

Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом»  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ  
«РОССИЙСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЯДЕРНЫЙ ЦЕНТР - ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО -  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ»  
(ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»)

УТВЕРЖДЕН

07623615.01143-02 34 01-ЛУ

СПЖЦ.Композиты

Руководство оператора

07623615.01143-02 34 01

Оптический диск

Листов 88

Ине. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Ине. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

## **АННОТАЦИЯ**

Руководство оператора предназначено для описания процедуры общения оператора с программно-реализуемыми компонентами «Единой цифровой технологической платформы инженерного программного обеспечения (в части PDM/CAD/CAE/CAPP/CAM) для проектирования, анализа и автоматизированного изготовления изделий из полимерных композиционных материалов» на базе прототипа СПЖЦ.КОМПОЗИТЫ версия 1 (далее – СПЖЦ.КОМПОЗИТЫ) в процессе его выполнения. В документе представлено описание функциональных возможностей СПЖЦ.КОМПОЗИТЫ, реализованных при выполнении работ 2025 года.

В руководстве оператора приведены для СПЖЦ.КОМПОЗИТЫ:

- 1) назначение программы;
- 2) условия выполнения программы;
- 3) выполнение программы и сообщения оператору.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Назначение программы.....	5
2. Условия выполнения программы .....	9
3. Выполнение программы и сообщения оператору.....	10
3.1. Запуск и завершение программы.....	10
3.2. Исходные данные для выполнения программы .....	11
3.3. Возможность описания композитного пакета по номиналу и с припуском. ....	13
3.4. Описание системы координат композитного пакета.....	24
3.5. Формирование описания послойной структуры композитного пакета методом послойного проектирования.....	30
3.6. Возможность расчёта результирующей информации о суммарном периметре слоёв по каждому материалу композитного пакета .....	37
3.7. Отдельный элемент пользовательского интерфейса «Навигатор композитов» для отображения послойной структуры композитного пакета с поддержкой внесения изменений в структуру, модификации отдельных компонентов пакета и выполнения массовых операций с компонентами.....	40
3.8. Расчет расхода материала с учетом припуска.....	48
3.9. Расчет массово-инерционных характеристик пакета с учетом технологических операций. ....	50
3.10. Визуализация послойной структуры композитного пакета в сечении плоскостью .....	61
3.11. Формирование, хранение описания композитного материала (однонаправленный, тканый) с соответствующими атрибутами в справочнике материалов Сарус.PDM или Сарус.MDM и предоставление информации о материалах смежным информационным и прикладным системам .....	65
3.12. Визуализация линии ширины материала.....	72
3.13. Описание композитной детали в PDM.....	74
3.14. Формирование надрезов и вырезов с целью сокращения деформации материала до приемлемых значений.....	77

3.15. Визуализация отклонения волокон от заданного направления за счет кривизны поверхности на основании поверхностной сетки .....	84
Перечень сокращений .....	87

## 1. НАЗНАЧЕНИЕ ПРОГРАММЫ

СПЖЦ.КОМПОЗИТЫ предназначена для обеспечения возможности разработки конструкций из слоистых композиционных материалов, включая:

- 1) реализация принципиального порядка разработки конструкции и технологии производства композитного изделия;
- 2) формирование и управление цифровым описанием внутренней послойной структуры композитного пакета;
- 3) инженерный анализ с целью определения конечных характеристик изделия;
- 4) технологическая подготовка производства изделий из слоистых композиционных материалов, включая моделирование драпировки ткани на криволинейных поверхностях и получение контуров плоских разверток;
- 5) экспорт данных для промышленного оборудования (раскройные станки, лазерные проекционные системы, оборудование автоматизированной выкладки);
- 6) формирование чертежной документации (альбом и таблица слоёв).

СПЖЦ.КОМПОЗИТЫ включает в себя следующие функции:

- 1) возможность расчета результирующей информации о суммарном периметре слоев по каждому материалу композитного пакета:
  - возможность расчета периметров отдельных слоев;
  - возможность сохранения результатов расчета периметров отдельных слоев в атрибуты соответствующих слоев;
  - возможность расчета результирующей информации о суммарном периметре слоев по каждому материалу композитного пакета;
  - возможность сохранения результирующей информации о суммарном периметре слоев по каждому материалу композитного пакета в атрибуты композитного пакета;
  - возможность сохранения результирующей информации о суммарном периметре слоев по каждому материалу композитного пакета в атрибуты CAD-модели;

2) отдельный элемент пользовательского интерфейса «Навигатор композитов» для отображения послойной структуры композитного пакета с поддержкой внесения изменений в структуру, модификации отдельных компонентов пакета и выполнения массовых операций с компонентами:

- возможность отображения послойной структуры композитного пакета;
- возможность модификации отдельных компонентов композитного пакета;
- возможность выполнения массовых операций (создание, редактирование, удаление) с компонентами композитного пакета;
- возможность визуализации соответствующих связанных геометрических объектов при выделении компонента композитного пакета;
- возможность фильтрации компонентов композитного пакета;

3) описание композитного пакета по номиналу и с припуском:

- возможность создания объекта «композитный пакет»;
- возможность указания текстовых и геометрических параметров композитного пакета;
- возможность визуализации соответствующих связанных геометрических объектов при выделении композитного пакета;

4) описание системы координат композитного пакета.:

- возможность создания объекта «композитная система координат»;
- возможность указания текстовых и геометрических параметров системы координат композитного пакета;
- возможность визуализации соответствующих связанных геометрических объектов при выделении системы координат;
- возможность визуализации основных направлений (0/45/90/-45) при выделении объекта системы координат;

5) формирование описания послойной структуры композитного пакета методом послойного проектирования:

- возможность создания объекта «слой»;
- возможность задания текстовых и геометрических параметров слоя;

- возможность визуализации соответствующих связанных геометрических объектов при выделении слоя;
- 6) расчет расхода материала с учетом припуска:
- возможность расчета суммарной площади по каждому материалу, входящему в состав композитного пакета;
- 7) расчет массово-инерционных характеристик пакета с учетом технологических операций:
- возможность вычисления координат центра тяжести композитного пакета;
  - расчет массы композитного пакета;
  - расчет моментов инерции композитного пакета;
- 8) визуализация послойной структуры композитного пакета в сечении плоскостью:
- возможность создания объекта «Сечение плоскостью»;
  - возможность визуализации послойной структуры композитного пакета в сечении плоскостью;
  - возможность создания геометрии сечения в форме элементов KM.CAD;
  - возможность отображения цветов слоев в соответствии с углами армирования;
  - возможность настройки параметров сечения для изменения типа, масштаба и границ сечения;
  - возможность расчета узлов послойной структуры композитного пакета в сечении плоскостью (упрощенное сечение);
- 9) формирование, хранение описания композитного материала (однонаправленный, тканый) с соответствующими атрибутами в справочнике материалов KM.PDM или KM.MDM и предоставление информации о материалах смежным информационным и прикладным системам:
- формирование списка свойств композиционного материала в библиотеке композиционных материалов;
- 10) визуализация линий ширины материала:

- возможность разделения слоев на отдельные компоненты с учетом ширины материала;

11) описания композитной детали в PDM:

- возможность описания композитной детали в KM.PDM;

12) формирование надрезов и вырезов с целью сокращения деформации материала до приемлемых значений:

- возможность построения тонкого надреза;
- возможность построения выреза;

13) визуализация отклонения волокон от заданного направления за счет кривизны поверхности на основании поверхностной сетки:

- возможность построения и визуализации поверхностной сетки, отображающей зоны отклонения волокон материала в процессе укладки, с учетом параметров выбранной системы координат и геометрических параметров слоя;
- возможность изменения разрешения сетки с целью повышения точности моделирования / ускорения процесса моделирования.



## 2. УСЛОВИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Для функционирования компонентов СПЖЦ.КОМПОЗИТЫ аппаратная платформа должна соответствовать конфигурации АРМ:

- процессор Intel или AMD с поддержкой SSE2 (рекомендуется – Intel i5 или выше);
- ОЗУ 8 Гб и более (рекомендуется – 16 Гб и более);
- видеокарта с поддержкой OpenGL 3.3 (рекомендуется – высокопроизводительная видеокарта NVIDIA или AMD с памятью 1 Гб и выше, с поддержкой OpenGL версии 4.2 и выше);
- объем свободного пространства на жестком диске, необходимого для установки, – 5 Гб и более;
- монитор с разрешением 1920×1080 и выше;
- клавиатура;
- манипулятор типа «мышь».

Для функционирования СПЖЦ.КОМПОЗИТЫ необходимо наличие следующего ПО:

- 1) ОС Microsoft Windows версии не ниже 10;
- 2) ОС Astra Linux SE версии не ниже 1.7.4;
- 3) комплекс программ в защищенном исполнении «Система полного жизненного цикла изделий «Цифровое предприятие» (САРУС) версии не ниже 2024.03.0.69-CMN, состоящий из модулей: СПЖЦ.CAD, СПЖЦ.MDM, СПЖЦ.PDM, СПЖЦ.TP.

### 3. ВЫПОЛНЕНИЕ ПРОГРАММЫ И СООБЩЕНИЯ ОПЕРАТОРУ

#### 3.1. Запуск и завершение программы

Загрузка и запуск СПЖЦ.КОМПОЗИТЫ осуществляется из приложения-оболочки пользовательского интерфейса программного модуля СПЖЦ.ТР.

В случае успешного запуска СПЖЦ.КОМПОЗИТЫ на рабочем столе будет отображено главное окно технологической платформы, в состав которой входит программно-реализуемый компонент.

Основные инструменты СПЖЦ.КОМПОЗИТЫ находятся на вкладке «Композиты» (рис. 1).

Главное окно технологической платформы

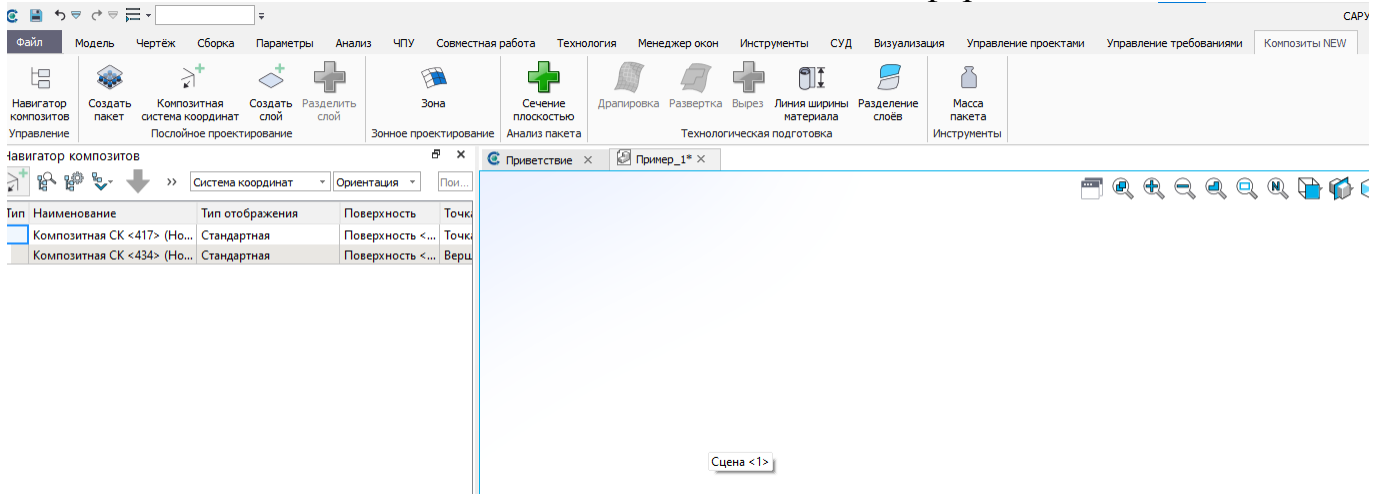


Рисунок 1

В окне «Управление» («Управление приложениями») должны быть включены модули, представленные на рис. 2.

Модули для работы СПЖЦ.КОМПОЗИТЫ

Управление приложениями							?	×
	Наименование	ID	Модуль	Автозапуск	Тип	Состояние		
96	Модуль композиционных материалов	RPLM.CAD.Со...	RPLM.CAD.Со...	<input checked="" type="checkbox"/>	Статическое	Запущено		
97	Модуль модели данных композиционных материалов	RPLM.CAD.Со...	RPLM.CAD.Со...	<input checked="" type="checkbox"/>	Статическое	Запущено		

Рисунок 2

Для завершения работы в СПЖЦ.КОМПОЗИТЫ нужно нажать пиктограмму



в правом верхнем углу главного окна.

### 3.2. Исходные данные для выполнения программы

В качестве исходных данных для возможности расчета результирующей информации о суммарном периметре слоев по каждому материалу композитного пакета выступают:

- 1) геометрия поверхности оснастки в виде результирующей поверхности сшивки;
- 2) начальная точка укладки композиционного материала на поверхность оснастки в виде точки на поверхности;
- 3) направление укладки в виде отрезка, один из концов которого совпадает с точкой начала укладки.

Вся исходная геометрия должна быть представлена в формате RGP.

В качестве входных данных для моделирования драпируемости композиционного материала выступают:

1) файл формата RGP (все геометрические объекты должны быть созданы заранее в формате RGP):

- геометрия поверхности оснастки в виде результирующей поверхности сшивки;
- начальная точка укладки композиционного материала на поверхность оснастки в виде точки на поверхности;
- направление укладки в виде отрезка, один из концов которого совпадает с точкой начала укладки;

2) технологические характеристики драпируемости композиционного материала в виде предельного угла деформации композиционного материала. Значение предельного угла деформации измеряется в градусах угла и задается в пределах 0-90 градусов;

3) размер ячейки сетки моделирования задается в мм в пределах 5-100 мм.

В качестве входных данных для построения геометрии контура плоской развертки выступают результаты моделирования драпируемости композиционного материала.

В качестве входных данных для создания объекта «Пакет» выступают:

- 1) геометрия поверхности оснастки и модели в виде результирующей поверхности сшивки;
- 2) границы поверхности;
- 3) тип укладки.

В качестве входных данных для создания объекта «Композитная система координат» выступают:

- 1) поверхность;
- 2) точка начала выкладки;
- 3) направление (отрезок, кривая);
- 4) длина вектора (размер).

В качестве входных данных для создания объекта «Слой» выступают:

- 1) пакет;
- 2) композитная система координат;
- 3) точка начала выкладки;
- 4) граница слоя;
- 5) шаг;
- 6) ориентация слоя (может быть 0, 45, 90 и -45);
- 7) размер ячейки;
- 8) материал.

В качестве входных данных для выполнения команды «Линия ширины материала» выступают:

- 1) геометрия слоя;
- 2) результат драпировки;
- 3) ширина материала;
- 4) значение смещения.

В качестве входных данных для выполнения команды «Сечение» выступают:

- 1) плоскость сечения;
- 2) пакет;
- 3) результат драпировки;
- 4) начальная и конечная точки;

5) масштаб.

В качестве входных данных для выполнения команд «Вырез» и «Надрез» выступают:

- 1) слой;
- 2) набор точек.

В качестве входных данных для расчета масс-инерционных характеристик выступают:

- 1) пакет (границы);
- 2) слои (границы);
- 3) результат драпировки;
- 4) свойства материала (поверхностная плотность).

В качестве входных данных для расчета суммарной площади по каждому материалу выступают:

- 1) пакет (границы);
- 2) слои (границы);
- 3) результат драпировки;
- 4) материал.

В качестве входных данных для расчета суммарных периметров по каждому материалу выступают:

- 1) пакет (границы);
- 2) слои (границы);
- 3) развертка;
- 4) материал.

### **3.3. Описание композитного пакета по номиналу и с припуском**

#### **3.3.1. Возможность создания объекта «Композитный пакет»**

На вкладке «Композиты» в группе «Послойное проектирование» запустить команду «Создать пакет» (рис. 3).

## Расположение команды «Создать пакет»

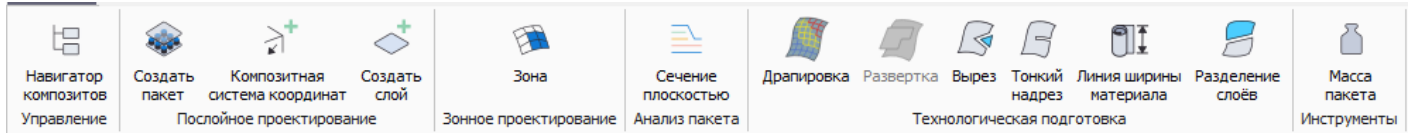


Рисунок 3

При запуске команды «Создать пакет» появляется диалоговое окно (рис. 4).

## Диалоговое окно команды «Создать пакет»

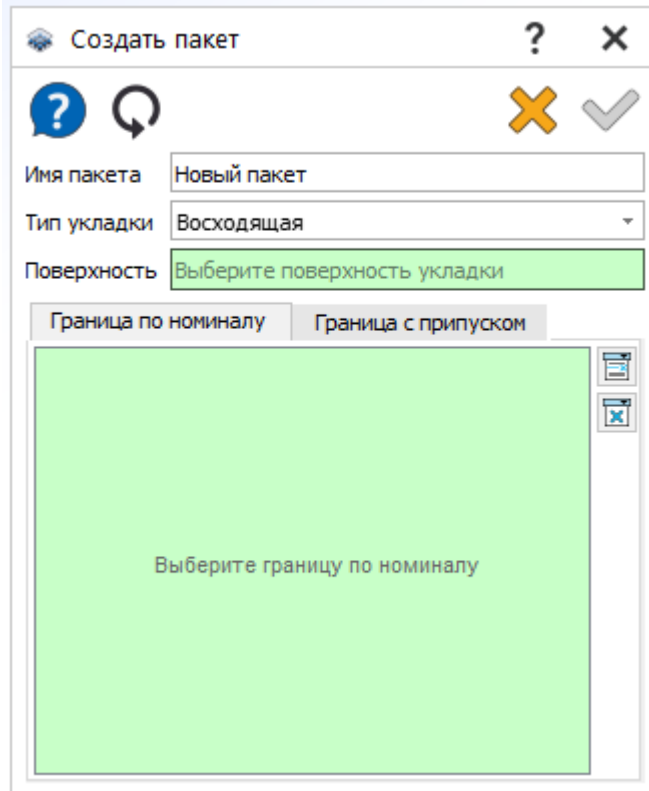



Рисунок 4

Поле «Имя пакета» позволяет задать имя создаваемого пакета, значение по умолчанию «Новый пакет», поле «Тип укладки» позволяет выбрать укладку (восходящая или нисходящая), поле «Поверхность» позволяет выбирать поверхность. Поля «По номиналу» и «С припуском» позволяют указать границы пакета по номиналу и/или с припуском. После подтверждения команды создания пакета нажатием пиктограммы  система создает объект "пакет" в навигаторе композитов. На сцене подсвечивается граница пакета (по номиналу или/и с припуском, в соответствии с настройками пользователя: внутренний контур - граница

по номиналу, внешний контур - граница с припуском), также появляется декорация направления выкладки пакета рис. 5.

Пример отображения пакета

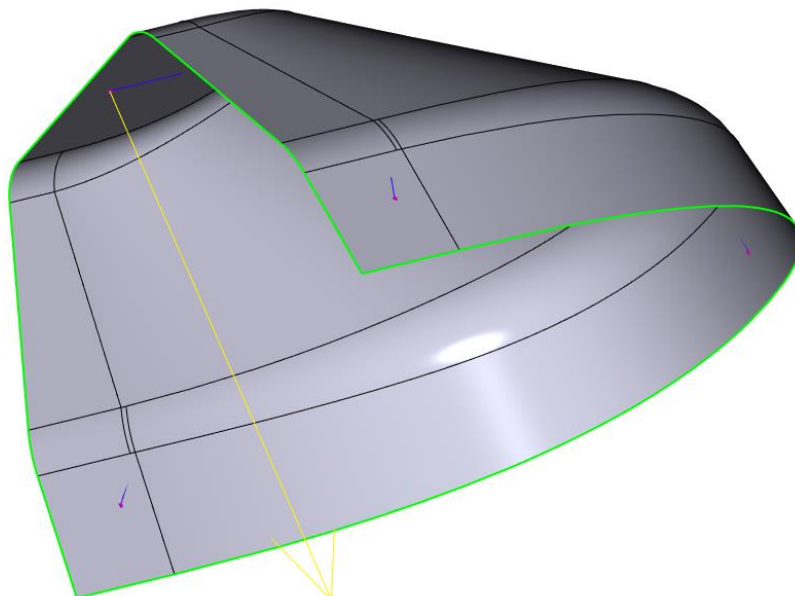


Рисунок 5

3.3.2. Возможность указания текстовых и геометрических параметров композитного пакета

На вкладке «Композиты» в группе «Послойное проектирование» запустить команду «Создать пакет», система отображает диалоговое окно (рис.4).

Поле «Имя пакета» позволяет задать имя создаваемого пакета.

В строке Тип укладки выбирает из двух вариантов: восходящая или нисходящая. Поле «Тип укладки» позволяет выбрать укладку (восходящая или нисходящая), поле «Поверхность» позволяет выбирать поверхность. Поля «По номиналу» и «С припуском» позволяют указать границы пакета по номиналу и/или с припуском. После подтверждения команды создания пакета нажатием пиктограммы



система создает объект "пакет" в навигаторе композитов.

3.3.3. Возможность визуализации соответствующих связанных геометрических объектов при выделении композитного пакета

3.3.3.1. Возможность визуализации геометрии границ композитного пакета по номиналу при создании, редактировании или выборе композитного пакета

Для визуализации геометрии границ композитного пакета по номиналу при создании, редактировании или выборе композитного пакета необходимо запустить команду «Создать пакет» из ленты вкладки «Композиты»: Пользователь инициирует функцию создания нового композитного пакета. Система отображает диалоговое окно "Создать пакет" (рис. 6).

Диалоговое окно создания пакета

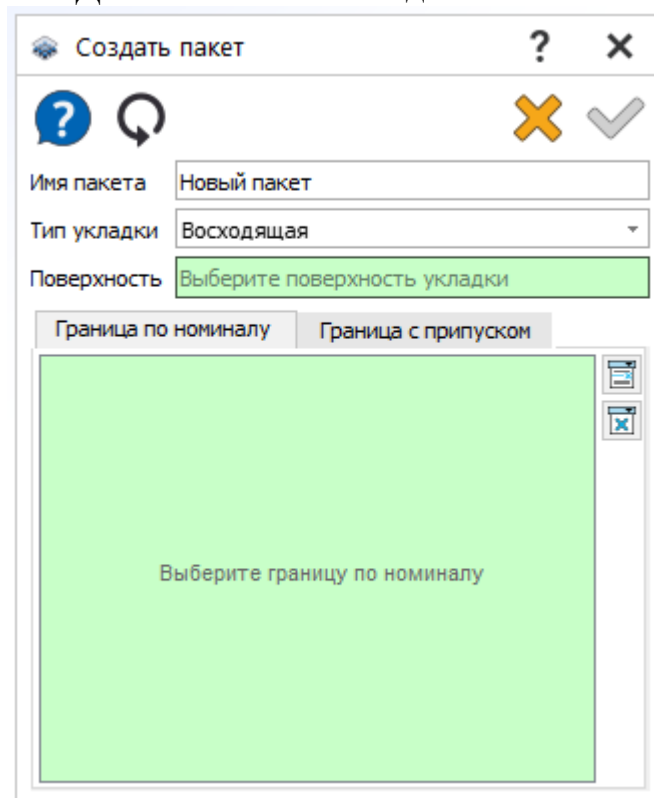


Рисунок 6

Пользователь определяет границы пакета, выбрав вариант по номиналу и определяет контур границ пакета с помощью кривых (рис. 7).



### Пример задания контура пакета

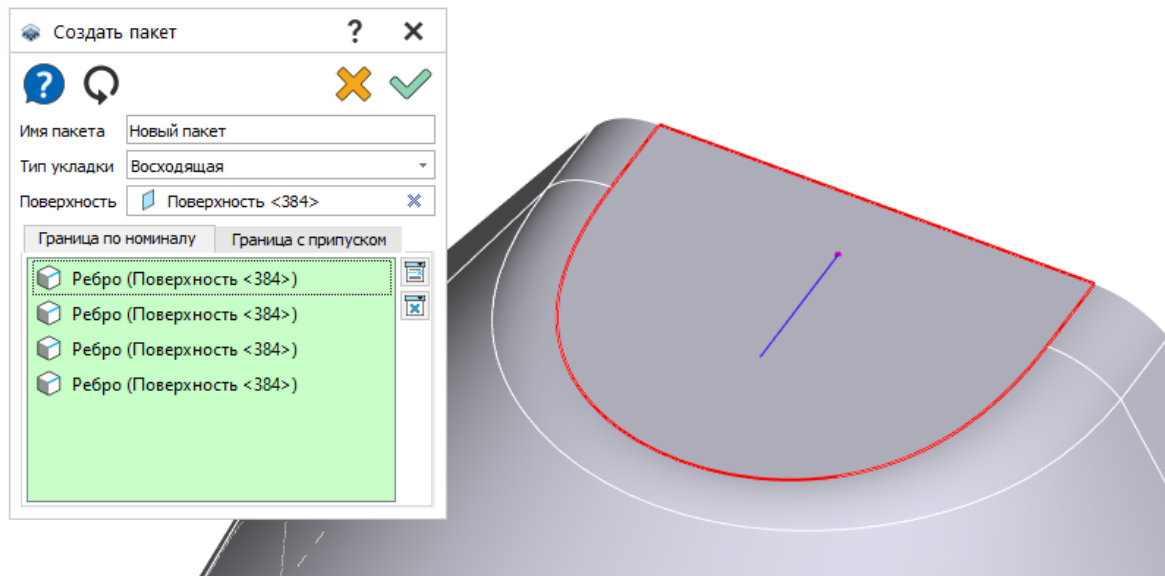


Рисунок 7

При создании границы пакета по номиналу подсвечиваются красным.

После подтверждения команды создания пакета нажатием пиктограммы



система создает объект "пакет" в навигаторе композитов. После создания объекта пользователь кликает левой кнопкой мыши на объект «Пакет» в навигаторе композитов, система подсвечивает зеленым цветом контур границ композитного пакета по номиналу (рис. 8).

