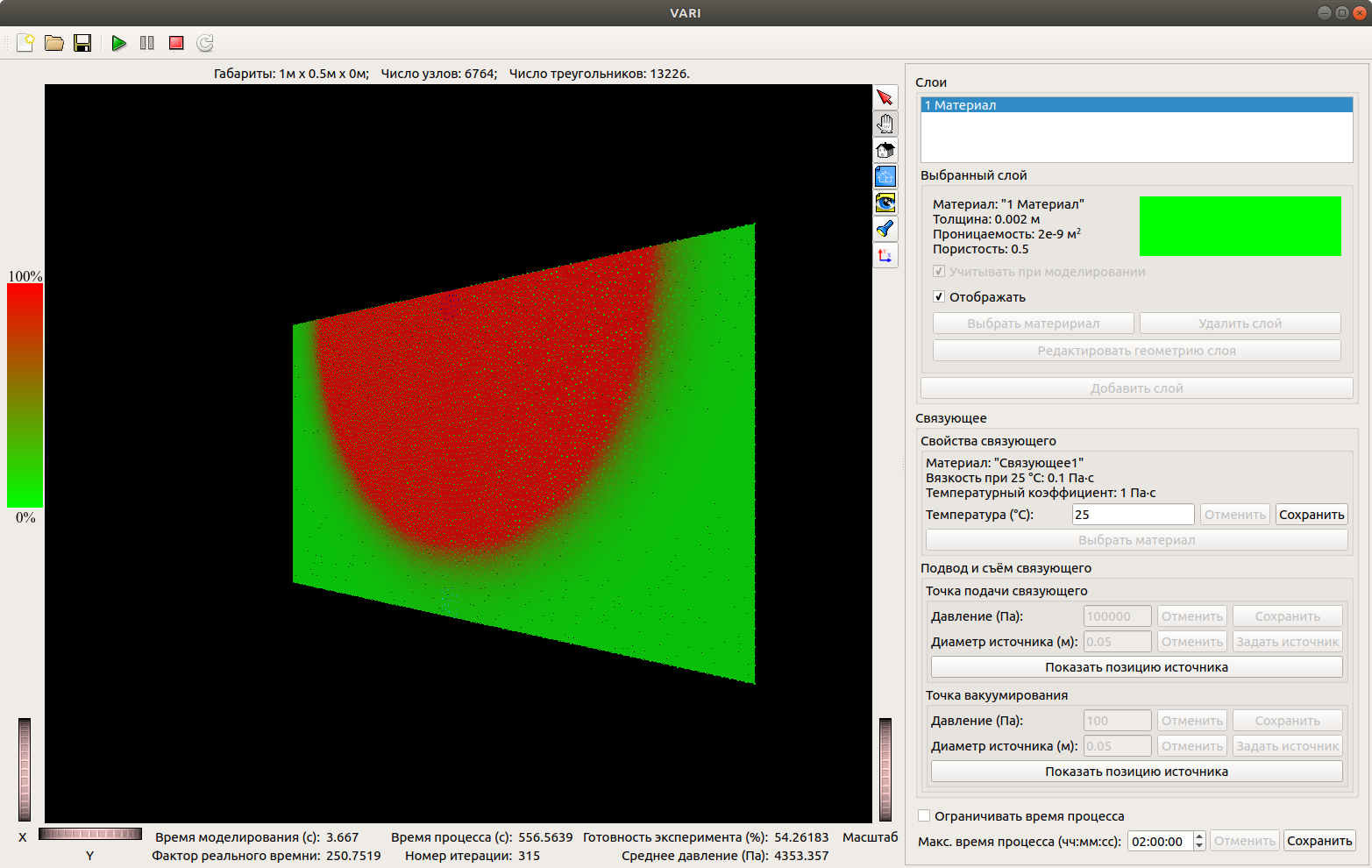
**Инструкция по использованию программного обеспечения для моделирования процесса вакуумной инфузии «VARI»**



Содержание

[1. Формирование преформы 4](#_Toc533444746)

[1.1. Добавление слоя 4](#_Toc533444747)

[1.1.1. Выбор материала слоя 4](#_Toc533444748)

[1.1.2. Загрузка формы из файла 5](#_Toc533444749)

