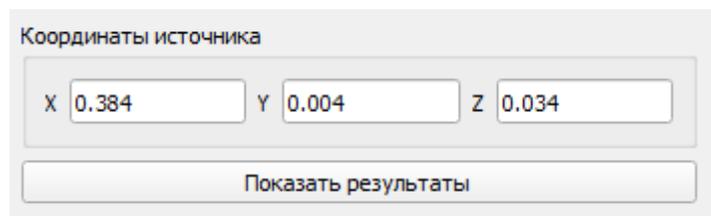
Рисунок 95 - Область редактирования списка воздействий карточки "Поиск источника"

В списке воздействий доступны только те воздействия, для которых выполнен пересчет во все узлы текущих карточек гармонического анализа и пересчета. При этом воздействия должны соответствовать привязке датчиков модуля "Эксперимент", для чего реализованы автоматическое формирование воздействий модулем "Эксперимент" и передача их в карточки "Гармонический анализ" текущей группы. Соответственно, при выполнении расчетов матриц ускорений, в настройках гармонического анализа необходимо добавить сформированные воздействия из глобального списка.

Дополнительно в пункте "Файл эксп. базы" окна настроек указано имя файла, содержащего экспериментальные данные, для которых выполнена обработка модулем "Эксперимент" согласно привязке датчиков.

По завершению настройки карточки "Поиск источника" необходимо нажать кнопку "Применить" и запустить расчет путем выбора пункта "Выполнить" в контекстном меню карточки.

После перехода карточки "Поиск источника" в статус "Готово" область отображения результатов (Рисунок 96) станет активной.



Координаты источника					
X	0.384	Y	0.004	Z	0.034
Показать результаты					

Рисунок 96 - Область отображения координат найденного источника в настройках карточки "Поиск источника"

По нажатию кнопки "Показать результаты" значения координат найденного источника виброактивности указываются в соответствующих полях (X, Y, Z), и становится доступно визуальное отображение положения самого источника (значок ▲) и распределения рейтингов узлов на 3D-модели КЭМ в виде цветояркой диаграммы (Рисунок 97).