### Пример отображения границ композиционного пакета

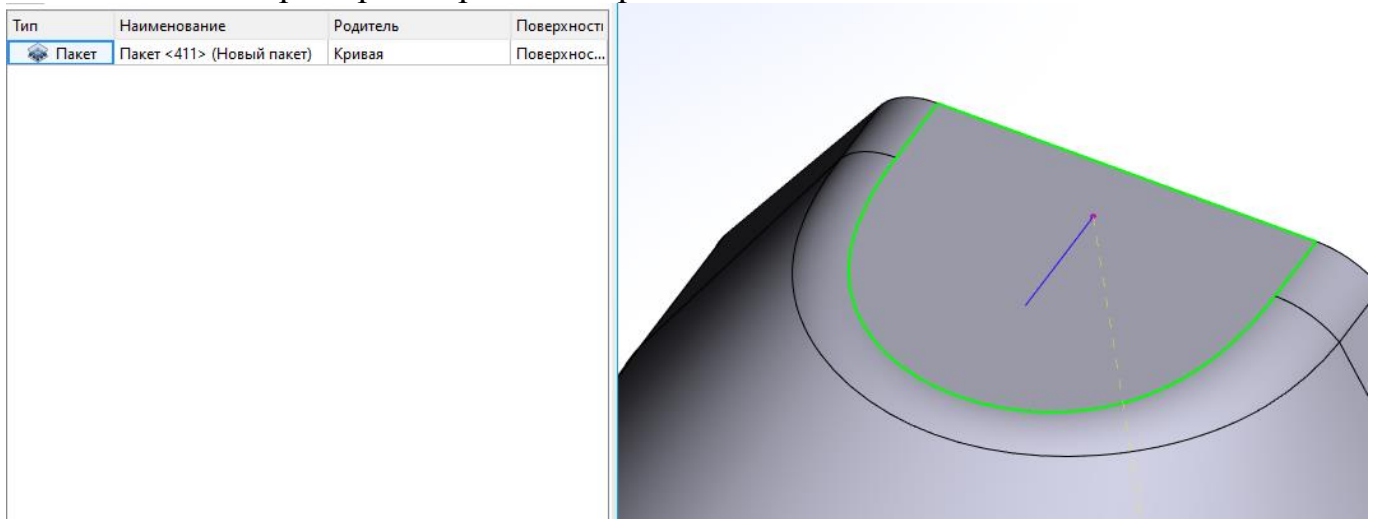


Рисунок 8

Для отображения границ пакета при редактировании пользователю необходимо вызвать контекстное меню объекта «Пакет», кликнув правой кнопкой мыши на объект в навигаторе композитов. В контекстном меню выбрать «Редактировать»,

после чего откроется диалоговое окно создания пакета, на поверхности модели отображается красный контур границ пакета по номиналу (рис.9 ).

#### Пример отображения контура границ пакета по номиналу

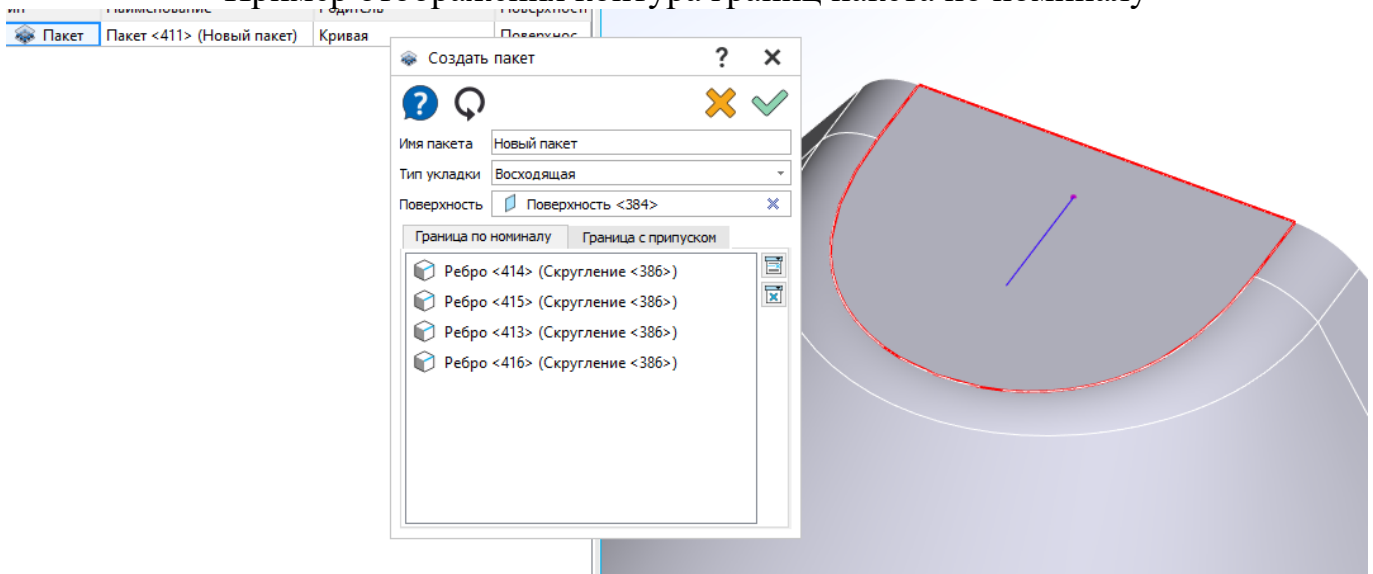


Рисунок 9

3.3.3.2. Возможность визуализации геометрии границ композитного пакета с припуском при создании, редактировании или выборе композитного пакета

Для возможности визуализации геометрии границ композитного пакета с припуском при создании, редактировании или выборе композитного пакета необходимо запустить команду «Создать пакет» из ленты вкладки «Композиты»: Пользователь инициирует функцию создания нового композитного пакета. (Система отображает диалоговое окно "Создать пакет" рис.10 ).

## Диалоговое окно создания пакета

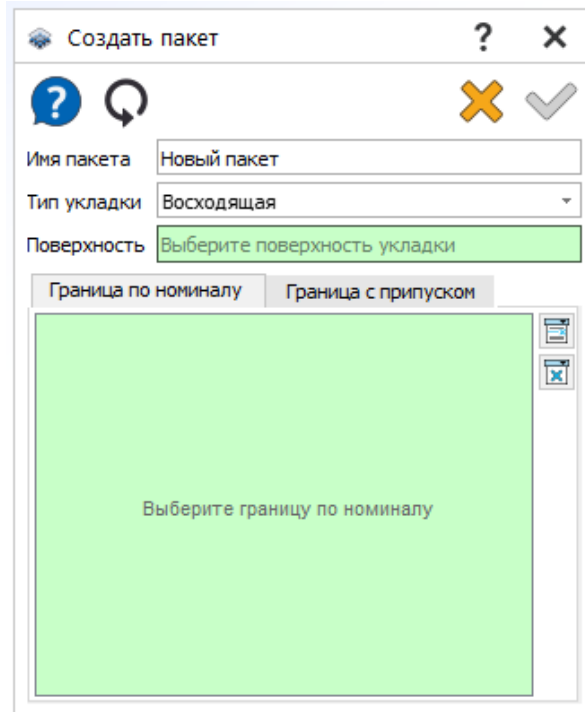


Рисунок 10

Пользователь определяет границы пакета, выбрав вариант с припуском и определяет контур границ пакета с помощью кривых (рис.11 ).

## Пример отображения контура границ пакета с припуском

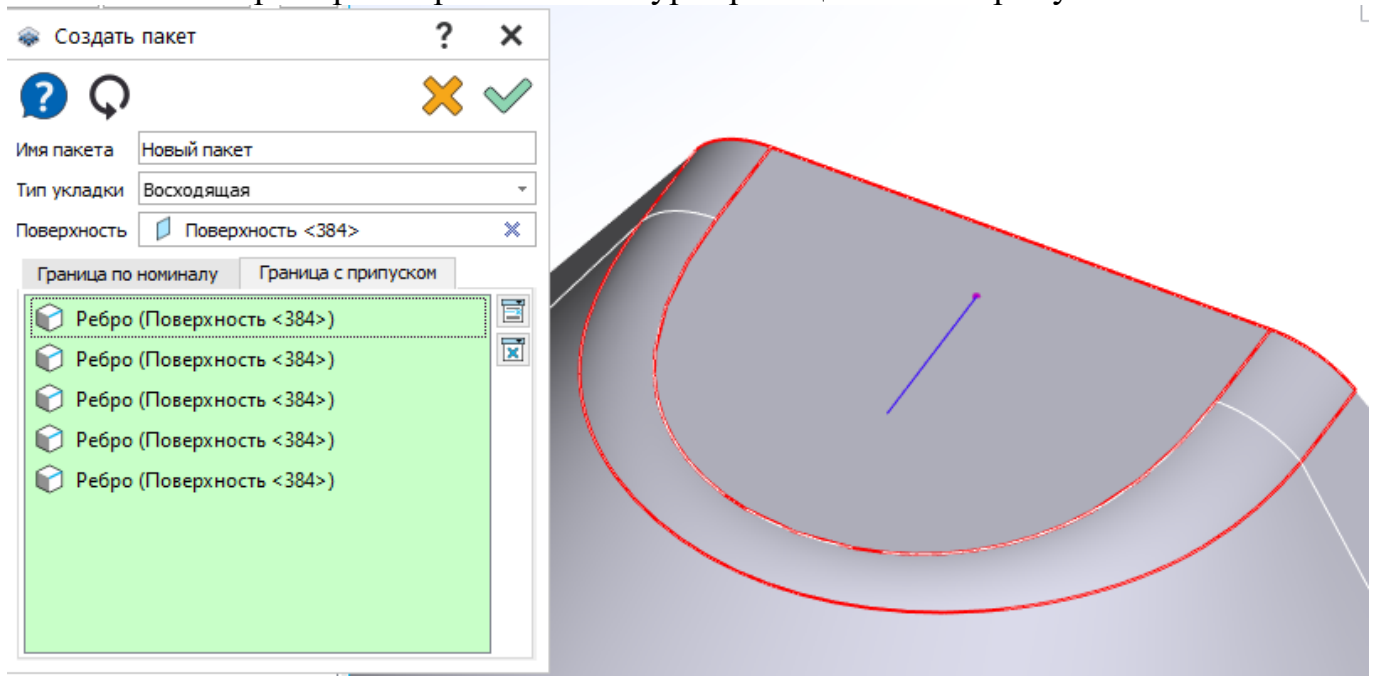


Рисунок 11

При создании границы пакета с припуском подсвечиваются красным.



После подтверждения команды создания пакета нажатием пиктограммы система создает объект "пакет" в навигаторе композитов. После создания объекта пользователь кликает левой кнопкой мыши на объект «Пакет» в навигаторе композитов, система подсвечивает зеленым цветом контур границ композитного пакета с припуском (рис.12 ).

#### Пример подсвечивания композиционного пакета с припуском

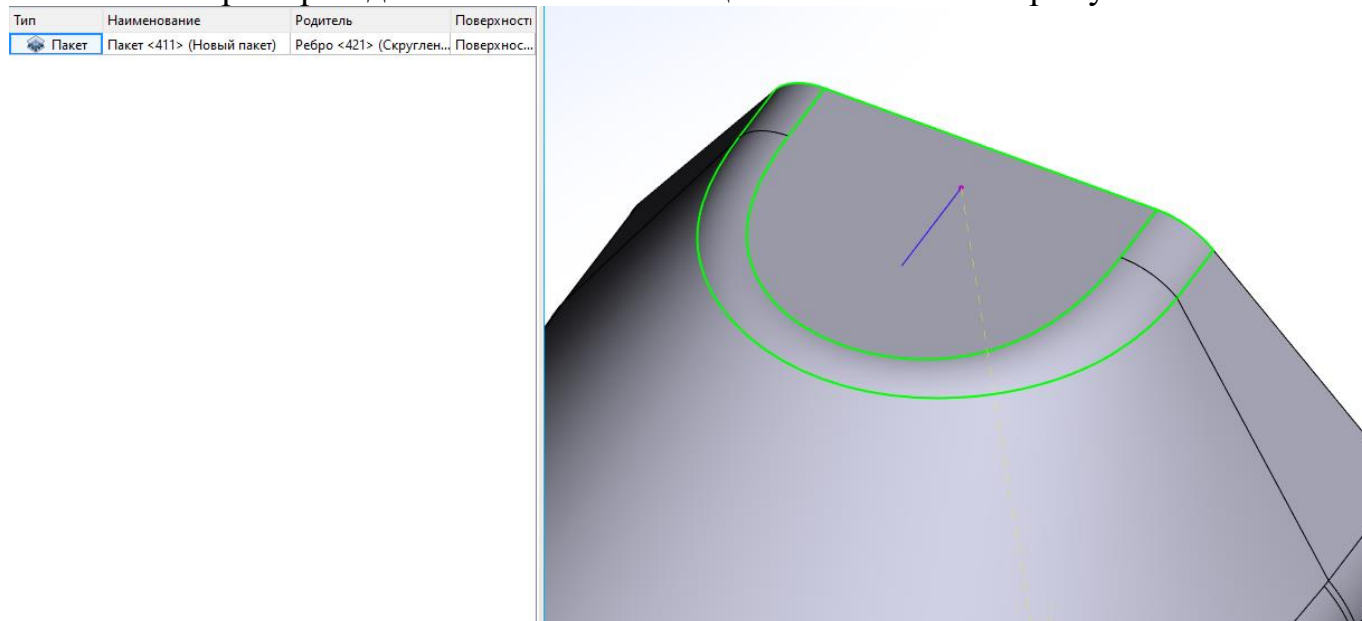


Рисунок 12

Для отображения границ пакета при редактировании пользователю необходимо вызвать контекстное меню объекта «Пакет», кликнув правой кнопкой мыши на объект в навигаторе композитов. В контекстном меню выбрать «Редактировать», после чего откроется диалоговое окно создания пакета, на поверхности модели отображается красный контур границ пакета с припуском (рис.13 ).

### Пример отображения композиционного пакета при редактировании

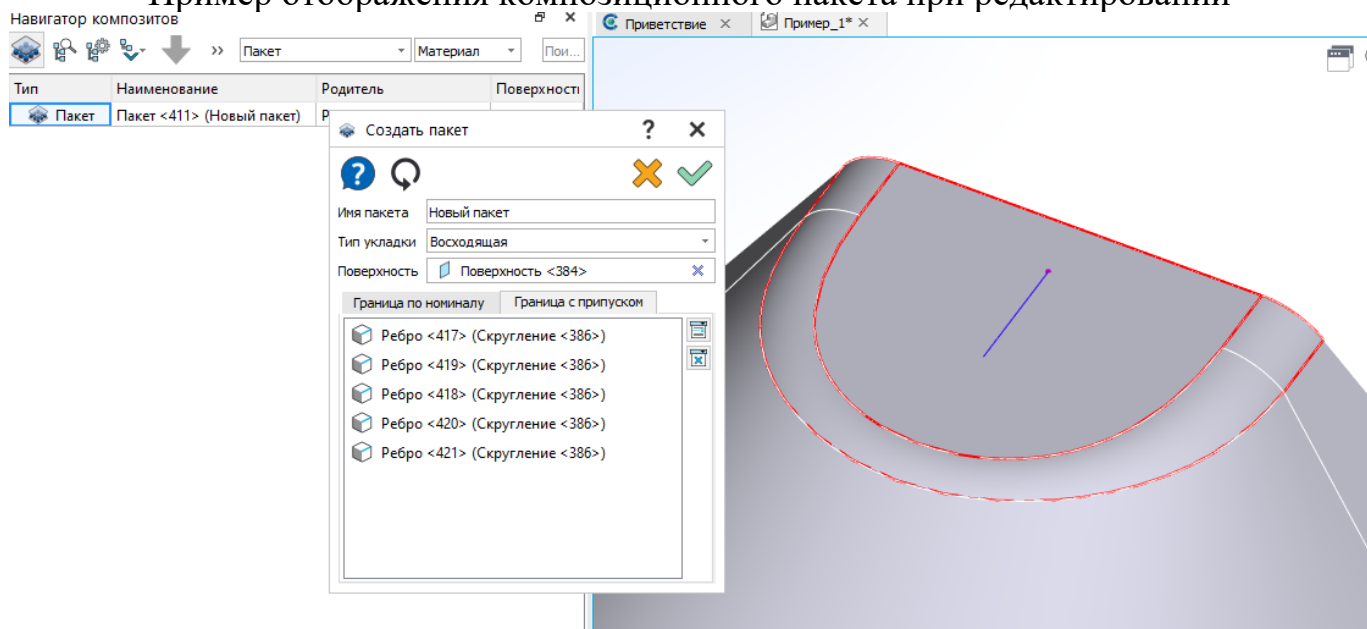


Рисунок 13

3.3.4. Возможность отображения направления выкладки композиционного материала при создании, редактировании или выборе композитного пакета

Для возможности отображения направления выкладки композиционного материала при создании, редактировании или выборе композитного пакета необходимо запустить команду «Создать пакет» из ленты вкладки «Композиты»: Пользователь инициирует функцию создания нового композитного пакета. (Система отображает диалоговое окно "Создать пакет" рис.14).

Диалоговое окно создания пакета

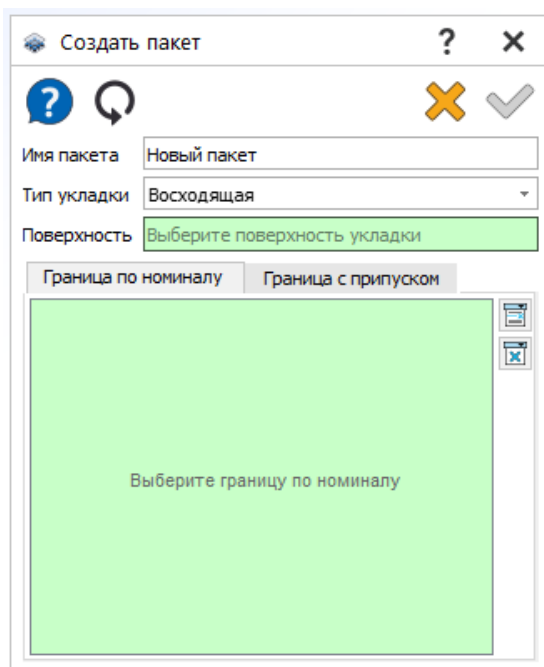


Рисунок 14

Пользователь выбирает тип укладки, а также выбирает поверхность для укладки, определяет границы пакета, выбрав вариант с припуском или без припуска. На сцене появляется декорация желтого цвета, отображающая направление выкладки композитного пакета (рис.15 ).

#### Пример отображения направления выкладки

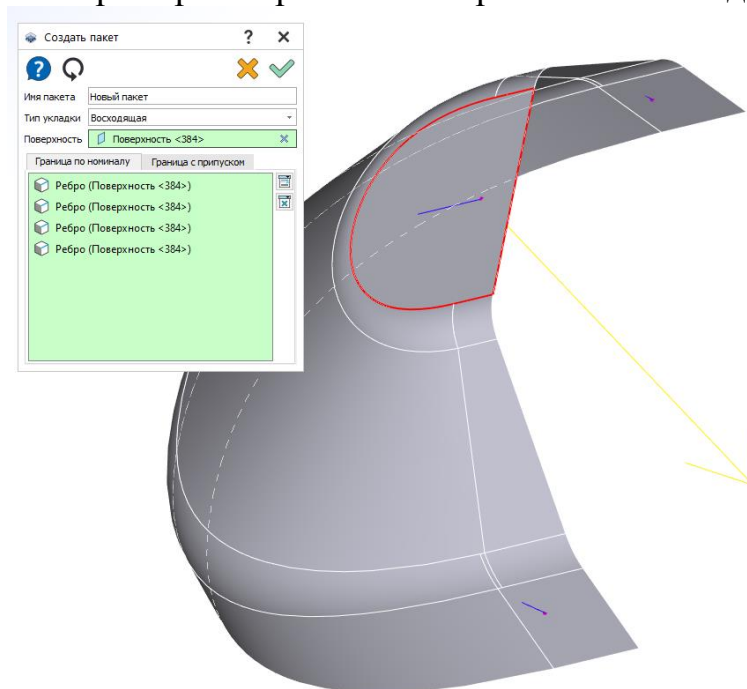



Рисунок 15

После подтверждения команды создания пакета нажатием пиктограммы  система создает объект "пакет" в навигаторе композитов. Пользователь кликает левой кнопкой мыши на объект «Пакет» в навигаторе композитов, система подсвечивает зеленым цветом контур границ композитного пакета и отображает декорацию направления выкладки пакета (рис.16 ).

### Пример отображения композитного пакета

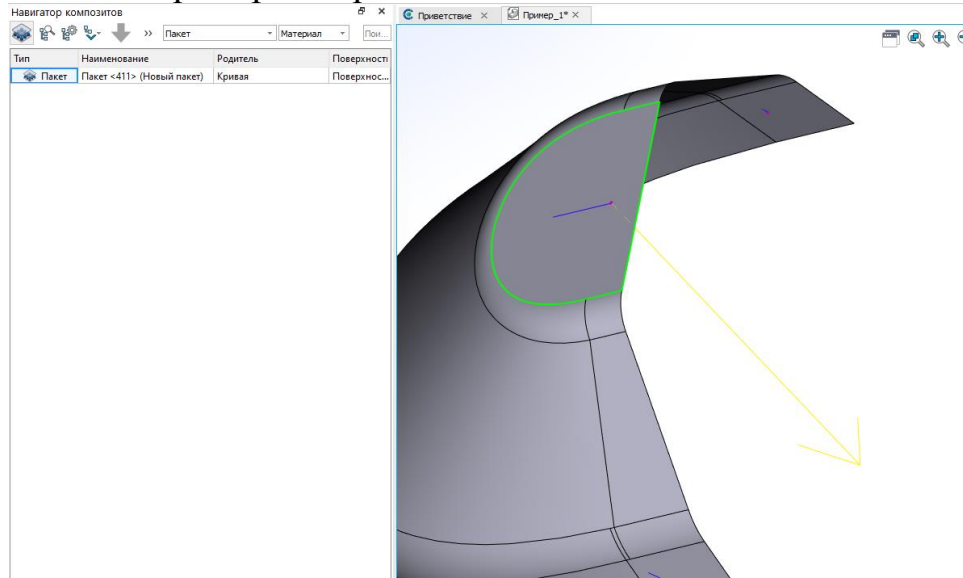


Рисунок 16

Для отображения направления выкладки пакета при редактировании пользователю необходимо вызвать контекстное меню объекта «Пакет», кликнув правой кнопкой мыши на объект в навигаторе композитов. В контекстном меню выбрать «Редактировать», после чего откроется диалоговое окно создания пакета, на поверхности модели отобразится красный контур границ пакета, а также декорация направления выкладки пакета (рис.17 ).

### Пример отображения направления выкладки при редактировании

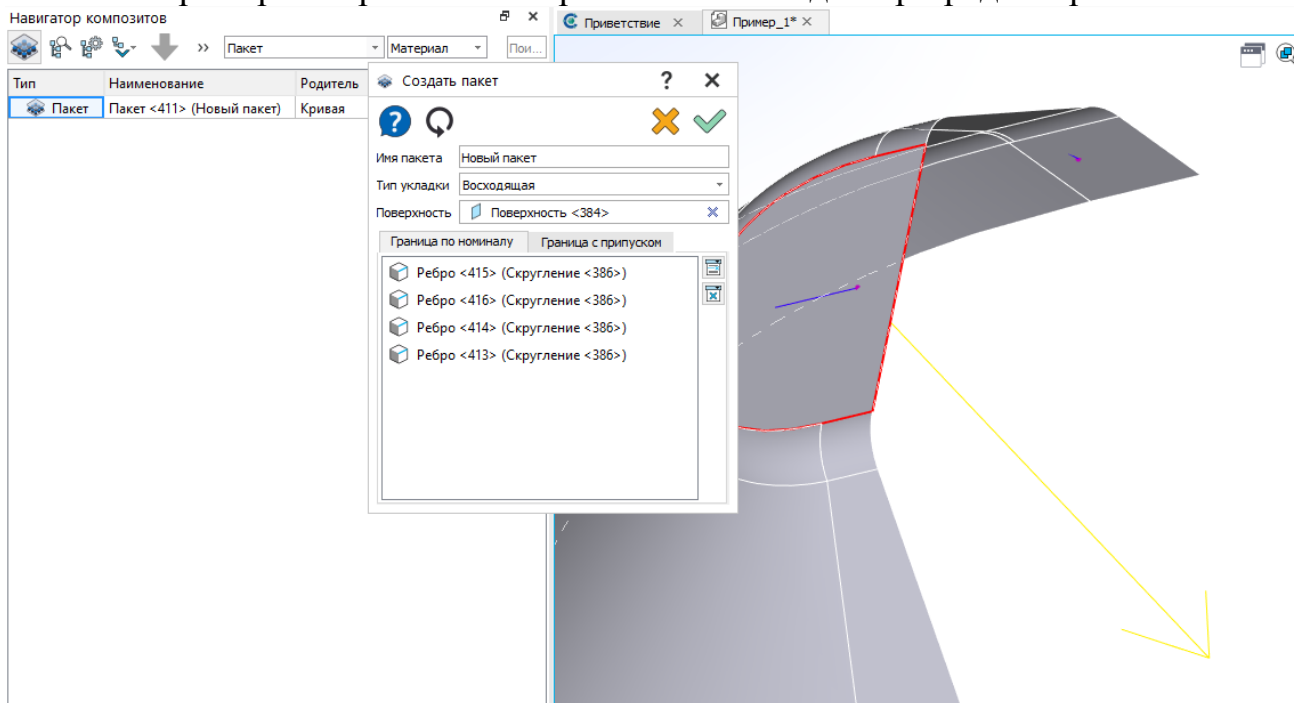


Рисунок 17

### 3.4. Описание системы координат композитного пакета

#### 3.4.1. Возможность создания объекта «композитная система координат»

Для создания объекта «Система координат» пользователю необходимо создать композитный пакет (по п. 3.3.), затем запустить команду «Композитная система координат» на вкладке «Композиты» в группе «Послойное проектирование» (рис.18).

Расположение команды «Композитная система координат»

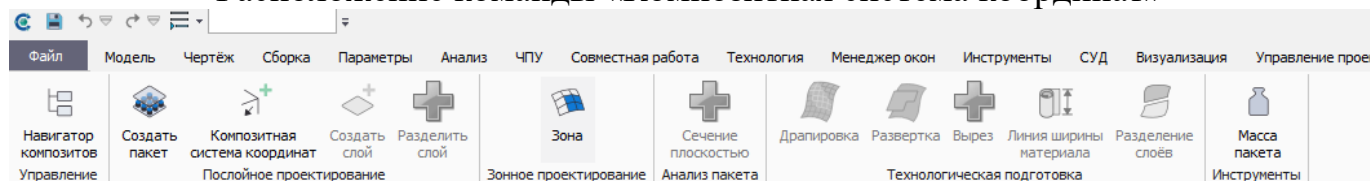


Рисунок 18

Диалоговое окно создания объекта «Композитная система координат» представлена на рис.19.

Диалоговое окно создания объекта «Композитная система координат»


 The image shows a dialog box titled 'Композитная система координат' (Composite coordinate system). It contains several input fields and buttons. At the top, there are icons for help (question mark), undo (curved arrow), and confirmation (green checkmark) and cancellation (orange X). The fields are:
 

- Имя СК** (Name): 'Новая СК' (New)
- Поверхность** (Surface): 'Поверхность <384>' (Surface <384>)
- Точка** (Point): 'Точка <387>' (Point <387>)
- Направление** (Direction): 'Кривая <389>' (Curve <389>)
- Тип** (Type): 'Стандартная' (Standard)
- Параметры** (Parameters): A section header with a triangle icon.
- Длина вектора** (Vector length): '100' (with a unit 'ММ' and a scale icon)
- Ориентация** (Orientation): 'Правая' (Right)

Рисунок 19

Поле «Имя СК» позволяет задать имя создаваемой системы координат, значение по умолчанию «Новая СК», поле «Поверхность» позволяет выбрать поверхность, на которой будет располагаться система координат. Поле «Точка»



позволяет выбрать точку начала системы координат. Поле «Направление» позволяет выбрать кривую, которая определяет направление системы координат. Поле «Тип» позволяет выбрать тип системы координат: стандартная или переносная. Вкладка «Параметры» содержит два поля: «Длина вектора», которая позволяет определить размер декорации системы координат, и поле «Ориентация», которое позволяет выбрать ориентацию системы координат (правая или левая). После подтверждения команды создания системы координат нажатием пиктограммы  система создает объект "Композитная система координат" в навигаторе композитов (рис.20).