[1.1.3. Окончание создания слоя 6](#_Toc533444750)

[1.2. Включение и отключение слоя при моделировании 6](#_Toc533444751)

[1.3. Включение и отключение визуализации слоя 6](#_Toc533444752)

[1.4. Изменение материала слоя 7](#_Toc533444753)

[1.5. Удаление слоя 7](#_Toc533444754)

[2. Задание параметров пропитки 7](#_Toc533444755)

[2.1. Задание параметров связующего 7](#_Toc533444756)

[2.1.1. Выбор материала связующего 7](#_Toc533444757)

[2.1.2. Задание температуры связующего 8](#_Toc533444758)

[2.2. Задание параметров точки входа связующего 8](#_Toc533444759)

[2.2.1. Задание атмосферного давления 9](#_Toc533444760)

[2.2.2. Задание диаметра и координат точки ввода связующего 9](#_Toc533444761)

[2.3. Задание параметров точки выхода связующего 9](#_Toc533444762)

[3. Взаимодействие с интерфейсом визуализации 9](#_Toc533444763)

[3.1. Вращение, перемещение и приближение трёхмерной модели 11](#_Toc533444764)

[3.2. Включение вида сверху 11](#_Toc533444765)

[3.3. Отображение параметров трёхмерной модели 11](#_Toc533444766)

[3.4. Отображение информации о процессе моделирования 11](#_Toc533444767)

[4. Управление процессом моделирования 12](#_Toc533444768)

[4.1. Запуск 12](#_Toc533444769)

[4.2. Пауза 12](#_Toc533444770)

[4.3. Остановка 13](#_Toc533444771)

[4.4. Сброс параметров модели 13](#_Toc533444772)

[4.5. Автоматическая пауза по истечении времени 13](#_Toc533444773)

[5. Сохранение и загрузка модели пропитанного материала 13](#_Toc533444774)

[5.1. Создание новой модели 13](#_Toc533444775)

[5.2. Сохранение модели 13](#_Toc533444776)

[5.3. Загрузка модели 13](#_Toc533444777)

[6. Взаимодействие с базой данных материалов 14](#_Toc533444778)

[6.1. База данных наполнителей 14](#_Toc533444779)

[6.2. База данных связующих 14](#_Toc533444780)

[6.3. Выбор материала для использования 15](#_Toc533444781)

[6.4. Добавление материала 15](#_Toc533444782)

[6.5. Изменение материала 15](#_Toc533444783)

[6.6. Удаление материала 16](#_Toc533444784)

[6.7. Экспорт базы материалов 16](#_Toc533444785)

[6.8. Импорт базы материалов 16](#_Toc533444786)

# 1. Формирование преформы

## 1.1. Добавление слоя

Для добавления слоя необходимо нажать на кнопку **«Добавить слой»** в разделе **«Слои»** правой части окна.

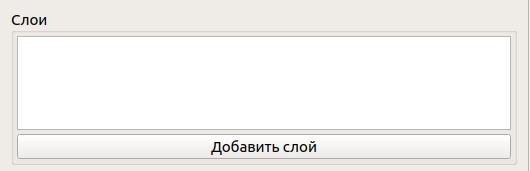


Рис. 1.1. Пустой раздел «Слои»

В результате откроется окно «Создание слоя».

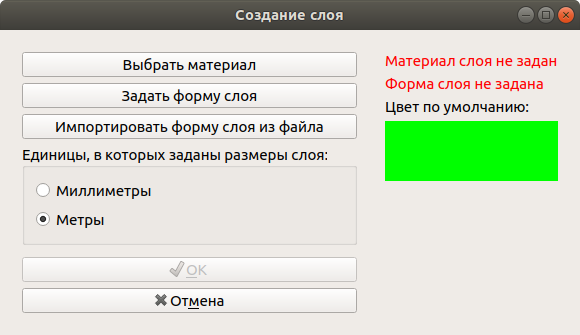


Рис. 1.2. Исходный вид окна создания слоя

В открывшемся окне необходимо выбрать материал слоя и задать его форму.

### 1.1.1. Выбор материала слоя

Для выбора материала слоя необходимо нажать на кнопку **«Выбрать материал»**. В результате откроется окно интерфейса взаимодействия с базой данных наполнителей.



