

# Расчет конструкций из армированных пластиков с помощью Digimat-RP\Moldex3D

*А.П. Гонтюк, Технический эксперт  
18 Февраля 2016*

# Задачи при разработке композиционных материалов и конструкций из них

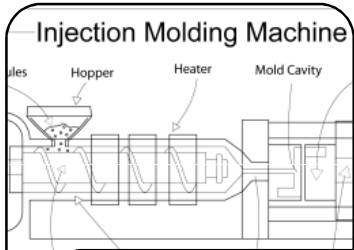
- Выбор/создание композиционного материала, максимально подходящего для данного изделия
- Разработка оптимальной конструкции и технологии ее изготовления
- Получение достоверных свойств многокомпонентных материалов
- Сокращение времени и стоимости разработки

# Сложности при разработке композиционных материалов и конструкций из них

- **Необходимость управления данными по композиционным материалам (КМ):**
  - Сбор, обработка, управление, хранение и защита;
  - Подготовка и предоставление для сертифицирующих органов требуемых данных;
- **Свойства композиционного материала характеризуются:**
  - Гетерогенностью;
  - Анизотропией;
  - Нелинейностью;
  - Зависимостью от скорости деформирования;
  - Прогрессирующим разрушением;
  - Сильной зависимостью свойств от микроструктуры и как следствие – от технологии изготовления;
- **Необходимость выполнения требований при разработке КМ и конструкций из них:**
  - Создание композиционного материала и композитной конструкции с заданными характеристиками;
  - Разработка оптимальной технологии изготовления;

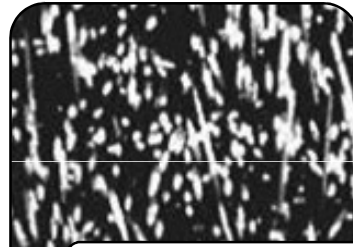
# Типовые этапы разработки изделий из композиционных материалов

Технология → Композиционный материал → Конструкция



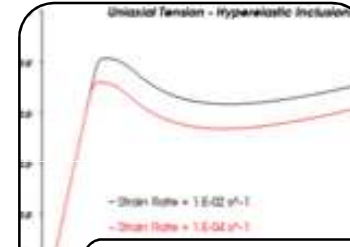
## Технология изготовления конструкции:

- литье под давлением;
- формование;
- выкладка;
- ...



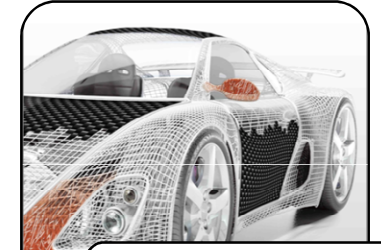
## Микроструктура композиционного материала:

- форма и размер и включений;
- ориентация и концентрация включений;
- дефекты (пористость, линии сгоя и т.д.)
- остаточные напряжения и температура
- ...



## Характеристики композиционного материала:

- механические;
- тепловые;
- электрические;
- ...



## Характеристики композитной конструкции и/или изделия в сборе:

- жесткость;
- прочность;
- долговечность;
- предельная нагрузка;
- пассивная безопасность;
- ...

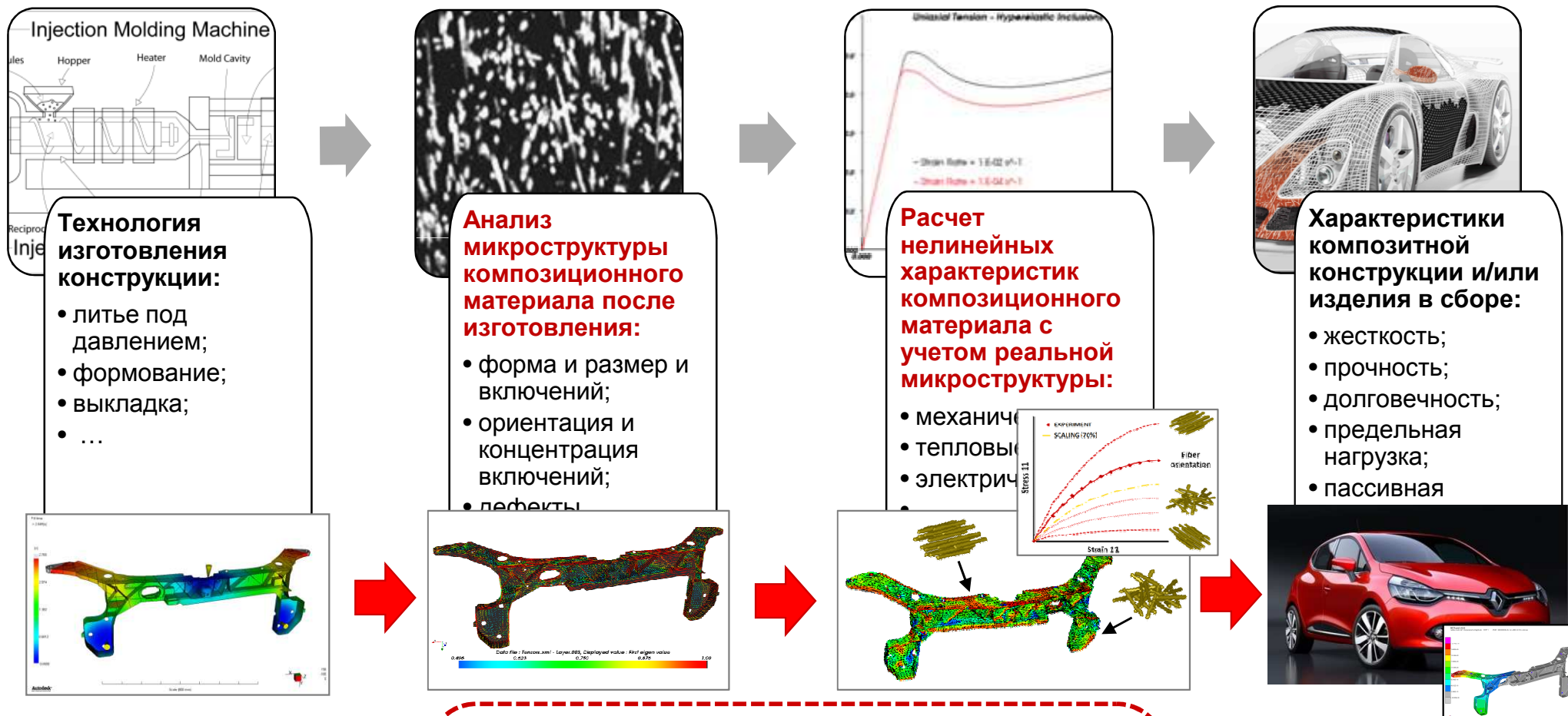
Технологический процесс изготовления

Микроструктура после изготовления

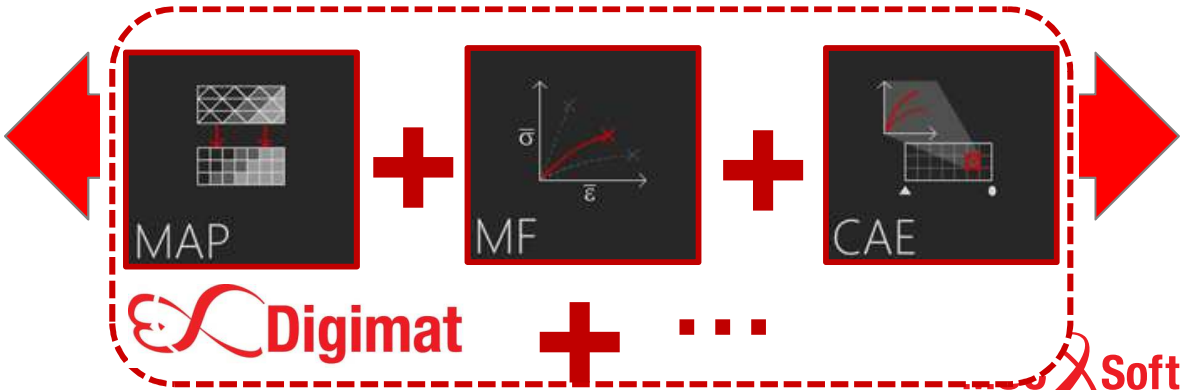
???