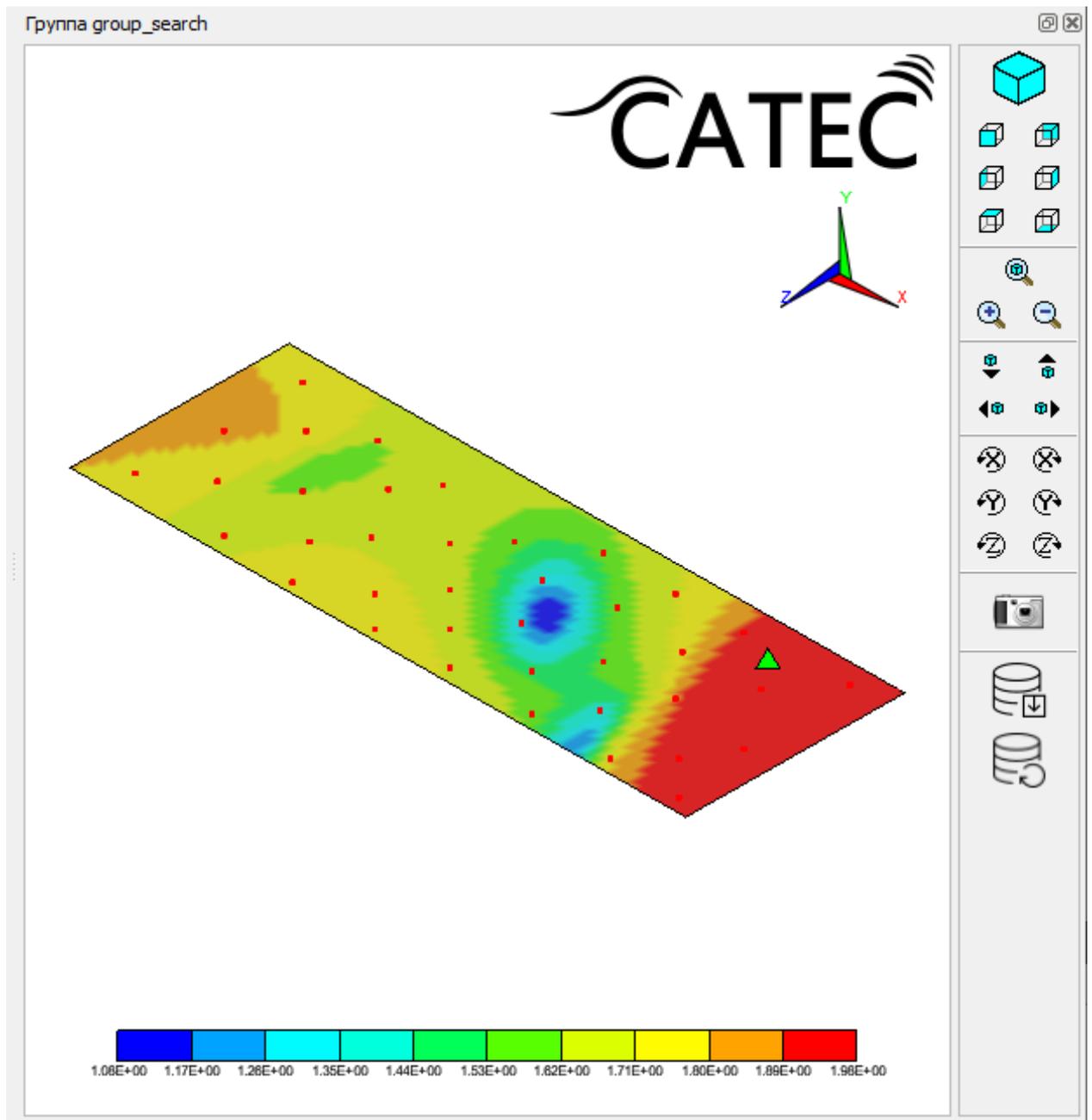


Рисунок 97 - Отображение результатов работы модуля локализации источника шумоизлучения

3.2.15. Карточка "Вклад"

Оценка вклада отдельных виброактивных механизмов во внешнее акустическое поле производится в модуле Contrib, соответствующая ему карточка имеет название "Оценка вклада" (Рисунок 98).

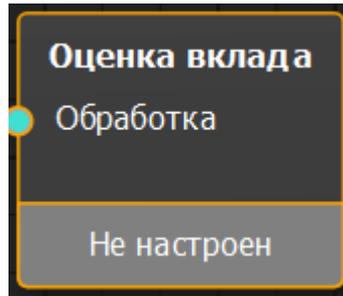


Рисунок 98 - Карточка "Оценка вклада"

Модуль оценки вклада источников осуществляет определение величины вклада в вибрационное или гидроакустическое поле в выбранных контрольных точках на основе измерений вибрации в наборе точек на элементах виброизоляции рассматриваемого механизма или агрегатной сборки.

Для расчета оценки вклада нужно выбрать пункт "Создать оценку вклада" в контекстном меню карточки "Эксперимент" и открыть настройки карточки оценки вклада (Рисунок 99).