Рис. 1.3. Интерфейс взаимодействия с базой данных наполнителей

В открывшемся окне нужно выделить в списке требующийся материал, после этого нажать кнопку **«ОК»**. Также возможно выбрать материал двойным щелчком мыши по его названию в списке.

Также возможно выбрать материал, отсутствующий в списке, без сохранения его в базу данных. Для этого необходимо ввести в поля «Имя», «Толщина», «Проницаемость», «Пористость» требуемые параметры, а затем нажать кнопку **«ОК»**.

После выбора материала надпись «Материал слоя не задан» заменится на перечень свойств выбранного материала.

### 1.1.2. Загрузка формы из файла

Для загрузки формы слоя из файла необходимо нажать кнопку **«Импортировать форму слоя из файла».** В открывшемся диалоге открытия файла необходимо открыть файл формата трёхмерной модели Gmsh (расширения \*.msh, \*.iges, \*.igs) или Ansys (расширения \*.db, \*.ansys).

После успешного выбора файла надпись «Форма слоя не задана» заменится путь к выбранному файлу.

Поддерживается импорт трёхмерных моделей, размеры которых заданы в миллиметрах и в метрах. Перед импортом модели пользователю необходимо заранее выяснить, какие единицы измерения в ней используются. Используемые единицы измерения нужно выбрать в разделе **«Единицы, в которых заданы размеры слоя»**:

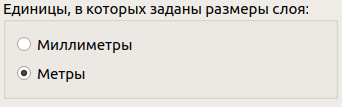


Рис. 1.4. Выбор единиц, в которых заданы размеры импортируемой модели

### 1.1.3. Окончание создания слоя

После того как все необходимые параметры выбраны, в окне создания слоя становится активной кнопка **«ОК»**. Её необходимо нажать для добавления слоя в модель.

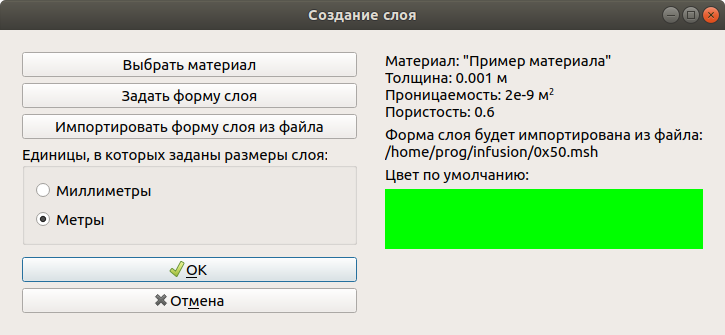


Рис. 1.5. Вид окна создания слоя после выбора параметров

## 1.2. Включение и отключение слоя при моделировании

Для выключения слоя из расчёта необходимо его выбрать в списке слоёв, и затем снять галочку **«Учитывать при моделировании».**

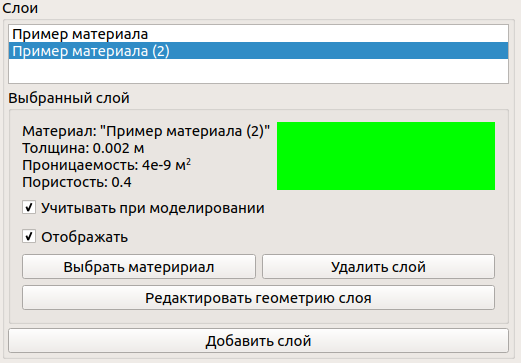


Рис. 1.6. Раздел «Слои» с выбранным слоем

Слои, не учитываемые при моделировании, в списки слоёв помечены серым цветом.

Для возвращения слоя в расчёт необходимо вновь установить галочку **«Учитывать при моделировании».**

## 1.3. Включение и отключение визуализации слоя

Для того чтобы не визуализировать процесс пропитки слоя, при этом не исключая его из расчёта, нужно выбрать этот слой в списке и снять галочку **«Отображать»**.

## 1.4. Изменение материала слоя

Для каждого из слоёв возможно изменить материал наполнителя. Для этого необходимо нажать кнопку **«Выбрать материал»**. В результате откроется окно интерфейса взаимодействия с базой данных наполнителей (см. пункт 1.1.1). В нём необходимо выбрать материал и нажать кнопку **«ОК»**.