Расчет композитной конструкции

# Комплексный подход: моделирование от технологии изготовления до характеристик конструкции



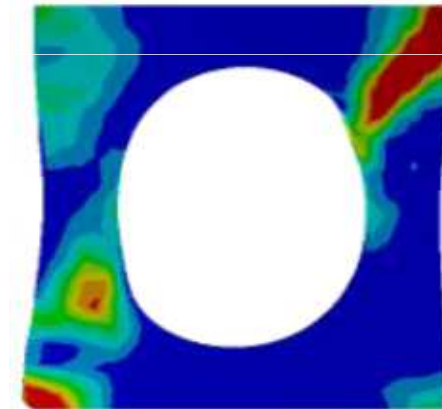
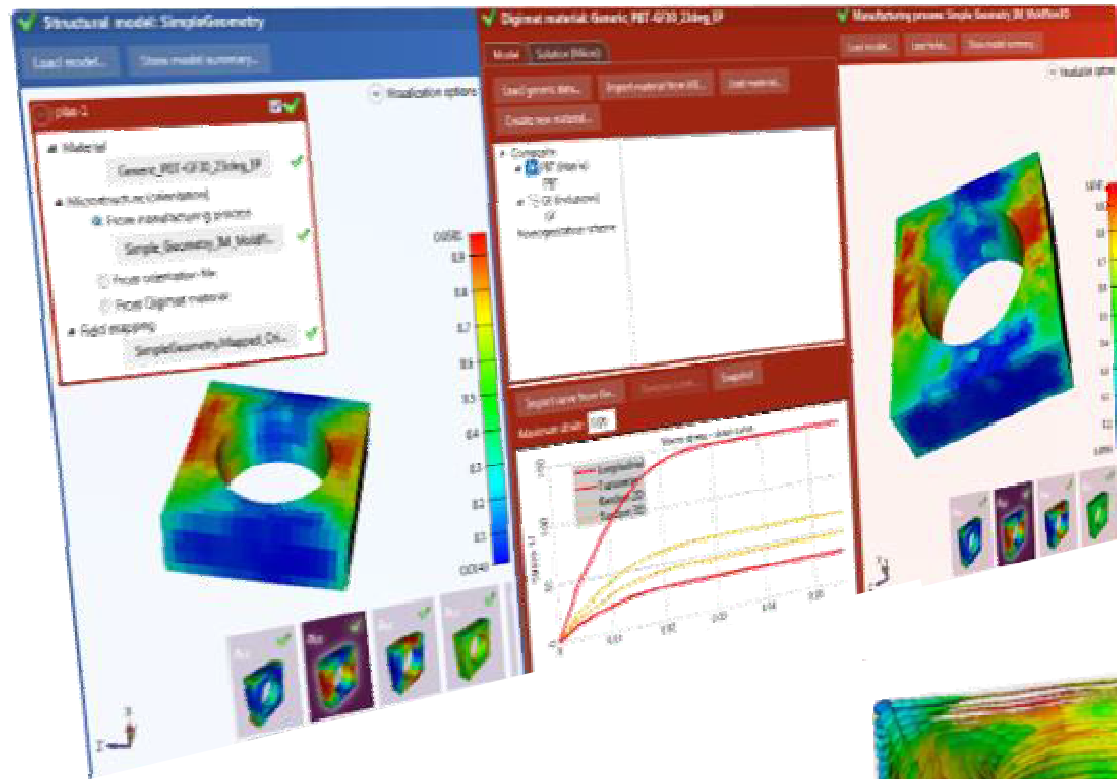
Технологический процесс изготовления



Расчет композитной конструкции

# Интегрированное решение Digimat-RP

- Интегрированное решение для проектирования и расчета конструкций из армированных пластиков
- Включает в себя основные функциональные возможности модулей: Digimat-MX, Digimat-MAP и Digimat-CAE