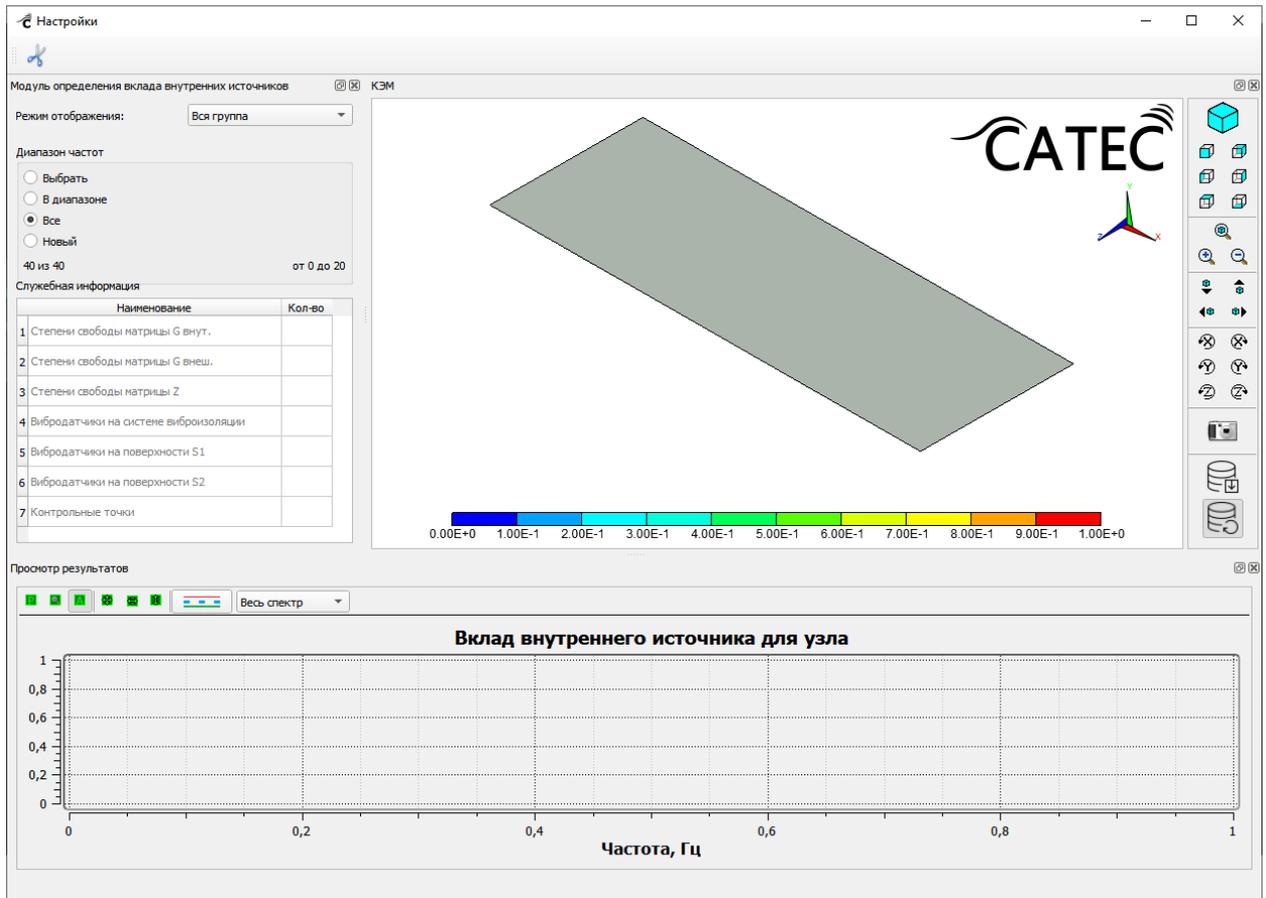


Рисунок 99 - Окно настроек карточки "Оценка вклада"

Конечно-элементная модель для анализа вклада внутренних источников должна быть соответствующим образом подготовлена для расчета: в нем должны присутствовать компоненты различных типов, характеризующие поверхности S1, S2 и содержащие все возможные точки расположения вибродатчиков. Перечень необходимых для расчета компонент приведен в Таблице 4, других компонент в файле быть не должно.

Тип компоненты	Название компоненты	Описание компоненты
узлы	supp <i>i</i> , $i=1..K1$, где K1 - число обобщенных опор поверхности S1.	Каждая из компонент (supp1, supp2...) представляет собой список узлов одной из обобщенных опор поверхности S1.
элементы	mech	Список элементов, принадлежащих внутренней подсистеме.
элементы	amort	Список элементов, принадлежащих системе виброизоляции (расположенных между поверхностями S1 и S2).
узлы	sens_control	Список узлов КЭМ, соответствующих контрольным точкам.
узлы	sens_vibro	Список узлов КЭМ, соответствующих точкам измерения вибрации на поверхностях S1 и S2.

Таблица 4 - Перечень компонент КЭМ, необходимых для работы модуля "CONTRIB"

В окне настроек отображается группа КЭМ, для которой будет анализироваться вклад механизмов, и некоторая служебная информация. Для запуска модуля необходимо задать частотный диапазон и отметить на области 3D визуализации модели узел (контрольную точку), для которого будет произведена оценка вклада. Контрольные точки могут быть расположены в пределах внешней подсистемы или на

поверхности S_1 , которая создается всеми возможными источниками. Поверхность S_2 пересекает опоры механизма в точках контакта с самим механизмом.

Доступные точки показаны красными кружками, выбранная точка - цвет синий. В случае если для данной точки в базе данных рассчитаны несколько степеней свободы (например, три компоненты X, Y, Z), программа предложит выбрать одну из них. Далее следует выбрать пункт "Выполнить" в контекстном меню карточки "Оценка вклада".

После исполнения указанных действий модуль выполняет расчет вклада источников, расположенных в пределах заданной области конструкции, в поле в выбранной контрольной точке по методу податливостей, который подразумевает совместное использование результатов численных расчетов определенных конструкций механизмов и результатов измерений в точках на опорах механизма (системе виброизоляции). Результатом расчета является график уровня вклада в зависимости от частоты, который будет нарисован в окне отображения результата "Вклад внутреннего источника для узла".

3.3. Завершение работы программы

Завершение программы происходит путем закрытия главного окна Клиента ПО "САТЕС" и консольного приложения Менеджера задач ПО "САТЕС".

4. СООБЩЕНИЯ ОПЕРАТОРУ

Основные сообщения оператору:

1. Отсутствие связи Клиента и Менеджера задач. Проверить запущен ли Менеджер задач локально, либо на вычислительном кластере.
2. Отсутствие соединения Клиента с Базой данных. Проверить настройки Базы данных в соответствующем меню Клиента ПО "САТЕС", либо проверить сетевой доступ к вычислительному кластеру.
3. Несовпадение версий Клиента и Расчетных модулей ПО "САТЕС". Обновить до новой версии перечисленные модули локально или на вычислительном кластере.
4. Различные сообщения о некорректных настройках модулей. Следовать указаниям, отображенным во всплывающих сообщениях.
5. Сообщения об этапах расчета при наведение на поле статуса.
6. Сообщения об возникших ошибках при расчете, появляющихся в Журнале.