## 1.5. Удаление слоя

Для полного удаления слоя необходимо выбрать слой в списке, а затем нажать на кнопку **«Удалить слой»**. В открывшемся окне подтверждения удаления нужно нажать **«Да»**:

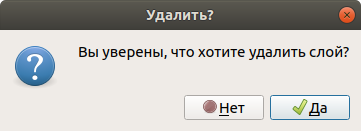


Рис. 1.7. Окно подтверждения удаления слоя

***После изменения конфигурации преформы требуется заново указать точки входа и выхода связующего (см. пункты 2.2 и 2.3).***

# 2. Задание параметров пропитки

## 2.1. Задание параметров связующего

### 2.1.1. Выбор материала связующего

Для выбора материала связующего в правой части окна в разделе **«Свойства связующего»** необходимо нажать на кнопку **«Выбрать материал»**.

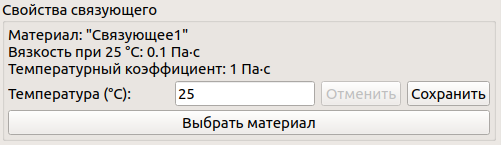


Рис. 2.1. Раздел «Свойства связующего»

В результате откроется окно интерфейса взаимодействия с базой данных наполнителей.

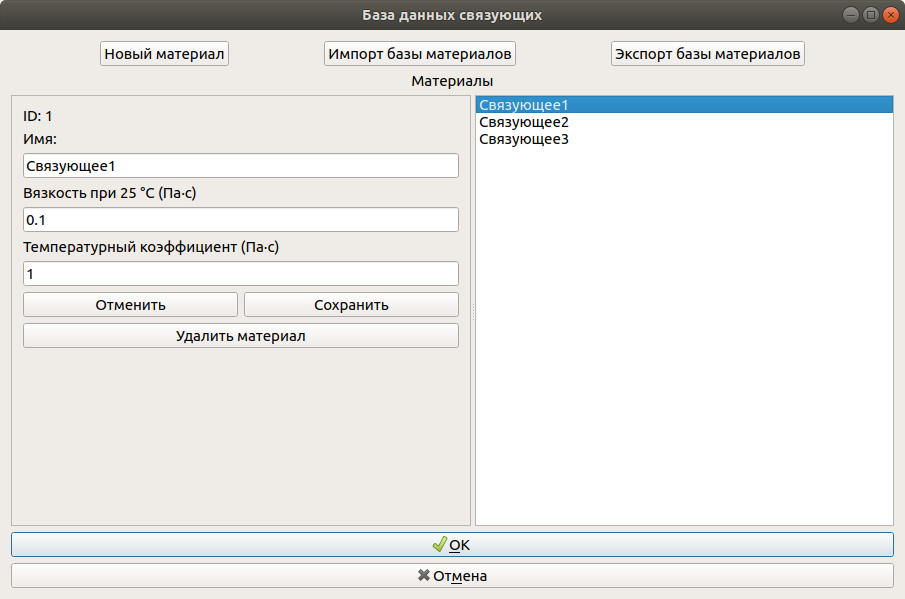


Рис. 2.2. Интерфейс взаимодействия с базой данных связующих

В открывшемся окне нужно выделить в списке требующийся материал, после этого нажать кнопку **«ОК»**. Также возможно выбрать материал двойным щелчком мыши по его названию в списке.

Также возможно выбрать материал, отсутствующий в списке, без сохранения его в базу данных. Для этого необходимо ввести в поля «Имя», «Вязкость при температуре 25°C», «Температурный коэффициент» требуемые параметры, а затем нажать кнопку **«ОК»**.

### 2.1.2. Задание температуры связующего



Рис. 2.3. Поле ввода значения температуры связующего

Для задания температуры связующего необходимо ввести в поле «Температура» величину температуры связующего в градусах Цельсия. Для подтверждения ввода требуется нажать кнопку **«Сохранить»** либо нажать на клавишу «Enter».

Для отображения значения температуры, заданной в текущей момент в модели, нужно нажать на кнопку **«Отменить»**. Если кнопка **«Отменить»** не активна, это означает, что в поле «Температура» уже отображается температура, используемая моделью.