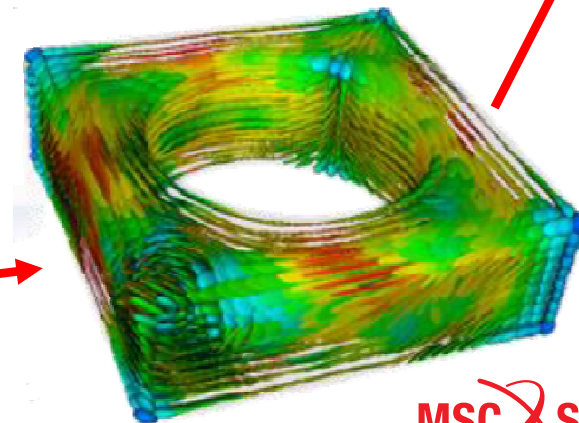


Результаты  
КЭ расчета

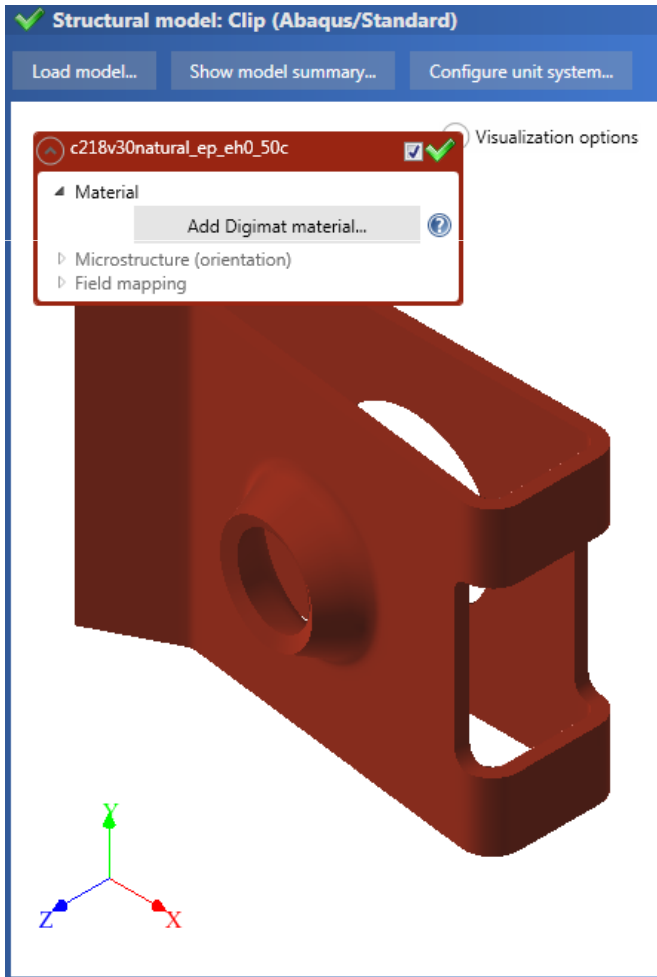
КЭ модели

Задание  
материала

Перенос данных  
с технологической  
модели на  
прочностную

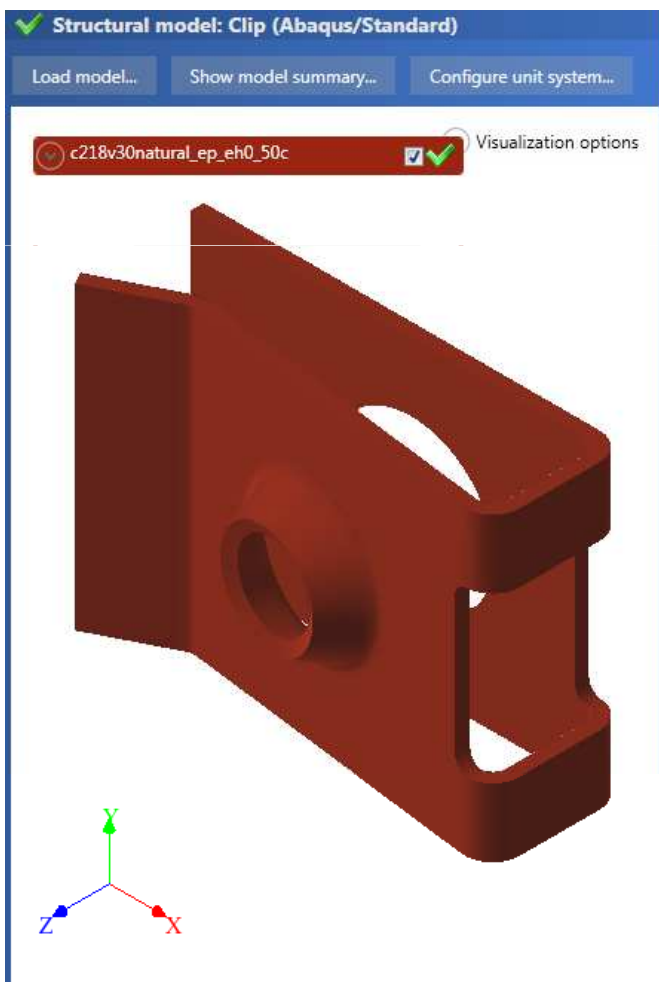


# Ключевые шаги при расчете конструкций из армированных пластиков в Digimat-RP

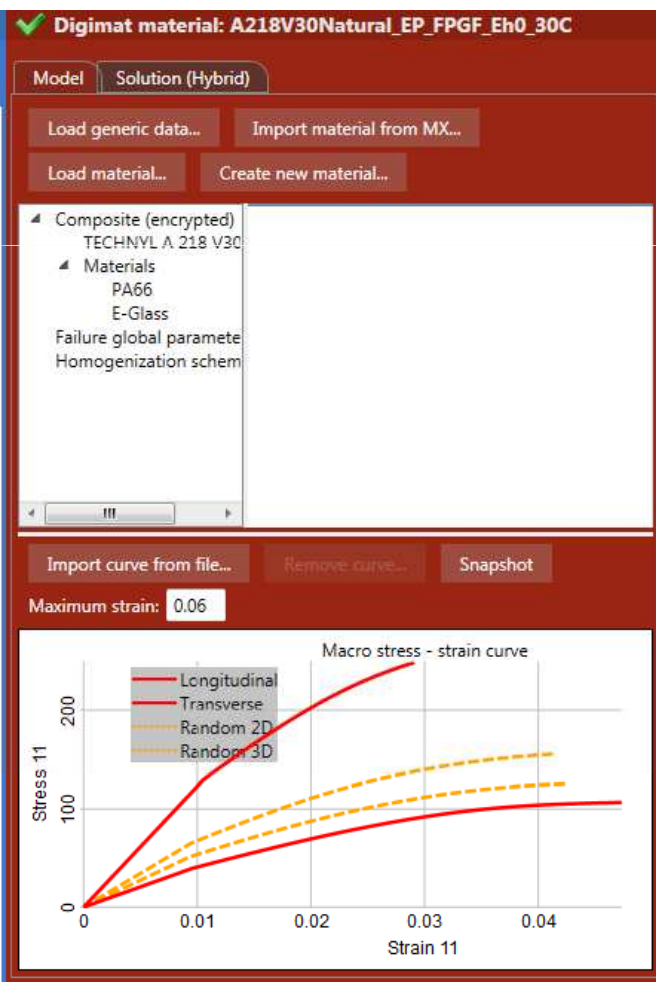


Импорт КЭ модели для  
статического и/или  
динамического анализа

# Ключевые шаги при расчете конструкций из армированных пластиков в Digimat-RP



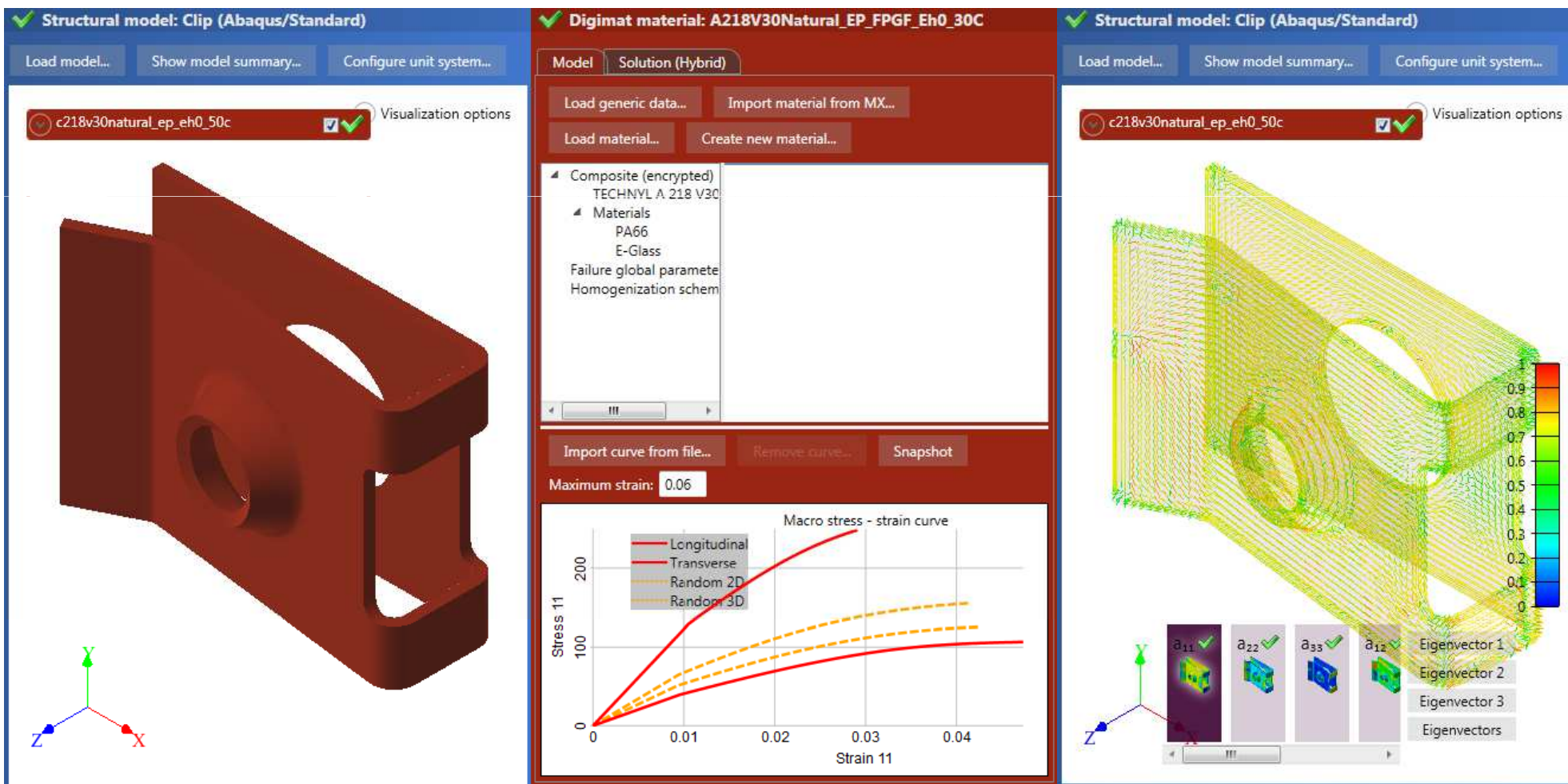
Импорт КЭ модели для  
статического и/или  
динамического анализа