Созданная система координат




Навигатор композитов					
				Система координат	Материал
				Поиск	
Тип	Наименование	Тип отображения	Поверхность	Точка поверхнос	Кривая направле
 Система координат	Композитная СК <417> (Но...	Стандартная	Поверхность <...	Точка <387>	Кривая <389>

Рисунок 20

3.4.2. Возможность указания текстовых и геометрических параметров системы координат композитного пакета

Для указания текстовых и геометрических параметров системы координат пользователю необходимо запустить команду «Композитная система координат» на вкладке «Композиты» в группе «Послойное проектирование» (рис.21 ).

Расположение команды «Композитная система координат»














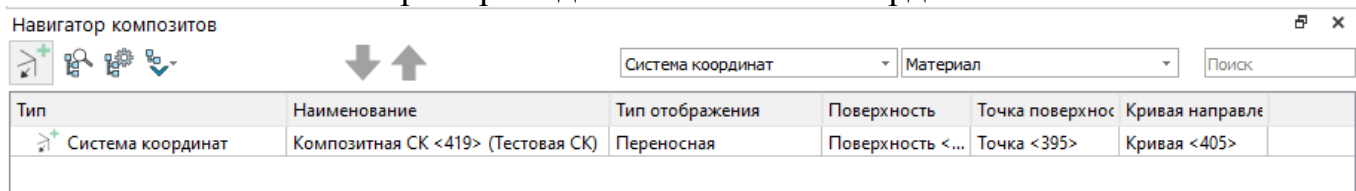
												
Навигатор композитов Управление	Создать пакет	Композитная система координат	Создать слой	Зона	Сечение плоскостью	Драпировка	Развертка	Вырез	Тонкий надрез	Линия ширины материала	Разделение слоёв	Масса пакета
	Послойное проектирование			Зонное проектирование		Анализ пакета		Технологическая подготовка				Инструменты

Рисунок 21

В диалоговом окне создания объекта «Композитная система координат» пользователь может изменить имя создаваемой системы координат, в поле «Поверхность» выбрать необходимую поверхность, на которой будет располагаться система координат. В поле «Точка» выбрать ранее созданную точку начала системы координат. В поле «Направление» выбрать кривую, которая определяет направление системы координат. В поле «Тип» пользователь может выбрать тип системы координат: стандартная или переносная. Во вкладке «Параметры» пользователь может изменить поля «Длина вектора», которое позволяет изменить размер декорации системы координат, и поле «Ориентация», которое позволяет выбрать

ориентацию системы координат (правая или левая). После подтверждения команды создания системы координат, система создает объект "Композитная система координат" в навигаторе композитов (рис.22).

Пример созданной Системы координат



Тип	Наименование	Тип отображения	Поверхность	Точка поверхнос	Кривая направле
Система координат	Композитная СК <419> (Тестовая СК)	Переносная	Поверхность <...	Точка <395>	Кривая <405>

Рисунок 22

3.4.3. Возможность визуализации соответствующих связанных геометрических объектов при выделении системы координат: 1) Возможность визуализации начальной точки при создании, редактировании или выборе системы координат композитного пакета; 2) Возможность визуализации выбранной геометрии направления при создании, редактировании или выборе системы координат композитного пакета

Для визуализации начальной точки при создании системы координат пользователю необходимо запустить команду «Композитная система координат» на вкладке «Композиты» в группе «Послойное проектирование» (рис.23).

Расположение команды «Композитная система координат»

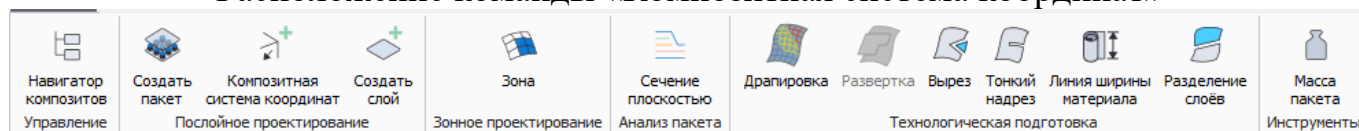


Рисунок 23

В поле «Точка» выбрать точку начала системы координат. После выбора точки, на подсвечивается красным цветом на поверхности детали (рис.24 ).

## Пример выбора точки системы координат

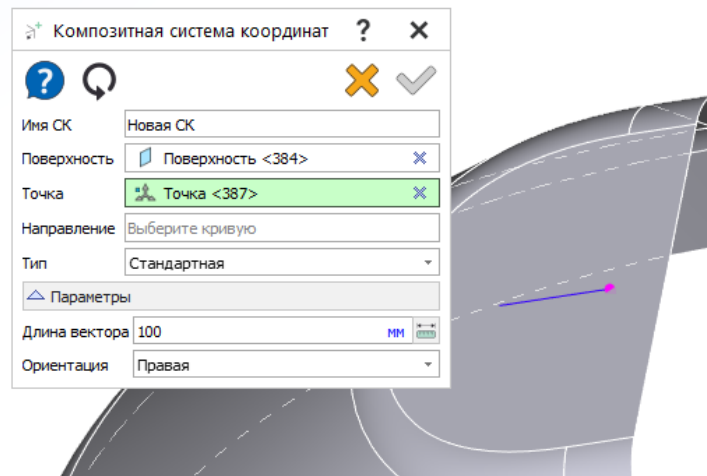


Рисунок 24

В поле «Направление» выбрать кривую, которая определяет направление системы координат, далее пользователю необходимо подтвердить создание системы координат, после чего объект появится в навигаторе композитов.

Для визуализации начальной точки при редактировании системы координат пользователю необходимо нажать на ранее созданный объект «Система координат» в навигаторе композитов правой кнопкой мыши, вызвав контекстное меню. Выбрать пункт «редактировать» - появится диалоговое окно создания системы координат. На основной сцене, на поверхности модели отображается декорация системы координат, красным цветом подсвечивается точка начала выкладки и направление выкладки (рис.25 ).

Пример отображения точки начала системы координат при редактировании

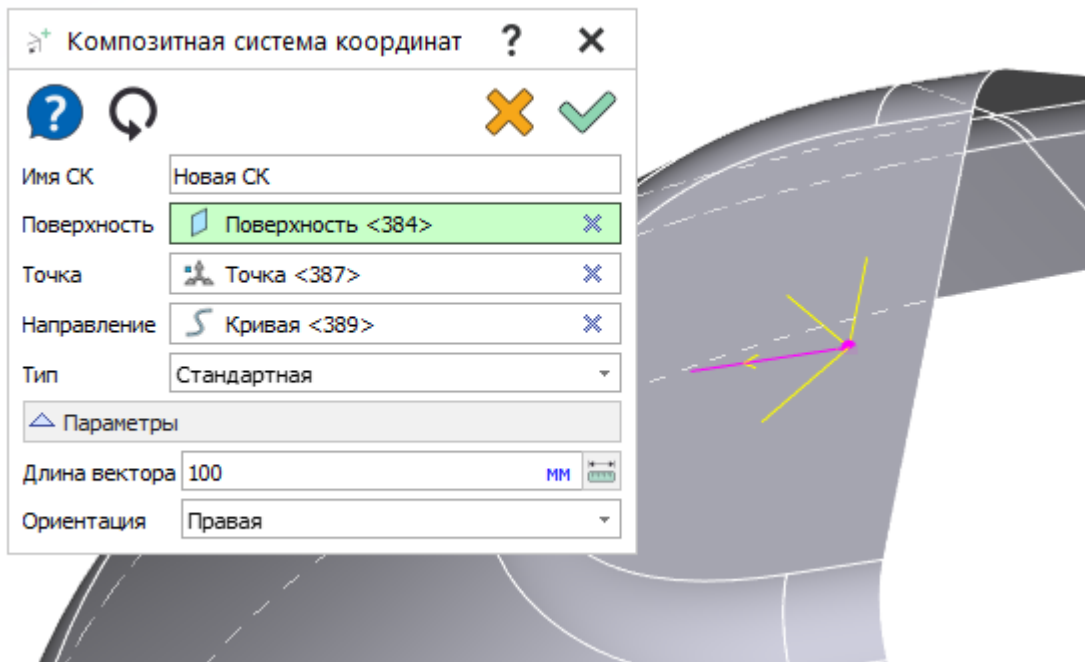


Рисунок 25

Для визуализации начальной точки при выборе системы координат в навигаторе композитов пользователю необходимо нажать на ранее созданный объект «Система координат» в навигаторе композитов левой кнопкой мыши. На основной сцене, на поверхности модели отображается декорация системы координат, красным цветом подсвечивается точка начала выкладки (рис.26 ).

Пример отображения точки начала системы координат при выборе в навигаторе композитов

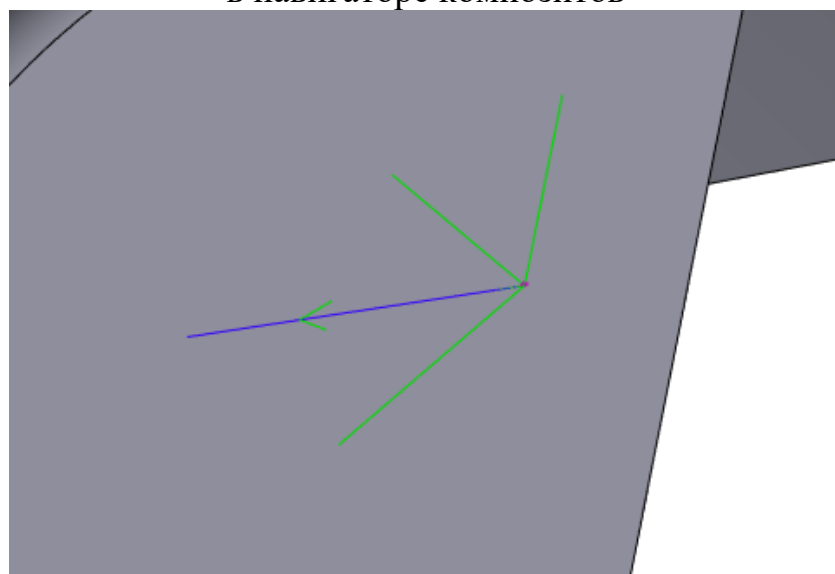


Рисунок 26

3.4.4. Возможность визуализации основных направлений (0/45/90/-45) при выделении объекта системы координат

Для указания текстовых и геометрических параметров системы координат пользователю необходимо запустить команду «Композитная система координат» на вкладке «Композиты» в группе «Послойное проектирование» (рис.27 ).

Расположение команды «Композитная система координат»

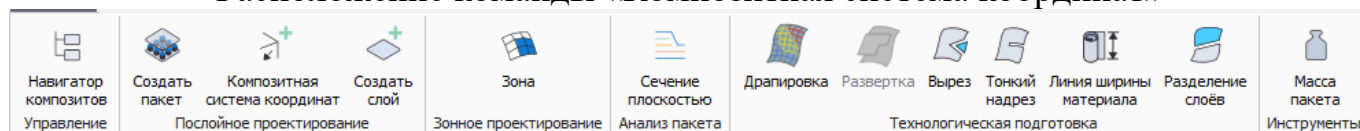


Рисунок 27

В диалоговом окне создания объекта «Композитная система координат» пользователь может изменить имя создаваемой системы координат, в поле «Поверхность» выбрать необходимую поверхность, на которой будет располагаться система координат. В поле «Точка» выбрать ранее созданную точку начала системы координат. В поле «Направление» выбрать кривую, которая определяет направление системы координат. Подтвердить создание системы координат, после этого объект появится в навигаторе композитов (рис.28 ).

Созданный объект «Система координат»

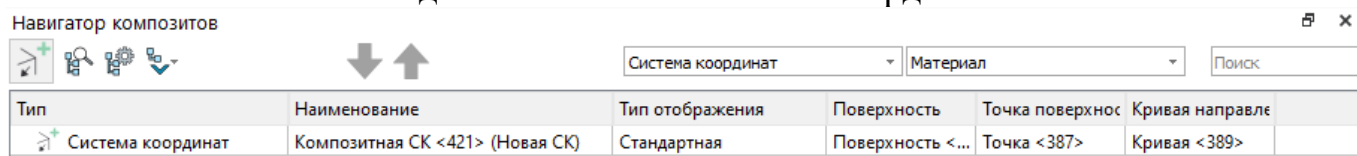


Рисунок 28

Для визуализации основных направлений (0/45/90/-45) пользователю необходимо нажать на объект «Система координат» в навигаторе композитов левой кнопкой мыши. На основной сцене, на поверхности модели отображается декорация системы координат, с основными направлениями (0/45/90/-45) (рис.29 ).

Пример визуализации основных направлений (0/45/90/-45) системы координат

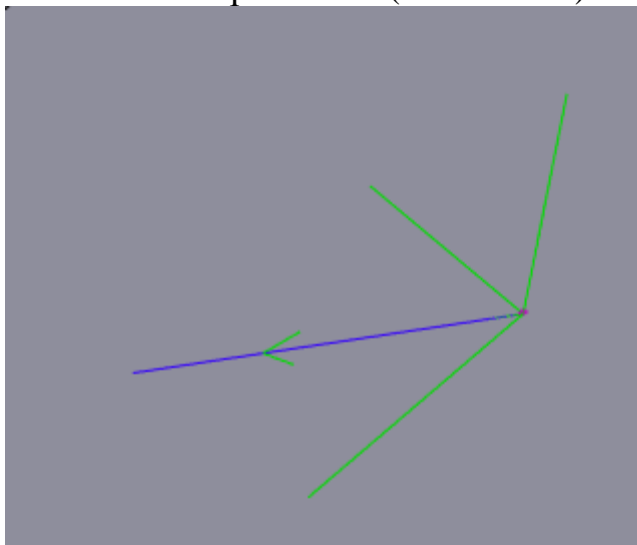


Рисунок 29

### 3.5. Формирование описания послойной структуры композитного пакета методом послойного проектирования

#### 3.5.1. Возможность создания объекта «Слой»

Для создания объекта «Слой» пользователю необходимо создать композитный пакет (по п. 3.3.) и композитную систему координат (по п.3.4.), затем запустить команду «Создать слой» на вкладке «Композиты» в группе «Послойное проектирование» (рис.30 ).

Расположение команды «Создать слой»

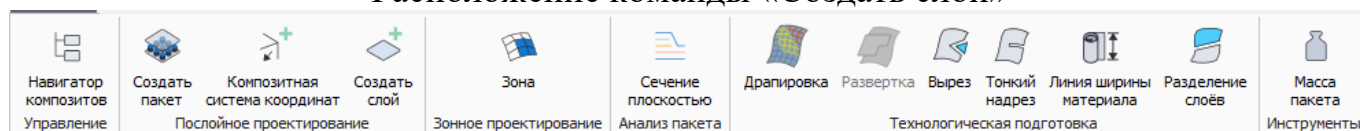



Рисунок 30

Диалоговое окно создания объекта «Слой» представлено на рис.31.

## Диалоговое окно создания объекта «Слой»

Рисунок 31

Поле «Имя» позволяет задать имя создаваемого слоя, значение по умолчанию «Р», поле «Пакет» позволяет выбрать родителя – ранее созданный пакет, в составе которого будет слой. Поле «Композитная СК» позволяет выбрать композитную систему координат, определяющую направление выкладки. Поле «материал» позволяет выбрать предустановленный материал для слоя (выпадающий список) или выбрать материал из библиотеки MDM. Поле «Начало выкладки» позволяет выбрать точку начала выкладки слоя. Поле «Тип» позволяет выбрать тип слоя: конструкторский или технологический. Поля «По номиналу» и «С припуском» позволяют указать границы слоя по номиналу и/или с припуском. Поле «Шаг» - определяет очередность укладки слоя. Поле «Ориентация» позволяет выбрать ориентацию для выкладки слоя – угол выкладки (0, 45, 90 или 45). Вкладка «Относительный» содержит два поля для настройки драпировки: «Коэффициент», которое определяет размер ячейки сетки драпировки, и поле «Отображать», которое регламентирует режим отображения (драпировка или отклонение). После

подтверждения команды создания системы координат нажатием пиктограммы  система создает объект "Слой" в навигаторе композитов (рис.32).

Созданный слой


Навигатор композитов							
				Технологический слой	Материал	Поиск	
Тип	Наименование	Шаг	Ориентация	Материал	Система координат	Родитель	Статус
Слой	Слой <427> (P)	100...	0°	PPGPL3K	Композитная С...	Пакет <411> (Н...	Технологический ...

Рисунок 32

### 3.5.2. Возможность задания текстовых и геометрических параметров слоя

Запустить команду «Создать слой» на вкладке «Композиты» в группе «Послойное проектирование» (рис.33 ).

Расположение команды «Создать слой»

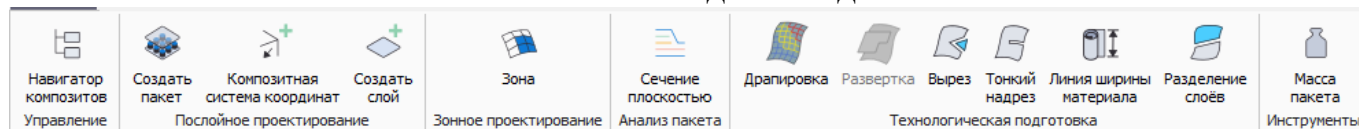


Рисунок 33

Для задания текстовых параметров слоя в диалоговом окне создания слоя пользователь может изменить имя слоя, системы координат, пакета, шага слоя. Пример изменения имени слоя представлен на рис.34 .

Пример изменении текстовых и геометрических параметров слоя

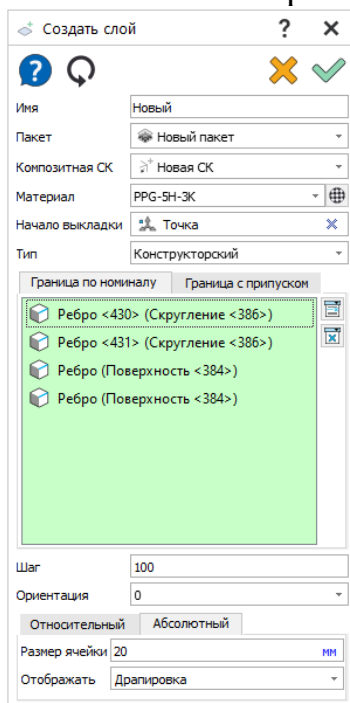


Рисунок 34



Для задания геометрических параметров слоя в диалоговом окне создания слоя пользователь может изменить точку начала выкладки, границу по номиналу и/или с припуском, размер ячейки сетки драпировки. Пример изменения геометрических параметров слоя представлен на рис.34 .

3.5.3. Возможность визуализации соответствующих связанных геометрических объектов при выделении слоя

3.5.3.1. Возможность визуализации геометрического контура границ слоя по номиналу при выделении объекта «слой» в Навигаторе композитов

Для возможности визуализации геометрического контура границ слоя по номиналу пользователю необходимо создать слой по п. 3.5.1., указав границы слоя по номиналу. После создания объект появится в навигаторе композитов. При нажатии на объект левой кнопкой мыши на поверхности модели отображается граница слоя по номиналу (рис.35 ).

Пример отображения границы слоя по номиналу

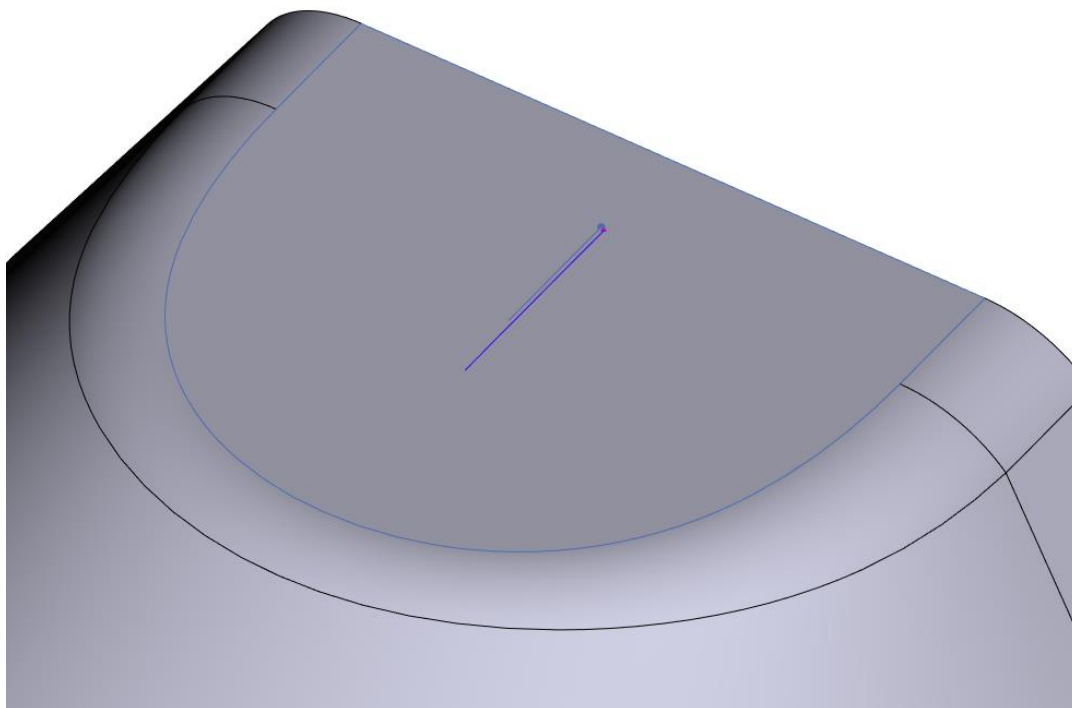


Рисунок 35

### 3.5.3.2. Возможность визуализации геометрического контура границ слоя с припуском при выделении объекта «слой» в Навигаторе композитов

Для возможности визуализации геометрического контура границ слоя с припуском пользователю необходимо создать слой по п. 3.5.1., указав границы слоя с припуском. После создания объект появится в навигаторе композитов. При нажатии на объект левой кнопкой мыши на поверхности модели отображается граница слоя с припуском (рис.36 ).

Пример отображения границы слоя припуском

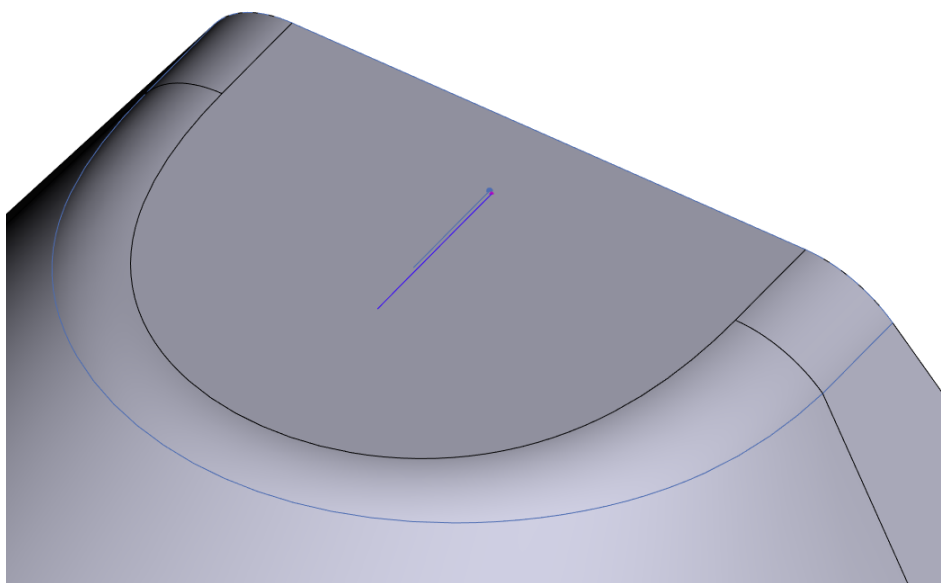


Рисунок 36

### 3.5.3.3. Возможность визуализации начальной точки выкладки слоя при выделении объекта «слой» в Навигаторе композитов

Для возможности визуализации начальной точки выкладки слоя пользователю необходимо создать слой по п. 3.5.1., указав границы слоя. После создания объект появится в навигаторе композитов. При нажатии на объект левой кнопкой мыши на поверхности модели отображается начальная точка выкладки слоя (рис.37 ).

Пример отображения начальной точки выкладки слоя

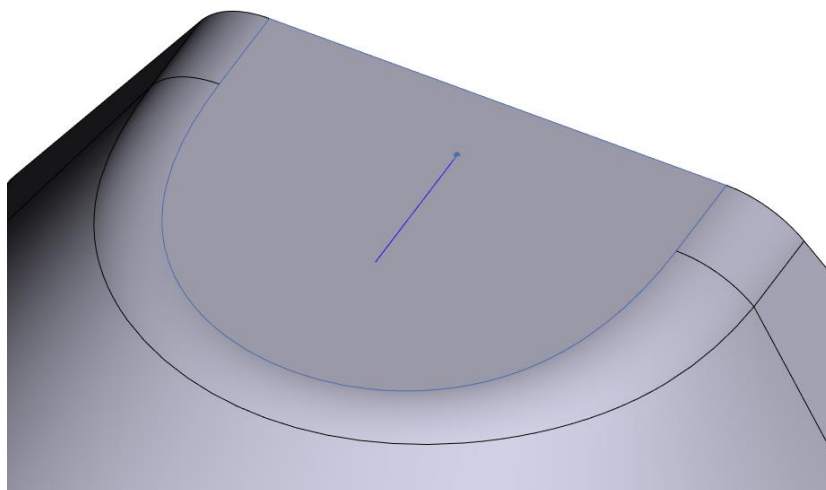


Рисунок 37

#### 3.5.3.4. Возможность визуализации геометрии слоя в соответствии с заданной ориентацией

Для возможности визуализации геометрии слоя в соответствии с заданной ориентацией пользователю необходимо создать слой по п. 3.5.1., указав ориентацию слоя:  $0^0$ ,  $45^0$ ,  $90^0$  или  $-45^0$ . После создания объект появится в навигаторе композитов. При нажатии на объект левой кнопкой мыши на поверхности модели отображается ориентация слоя: для  $0^0$ - граница и направление синего цвета (рис.38 ), для  $45^0$ - граница и направление зеленого цвета (рис.39), для  $90^0$  - граница и направление желтого цвета (рис.40), для  $-45^0$  - граница и направление красного цвета (рис.41).