Температуру связующего можно менять во время моделирования.

## 2.2. Задание параметров точки входа связующего

В разделе **«Точка подачи связующего»** вводятся величина атмосферного давления в паскалях и диаметр источника в метрах.

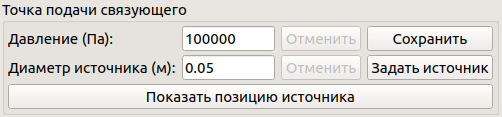


Рис. 2.4. Раздел ввода параметров подачи связующего

### 2.2.1. Задание атмосферного давления

В поле **«Давление»** вводится величина атмосферного давления в паскалях. Для подтверждения ввода требуется нажать кнопку **«Сохранить»** либо нажать на клавишу «Enter».

Для отображения значения давления, заданного в текущей момент в модели, нужно нажать на кнопку **«Отменить»**. Если кнопка **«Отменить»** не активна, это означает, что в поле «Давление» уже отображается давление, используемое моделью.

### 2.2.2. Задание диаметра и координат точки ввода связующего

В поле **«Диаметр источника»** вводится в метрах диаметр источника подачи связующего.

После ввода значения, требуется нажать на кнопку «Задать источник». В результате нажатия, кнопка становится утопленной (), а визуализация модели переключится в режим вида сверху.

Далее необходимо на визуализации модели при помощи мыши кликнуть в месте требуемого расположения источника. При этом у визуализации должен быть включён режим выбора ().

На визуализации модели конечные элементы, относящиеся к точке ввода связующего, отображаются синим цветом. Для отображения позиции источника на модели в любой момент можно воспользоваться кнопкой **«Показать позицию источника»**.

## 2.3. Задание параметров точки выхода связующего

В разделе **«Точка вакуумирования»** вводятся величина давления вакуума в паскалях и диаметр источника съёма свящующего в метрах.

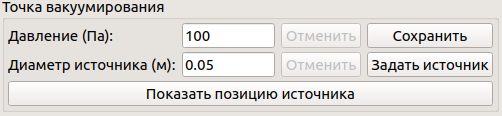


Рис. 2.5. Раздел ввода параметров выхода связующего

Задание величины давления, диаметра и координат точки вывода связующего осуществляется аналогично заданию соответствующих параметров точки для точки подачи связующего (см. пункт 2.2).

На визуализации модели конечные элементы, относящиеся к точке выхода связующего, отображаются синим цветом.

# 3. Взаимодействие с интерфейсом визуализации

Визуализация трёхмерной модели пропитываемой преформы находится в левой части окна.