Выбор модели  
материала Digimat



# Ключевые шаги при расчете конструкций из армированных пластиков в Digimat-RP

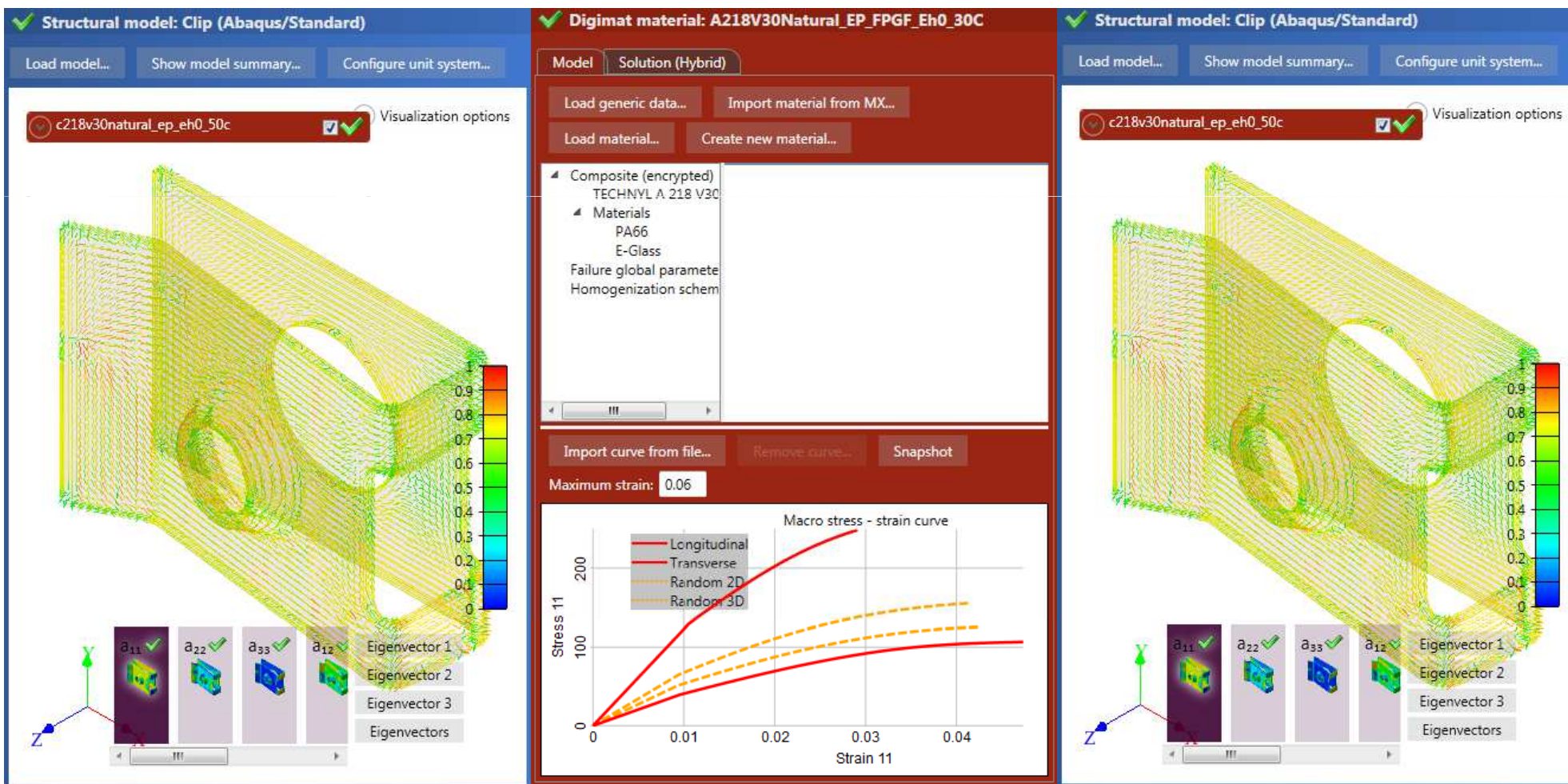


Импорт КЭ модели для статического и/или динамического анализа

Выбор модели материала Digimat

Предоставление данных о локальной микроструктуре

# Ключевые шаги при расчете конструкций из армированных пластиков в Digimat-RP

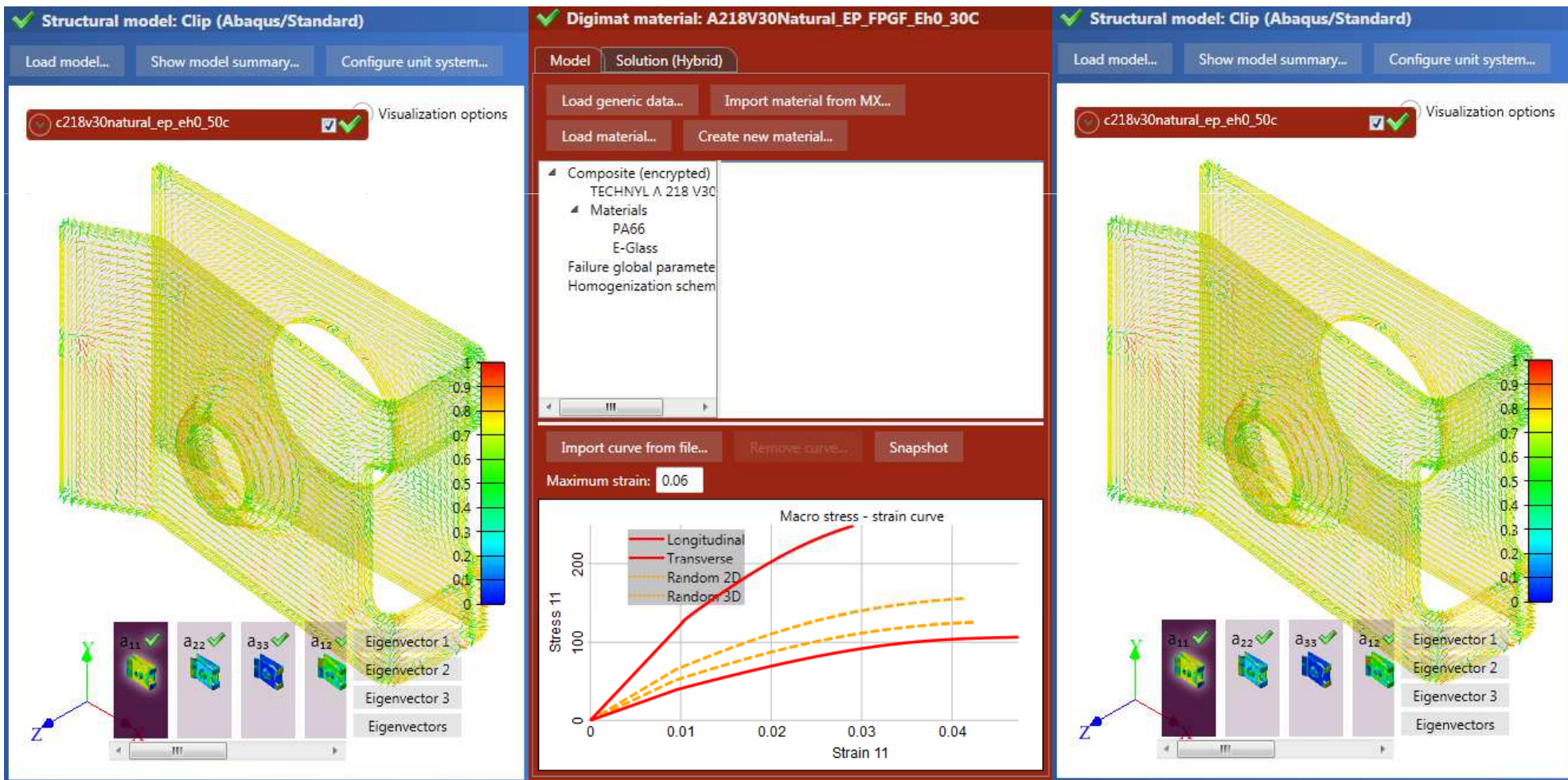


Импорт КЭ модели для статического и/или динамического анализа

Выбор модели материала Digimat

Передача данных о микроструктуре

# Ключевые шаги при расчете конструкций из армированных пластиков в Digimat-RP



Запуск задачи на расчет

Выбор модели материала Digimat

Передача данных о микроструктуре

# Вопросы на ранней стадии разработки изделий из композиционных материалов

*Технология определяет  
локальную микроструктуру*



*Локальная микроструктура  
определяет свойства  
композиционного материала*



*Конструкция влияет на  
технологю*



# Проектирование на ранней стадии разработки изделий из армированных пластиков

Проектирование на начальной стадии разработки подразумевает множество итераций

Нет понимания об окончательном варианте литьевой формы

Моделирование технологического процесса литья под давлением не доступно расчетчику и требует помощи специалистов из других отделов