Пример визуализации слоя с ориентацией  $0^0$

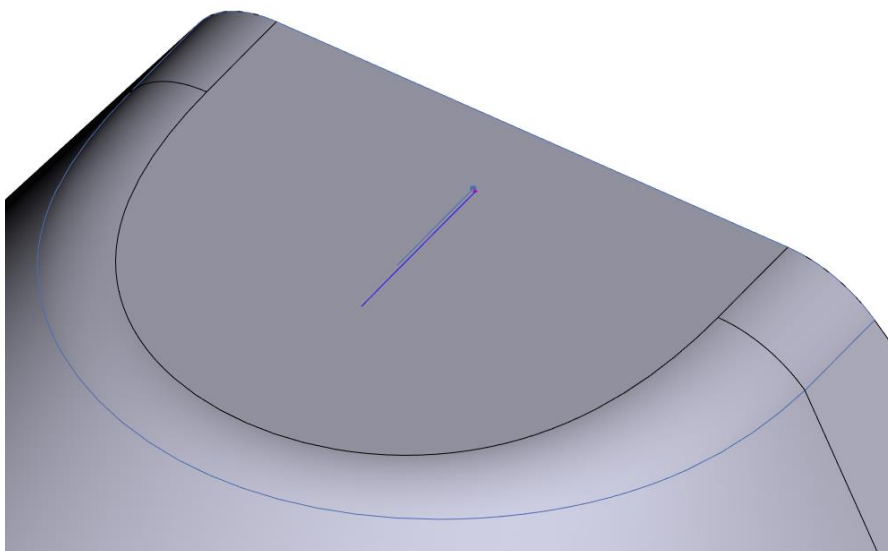


Рисунок 38

Пример визуализации слоя с ориентацией  $45^{\circ}$

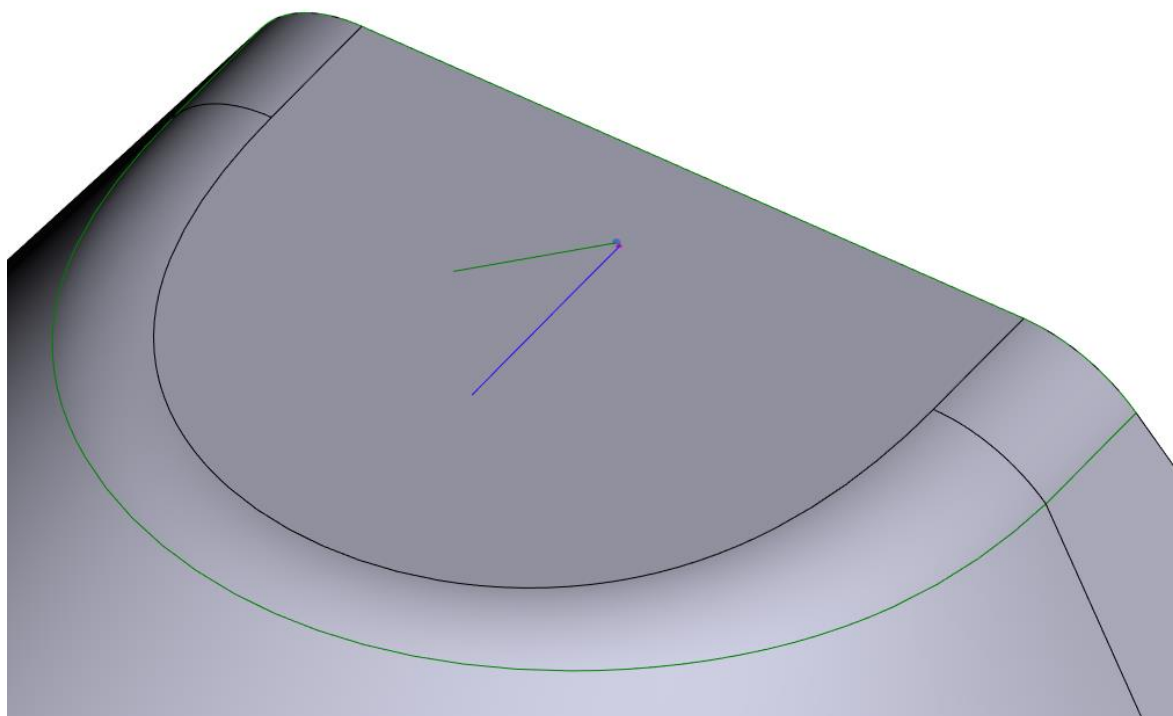


Рисунок 39

Пример визуализации слоя с ориентацией  $90^{\circ}$

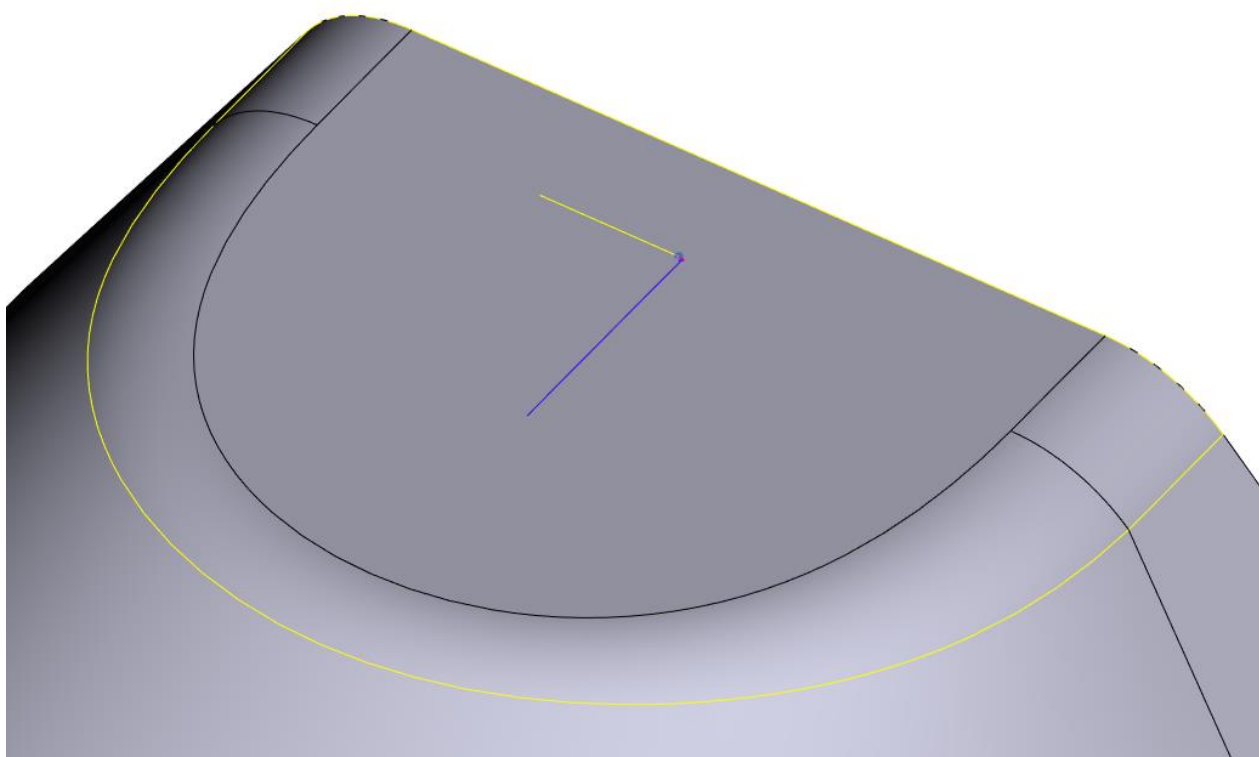


Рисунок 40

Пример визуализации слоя с ориентацией  $-45^{\circ}$

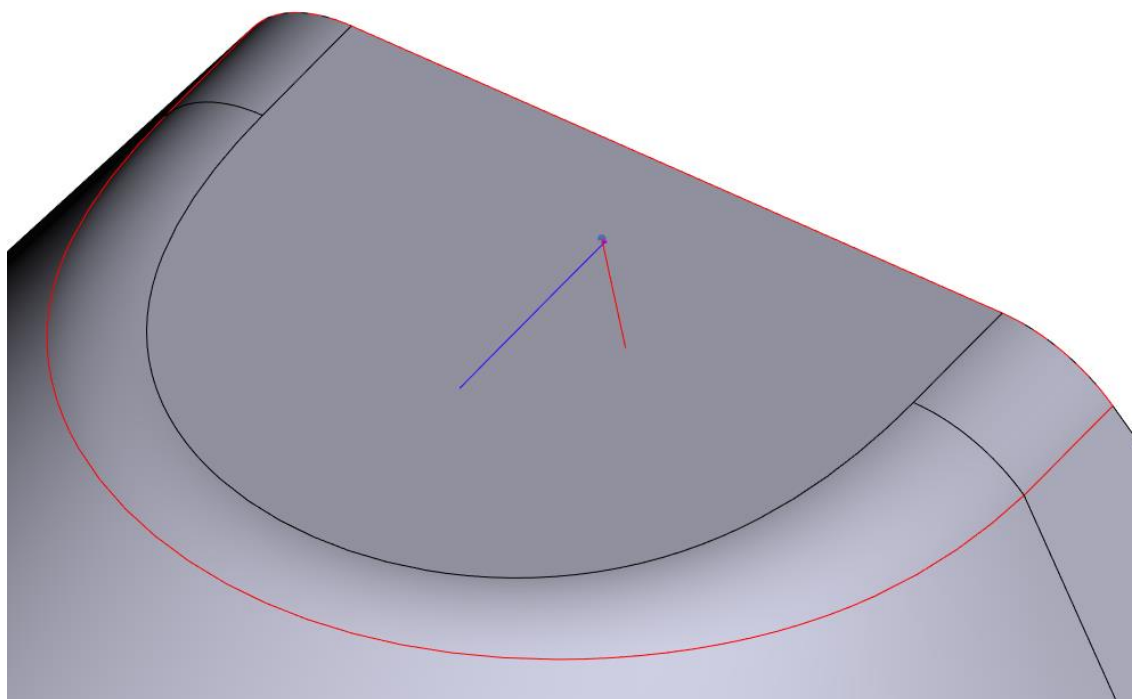


Рисунок 41

### 3.6. Возможность расчёта результирующей информации о суммарном периметре слоёв по каждому материалу композитного пакета

#### 3.6.1. Возможность расчета периметров отдельных слоёв

Для возможности расчета периметров отдельных слоёв пользователю необходимо создать композитный пакет (по п. 3.3.) и композитную систему координат (по п.3.4.), а также объект «Слой», затем, выбрав слой в навигаторе композитов, запустить команду «Драпировка» на вкладке «Композиты» в группе «Технологическая подготовка» (рис.42 ).

Расположение команд «Драпировка»

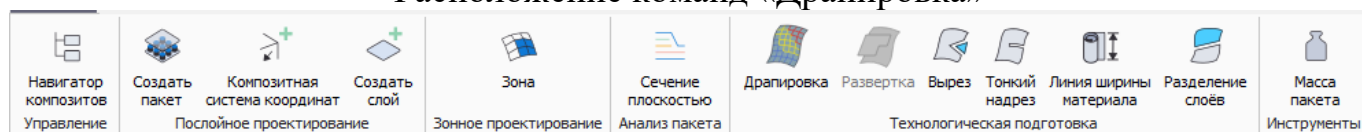


Рисунок 42

На панели "Вид" основного графического окна с помощью ЛКМ выбрать "Пересчет модели" - "Полный пересчет" и нажать «Ок». В навигаторе модели вызвать контекстное меню объекта «Слой», для которого выполнена драпировка, нажав правой кнопкой мыши, затем выбрать «Свойства». Справа от основной сцены

открылось меню «Свойства», в блоке «Параметры слоя» периметр выбранного слоя в метрах. Пример отображения результата расчета периметра представлен на рис.43.

Пример расчета периметра слоя

▼ Параметры слоя	(объектов : )5
Материал	PPG-PL-3K
Масса	0.04314809755088 кг
Площадь номин...	0.22357338116347 м²
Площадь с прип...	0.22357338116347 м²
Периметр	1.93528014597487 м

Рисунок 43

3.6.2. Возможность сохранения результатов расчета периметров отдельных слоёв в атрибуты соответствующих слоёв

Для возможности сохранения результатов расчета периметров отдельных слоёв в атрибуты соответствующих слоёв пользователю необходимо выполнить действия по п. 3.6.1 для нескольких слоёв. При выборе каждого слоя в навигаторе композитов левой кнопкой мыши справа от основной сцены открывается меню «Свойства», в блоке «Параметры слоя» сохранен периметр выбранного слоя в метрах.

3.6.3. Возможность расчета результирующей информации о суммарном периметре слоёв по каждому материалу композитного пакета

Для возможности расчета результирующей информации о суммарном периметре слоёв по каждому материалу композитного пакета пользователю необходимо создать пакет по п. 3.3.1, создать композитную систему координат по п. 3.4.1. и создать несколько слоёв с разными материалами по п. 3.5.1. Выполнить драпировку для всех созданных слоёв. На панели "Вид" основного графического окна с помощью ЛКМ выбрать "Пересчет модели" - "Полный пересчет" и нажать «Ок». В навигаторе модели вызвать контекстное меню объекта «Пакет», нажав правой кнопкой мыши, затем выбрать «Свойства». Справа от основной сцены открылось меню «Свойства», в блоке «Параметры пакета» отображается суммарный периметр по каждому материалу в метрах. Пример отображения результата расчета результирующей информации о суммарном периметре слоёв по каждому материалу композитного пакета представлен на рис.44 .

Пример отображения результата расчета результирующей информации о суммарном периметре слоёв по каждому материалу композитного пакета

▼ Параметры пакета	(объектов : )3
Масса	0.13245579977392 кг
ppg-pl-3k	0.68632437328772 м <sup>2</sup>
ppg-pl-3k	5.8036942359489 м

Рисунок 44

3.6.4. Возможность сохранения результирующей информации о суммарном периметре слоёв по каждому материалу композитного пакета в атрибуты композитного пакета

Для возможности сохранения результирующей информации о суммарном периметре слоёв по каждому материалу композитного пакета в атрибуты композитного пакета необходимо выполнить действия по п. 3.6.3. При выборе пакета в навигаторе композитов левой кнопкой мыши справа от основной сцены открывается меню «Свойства», в блоке «Параметры пакета» сохранен суммарный периметр по каждому материалу пакета в метрах.

3.6.5. Возможность сохранения результирующей информации о суммарном периметре слоёв по каждому материалу композитного пакета в атрибуты CAD-модели

Для возможности сохранения результирующей информации о суммарном периметре слоёв по каждому материалу композитного пакета в атрибуты CAD-модели необходимо выполнить действия по п. 3.6.3, затем перейти на вкладку «Файл», выбрать «Сохранить как», ввести имя файл и нажать «Сохранить». Закрывать созданный файл, снова перейти на вкладку «Файл», выбрать «Открыть», найти ранее сохраненный файл, выбрать и нажать «Открыть». После открытия файла в навигаторе композитов выбрать объект «Пакет» левой кнопкой мыши, справа от основной сцены открылось меню «Свойства», в блоке «Параметры пакета» отображается суммарный периметр слоёв по каждому материалу в метрах.

Ограничение: если ячейка сетки драпировки очень большая или даже больше, чем сам слой может не посчитаться периметр ввиду невозможности построения развертки (расчет периметра проводится именно по развертке, а не по границам слоя). Для корректного расчета необходимо уменьшить размер сетки и проверить

построение развертки, после этого выполнить полный пересчет и периметр пересчитается.

**3.7. Отдельный элемент пользовательского интерфейса «Навигатор композитов» для отображения послойной структуры композитного пакета с поддержкой внесения изменений в структуру, модификации отдельных компонентов пакета и выполнения массовых операций с компонентами**

#### 3.7.1. Возможность отображения послойной структуры композитного пакета

Для возможности отображения послойной структуры композитного пакета необходимо предварительно создать композитный пакет по п. 3.3.1., композитную систему координат по п. 3.4.1. (одну или несколько), несколько слоёв конструкторских и/или технологических по п.3.5.1., выполнить драпировку слоёв, создать надрезы и/или вырезы по п. 3.14.1, 3.14.2. На вкладке «Композиты» запустить команду «Навигатор композитов» (рис.45).

Расположение команды «Навигатор композитов»

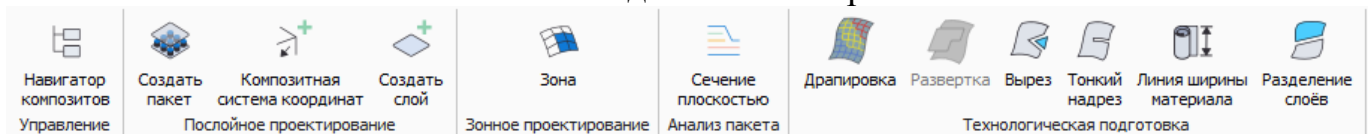


Рисунок 45

Открылся диалог навигатора композитов, в навигаторе создан объект "Пакет" с атрибутами: тип, наименование, родитель, поверхность (рис.46).

Диалог навигатора композитов «Пакет»

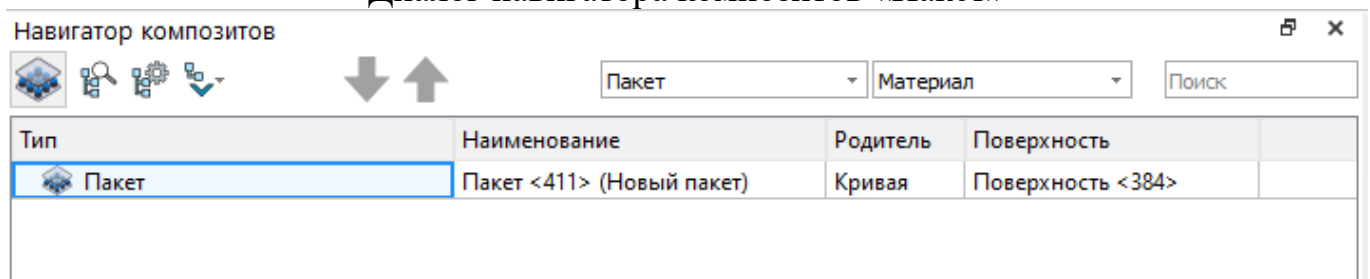


Рисунок 46

В выпадающем списке выбрать тип объекта "Система координат". В навигаторе отображается "Система координат" с атрибутами: тип, наименование, тип отображения, поверхность, кривая направления (рис.47).

Диалог навигатора композитов «Система координат»



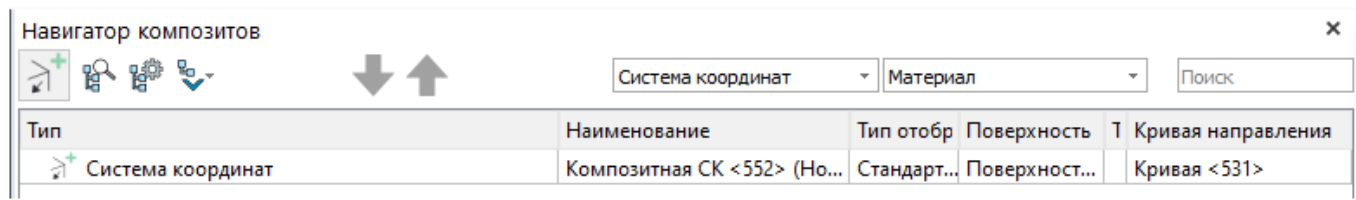


Рисунок 47

В выпадающем списке выбрать тип объекта "Технологический слой". В навигаторе отображаются объекты "Слой" с атрибутами: тип, наименование, шаг, ориентация, материал, система координат, родитель, статус (рис.48).

#### Диалог навигатора композитов «Конструкторский слой»

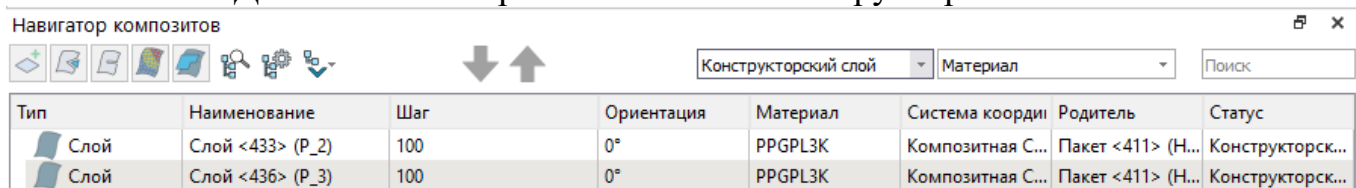


Рисунок 48

В выпадающем списке выбрать тип объекта "Конструкторский слой". В навигаторе отображаются объекты "Слой" с атрибутами: тип, наименование, шаг, ориентация, материал, система координат, родитель, статус (рис.49).

#### Диалог навигатора композитов «Технологический слой»

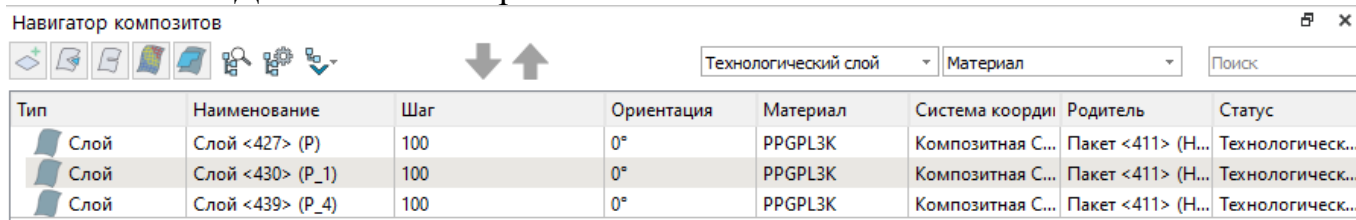


Рисунок 49

В выпадающем списке выбрать тип объекта "Разрезы/вырезы". В навигаторе отображаются объекты "Надрез" и "Вырез" с атрибутами: тип, наименование, слой (рис.50).

#### Диалог навигатора композитов «Разрезы/вырезы»

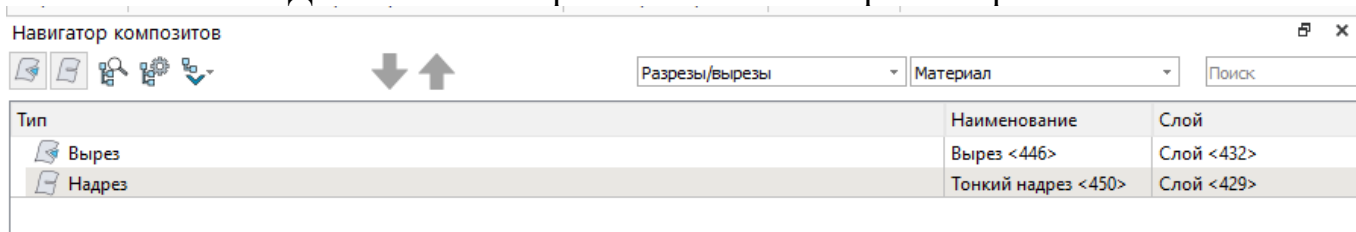


Рисунок 50

3.7.2. Возможность модификации отдельных компонентов композитного пакета: возможность редактирования отдельных слоев в Навигаторе композитов, возможность редактирования Пакета в Навигаторе композитов

Для модификации отдельных компонентов композитного пакета необходимо создать композитный пакет по п. 3.3.1., композитную систему координат по п. 3.4.1. (одну или несколько), несколько слоёв конструкторских и/или технологических по п. 3.5.1.

В навигаторе композитов выбрать объект "Пакет". Вызвать контекстное меню правой кнопкой мыши. Выбрать пункт "Редактировать", появится диалоговое окно создания пакета (рис.51 ). Изменить текстовые или геометрические параметры пакета, нажать «Ок», система изменит параметры пакета.

Диалоговое окно пакета

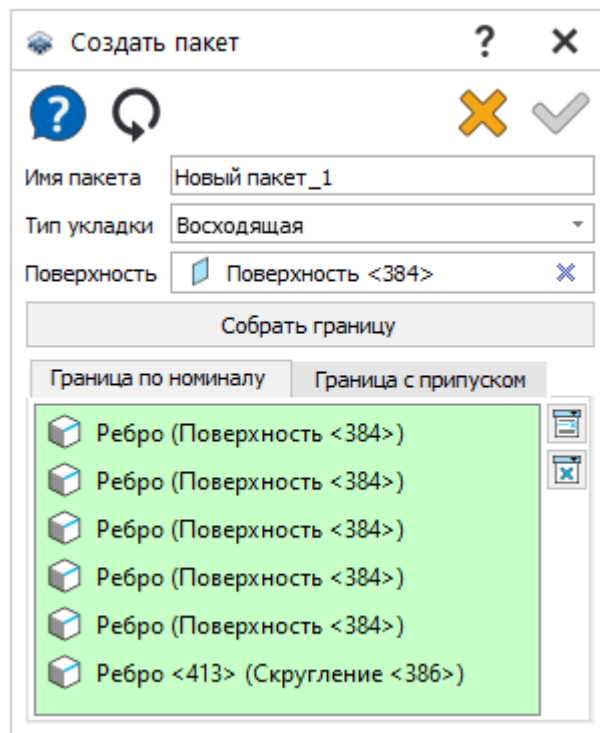


Рисунок 51

В навигаторе композитов выбрать объект "Слой". Вызвать контекстное меню правой кнопкой мыши. Выбрать пункт "Редактировать", появится диалоговое окно создания слоя (рис.52 ). Изменить текстовые или геометрические параметры слоя, нажать «Ок», система изменит параметры пакета.

## Диалоговое окно слоя

Рисунок 52

3.7.3. Возможность выполнения массовых операций (создание, редактирование, удаление) с компонентами композитного пакета: возможность одновременного создания нескольких слоев, возможность одновременного редактирования нескольких слоев, возможность одновременного удаления нескольких слоев

Для модификации отдельных компонентов композитного пакета необходимо создать композитный пакет по п. 3.3.1., композитную систему координат по п. 3.4.1. (одну или несколько), несколько слоёв конструкторских и/или технологических по п. 3.5.1.

Для создания нескольких слоёв в навигаторе композитов нажать команду «Создать слой». В диалоговом окне активировать флаговую кнопку «Создать несколько слоёв», ввести необходимое количество слоёв (рис.53 ).

## Диалоговое окно слоя

Создать слой

Имя: P\_1

Пакет: Новый пакет

Композитная СК: Новая СК

Начало выкладки: [Зеленая полоса]

Тип: Технологический

Граница по номиналу: Выберите границу по номиналу

Граница с припуском: Выберите границу с припуском

Шаг: 100

Ориентация: 0

Размер ячейки: 100 мм

Отображать: Драпировка

Материал: PPG-PL-3K

Задать материал

☒ Создать несколько слоев

Количество: 5

Рисунок 53

После подтверждения операции в навигаторе композитов создается необходимое количество слоёв.

Для редактирования нескольких слоёв пользователю необходимо выбрать в навигаторе композитов необходимое количество слоёв, вызвать контекстное меню, нажав правой кнопкой, выбрать «Редактировать». Появилось окно создания слоя, пользователю необходимо ввести или скорректировать параметры. После подтверждения операции, в навигаторе композитов создаются отредактированные объекты.

Для удаления нескольких слоёв пользователю необходимо выбрать в навигаторе композитов необходимое количество слоёв, вызвать контекстное меню, нажав правой кнопкой, выбрать «Удалить».

3.7.4. Возможность визуализации соответствующих связанных геометрических объектов при выделении компонента композитного пакета: возможность визуализации соответствующих связанных геометрических объектов при выделении слоя в Навигаторе композитов, возможность отмены визуализации при отмене выделения слоя в Навигаторе композитов

Для визуализации соответствующих связанных геометрических объектов при выделении компонента композитного пакета необходимо создать композитный пакет по п. 3.3.1., композитную систему координат по п. 3.4.1. (одну или несколько), несколько слоёв конструкторских и/или технологических по п. 3.5.1.

В навигаторе модели выбрать объект пакет и нажать на него левой кнопкой мыши, на сцене у модели появится контур зеленого цвета – границы пакета (рис.54). При снятии выделения с объекта «Пакет», щелкнув на любую свободную область сцены контур пакета не отображается.