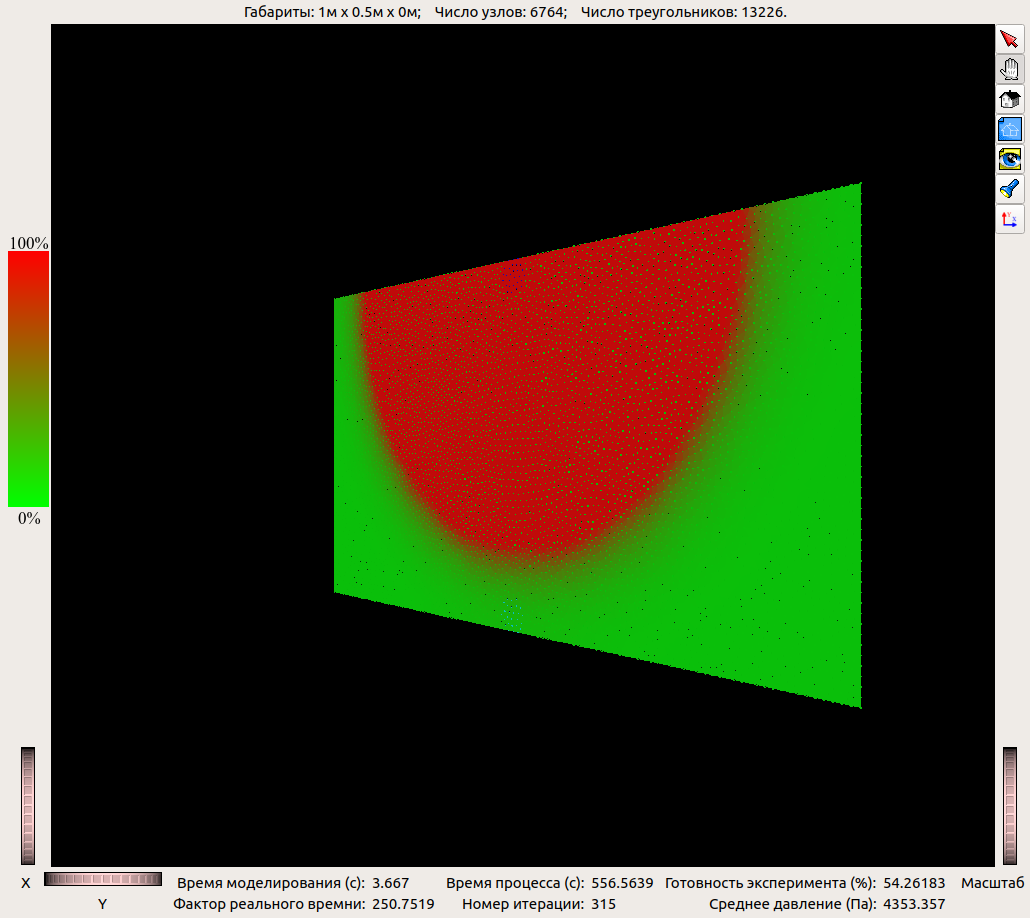


Рис. 3.1. Элементы визуализации модели

Визуальное представление модели имеет ряд элементов управления.

Кнопки:

- режим выбора элементов;



- режим перемещения и вращения модели;



- переход к заранее сохранённой точке обзора;



- сохранение текущей точки обзора;



- отображение модели так, чтобы она полностью поместилась на экран;



- режим приближения;



- вид сверху.



Вращательные элементы:



Рис. 3.2. Вращение модели вокруг горизонтальной оси



Рис. 3.3. Вращение модели вокруг вертикальной оси

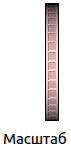


Рис. 3.4. Приближение и отдаление модели

## 3.1. Вращение, перемещение и приближение трёхмерной модели

При включённом режиме перемещения и вращения модели () модель можно вращать, перемещать, приближать и отдалять при помощи мыши:

- **вращение** осуществляется путём перемещения мыши с зажатой **левой** кнопкой;

- **перемещение** осуществляется путём перемещения мыши с зажатой **средней** кнопкой (нажатым колёсиком);

- **приближение** осуществляется путём вращения колёсика мыши на себя;

- **отдаление** осуществляется путём вращения колёсика мыши от себя.

При помощи элементов управления, изображённых на рис. 3.2-3.4, также можно вращать, перемещать, приближать и отдалять модель.

## 3.2. Включение вида сверху

Переход к виду сверху осуществляется путём нажатия на кнопку .

## 3.3. Отображение параметров трёхмерной модели

Вверху отображается информация о габаритах трёхмерной модели преформы, число узлов, число треугольников, составляющих модель.



Рис. 3.5. Строка параметров модели

## 3.4. Отображение информации о процессе моделирования

В процессе моделирования ячейки детали раскрашиваются в соответствии с их уровнем заполнения связующим. Зелёному цвету соответствует отсутствие заполнения, а красному – полное заполнение.



Рис. 3.6. Шкала цветовых обозначений степени пропитки

Под отображением модели выводится информация о текущем состоянии процесса моделирования:

- расчётное время моделирования, в секундах;

- время моделирования, в секундах;

- отношение расчётного времени за итерацию к измеренному времени итерации – фактор реального времени;

- номер итерации;

- средняя степень заполнения всех узлов в процентах – готовность эксперимента;

- среднее давление во всех узлах в паскалях.



Рис. 3.7. Информация о текущем состоянии моделирования

# 4. Управление процессом моделирования



Рис. 4.1. Элементы управления процессом моделирования

## 4.1. Запуск

Для запуска моделирования необходимо задать форму модели и все параметры (см. пункты 1 и 2) и затем нажать на кнопку **«Запуск симуляции»** () на панели инструментов.