Отсутствуют данные об ориентации армирующих волокон для конечно-элементного (КЭ) анализа

КЭ анализ без точного описания свойств материала дает приблизительную информацию о работоспособности конструкции

## • Текущая ситуация

- Отсутствует доступ к данным об ориентации волокон на начальном этапе проектирования конструкций из армированных пластиков
- Специалисту по статической и/или динамической прочности требуется помощь коллег из других подразделений для получения требуемой информации об ориентации

- **Отзыв специалиста отдела прочности:** « ... необходимо ждать до двух недель, чтобы для меня промоделировали процесс инжекционного литья и я смог получить требуемые мне данные ... »

# Применение Digimat-RP\Moldex3D на ранней стадии разработки деталей из армированных пластиков

Проектирование на начальной стадии разработки подразумевает множество итераций

Нет понимания об окончательном варианте литевой формы

Digimat-RP получил простой в использовании инструмент для оценки ориентации армирующих волокон в конструкции

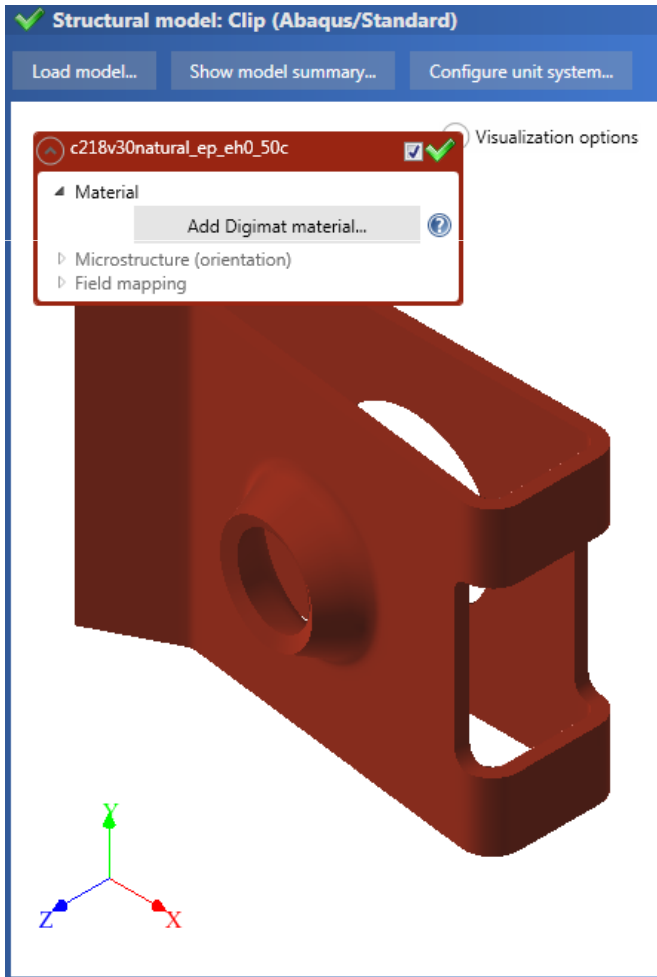
Данные об ориентации армирующих волокон доступны для конечно-элементного (КЭ) анализа

КЭ анализ на ранней стадии разработки конструкции становится более эффективным и точным

Digimat-RP  
Moldex3D

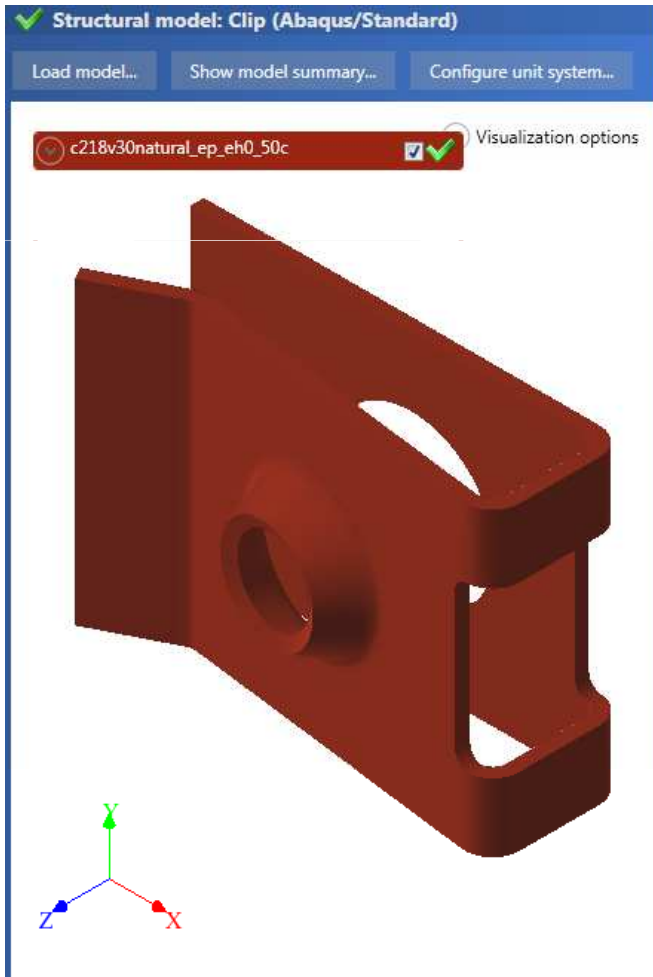
- **Возможности, доступные с Digimat-RP\Moldex3D**
  - Повышение эффективности проектирования на ранней стадии разработки: возможность в течение одного дня провести серию расчетов для выбора литевой формы и/или технологических режимов литья под давлением!
  - Предоставление специалистам по статической и/или динамической прочности простого и эффективного инструмента получения данных об ориентации волокон