Пример визуализации контура пакета

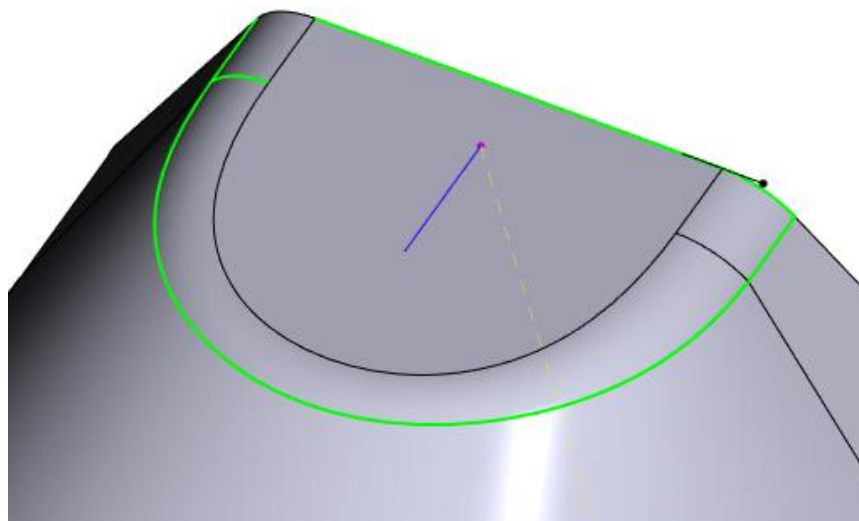


Рисунок 54

В навигаторе композитов, в выпадающем списке, выбрать тип объекта "Система координат". Нажать на объект "Система координат" в навигаторе левой кнопкой мыши. На сцене, на поверхности модели появилась декорация системы координат композитного пакета (рис.55). При снятии выделения с объекта «Система координат», щелкнув на любую свободную область сцены контур системы координат не отображается.

## Пример визуализации декорации системы координат

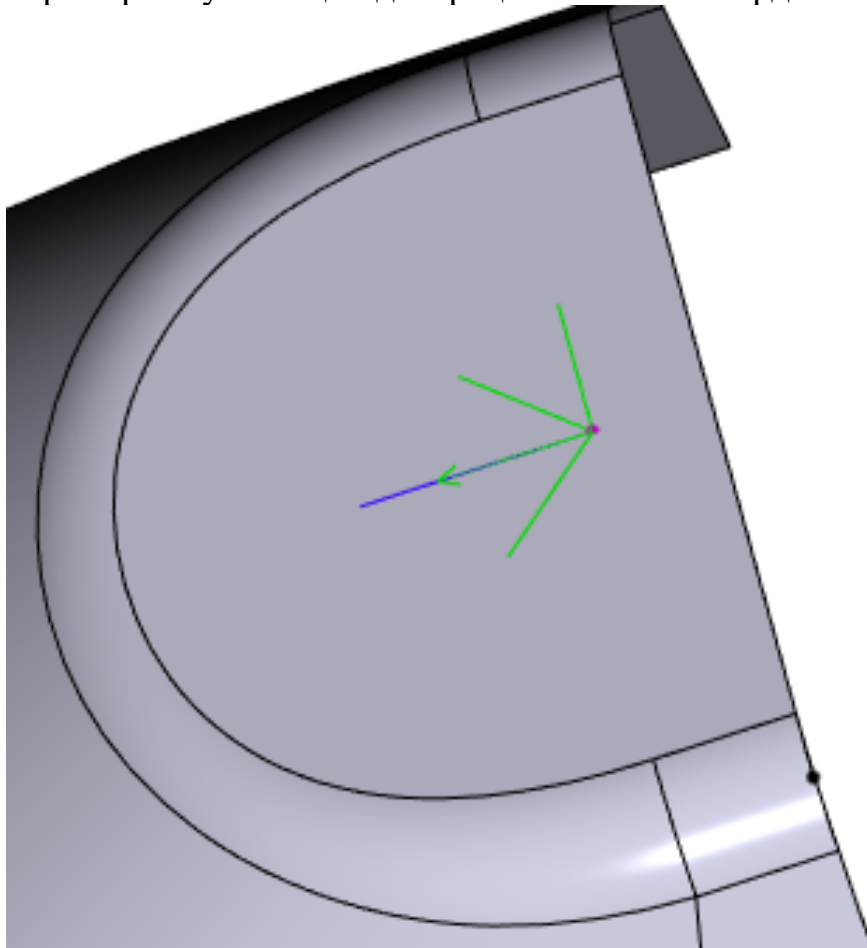


Рисунок 55

В навигаторе композитов, в выпадающем списке, выбрать тип объекта "Технологический слой". Нажать на объект "Технологический слой" в навигаторе левой кнопкой мыши. На сцене, на поверхности модели появился контур по границам слоя, точка начала выкладки и направление выкладки (рис.56),(рис.57). При снятии выделения с объекта, щелкнув на любую свободную область сцены контур слоя не отображается.

## Пример визуализации слоя

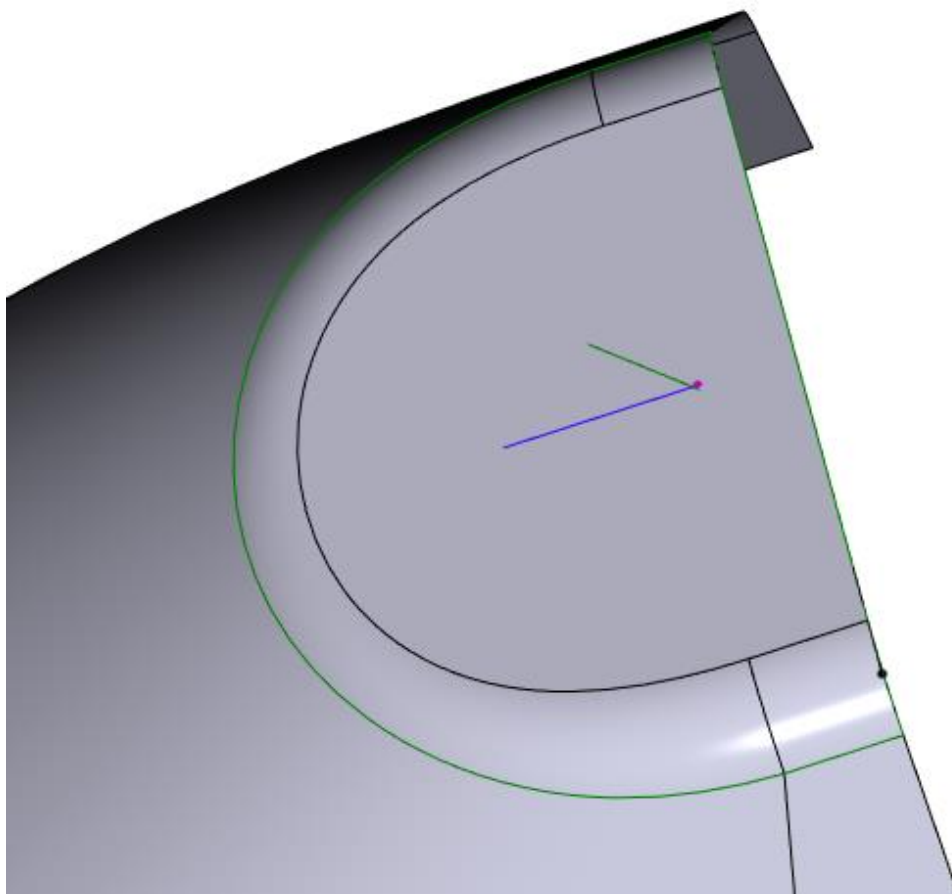


Рисунок 56

## Пример визуализации драпировки и развертки

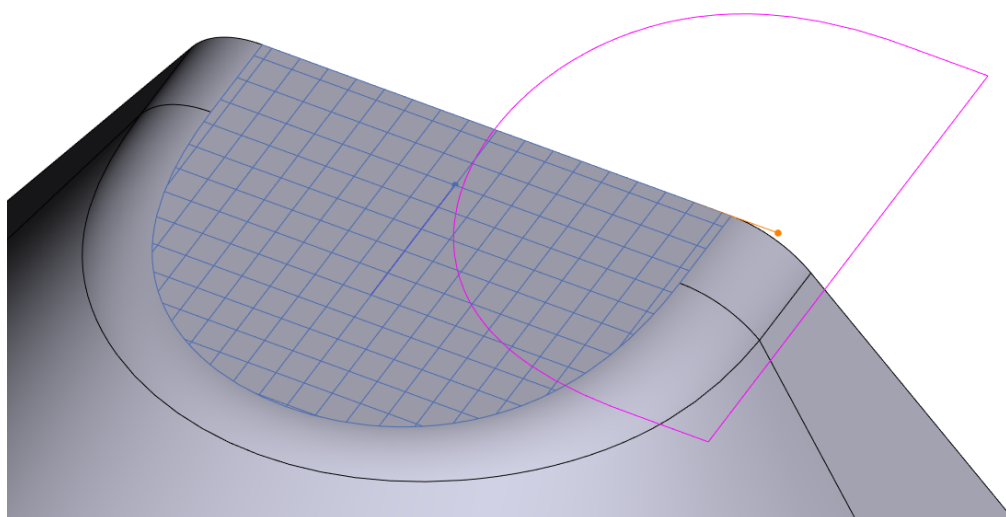


Рисунок 57

3.7.5. Возможность фильтрации компонентов композитного пакета: возможность скрывать выбранные объекты навигатора композитов, возможность отображать в навигаторе композитов только выбранные объекты, возможность отображать все доступные в соответствующем элементе интерфейса объекты

Для скрытия выбранных объектов навигатора композитов необходимо предварительно создать несколько объектов одного типа: композитные пакеты по п. 3.3.1., композитные системы координат по п. 3.4.1. или несколько слоёв конструкторских и/или технологических по п. 3.5.1. После создания объектов, необходимо выделить один или несколько объектов левой кнопкой мыши, далее вызвать контекстное меню и выбрать «Скрыть», после чего выбранные объекты в навигаторе композитов не отображаются.

Для возможности отображения всех скрытых ранее объектов в навигаторе композитов вызвать контекстное меню, щелкнув правой кнопкой мыши в любой свободной области навигатора, и выбрать «Показать все». В навигаторе композитов отобразятся все ранее созданные и скрытые объекты.

Для отображения в навигаторе композитов только выбранных объектов необходимо выделить один или несколько объектов левой кнопкой мыши, далее вызвать контекстное меню и выбрать «Показывать только выбранное», после чего в навигаторе композитов остаются только выбранные объекты, остальные не отображаются.

### **3.8. Расчет расхода материала с учетом припуска**

3.8.1. Возможность расчета суммарной площади по каждому материалу, входящему в состав пакета: 1) возможность расчета площади каждого композитного слоя с учетом припуска; 2) возможность сохранения результирующей площади



- каждого композитного слоя в атрибутах соответствующего слоя; 3) возможность формирования списка композиционных материалов, входящих в пакет;
- 4) возможность расчета расхода (суммарной площади с припуском) по каждому композиционному материалу, входящему в состав композитного пакета;
- 5) возможность сохранения результатов расхода композиционного материала в атрибутах пакета

Для расчета площади каждого композитного слоя с учетом припуска необходимо предварительно создать композитный пакет по п. 3.3.1., композитную систему координат по п. 3.4.1. (одну или несколько), несколько слоёв конструкторских и/или технологических по п.3.5.1. с припуском, затем, выбрав слой/группу слоёв в навигаторе композитов, запустить команду «Драпировка» на вкладке «Композиты» в группе «Технологическая подготовка» (рис.58 ).

Расположение команды «Драпировка»

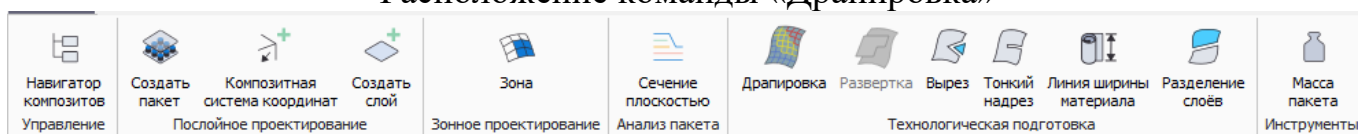


Рисунок 58

На панели "Вид" основного графического окна с помощью ЛКМ выбрать "Пересчет модели" - "Полный пересчет" и нажать «Ок». В навигаторе модели вызвать контекстное меню объекта «Слой», для которого выполнена драпировка, нажав правой кнопкой мыши, затем выбрать «Свойства». Справа от основной сцены открылось меню «Свойства», в блоке «Параметры слоя» отображается площадь выбранного слоя в метрах квадратных с учётом припуска. Пример отображения результата расчета площади с припуском представлен на рис.59 .

Пример расчета площади слоя с припуском

▼ Параметры слоя	(объектов :)5
Материал	PPG-PL-3K
Масса	0.02716439578961 кг
Площадь номинальная	0.14075326975389 м²
Площадь с припуском	0.22325194704054 м²
Периметр	1.54152254780326 м

Рисунок 59

Результаты расчета результирующей площади каждого композитного слоя сохраняются в атрибутах соответствующего слоя, в группе «Свойства».

При создании нескольких слоёв конструкторских и/или технологических по п.3.5.1. с припуском и с разными материалами пользователь на панели "Вид" основного графического окна с помощью ЛКМ выбирает "Пересчет модели" - "Полный пересчет" и нажимает «Ок». В навигаторе модели вызвать контекстное меню объекта «Пакет», нажав правой кнопкой мыши, затем выбирает «Свойства». Справа от основной сцены открывается меню «Свойства», в блоке «Параметры пакета» отображается список использованных материалов с суммарной площадью выбранного пакета в метрах квадратных по каждому материалу. Пример отображения результата расчета представлен на рис.60 .

Пример расчета суммарной площади по каждому материалу для пакета

✓ Параметры пакета	(объектов : )5	
Масса	0.06608567758258	кг
ppg-pl-3k	0.13880432957105	м <sup>2</sup>
ppg-5h-3k	0.14036695553567	м <sup>2</sup>
ppg-pl-3k	1.54081662917752	м
ppg-5h-3k	1.54150273396714	м

Рисунок 60

Результаты расчета расхода композиционного материала, а также список материалов сохраняются в атрибутах пакета, в блоке «Параметры пакета».

### 3.9. Расчет массово-инерционных характеристик пакета с учетом технологических операций

3.9.1. Возможность вычисления координат центра тяжести композитного пакета: возможность вычисления координат центра тяжести композитного пакета с учетом технологических операций; возможность сохранения результатов расчета координат центров тяжести отдельных слоев в атрибутах соответствующих слоев (данные атрибуты не видны пользователю в интерфейсе, но участвуют в вычислении координат центра тяжести композитного пакета); возможность сохранения результатов расчета координат центра тяжести композитного пакета в атрибутах композитного пакета; возможность отображать значения координат центра тяжести композитного пакета в диалоговом окне композитного пакета

Для вычисления координат центра тяжести композитного пакета необходимо предварительно создать композитный пакет по п. 3.3.1., композитную систему

координат по п. 3.4.1. (одну или несколько), несколько слоёв конструкторских и/или технологических по п.3.5.1., затем, выбрав слой/группу слоёв в навигаторе композитов, запустить команду «Драпировка» на вкладке «Композиты» в группе «Технологическая подготовка» (рис.61 ).

Расположение команды «Драпировка»

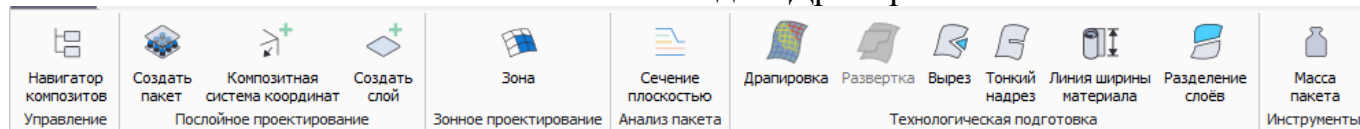


Рисунок 61

На вкладке «Параметры» выбрать команду «Измерение», кликнуть в поле «Выберите объекты» (рис.62), в навигаторе композитов выбрать измеряемый пакет.

Диалоговое окно команды «Измерение»

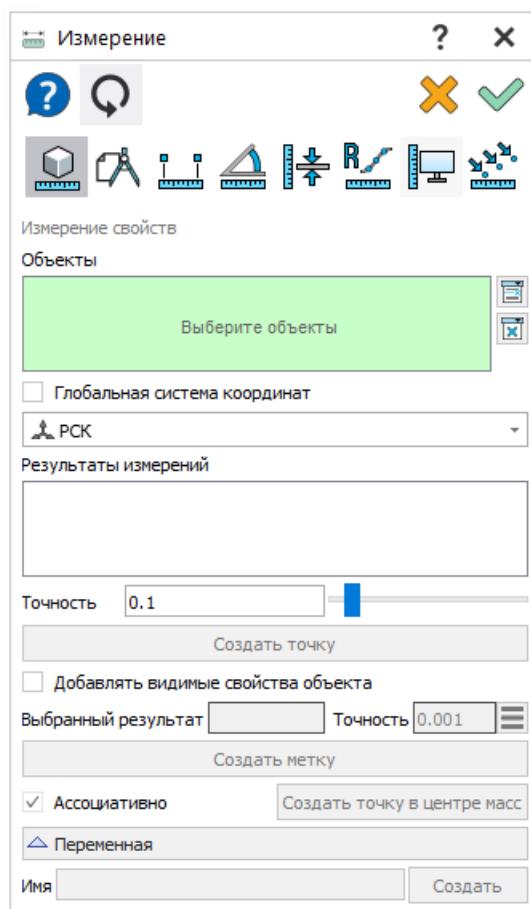


Рисунок 62

В поле «Результаты измерений» появляются результаты расчета координат центра тяжести композитного пакета (рис.63 ). Нажать «Ок», результаты измерений сохраняются в атрибуты пакета.

Результаты измерений	
Результаты измерений [24]	
Площадь	279171.285 мм <sup>2</sup>
Масса	0.066 кг
Объём	0 мм <sup>3</sup>
Плотность	0 кг/м <sup>3</sup>
X центра масс	300 мм
Y центра масс	167.304 мм
Z центра масс	0 мм
Момент инерции отн. оси X	0.008 кг*м <sup>2</sup>
Момент инерции отн. оси Y	0.026 кг*м <sup>2</sup>
Момент инерции отн. оси Z	0.035 кг*м <sup>2</sup>
Момент инерции отн. плоскости XY	0 кг*м <sup>2</sup>
Момент инерции отн. плоскости YZ	0.014 кг*м <sup>2</sup>
Момент инерции отн. плоскости ZX	0 кг*м <sup>2</sup>
Длина	1300 мм
Имя Пакет <411> (Новый пакет)	
Минимальная координата X	281.81 мм
Минимальная координата Y	2.239 мм
Минимальная координата Z	-1000 мм
Максимальная координата X	318.19 мм
Максимальная координата Y	147.761 мм
Максимальная координата Z	0 мм
Размер по оси X	36.38 мм
Размер по оси Y	145.521 мм
Размер по оси Z	1000 мм

Рисунок 63

На вкладке «Параметры» выбрать команду «Измерение», кликнуть в поле «Выберите объекты» (см. рис. 62), в навигаторе композитов выбрать измеряемый слой. В поле «Результаты измерений» появляются результаты расчета координат центра тяжести слоя (рис.64 ). Нажать «Ок», результаты измерений сохраняются в атрибуты слоя.

## Результаты измерений

Результаты измерений [24]

Площадь 138804.33 мм <sup>2</sup>
Масса 0.027 кг
Объем 0 мм <sup>3</sup>
Плотность 0 кг/м <sup>3</sup>
X центра масс 300 мм
Y центра масс 167.304 мм
Z центра масс 0 мм
Момент инерции отн. оси X 0.003 кг*м <sup>2</sup>
Момент инерции отн. оси Y 0.008 кг*м <sup>2</sup>
Момент инерции отн. оси Z 0.011 кг*м <sup>2</sup>
Момент инерции отн. плоскости XY 0 кг*м <sup>2</sup>
Момент инерции отн. плоскости YZ 0.004 кг*м <sup>2</sup>
Момент инерции отн. плоскости ZX 0 кг*м <sup>2</sup>
Длина 1641.176 мм
Имя Слой <419> (P)
Минимальная координата X 50 мм
Минимальная координата Y 0 мм
Минимальная координата Z 0 мм
Максимальная координата X 550 мм
Максимальная координата Y 377.42 мм
Максимальная координата Z 0 мм
Размер по оси X 500 мм
Размер по оси Y 377.42 мм
Размер по оси Z 0 мм

Рисунок 64

После измерений объекта «Пакет», кликнуть двойным нажатием левой кнопки мыши на объект в навигаторе композитов, появится диалоговое окно создания/редактирования пакета. Внизу диалога появился раздел «Массово-инерционные характеристики пакета» с результатами расчета координат центра тяжести пакета (рис.65).

## Результаты расчета координат центра тяжести пакета

Создать пакет

Имя пакета: Новый пакет

Тип укладки: Восходящая

Поверхность: Поверхность <384>

По номиналу [4]

- Ребро <415> (Скругление <386>)
- Ребро <414> (Скругление <386>)
- Ребро <413> (Скругление <386>)
- Ребро <416> (Скругление <386>)

С припуском

Выберите границу с припуском

Массово-инерционные характеристики пакета [10]

Масса	0.066 кг
X центра масс	0.3 м
Y центра масс	0.167 м
Z центра масс	0 м
Момент инерции отн. оси X	0.008 кг*м <sup>2</sup>
Момент инерции отн. оси Y	0.026 кг*м <sup>2</sup>
Момент инерции отн. оси Z	0.035 кг*м <sup>2</sup>
Момент инерции отн. плоскости XY	0 кг*м <sup>2</sup>
Момент инерции отн. плоскости YZ	0.014 кг*м <sup>2</sup>
Момент инерции отн. плоскости ZX	0 кг*м <sup>2</sup>

Рисунок 65

3.9.2. Расчет массы композитного пакета: возможность расчета массы композитного пакета с учетом технологических операций; возможность сохранения результатов расчета массы отдельных слоев в атрибутах соответствующих слоев (данные атрибуты не видны пользователю в интерфейсе, но участвуют в вычислении суммарной массы композитного пакета); возможность сохранения результатов

расчета массы композитного пакета в атрибутах композитного пакета; возможность отображать значение массы композитного пакета в диалоговом окне композитного пакета

Для вычисления массы композитного пакета необходимо предварительно создать композитный пакет по п. 3.3.1., композитную систему координат по п. 3.4.1. (одну или несколько), несколько слоёв конструкторских и/или технологических по п.3.5.1., затем, выбрав слой/группу слоёв в навигаторе композитов, запустить команду «Драпировка» на вкладке «Композиты» в группе «Технологическая подготовка» (рис.66 ).

Расположение команды «Драпировка»

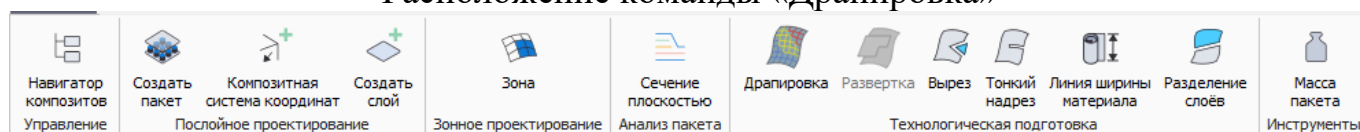


Рисунок 66

На вкладке «Параметры» выбрать команду «Измерение», кликнуть в поле «Выберите объекты» (рис.67), в навигаторе композитов выбрать измеряемый пакет.

Диалоговое окно команды «Измерение»

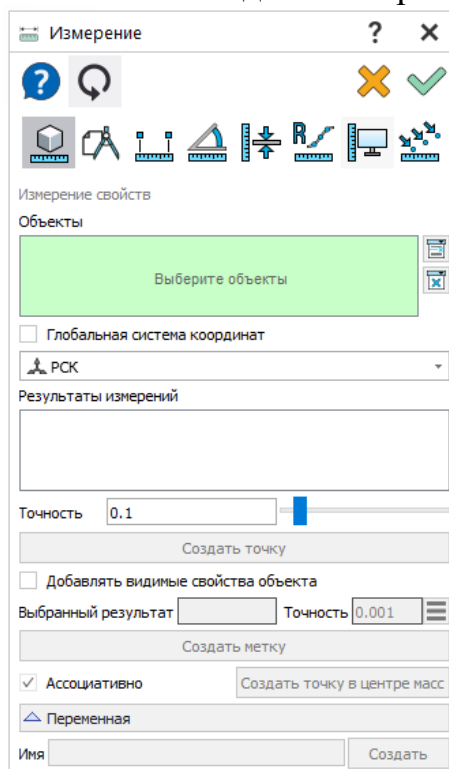


Рисунок 67

В поле «Результаты измерений» появляются результаты расчета массы композитного пакета (рис.68 ). Нажать «Ок», результаты измерений сохраняются в атрибуты пакета.

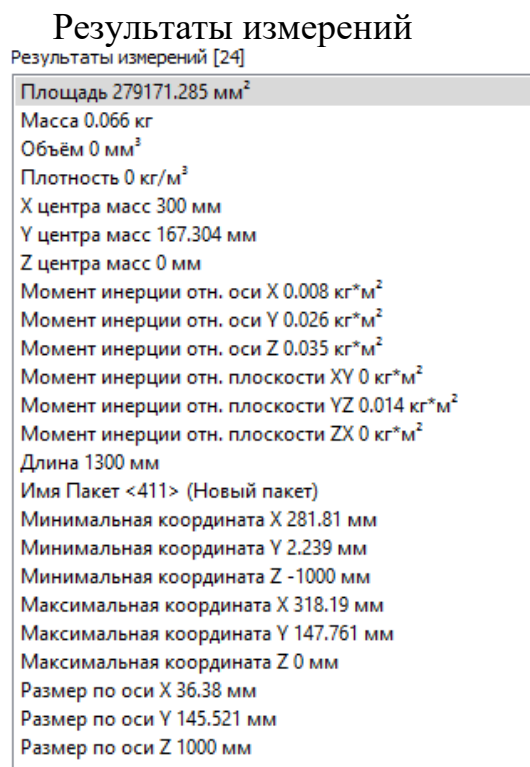


Рисунок 68

На вкладке «Параметры» выбрать команду «Измерение», кликнуть в поле «Выберите объекты» , в навигаторе композитов выбрать измеряемый слой. В поле «Результаты измерений» появляются результаты расчета массы слоя (рис.69 ). Нажать «Ок», результаты измерений сохраняются в атрибуты слоя.



07623615.01143-02 34 01

## Результаты измерений

Результаты измерений [24]

Площадь 138804.33 мм <sup>2</sup>
Масса 0.027 кг
Объем 0 мм <sup>3</sup>
Плотность 0 кг/м <sup>3</sup>
X центра масс 300 мм
Y центра масс 167.304 мм
Z центра масс 0 мм
Момент инерции отн. оси X 0.003 кг*м <sup>2</sup>
Момент инерции отн. оси Y 0.008 кг*м <sup>2</sup>
Момент инерции отн. оси Z 0.011 кг*м <sup>2</sup>
Момент инерции отн. плоскости XY 0 кг*м <sup>2</sup>
Момент инерции отн. плоскости YZ 0.004 кг*м <sup>2</sup>
Момент инерции отн. плоскости ZX 0 кг*м <sup>2</sup>
Длина 1641.176 мм
Имя Слой <419> (P)
Минимальная координата X 50 мм
Минимальная координата Y 0 мм
Минимальная координата Z 0 мм
Максимальная координата X 550 мм
Максимальная координата Y 377.42 мм
Максимальная координата Z 0 мм
Размер по оси X 500 мм
Размер по оси Y 377.42 мм
Размер по оси Z 0 мм

Рисунок 69

После измерений объекта «Пакет», кликнуть двойным нажатием левой кнопки мыши на объект в навигаторе композитов, появится диалоговое окно создания/редактирования пакета. Внизу диалога появился раздел «Массово-инерционные характеристики пакета» с результатами расчета массы пакета (рис.70).