Во время симуляции можно менять температуру связующего, остальные параметры менять нельзя.

## 4.2. Пауза

Процесс моделирования в любой момент возможно поставить на паузу. Для этого нажать на кнопку **«Пауза симуляции»** () на панели инструментов. Возобновить процесс моделирования можно нажатием на кнопку **«Запуск симуляции»** ().

Во время паузы также нельзя менять никакие параметры симуляции, кроме температуры связующего.

## 4.3. Остановка

Процесс моделирования в любой момент возможно поставить на остановить. Для этого нажать на кнопку **«Остановка симуляции»** () на панели инструментов. Возобновить моделирование после остановки нельзя, можно только начать его заново.

Когда готовность эксперимента достигнет 100 % или величина давления связующего в узлах перестанет изменяться, моделирование остановится автоматически.

## 4.4. Сброс параметров модели

Кнопка **«Сброс симуляции»** () на панели инструментов служит для остановки симуляции и сброса раскраски модели к исходной.

## 4.5. Автоматическая пауза по истечении времени

В программе реализована функция автоматической паузы процесса моделирования по достижении определённого расчётного времени моделирования.

Для использования этой функции в правом нижнем углу необходимо отметить галочку **«Ограничивать время процесса»** время процесса в поле **«Макс. время процесса»** в формате чч:мм:сс. После ввода времени нужно нажать кнопку **«Сохранить»**.

Снимается ограничение на время процесса путём снятия галочки **«Ограничивать время процесса»**.



Рис. 4.2. Элементы управления ограничением времени процесса

# 5. Сохранение и загрузка модели пропитанного материала



Рис. 5.1. Кнопки создания, загрузки и сохранения модели

## 5.1. Создание новой модели

Для создания новой модели нужно нажать кнопку **«Новая деталь»** () на панели инструментов. В результате модель преформы будет очищена и вся не сохранённая информация о её конфигурации и пропитке утеряна.

## 5.2. Сохранение модели

Полную информацию о модели можно сохранить в единый файл. В результате сохраняется трёхмерная модель, степень её пропитки, параметры пропитки, информация о процессе пропитки.

Для сохранения модели нужно нажать **«Сохранить деталь»** (). Далее в открывшемся диалоге сохранения файла выбрать нужную папку, ввести имя файла и нажать «Сохранить».

## 5.3. Загрузка модели

Полную информацию о модели можно загрузить из файла. В результате загрузится трёхмерная модель, степень её пропитки, параметры пропитки, прошедшем информация о процессе пропитки. При этом, если перед сохранением моделирование не было завершено, а было поставлено на паузу, после загрузки сохранённой модели моделирование можно продолжить.

Для открытия модели нужно нажать **«Открыть деталь»** (). Далее в открывшемся диалоге сохранения файла выбрать нужный файл и нажать «Открыть».

# 6. Взаимодействие с базой данных материалов

В программе реализован интерфейс взаимодействия с базой данных материалов. Используется база данных PostgreSQL.

Поддерживаются возможности добавления новых материалов, редактирования существующих, удаления существующих. Также имеются возможности сохранения базы в файл (экспорт) и создания базы из файла (импорт).

База данных содержит две таблицы: наполнители и связующие.

## 6.1. База данных наполнителей

Интерфейс взаимодействия с базой данных наполнителей может быть открыт при создании слоя (см. пункт 1.1.1) либо при изменении материала уже созданного слоя (см. пункт 1.4).



Рис. 6.1. Интерфейс взаимодействия с базой данных тканей

Каждый наполнитель характеризуется следующими параметрами:

* ID - уникальный номер наполнителя, назначается автоматически, его невозможно изменить.
* Имя - строка. Уникально для каждой ткани. Может состоять из любых символов. Может быть отредактировано.
* Толщина - число с плавающей точкой. Измеряется в метрах (м).
* Проницаемость - число с плавающей точкой. Измеряется в квадратных метрах (м2).
* Пористость - число с плавающей точкой, от 0 до 1. Безразмерная величина.

## 6.2. База данных связующих

Интерфейс взаимодействия с базой данных наполнителей может быть открыт при выборе материала связующего (см. пункт 2.1.1).