# Ключевые шаги при проектировании в Digimat-RP\Moldex3D деталей из пластика

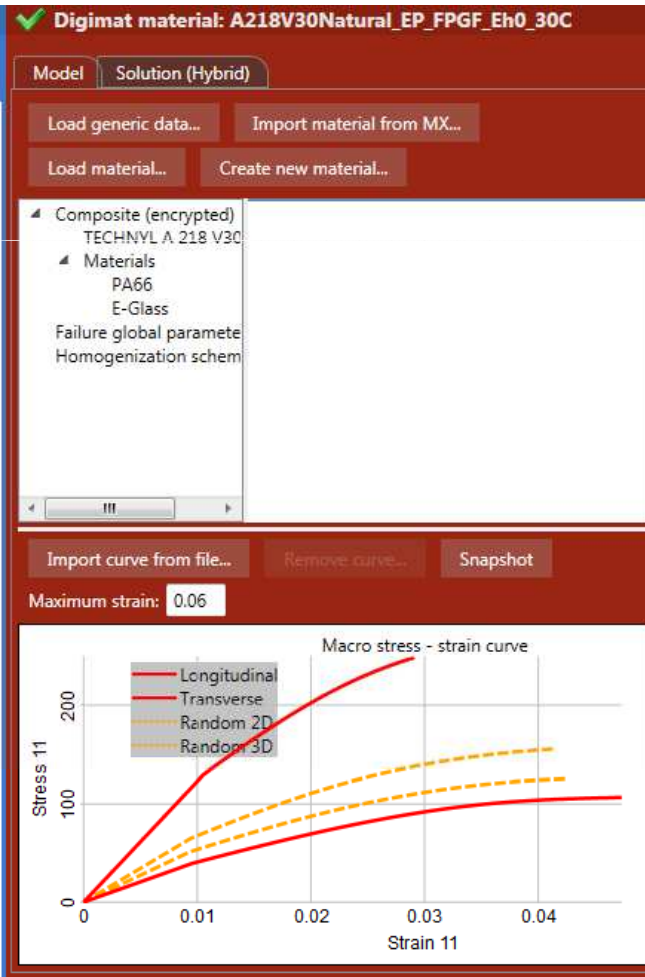


Импорт КЭ модели для  
статического и/или  
динамического анализа

# Ключевые шаги при проектировании в Digimat-RP\Moldex3D деталей из пластика



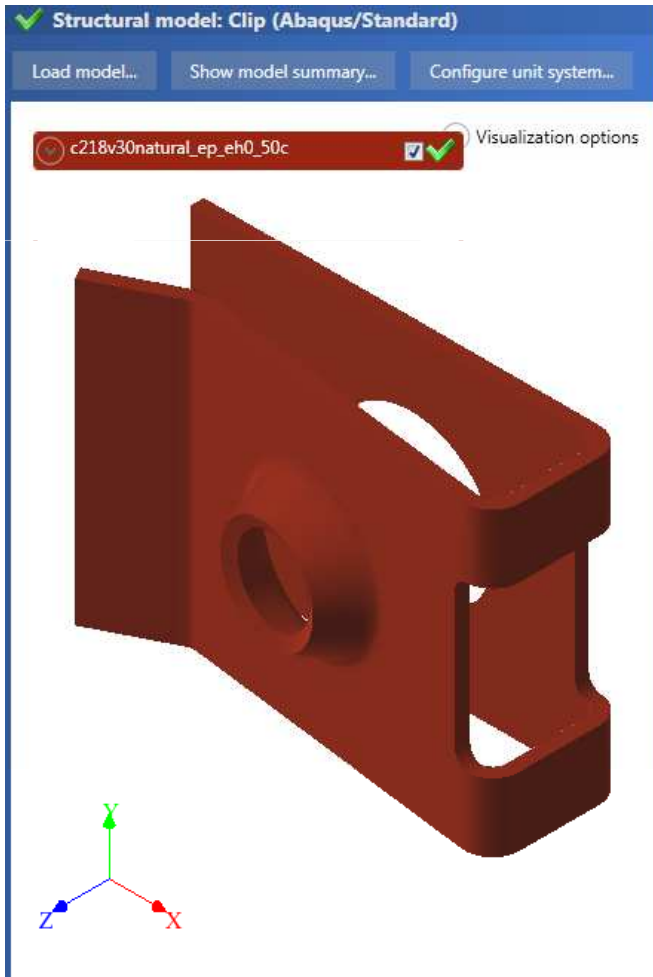
Импорт КЭ модели для  
статического и/или  
динамического анализа