## Результаты расчета массы пакета

Массово-инерционные характеристики пакета [10]
Масса 0.066 кг
X центра масс 0.3 м
Y центра масс 0.167 м
Z центра масс 0 м
Момент инерции отн. оси X 0.008 кг*м <sup>2</sup>
Момент инерции отн. оси Y 0.026 кг*м <sup>2</sup>
Момент инерции отн. оси Z 0.035 кг*м <sup>2</sup>
Момент инерции отн. плоскости XY 0 кг*м <sup>2</sup>
Момент инерции отн. плоскости YZ 0.014 кг*м <sup>2</sup>
Момент инерции отн. плоскости ZX 0 кг*м <sup>2</sup>

Рисунок 70

3.9.3. Расчет моментов инерции композитного пакета: возможность расчета моментов инерции композитного пакета с учетом технологических операций; возможность сохранения результатов расчета моментов инерции отдельных слоев в атрибутах соответствующих слоев; возможность сохранения результатов расчета моментов инерции композитного пакета в атрибутах композитного пакета;

возможность отображать значения моментов инерции композитного пакета в диалоговом окне композитного пакета

Для вычисления моментов инерции композитного пакета необходимо предварительно создать композитный пакет по п. 3.3.1., композитную систему координат по п. 3.4.1. (одну или несколько), несколько слоёв конструкторских и/или технологических по п.3.5.1., затем, выбрав слой/группу слоёв в навигаторе композитов, запустить команду «Драпировка» на вкладке «Композиты» в группе «Технологическая подготовка» (рис.71 ).

Расположение команды «Драпировка»

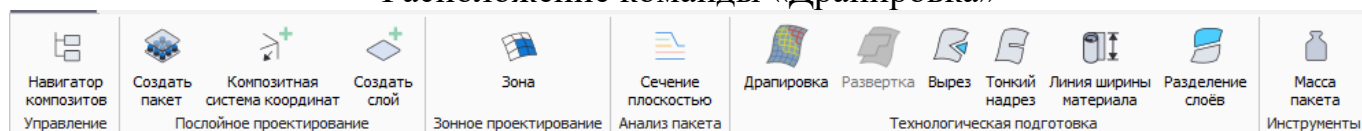


Рисунок 71

На вкладке «Параметры» выбрать команду «Измерение», кликнуть в поле «Выберите объекты» (рис.72), в навигаторе композитов выбрать измеряемый пакет.

Диалоговое окно команды «Измерение»

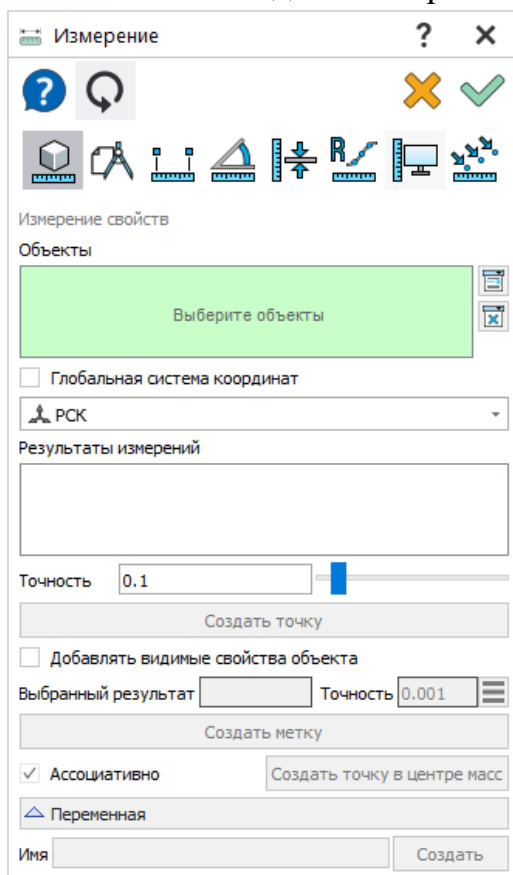


Рисунок 72

В поле «Результаты измерений» появляются результаты расчета моментов инерции композитного пакета (рис. 73). Нажать «Ок», результаты измерений сохраняются в атрибуты пакета.

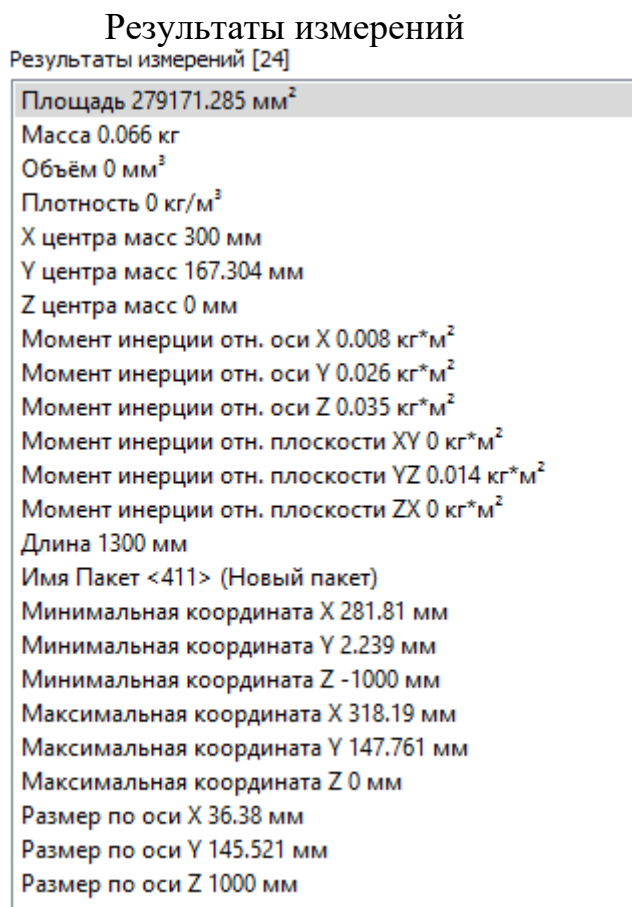


Рисунок 73

На вкладке «Параметры» выбрать команду «Измерение», кликнуть в поле «Выберите объекты» (рис. 72), в навигаторе композитов выбрать измеряемый слой. В поле «Результаты измерений» появляются результаты расчета моментов инерции слоя (рис. 74). Нажать «Ок», результаты измерений сохраняются в атрибуты слоя.

## Результаты измерений

Результаты измерений [24]

Площадь 138804.33 мм <sup>2</sup>
Масса 0.027 кг
Объем 0 мм <sup>3</sup>
Плотность 0 кг/м <sup>3</sup>
X центра масс 300 мм
Y центра масс 167.304 мм
Z центра масс 0 мм
Момент инерции отн. оси X 0.003 кг*м <sup>2</sup>
Момент инерции отн. оси Y 0.008 кг*м <sup>2</sup>
Момент инерции отн. оси Z 0.011 кг*м <sup>2</sup>
Момент инерции отн. плоскости XY 0 кг*м <sup>2</sup>
Момент инерции отн. плоскости YZ 0.004 кг*м <sup>2</sup>
Момент инерции отн. плоскости ZX 0 кг*м <sup>2</sup>
Длина 1641.176 мм
Имя Слой <419> (P)
Минимальная координата X 50 мм
Минимальная координата Y 0 мм
Минимальная координата Z 0 мм
Максимальная координата X 550 мм
Максимальная координата Y 377.42 мм
Максимальная координата Z 0 мм
Размер по оси X 500 мм
Размер по оси Y 377.42 мм
Размер по оси Z 0 мм

Рисунок 74

После измерений объекта «Пакет», кликнуть двойным нажатием левой кнопки мыши на объект в навигаторе композитов, появится диалоговое окно создания/редактирования пакета. Внизу диалога появился раздел «Массово-инерционные характеристики пакета» с результатами расчета моментов инерции пакета (рис. 75).

### Результаты расчета моментов инерции пакета

**Создать пакет**

Имя пакета: Новый пакет

Тип укладки: Восходящая

Поверхность: Поверхность <384>

По номиналу [4]

- Ребро <415> (Скругление <386>)
- Ребро <414> (Скругление <386>)
- Ребро <413> (Скругление <386>)
- Ребро <416> (Скругление <386>)

С припуском

Выберите границу с припуском

Массово-инерционные характеристики пакета [10]

Масса 0.066 кг  
 X центра масс 0.3 м  
 Y центра масс 0.167 м  
 Z центра масс 0 м  
 Момент инерции отн. оси X 0.008 кг\*м<sup>2</sup>  
 Момент инерции отн. оси Y 0.026 кг\*м<sup>2</sup>  
 Момент инерции отн. оси Z 0.035 кг\*м<sup>2</sup>  
 Момент инерции отн. плоскости XY 0 кг\*м<sup>2</sup>  
 Момент инерции отн. плоскости YZ 0.014 кг\*м<sup>2</sup>  
 Момент инерции отн. плоскости ZX 0 кг\*м<sup>2</sup>

Рисунок 75

### 3.10. Визуализация послойной структуры композитного пакета в сечении плоскостью

3.10.1. Возможность создания объекта "Сечение плоскостью": возможность создания объекта "Сечение плоскостью"; возможность отображения объекта "Сечение плоскостью" в Навигаторе модели; возможность редактирования объекта «Сечение плоскостью»

Для создания объекта "Сечение плоскостью" необходимо предварительно создать композитный пакет по п. 3.3.1., композитную систему координат по п. 3.4.1. (одну или несколько), несколько слоёв конструкторских и/или технологических по

п.3.5.1. с разными углами выкладки, затем, выбрав слой/группу слоёв в навигаторе композитов, запустить команду «Драпировка» на вкладке «Композиты» в группе «Технологическая подготовка» (рис. 76).

Расположение команды «Драпировка»

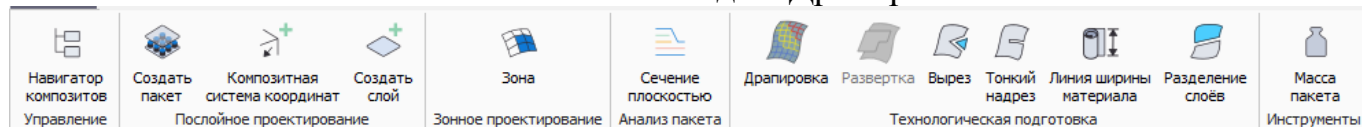


Рисунок 76

На вкладке «Композиты» Запустить команду «Сечение плоскостью». Появилось диалоговое окно команды. Поле «Пакет» позволяет выбрать пакет, для которого будет построено сечение. Поле «Плоскость» позволяет выбрать или создать плоскость, по которой будет проходить сечение. Поле «Тип сечения» позволяет выбрать тип сечения: схематичное, упрощенное или драпировочное. Поле «Масштаб» позволяет выбрать необходимый масштаб (от 1 до 1000). Поля «Начальная точка» и «Конечная точка» позволяют настроить область сечения.

В диалоговом окне команды выбрать существующую или создать новую плоскость в том месте, где необходимо создать сечение (рис. 77).

Диалоговое окно команды

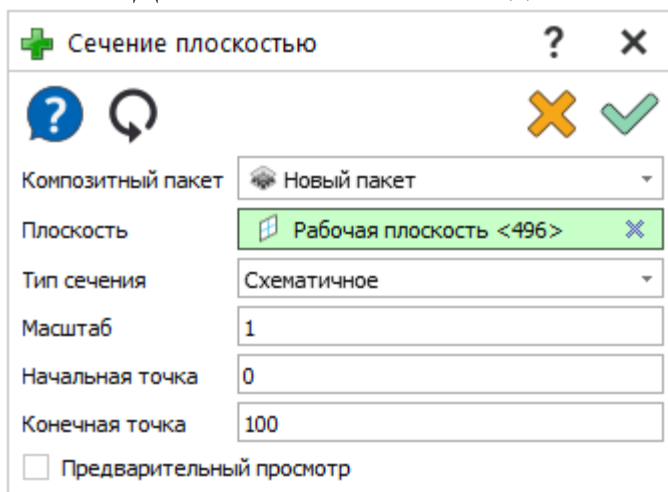


Рисунок 77

Подтвердить создание сечения. На сцене, на поверхности модели появилось отображение послойной структуры пакета в сечении плоскостью. В навигаторе появился объект «Сечение плоскостью» (рис. 78).

Пример отображения послойной структуры пакета в сечении плоскостью

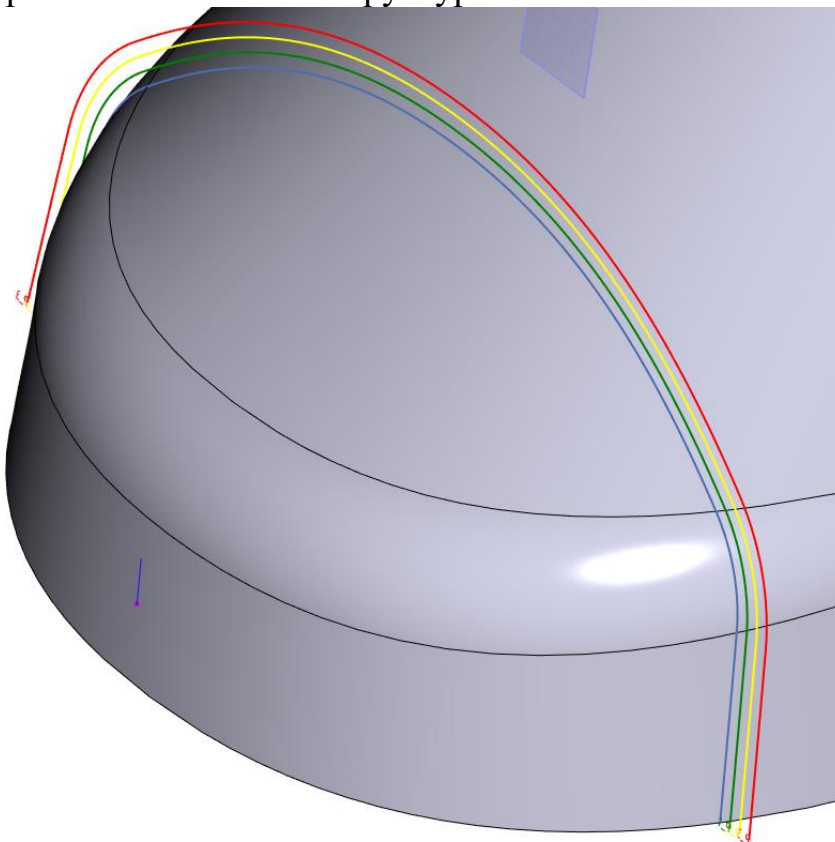


Рисунок 78

При необходимости пользователь может вызвать контекстное меню объекта «Сечение плоскостью» в навигаторе модели, нажав правой кнопкой, выбрать «Редактирование» - откроется диалоговое окно создания объекта, внести необходимые изменения и подтвердить операцию. Сечение плоскостью обновилось.

3.10.2. Возможность визуализации послойной структуры композитного пакета в сечении плоскостью

Для визуализации послойной структуры композитного пакета в сечении плоскостью необходимо выполнить действия по п. 3.10.1. На сцене отобразится послойная структура композитного пакета.

3.10.3. Возможность создания геометрии сечения в форме элементов CAD системы

Для создания геометрии сечения в форме элементов CAD системы необходимо выполнить действия по п. 3.10.1. На сцене отобразится послойная структура

композитного пакета, сечение создано элементами CAD системы – кривые на поверхности.

3.10.4. Возможность отображения цветов слоев в соответствии с углами армирования

Для отображения цветов слоев в соответствии с углами армирования необходимо выполнить действия по п. 3.10.1. На сцене отобразится послойная структура композитного пакета: на поверхности модели отображаются кривые: для  $0^0$ - контур синего цвета, для  $45^0$ - контур зеленого цвета, для  $90^0$  - контур желтого цвета, для  $-45^0$  - контур красного цвета (рис. 79).

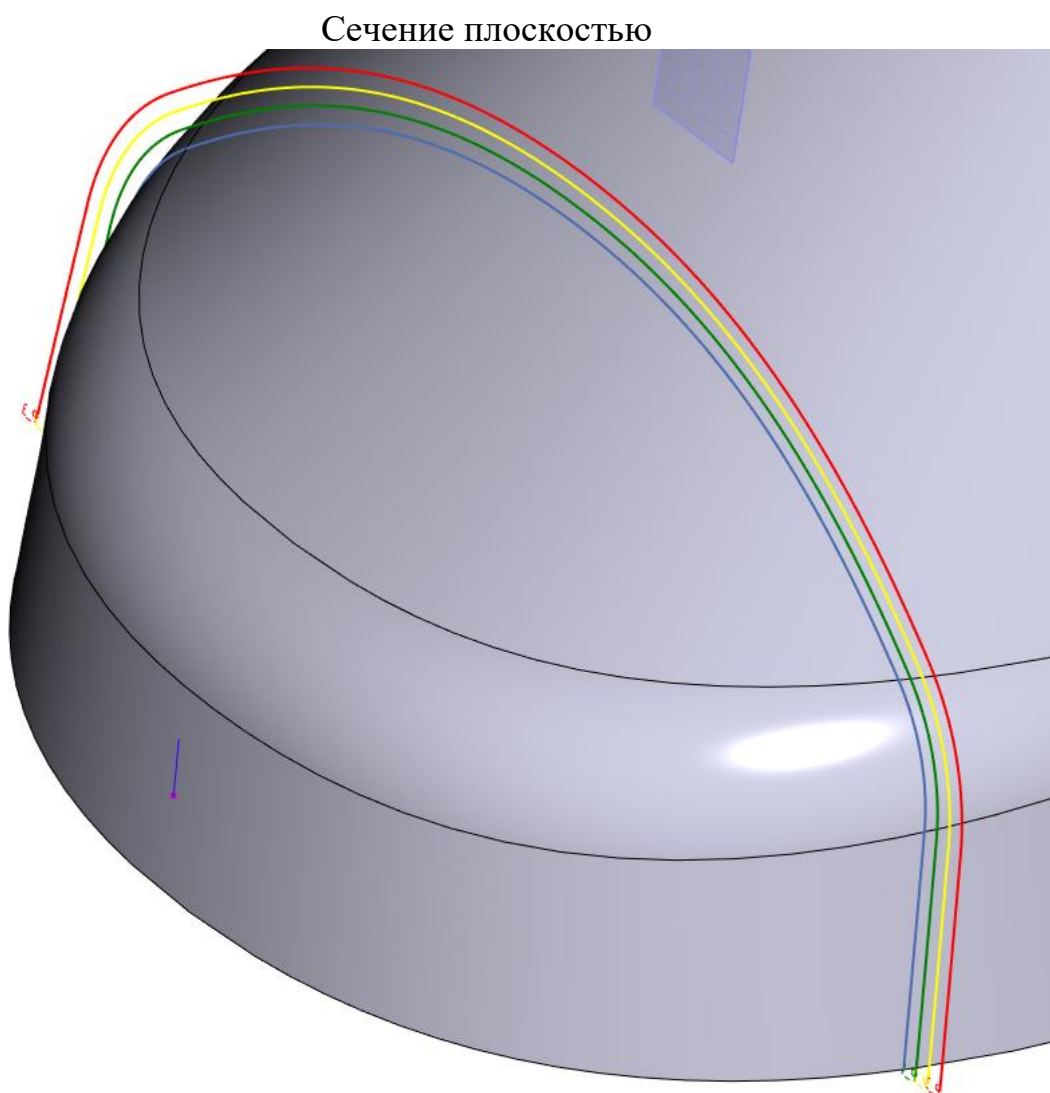


Рисунок 79



3.10.5. Возможность настройки параметров сечения для изменения типа, масштаба и границ сечения

Для настройки параметров сечения для изменения типа, масштаба и границ сечения необходимо выполнить действия по п. 3.10.1. С помощью полей «Тип сечения», «Масштаб сечения», «Начальная точка» и «Конечная точка» можно изменить тип, масштаб и границы сечения соответственно.

3.10.6. Возможность расчета узлов послойной структуры композитного пакета в сечении плоскостью (упрощенное сечение)


Для расчета узлов послойной структуры композитного пакета в сечении плоскостью необходимо выполнить действия по п. 3.10.1. С помощью поля «Тип сечения» выбрать «Упрощенное», подтвердить выполнение операции. После подтверждения система вычисляет узлы послойной структуры композитного пакета и строит кривые слоёв в сечении плоскостью.

Ограничения: Возможно некорректное отображение сечения при изменении точек границ сечения. Например, если слой имеет волнообразную форму и плоскость сечения проходит по «гребню», сечение для слоя будет состоять из нескольких кривых и при изменении границ система не сможет определить их координаты. Для корректной работы необходимо скорректировать расположение плоскости сечения или разделить слой на отдельные компоненты.

**3.11. Формирование, хранение описания композитного материала (однонаправленный, тканый) с соответствующими атрибутами в справочнике материалов Сарус.PDM или Сарус.MDM и предоставление информации о материалах смежным информационным и прикладным системам**

3.11.1. Формирование списка свойств композиционного материала в библиотеке композиционных материалов

Для загрузки Модуля «Управления материалами» необходимо:

- активизировать кнопку «Опции» ;
- выбрать пункт меню «Приложения»;
- в окне «Управление приложениями» выбрать пункт «Управление материалами» (рис. 80);

- установить значение в реквизитах «Автозапуск»;
- нажать кнопку «Заккрыть»;
- перезапустить приложение.

### Вид меню «Управление приложениями»

Управление приложениями						
	Наименование	ID	Модуль	Автозапуск	Тип	Состояние
86	Стартовая страница	RPLM.Shell...	RPLM.Shell.St...	<input checked="" type="checkbox"/>	Статическое	Запущено
87	Управление БД НМО	RPLM.IP.N...	RPLM.IP.NM...	<input checked="" type="checkbox"/>	Статическое	Запущено
88	Управление документами ECM	RPLM.IP.EC...	RPLM.IP.ECM...	<input checked="" type="checkbox"/>	Статическое	Запущено
89	Управление основными данными MDM	RPLM.MDM...	RPLM.MDM....	<input type="checkbox"/>	Статическое	
90	Управление библиотекой материалов	RPLM.MDM...	RPLM.MDM....	<input checked="" type="checkbox"/>	Статическое	Запущено
91	Управление библиотекой стандартных изделий	RPLM.MDM...	RPLM.MDM....	<input checked="" type="checkbox"/>	Статическое	Запущено
92	Управление замечаниями к документам	RPLM.EP.A...	RPLM.EP.Ann...	<input checked="" type="checkbox"/>	Статическое	Запущено
93	Управление манипулятором Space Mouse	RPLM.EP.Sp...	RPLM.EP.Spa...	<input checked="" type="checkbox"/>	Статическое	Запущено
94	Управление материалами	RPLM.EP.M...	RPLM.EP.Mat...	<input checked="" type="checkbox"/>	Статическое	Запущено
95	Управление проектами	RPLM.IP.Pr...	RPLM.IP.Proj...	<input checked="" type="checkbox"/>	Статическое	Запущено
96	Управление слоями	RPLM.EP.La...	RPLM.EP.Lay...	<input checked="" type="checkbox"/>	Статическое	Запущено
97	Управление структурой изделия	RPLM.EP.Pr...	RPLM.EP.Pro...	<input checked="" type="checkbox"/>	Статическое	Запущено
98	Управление требованиями	RPLM.IP.Re...	RPLM.IP.Req...	<input checked="" type="checkbox"/>	Статическое	Запущено

Категория: Все категории Поиск: 
Добавить... Удалить Заккрыть

Рисунок 80

Для назначения материала выбранным телам модели необходимо выполнить любой пункт:

- активировать пункт материала пункта «Библиотека материалов» в «Навигаторе модели» (рис. 81);
- выбрать материал из программы «Библиотеки материалов».

Назначение материала через «Навигатор модели»

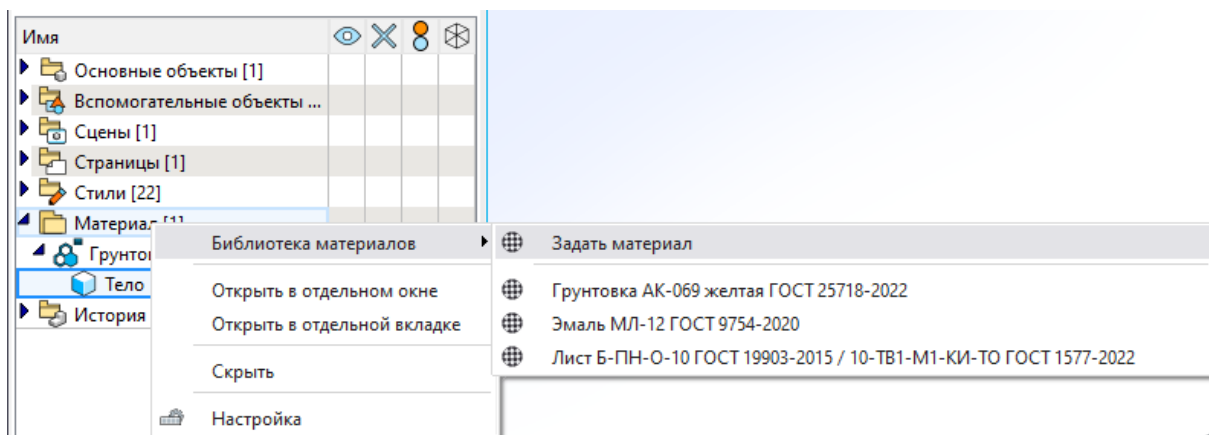



Рисунок 81

Запуск Библиотеки осуществляется:

- при активации на вкладке «Модель» кнопки «Библиотека материалов»  ;
- при активации в «Навигаторе модели» последовательно пункт «Библиотека материалов» и «Задать материал» (рис. 82);
- при создании объекта «Слой».