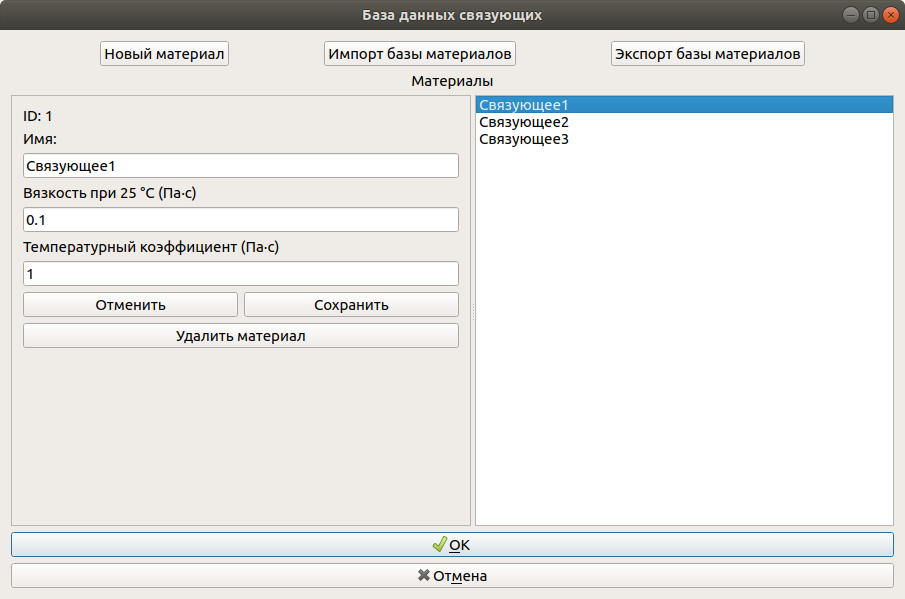


Рис. 6.2. Интерфейс взаимодействия с базой данных связующих

Каждое связующее характеризуется следующими параметрами:

* ID - уникальный номер связующего, назначается автоматически, его невозможно изменить.
* Имя - строка. Уникально для каждого типа связующего. Может состоять из любых символов. Может быть отредактировано.
* Номинальная вязкость – число с плавающей точкой. Динамическая вязкость жидкости, измеренная при температуре 25 °C (298,15 К). Измеряется в Паскалях на секунду (Па · с).
* Температурный коэффициент – число с плавающей точкой. Используется для определения вязкости жидкости при заданной температуре. Измеряется в Паскалях на секунду (Па · с).

## 6.3. Выбор материала для использования

При выборе материала для использования нужно выделить в списке требующийся материал, после этого нажать кнопку **«ОК»**. Также возможно выбрать материал двойным щелчком мыши по его названию в списке.

Также возможно выбрать материал, отсутствующий в списке, без сохранения его в базу данных. Для этого необходимо ввести его параметры, а затем нажать кнопку **«ОК»**.

## 6.4. Добавление материала

Для добавления материала необходимо совершить следующие действия:

1. нажать кнопку **«Новый материал»** в левом верхнем углу;
2. ввести параметры материала;
3. нажать кнопку **«Сохранить»**.

## 6.5. Изменение материала

Для изменения существующего материала необходимо совершить следующие действия:

1. выбрать материал в списке справа;
2. изменить интересующие параметры;
3. нажать кнопку **«Сохранить»**.

## 6.6. Удаление материала

Для удаления материала необходимо совершить следующие действия:

1. выбрать материал в списке справа;
2. нажать кнопку **«Удалить материал»**;
3. в открывшемся окне подтверждения нажать **«Да»**.

## 6.7. Экспорт базы материалов

Для экспорта базы данных в текстовый файл необходимо, нажать кнопку **«Экспорт базы материалов»**, в открывшемся диалоге сохранения файла выбрать папку, задать имя файла и нажать «Сохранить».

## 6.8. Импорт базы материалов

Для импорта базы данных из текстового файла необходимо, нажать кнопку **«Экспорт базы материалов»**, в открывшемся диалоге выбрать файл и нажать «Открыть».

В случае, если в базе данных есть материалы, имена или ID которых совпадают с какими-либо материалами импортируемой базы, произойдёт ошибка и база импортирована не будет.