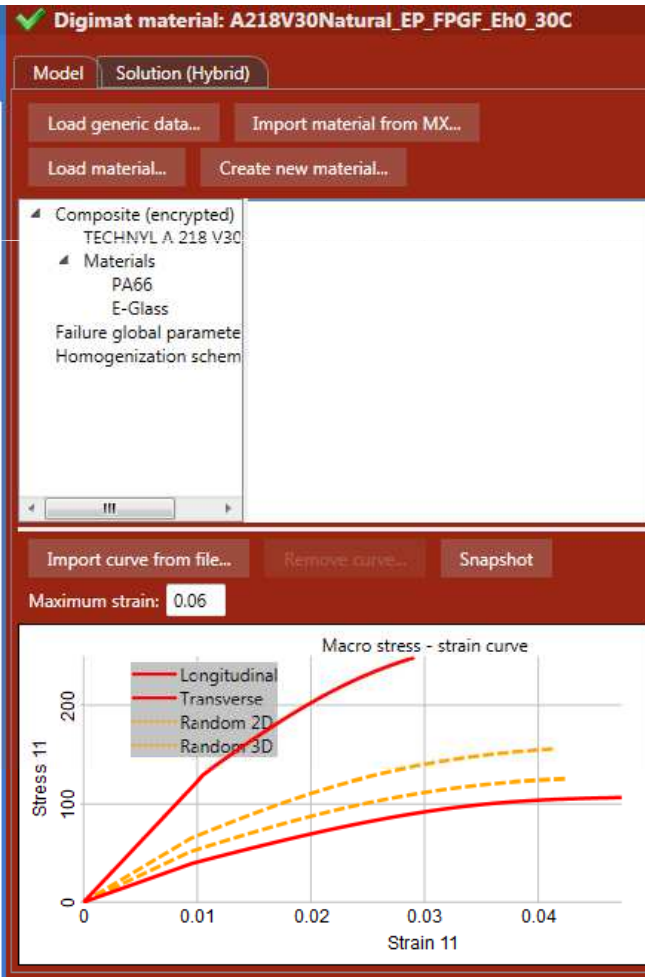
Выбор модели  
материала Digimat



# Ключевые шаги при проектировании в Digimat-RP\Moldex3D деталей из пластика



Импорт КЭ модели для статического и/или динамического анализа

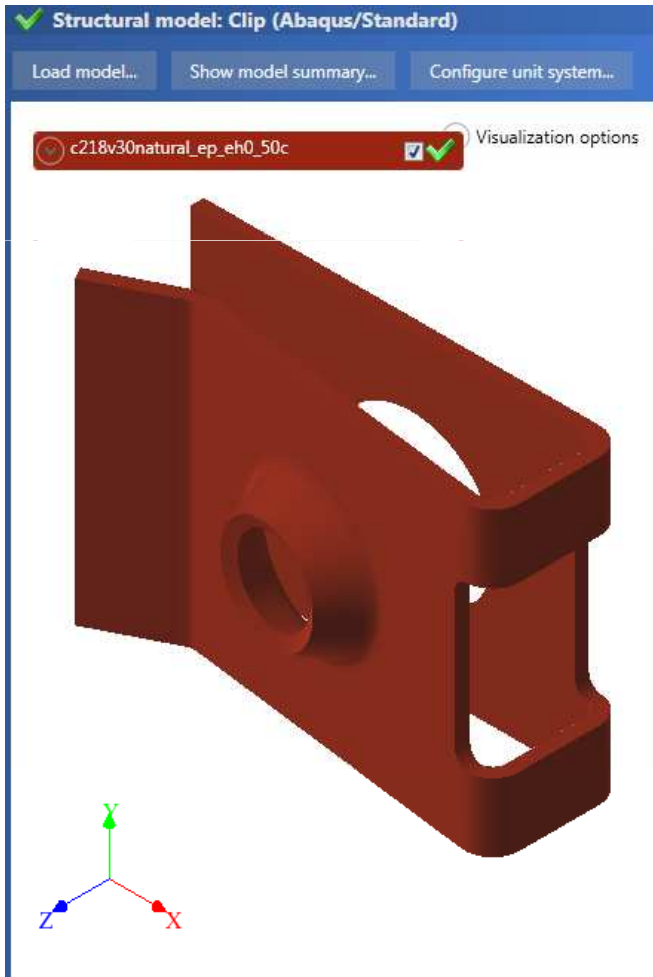


Выбор модели материала Digimat

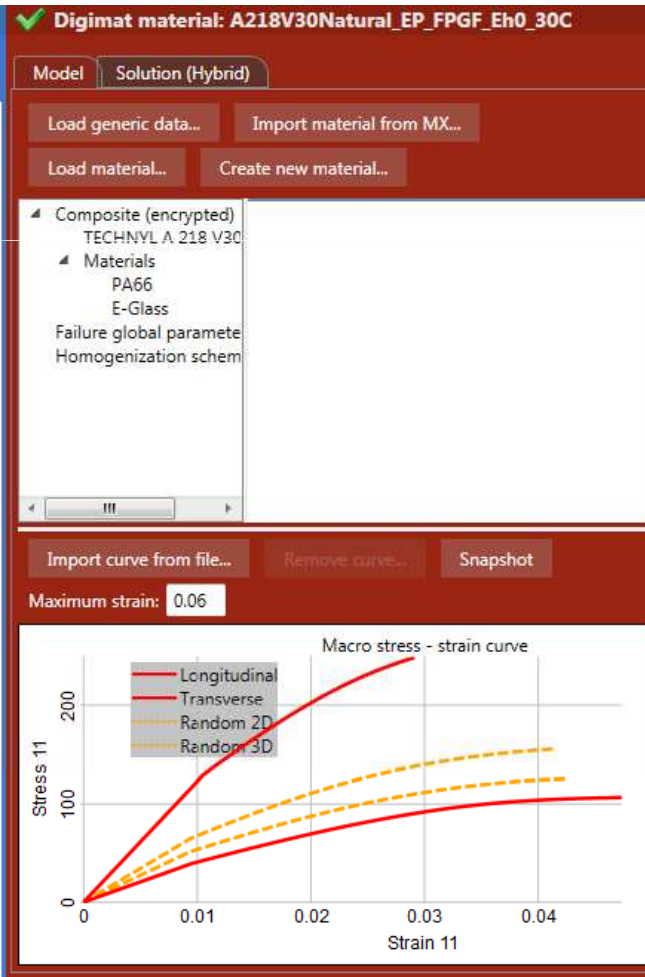


Предоставление данных о локальной микроструктуре

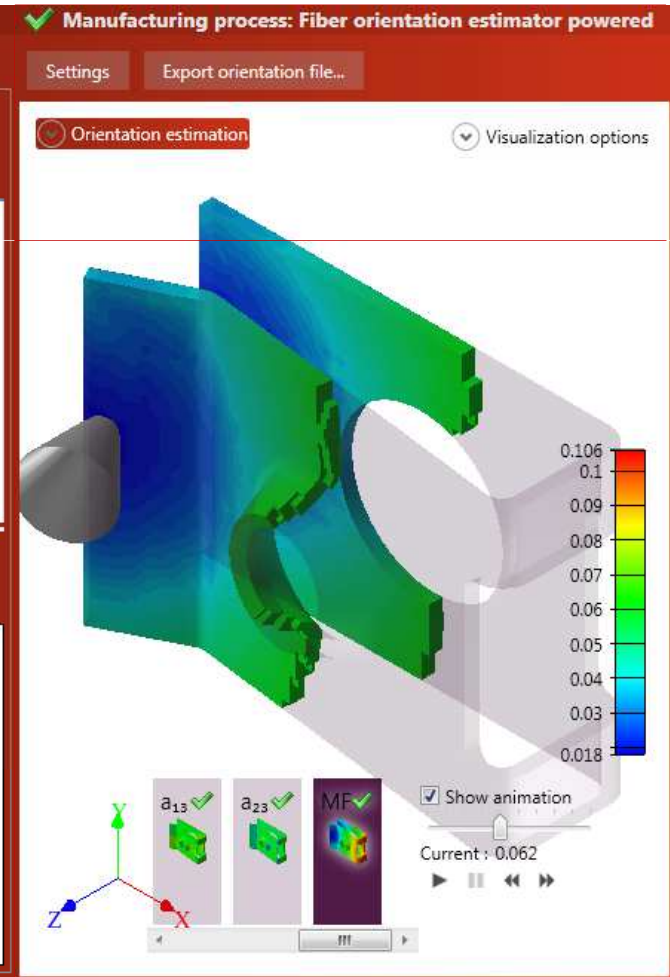
# Ключевые шаги при проектировании в Digimat-RP\Moldex3D деталей из пластика