#### Пример диалогового окна «Библиотека материалов»

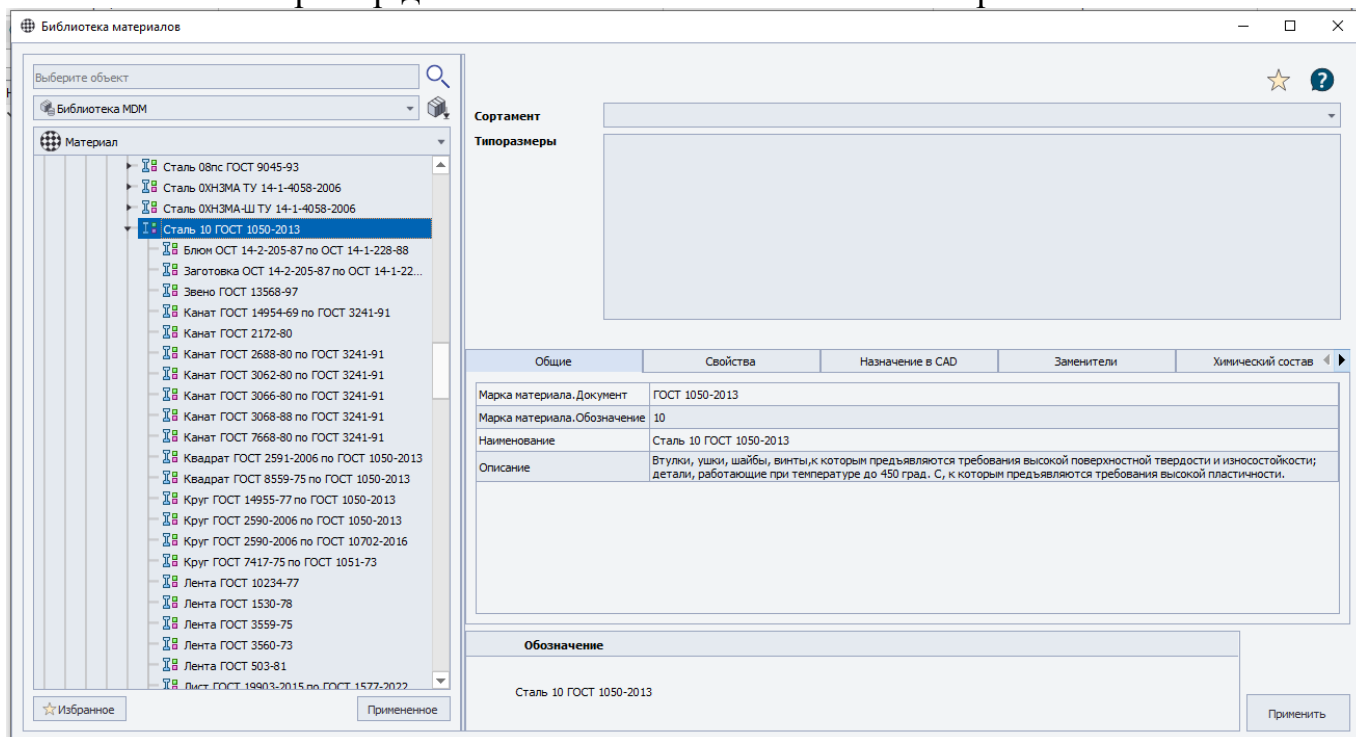





Рисунок 82

Область выбора материала содержит:

- выпадающий список «Режим иерархии»;
- дерево «Иерархия» основанное на «Режим иерархии»;
- дерево «Типоразмеры»;

- кнопку «Избранное»  Избранное ;
- кнопку «Примененное»  Примененное ;
- кнопка «Поиск материала» .

Содержимое дерева «Иерархия», зависит от выбранного «Режима иерархии». Конечными объектами дерева «Иерархия» являются объекты справочника «Материал» «Марка материала» и «Материал и сортамент» (рис. 83).

Дерево «Иерархия» при выборе режима «Материал»

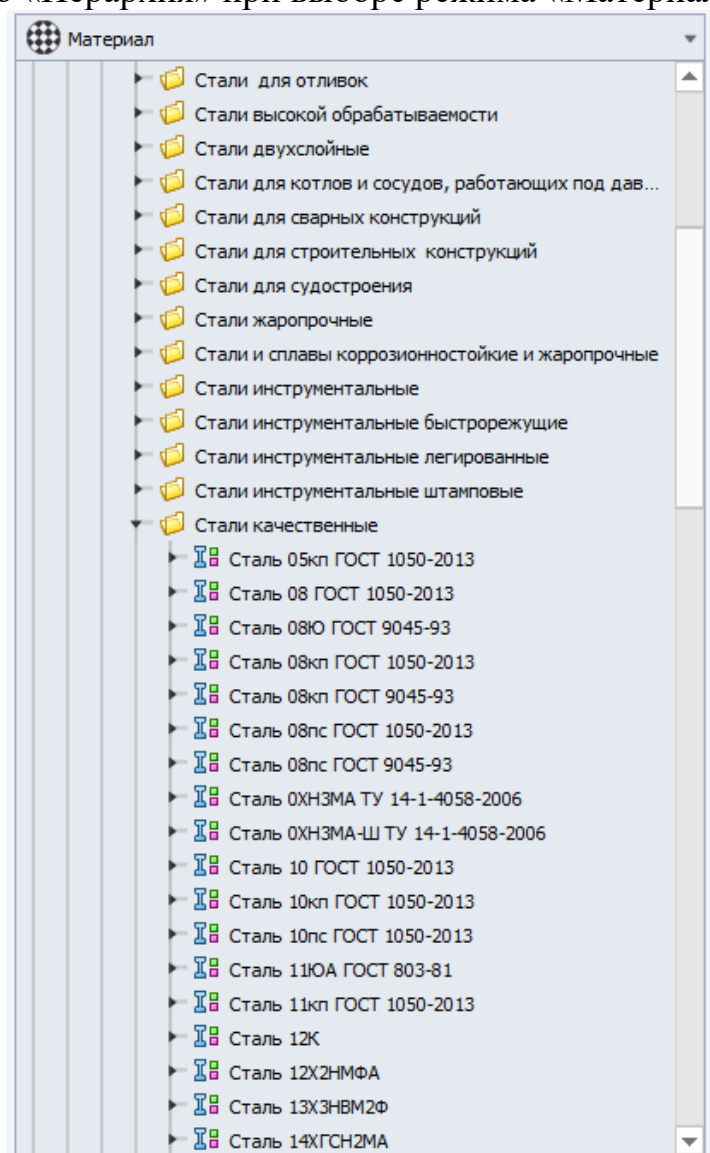



Рисунок 83

При активации кнопок «Избранное» и «Примененное» открываются диалоговые окна со списком материалов, добавленных в список «Избранное»

(рис. 84) и примененные ранее. При выборе объекта происходит переход к выбранному материалу.

Для пополнения списка «Избранное» необходимо активировать кнопку . Пополнение списка «Примененное» произойдет автоматически, после активации кнопки «Применить».

### Диалоговое окно «Избранное»

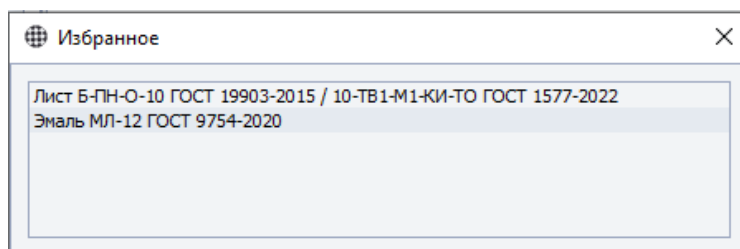


Рисунок 84

Свойства выбранного объекта отображаются в таблице «Свойства» (рис. 85).

### Свойства

Общие	Свойства	Назначение в САД	Заменители	Химический состав
Марка материала. Документ	ГОСТ 1050-2013			
Марка материала. Обозначение	10			
Наименование	Сталь 10 ГОСТ 1050-2013			
Описание	Втулки, ушки, шайбы, винты, к которым предъявляются требования высокой поверхностной твердости и износостойкости; детали которым предъявляются требования высокой пластичности.			

Рисунок 85

Вкладка содержит три вкладки: «Свойства материала», «Свойства марки материала» и «Геометрические размеры». Каждая из вкладок содержит таблицу «Свойства» (рис. 86).

## Вкладка «Свойства»

Общие	Свойства	Назначение в САД	Заменители	Химический состав
Свойства материалов	Свойства марки материала	Геометрические размеры		
Параметр	Обозначение	Значение	Ед. измерения	Условие
Временное сопротивление		более 330	МПа	в нормализованном состоянии
Коэффициент Пуассона		0,3	%	нормализация
Модуль сдвига		78000	МПа	
Модуль упругости нормальный		210000	МПа	нормализация
Модуль упругости нормальный		206000	МПа	
Относительное сужение		55	%	нормализация 910°C + возд
Относительное сужение		более 55	%	в нормализованном состоянии
Относительное удлинение		более 31	%	в нормализованном состоянии
Относительное удлинение после разрыва		31	%	нормализация 910°C + возд
Плотность		7856	кг/м³	
Предел выносливости при изгибе		155	МПа	нормализация
Предел выносливости при кручении		83	МПа	нормализация
Обозначение				
Сталь 10 ГОСТ 1050-2013				
Применить				

Рисунок 86

Таблица содержит поля:

- «Параметр»;
- «Обозначение»
- «Описание»;
- «Значение»;
- выпадающий список «Единица измерения»;
- «Условия».

Записи в таблице соответствуют значению параметра в выбранных единицах измерения при определенных условиях.

«Параметр» содержит наименование параметра согласно нормативному документу.

При двойном клике на поле «Единицы измерения» предоставляется выбор единиц измерения (рис. 87), в которых возможно отображение значения выбранного параметра.

## Единицы измерения

Ед. измерения
Н/м²
кгс/мм²
кгс/см²
дин/см²
Н/мм²
фунт-сила/дюйм²
Н/м²

Рисунок 87

Вкладка «Назначение в CAD» содержит две вкладки: «Физико-механические свойства», «Визуальные свойства» (рис. 88).

Вкладка «Физико-механические свойства» содержит таблицу «Свойства» (рис. 88). На данной вкладке отображены только те свойства, которые будут назначены в 3d-модель.

Таблица содержит поля:

- «Параметр»;
- «Значение»;
- выпадающий список «Единица измерения»;
- выпадающий список «Условия»;
- выпадающий список «Тип значения».

Записи в таблице соответствуют значению параметра в выбранных единицах измерения при определенных условиях с выбранным типом значения (минимум, номинал, максимум).

### Вкладка «Назначение в CAD»

Общие	Свойства	Назначение в CAD	Заменители	Химический состав
Физико-механические свойства	Визуальные			
Параметр	Значение	Ед. измерения	Условие	Тип значения
К-т линейного расширения	0.000116	1/°C	при температуре 20-100°C	Номинал
Коэффициент Пуассона	0.3	%	нормализация	Номинал
Модуль сдвига	78000	МПа		Максимум
Модуль упругости	206000	МПа		Максимум
Относительное сужение	55	%	в нормализованном состоянии	Максимум
Относительное удлинение	31	%	в нормализованном состоянии	Максимум
Плотность	7856	кг/м³		Номинал
Предел текучести	205	МПа		Максимум
Прочность на разрыв	330	МПа	в нормализованном состоянии	Максимум
Прочность на сжатие	330	МПа	нормализация	Максимум
Теплопроводность	57	Вт/(м·К)	при температуре 100°C	Номинал
Удельная теплоемкость	465	Дж/(кг·К)	при температуре 100°C	Номинал
Обозначение				
Сталь 10 ГОСТ 1050-2013				
Применить				

Рисунок 88

При применении выбранного материала его свойства будут назначены выбранным объектам. Проверить значения можно стандартными средствами CAD (рис. 89).

### Диалоговое окно «Материал» в CAD

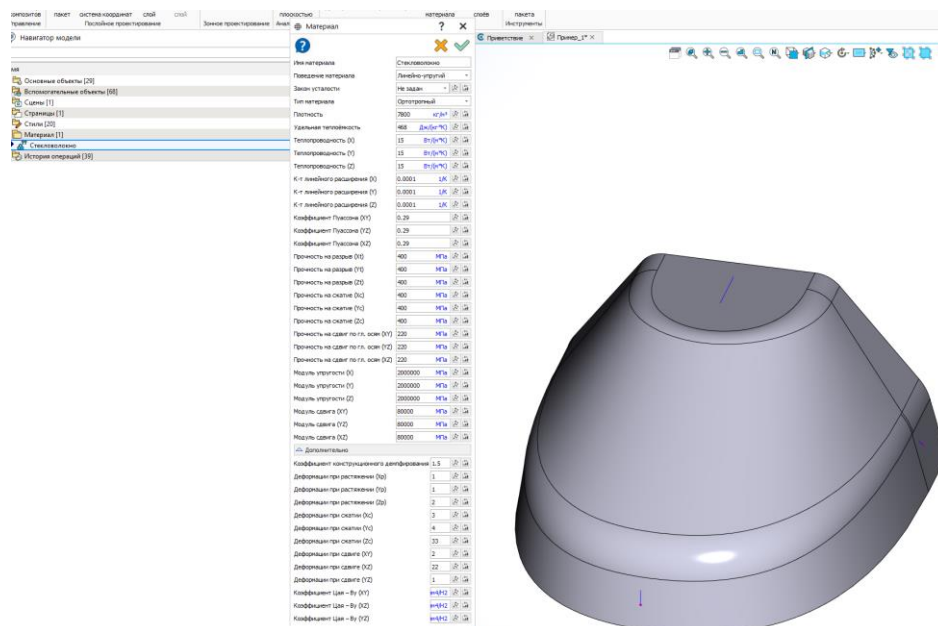


Рисунок 89

### 3.12. Визуализация линии ширины материала

3.12.1. Возможность разделения слоев на отдельные компоненты с учетом ширины материала: возможность разделения слоев на отдельные компоненты с учетом ширины материала; возможность выбора кривой разделения, возможность указания наличия перехлеста, его величину и направление смещения

Для построения линии ширины материала необходимо предварительно создать композитный пакет по п. 3.3.1., композитную систему координат по п. 3.4.1., конструкторский или технологический слой по п.3.5.1., затем, выбрав слой в навигаторе композитов, запустить команду «Драпировка» на вкладке «Композиты» в группе «Технологическая подготовка» (рис. 90).

Расположение команды «Драпировка»

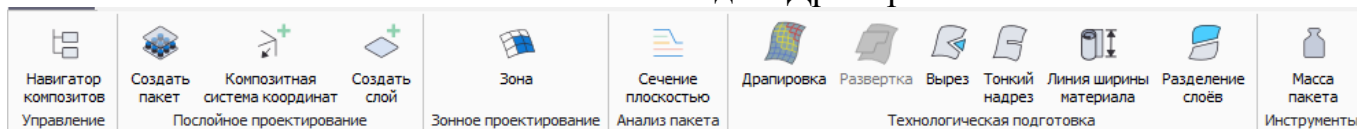


Рисунок 90

На вкладке «Композиты» в группе «Технологическая подготовка» пользователю необходимо вызвать команду «Линия ширины материала», пример диалогового окна представлен на рис. 91.

Диалоговое окно создания линии ширины материала



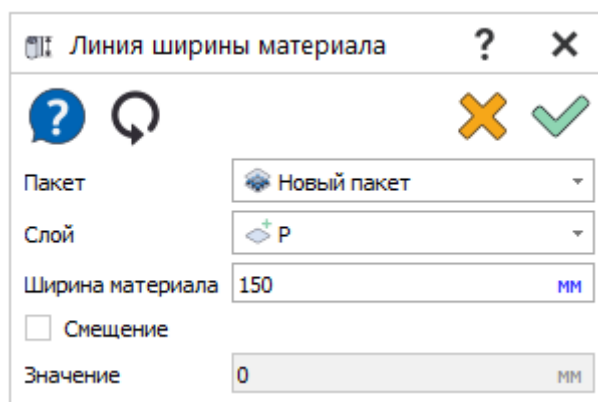


Рисунок 91

Пользователю необходимо выбрать пакет и слой, внести значение ширины материала. После этого на поверхности модели, по границам слоя строятся линии ширины материала (рис. 92). При необходимости можно активировать флаговую кнопку «Смещение» и ввести значение смещения, после чего линии сдвинутся на введенное значение.

Пример отображения линии ширины материала

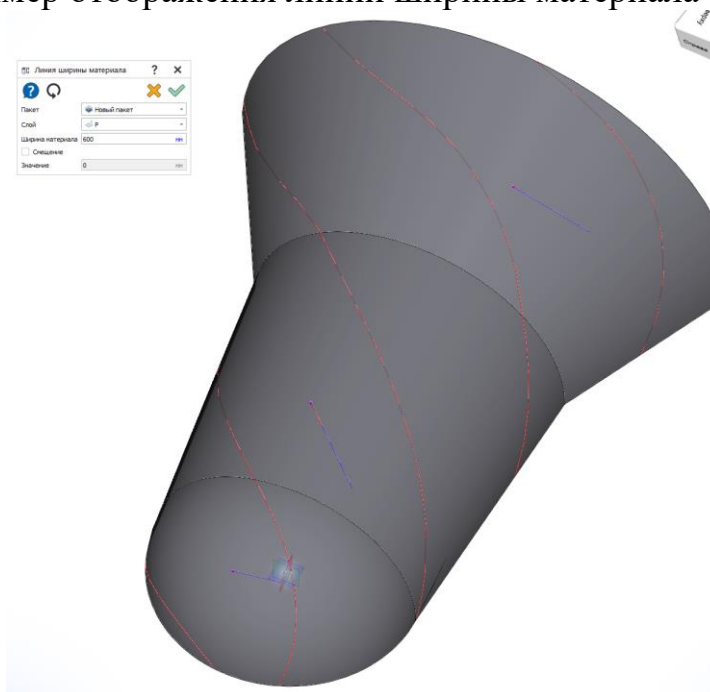


Рисунок 92

Подтвердить создание объектов. В навигаторе модели, а также на поверхности модели создадутся кривые.

На вкладке «Композиты» в группе «Технологическая подготовка» пользователю необходимо вызвать команду «Разделение слоёв», пример диалогового окна представлен на рис. 93.

Диалоговое окно команды «Разделение слоёв»

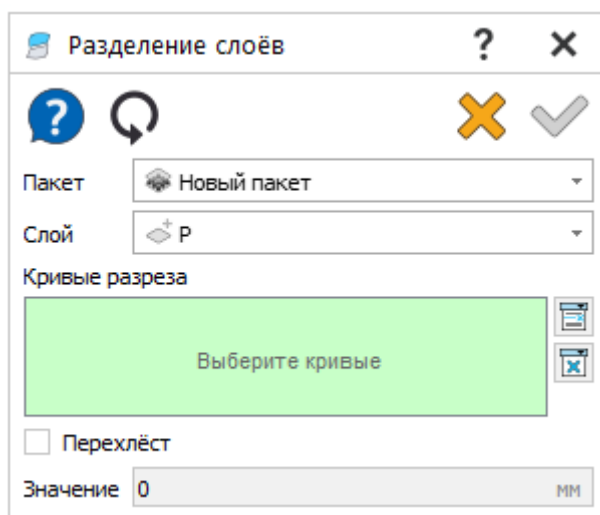


Рисунок 93

Пользователь выбирает пакет и слой, который необходимо разделить. В поле «Кривые разреза» выбирает ранее созданные кривые линии ширины материала. При необходимости активирует флаговую кнопку «Перехлест» и вводит необходимое значение перехлеста. После подтверждения операции родительский слой разделяется на несколько слоёв (зависит от количества линий), в навигаторе модели вместо исходного слоя появились новые слои. Имена новых слоёв состоят из имени исходного слоя и постфикса в виде латинской буквы (рис. 94).

Результат разделения слоёв

Тип	Наименование	Шаг	Ориентация	Материал	Система координ
Слой	Слой 1_a	10000...	0°	PPGPL3K	Композитная С...
Слой	Слой 1_b	10000...	0°	PPGPL3K	Композитная С...
Слой	Слой 1_c	10000...	0°	PPGPL3K	Композитная С...

Рисунок 94

Ограничения: в случае, если поверхность состоит из нескольких граней, возможно некорректное построение при активной кнопке «Перехлест».

### 3.13. Описание композитной детали в PDM

#### 3.13.1. Возможность описания композитной детали в KM.PDM

Для возможности описания композитной детали в KM.PDM пользователю необходимо предварительно создать композитный пакет по п. 3.3.1., композитную систему координат по п. 3.4.1., конструкторский или технологический слой по п.3.5.1., затем, выбрав слой в навигаторе композитов, запустить команду

«Драпировка» на вкладке «Композиты» в группе «Технологическая подготовка», выполнить расчет суммарных периметров по п. 3.6, расчет масс-инерционных характеристик по п. 3.9 и расчет площади по каждому материалу по п. 3.8.

На вкладке «Файл» выбрать «Атрибуты», активировать поле «Композитная деталь», сохранить модель. На вкладке «Файл» выбрать «Сохранить файл на файловый сервер».

#### Диалоговое окно авторизации

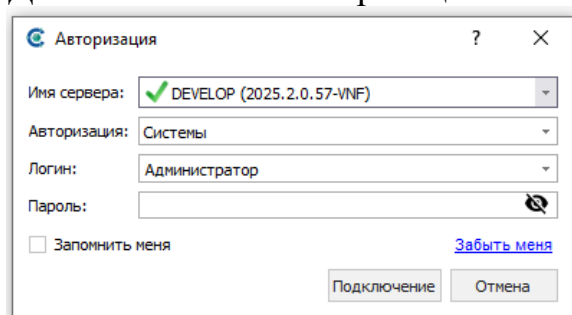


Рисунок 95

В диалоговом окне выполнить авторизацию пользователя (рис. 95).

Подтвердить, в новом окне указать путь сохранения файла (рис. 96), подтвердить сохранение.

#### Выбор пути сохранения файла

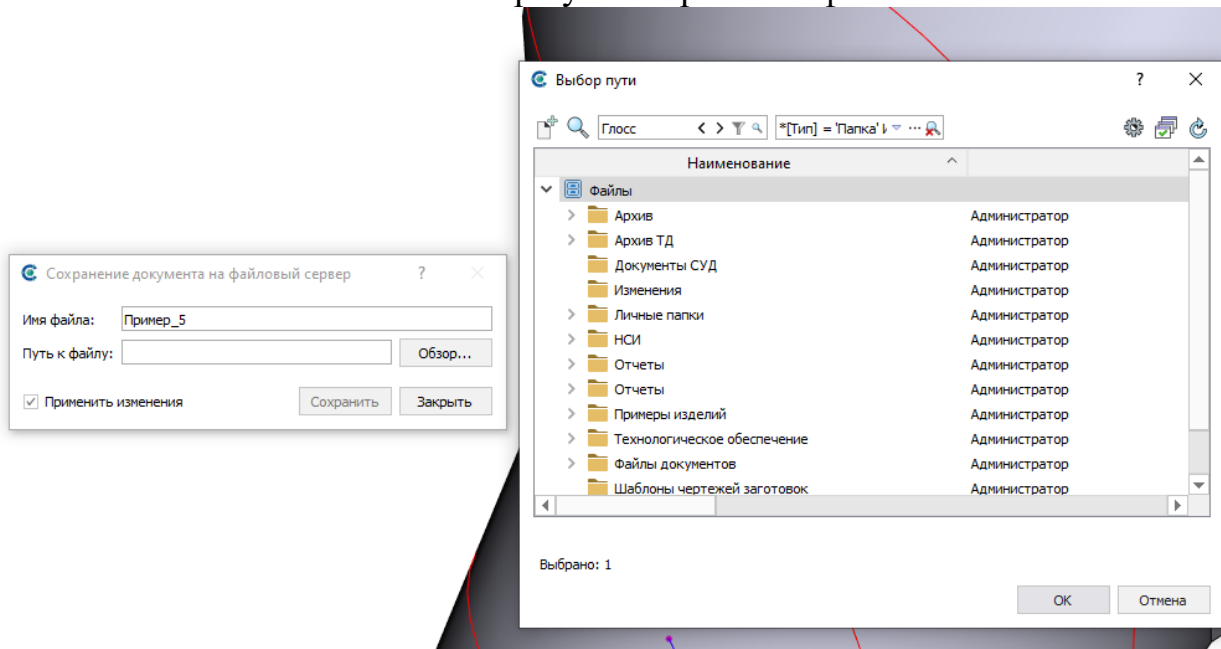


Рисунок 96

На вкладке «Совместная работа» вызвать команду «Электронная структура изделия». Появилась вкладка ЭСИ (рис. 97).

## ЭСИ

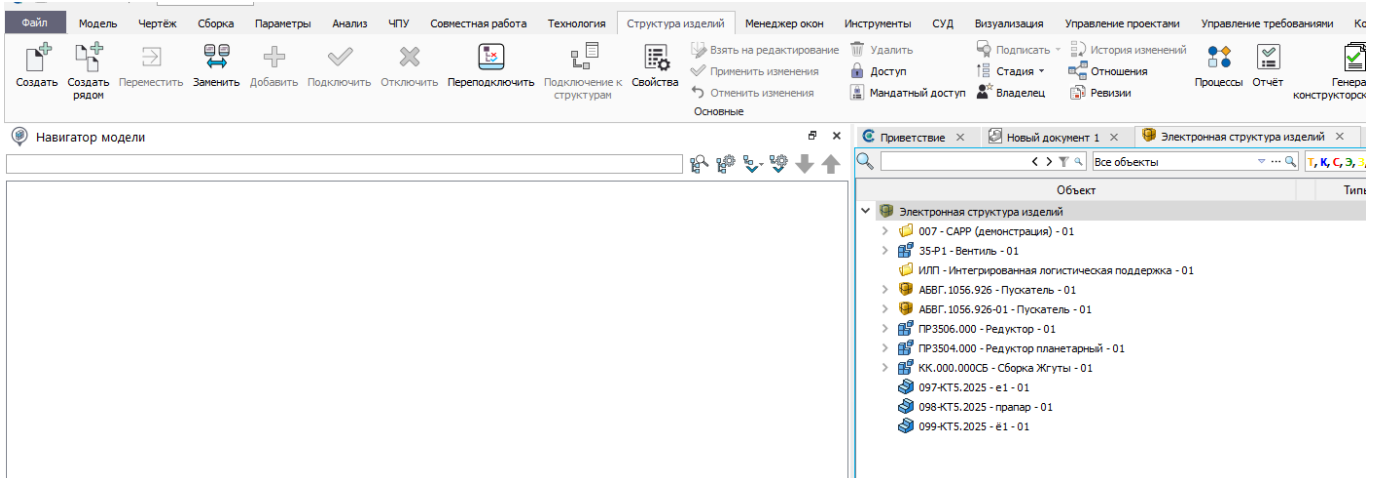


Рисунок 97

На вкладке запустить команду «Создать», в появившемся диалоговом окне найти ранее сохраненный файл. Нажать «Ок», появилось диалоговое окно «Карточка документа» (рис. 98).

## Карточка документа

Свойства	
Системные параметры	
Исполнение	
Конфигурация	
Литера	
Является конечным изделием	<input type="checkbox"/>
Кол-во листов	1
Список ссылочных документов	
Завеска	
Единица измерения	89b1bc71-7ff3-4d96-8164-c6a05f9aa1d7
Является покупным изделием	<input type="checkbox"/>
ЕИ	шт
Объект	
Наименование	
Количество на единицу	0.0000
ИЛП.Признак ремонтнопригодности	Нет
Масса	0.000 кг
ИЛП.Стандартное	Нет
Код документа	
САРР.Источник поступления	Собственное изготовление
ИЛП.Источник поступления	Неизвестное
Задания	
Наличие маршрута	<input type="checkbox"/>
Конфигурация	
Название варианта	
Код ФНН	
Обозначение	
Формат	...
ИЛП.Стандарт или ТУ	И/А

Рисунок 98

Проверить заполненные поля на вкладках «Материалы» и «Пакеты» (ранее рассчитанные характеристики пакета), подтвердить создание. В электронной структуре изделия появился новый объект – композитная деталь. Пример отображения представлен на рис. 99.

Композитная деталь в ЭСИ

Объект	Количество	Масса	Тип	Площадь номинальная	Площадь с припуском	Периметр
▼  АБВГ.123456.789 - Обтекатель - 01	1	15.72	Деталь КМ			
 PPG-PL-3K		11.38	Материал КМ	806877.86	893219.24	14502.71
 T-6-in		4.34	Материал КМ	356903.29	368130.11	10553.90

Рисунок 99

### 3.14. Формирование надрезов и вырезов с целью сокращения деформации материала до приемлемых значений

3.14.1. Возможность построения тонкого надреза: возможность создания контрольных точек тонкого надреза, задаваемых пользователем; возможность построения геометрии тонкого надреза; возможность создания и редактирования объекта «Тонкий надрез», связанного со слоем; возможность включения контура тонкого надреза в геометрию границы слоя

Для построения тонкого надреза необходимо предварительно создать композитный пакет по п. 3.3.1., композитную систему координат по п. 3.4.1. (одну или несколько), несколько слоёв конструкторских и/или технологических по п.3.5.1., затем, выбрав слой/группу слоёв в навигаторе композитов, запустить команду «Драпировка» на вкладке «Композиты» в группе «Технологическая подготовка» (рис. 100).

Расположение команды «Драпировка»

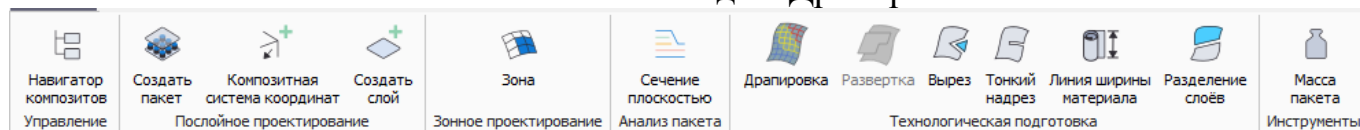


Рисунок 100

На вкладке «Композиты» в группе «Технологическая подготовка производства» пользователю необходимо вызвать команду «Тонкий надрез», пример диалогового окна представлен на рис. 101.

Диалоговое окно создания тонкого надреза

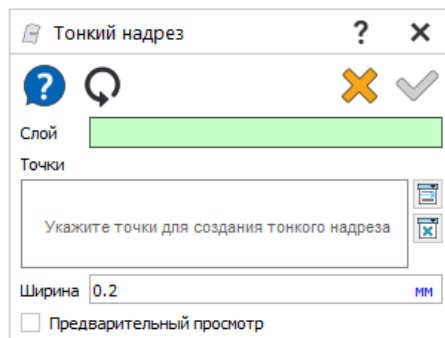


Рисунок 101

В поле «Слой» выбрать слой, для которого выполнена имитация драпировки, зафиксировать зоны с критической деформацией материала. Перейти в поле «Точки» поочередно указать точки (начиная с внутренней) кривой будущего разреза в зоне критической деформации. Пример создания точек надреза представлен на рис. 102. Перейти в поле «Ширина», задать необходимую ширину разреза. Подтвердить создание выреза.

Создание точек тонкого надреза

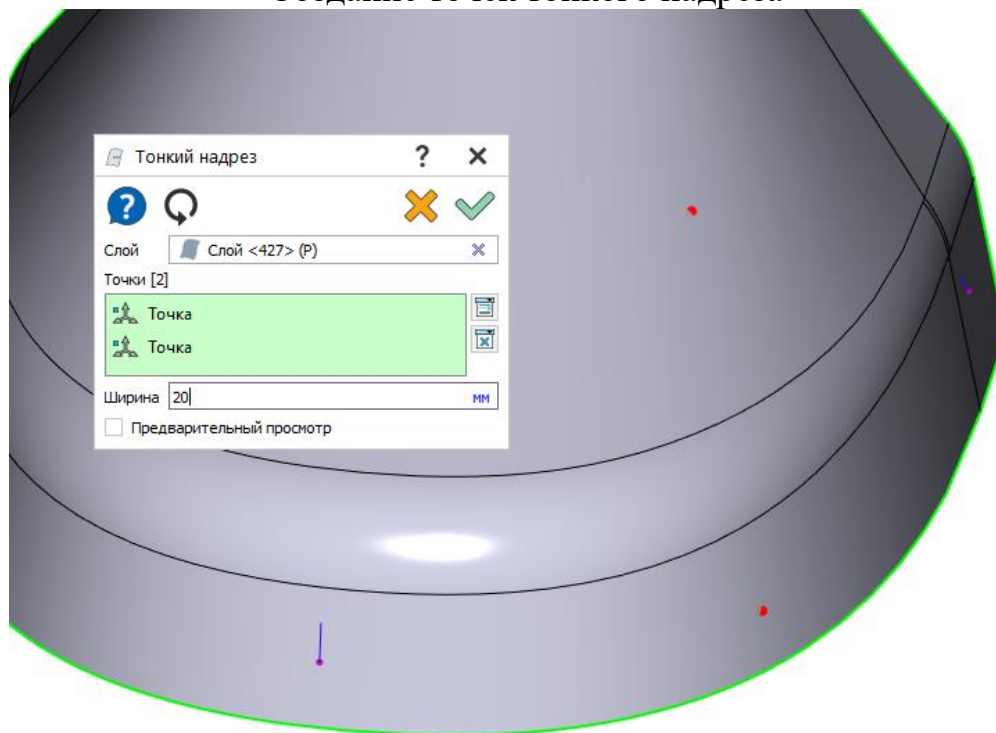


Рисунок 102

После подтверждения создания объекта в навигаторе появляется «Тонкий надрез», при нажатии на слой, для которого строился надрез, на поверхности модели появляется контур тонкого надреза (рис. 103).

Контур тонкого надреза

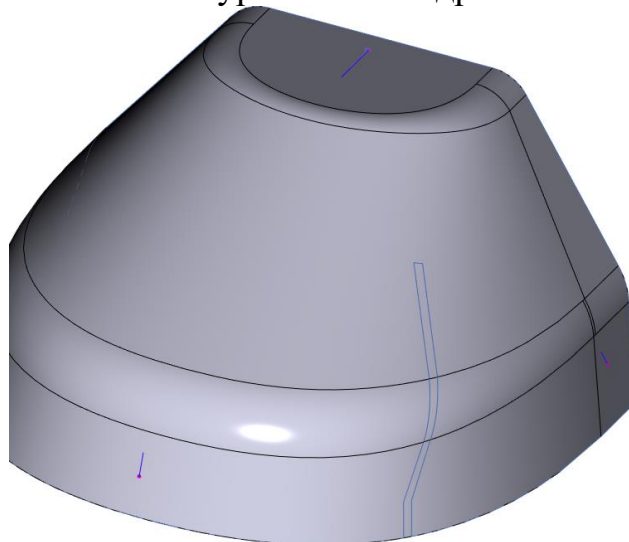


Рисунок 103

При двойном нажатии левой кнопкой мыши на объект «Слой» в навигаторе композитов, появляется диалоговое окно создания слоя, в нижней части окна появился раздел «Разрезы и вырезы», в котором появился созданный ранее тонкий надрез (рис. 104).

Надрез в диалоговом окне создания слоя

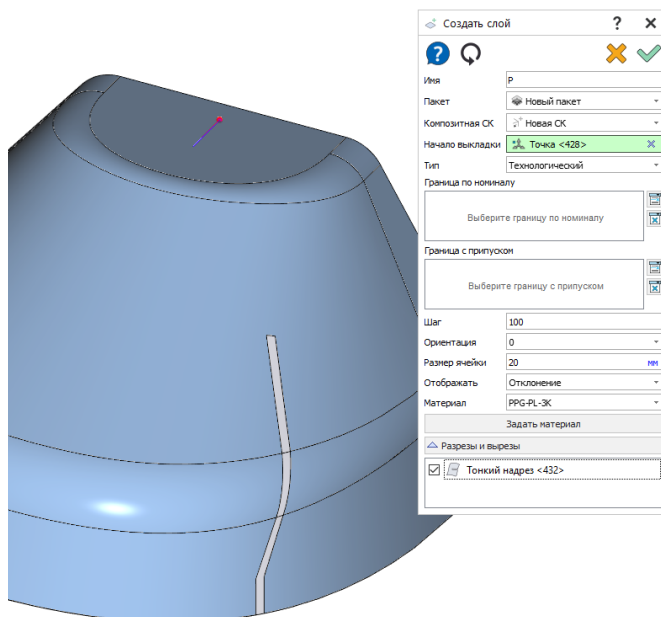


Рисунок 104



На вкладке «Композиты» пользователю необходимо запустить команду «Драпировка». После перерасчета сетки система перестраивает результаты драпировки с учетом тонкого надреза, при правильном применении команды зоны предельной деформации уменьшаются или пропадают (рис. 105).

Результат перестроения драпировки с учетом надреза

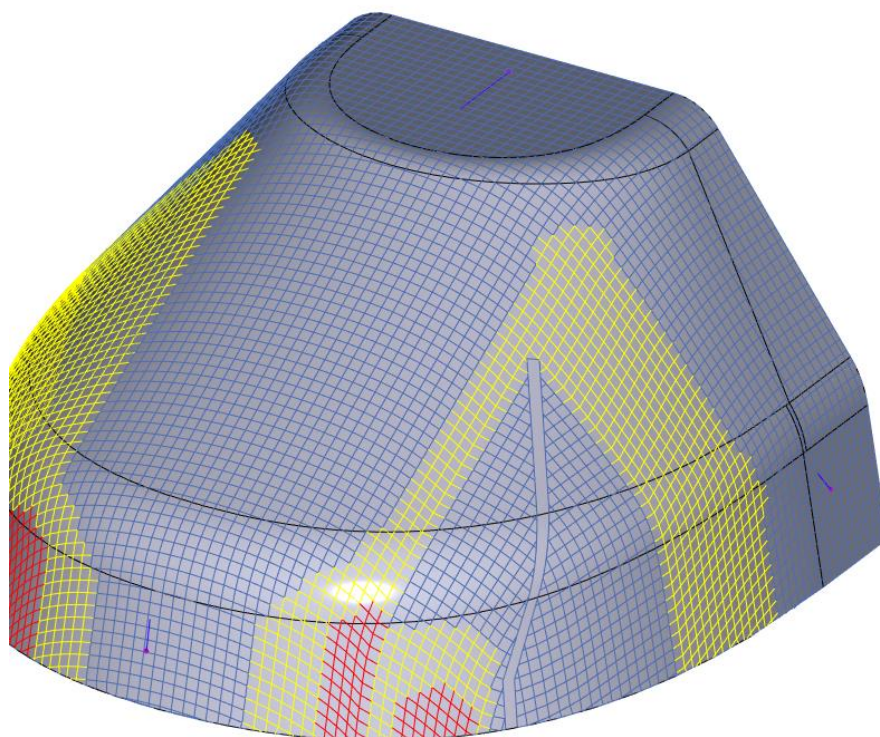


Рисунок 105

При необходимости пользователь может вызвать контекстное меню объекта «Тонкий надрез», нажав на него правой кнопкой мыши, выбрать «Редактировать». В появившемся диалоговом окне изменить параметры (точки надреза или ширину), подтвердить изменения, после этого система перестроит надрез. После запуска команды «Драпировки» система перестроит результаты с учетом изменения геометрии надреза.

Ограничение: для корректной работы команды необходимо, чтобы размер ячейки сетки драпировки был меньше или равен ширине тонкого надреза.

3.14.2. Возможность построения выреза: создание контрольных точек выреза, задаваемых пользователем; построение геометрии выреза; создание и редактирование



объекта «Вырез», связанного со слоем; возможность включения контура выреза в геометрию границы слоя

Для построения выреза необходимо предварительно создать композитный пакет по п. 3.3.1., композитную систему координат по п. 3.4.1. (одну или несколько), несколько слоёв конструкторских и/или технологических по п.3.5.1., затем, выбрав слой/группу слоёв в навигаторе композитов, запустить команду «Драпировка» на вкладке «Композиты» в группе «Технологическая подготовка» (рис. 106).

Расположение команды «Драпировка»

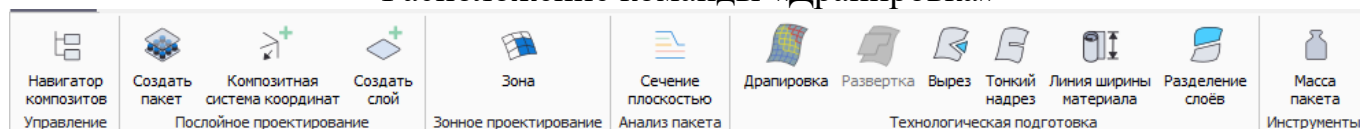


Рисунок 106

На вкладке «Композиты» в группе «Технологическая подготовка производства» пользователю необходимо вызвать команду «Вырез», вид диалогового окна представлен на рис. 107.

Диалоговое окно создания выреза

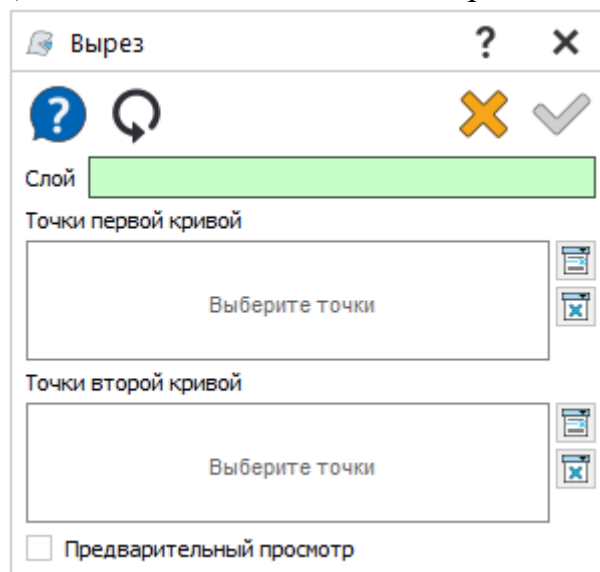


Рисунок 107

В поле «Слой» выбрать слой, для которого выполнена имитация драпировки, зафиксировать зоны с критической деформацией материала. Перейти в поле «Точки первой кривой» поочередно указать точки (начиная с внутренней) кривой будущего выреза в зоне критической деформации, аналогичные действия выполнить для поля «Точки второй кривой». Пример создания точек выреза представлен на рис. 108.

Перейти в поле «Ширина», задать необходимую ширину разреза. Подтвердить создание выреза.

#### Создание точек выреза

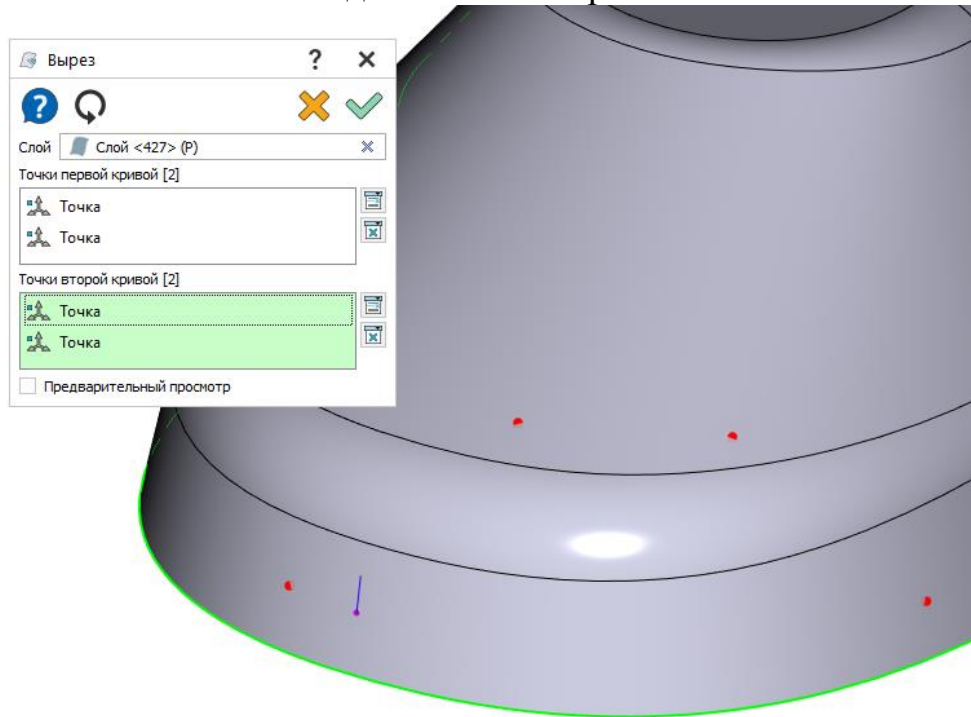


Рисунок 108

После подтверждения создания объекта в навигаторе появляется «Вырез», при нажатии на слой, для которого строился вырез, на поверхности модели появляется контур выреза (рис. 109).

#### Контур выреза

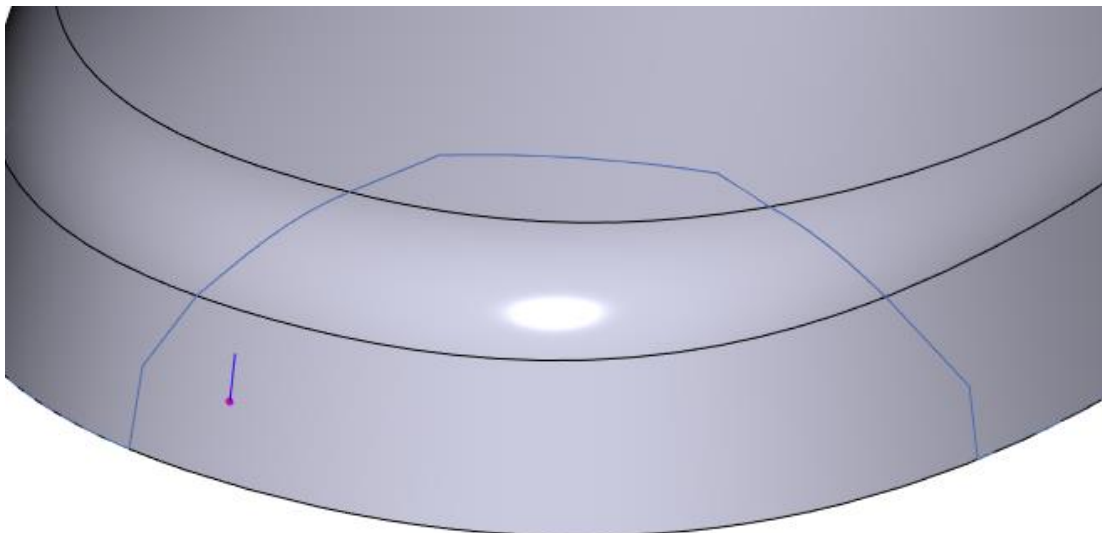


Рисунок 109

При двойном нажатии левой кнопкой мыши на объект «Слой» в навигаторе композитов, появляется диалоговое окно создания слоя, в нижней части окна появился раздел «Разрезы и вырезы», в котором появился созданный ранее тонкий надрез (рис. 110).

Вырез в диалоговом окне создания слоя

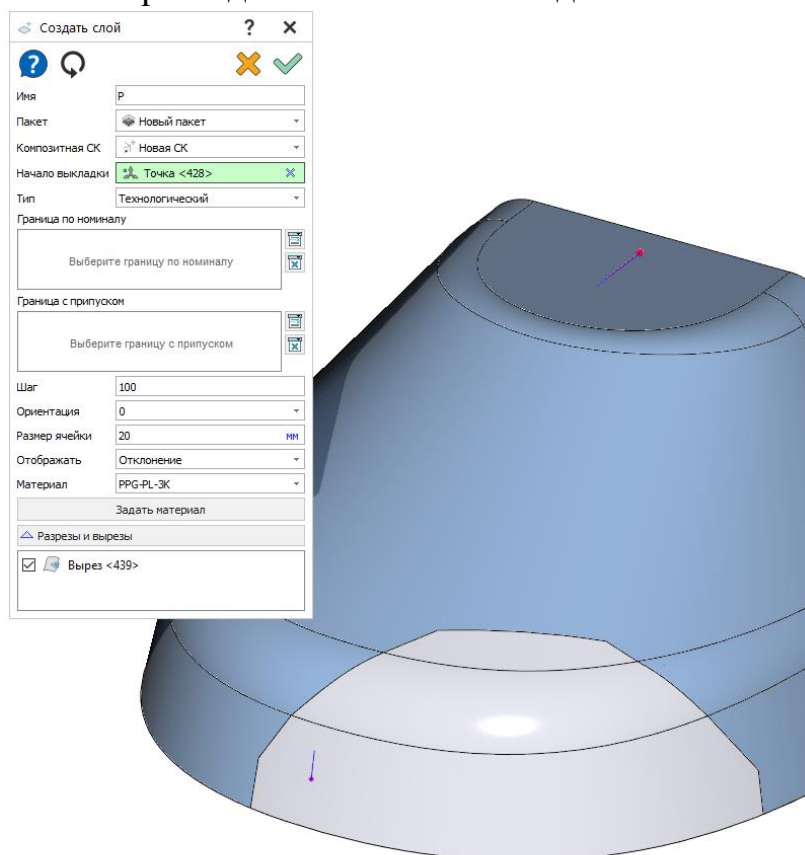


Рисунок 110

На вкладке «Композиты» пользователю необходимо запустить команду «Драпировка». После перерасчета сетки система перестраивает результаты драпировки с учетом выреза, при правильном применении команды зоны предельной деформации уменьшаются или пропадают (рис. 111).

Результат перестроения драпировки с учетом выреза

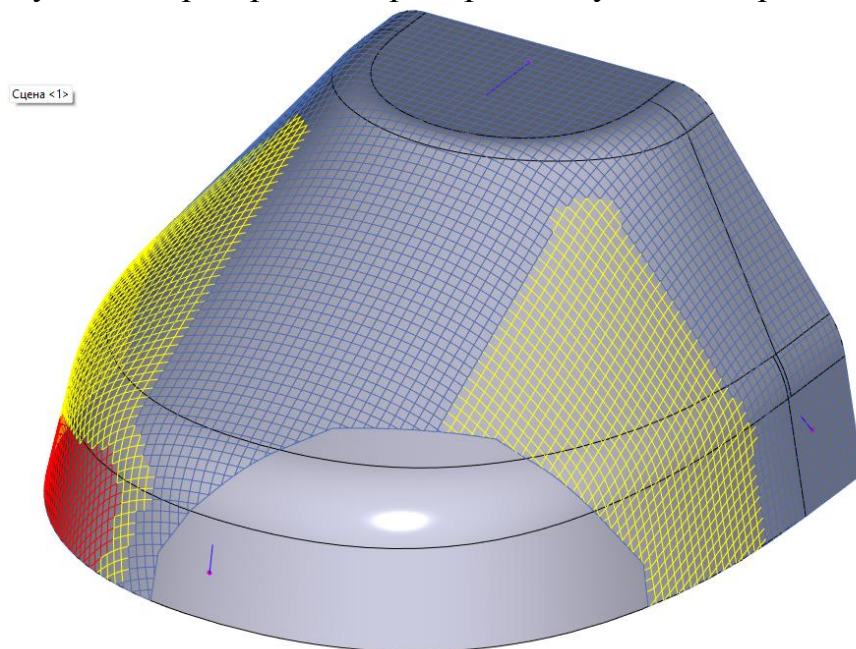


Рисунок 111

При необходимости пользователь может вызвать контекстное меню объекта «Вырез», нажав на него правой кнопкой мыши, выбрать «Редактировать». В появившемся диалоговом окне изменить параметры (точки выреза или ширину), подтвердить изменения, после этого система перестроит вырез. После запуска команды «Драпировки» система перестроит результаты с учетом изменения геометрии выреза.

### **3.15. Визуализация отклонения волокон от заданного направления за счет кривизны поверхности на основании поверхностной сетки**

3.15.1. Возможность построения и визуализации поверхностной сетки, отображающей зоны отклонения волокон материала в процессе укладки, с учетом параметров выбранной композитной СК и геометрических параметров слоя

Для построения и визуализации поверхностной сетки, отображающей зоны отклонения волокон материала в процессе укладки необходимо предварительно создать композитный пакет по п. 3.3.1., композитную систему координат по п. 3.4.1.

(одну или несколько), на вкладке «Композиты» запустить команду «Создать слой». В диалоговом окне создания слоя выбрать точку выкладки, определить границы слоя. В поле «Отображать» выбрать режим «Отклонение» (рис. 112).

Диалоговое окно создания слоя

Рисунок 112

Подтвердить создание объекта. На вкладке «Композиты» запустить команду «Драпировка», система построит поверхностную сетку в режиме отклонения волокон от заданного направления ( рис. 113).

Пример визуализации отклонения волокон

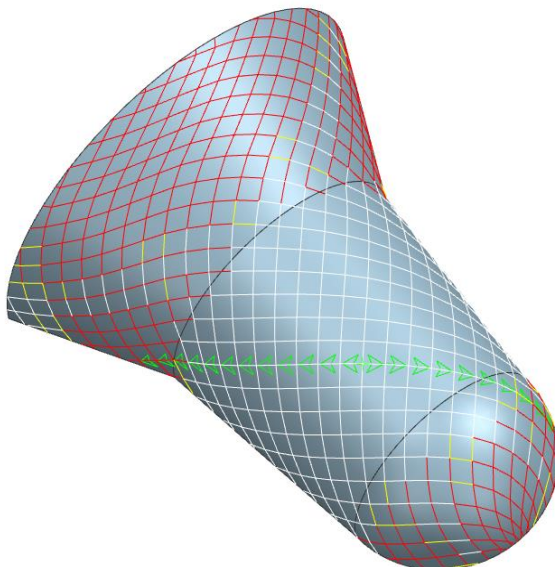


Рисунок 113

3.15.2. Возможность изменения разрешения сетки с целью повышения точности моделирования / ускорения процесса моделирования

Для изменения разрешения сетки необходимо предварительно создать композитный пакет по п. 3.3.1., композитную систему координат по п. 3.4.1. (одну или несколько), на вкладке «Композиты» запустить команду «Создать слой». В диалоговом окне создания слоя выбрать точку выкладки, определить границы слоя (рис. 114). В поле «Отображать» выбрать режим «Отклонение». В поле «Коэффициент» на вкладке «Относительный» или в поле «Размер ячейки» на вкладке «Абсолютный» изменить значения: чем меньше значения, тем более точная и медленная процедура построения сетки, чем значения больше, тем менее точная и более быстрая процедура построения сетки.

Диалоговое окно создания слоя

Рисунок 114

Подтвердить создание объекта. На вкладке «Композиты» запустить команду «Драпировка», система построит поверхностную сетку в режиме отклонения волокон от заданного направления (см. рис. 113).

**ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ**

CAD	– (Computer-Aided Design) система автоматизированного проектирования
CAE	– (Computer-Aided Engineering) система автоматизации инженерных расчетов
CAM	– (Computer-Aided Manufacturing) система автоматизации подготовки технологического процесса производства изделий (автоматизации программирования оборудования ЧПУ)
CAPP	– (Computer-Aided Process Planning) система автоматизации процесса подготовки производства
MDM	– (Master Data Management) система управления основными данными
PDM	– (Product Data Management) система управления данными об изделии
TP	– (Technological Platform) технологическая платформа
АРМ	– автоматизированное рабочее место
ОЗУ	– оперативное запоминающее устройство
ОС	– операционная система
ПО	– программное обеспечение
РФЯЦ-ВНИИЭФ	– Российский федеральный ядерный центр Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики
СПЖЦ	– Система полного жизненного цикла

*Лист регистрации изменений*

[illegible]