Импорт КЭ модели для статического и/или динамического анализа

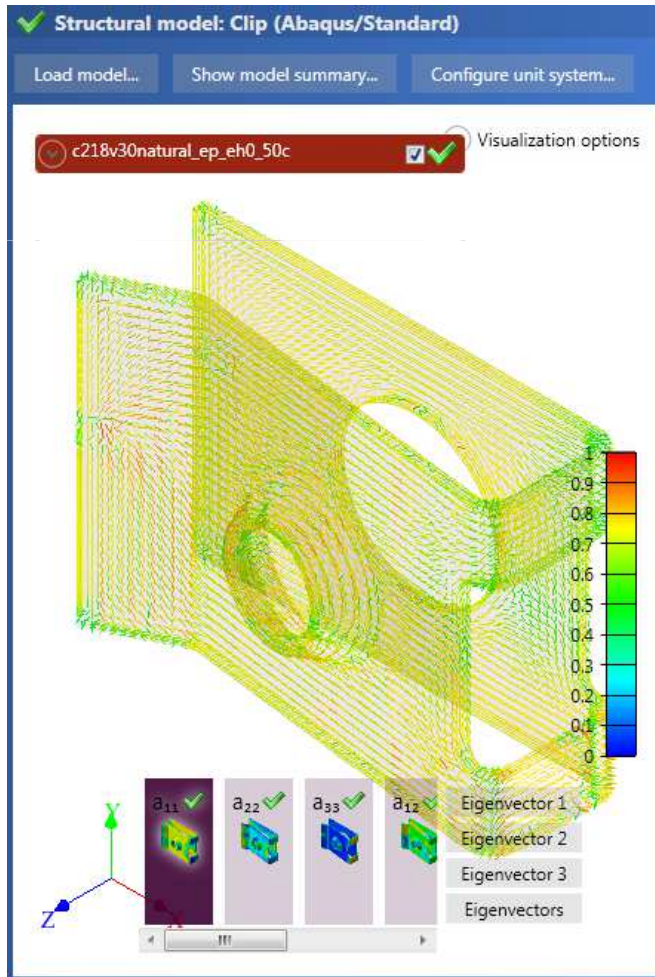


Выбор модели материала Digimat

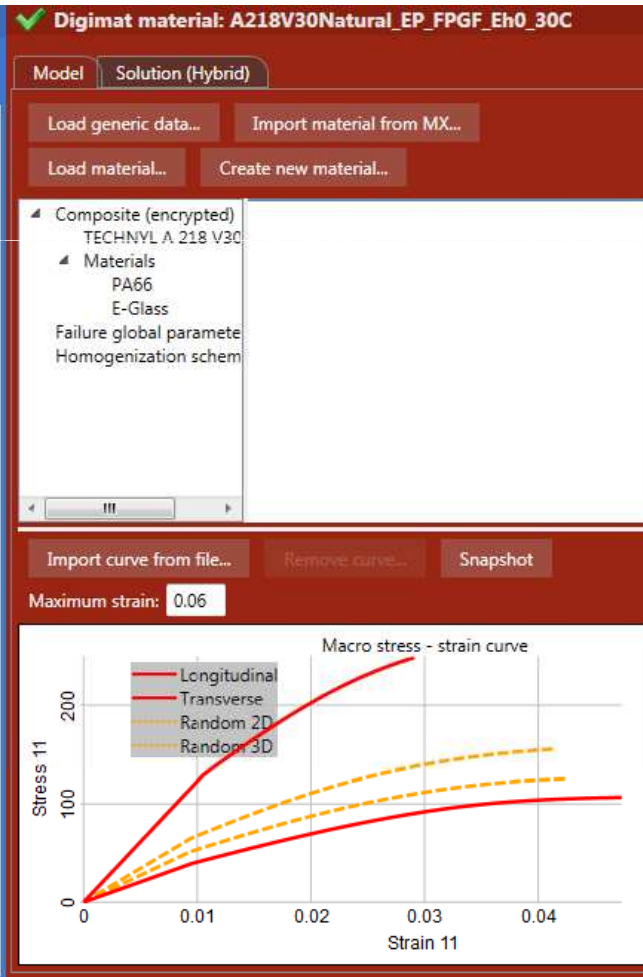


Оценка ориентации волокон внутри Digimat-RP

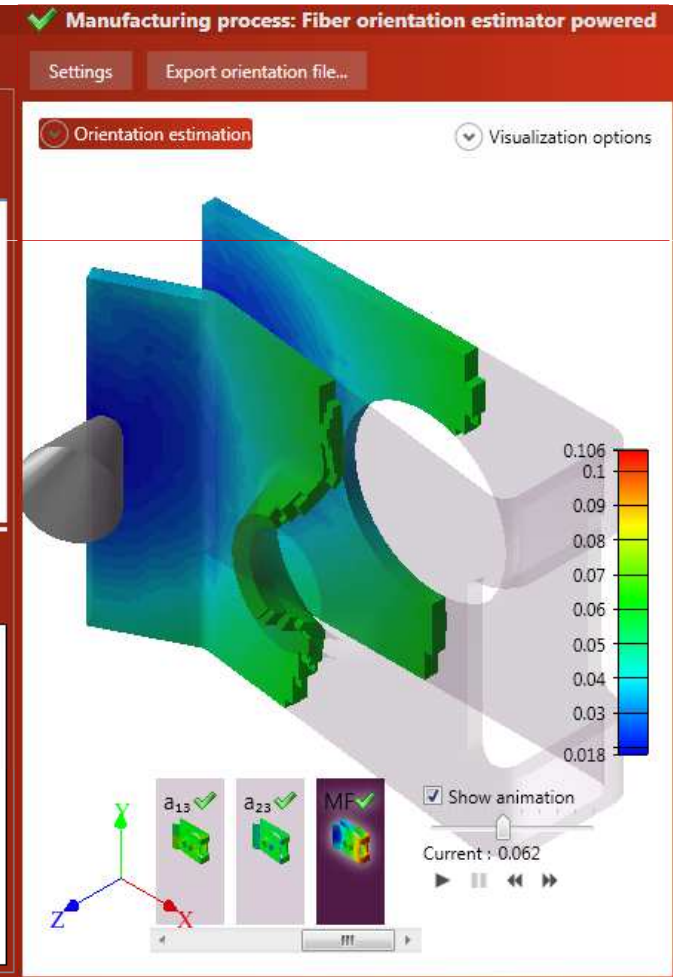
# Ключевые шаги при проектировании в Digimat-RP\Moldex3D деталей из пластика



Передача данных об ориентации волокон (данных о микроструктуре)

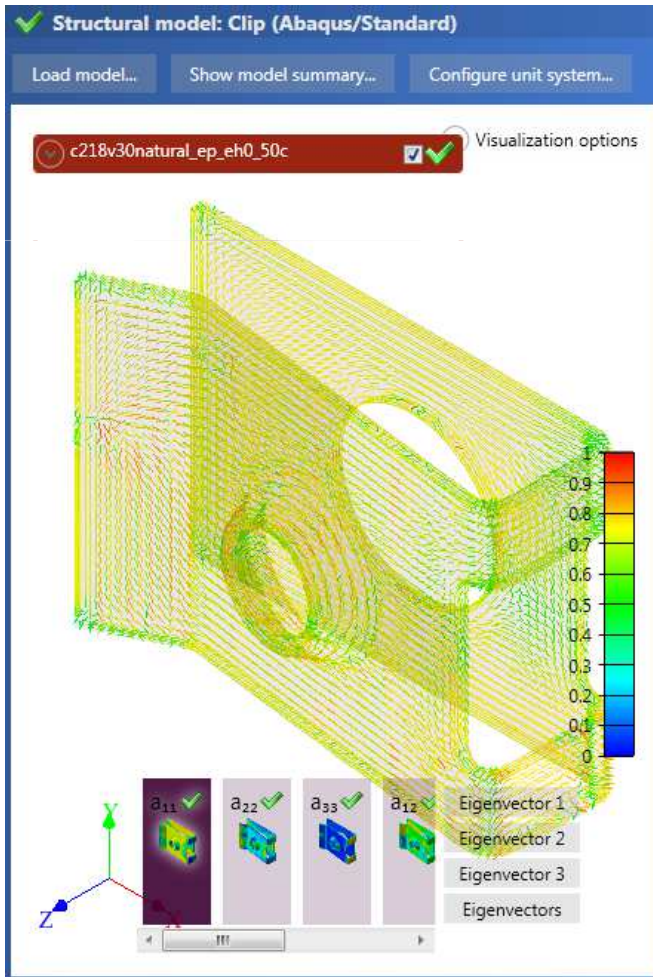


Выбор модели материала Digimat

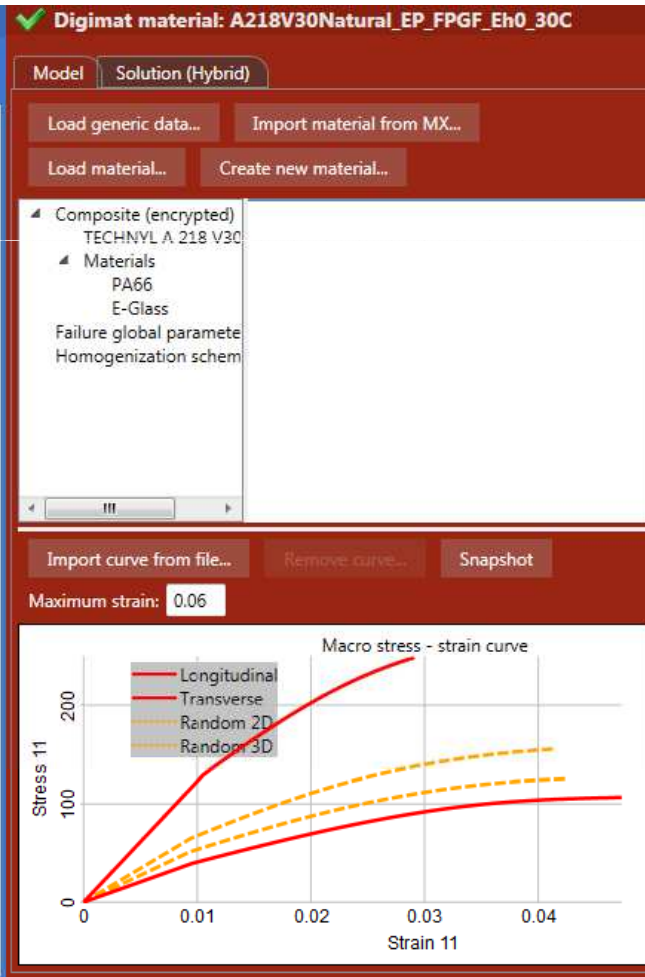


Оценка ориентации волокон внутри Digimat-RP

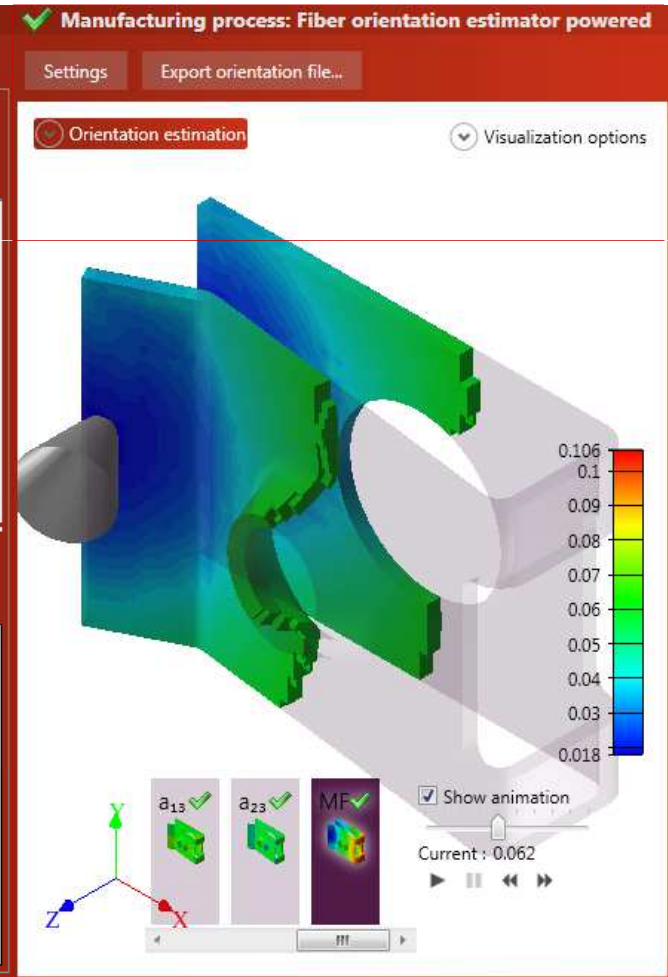
# Ключевые шаги при проектировании в Digimat-RP\Moldex3D деталей из пластика



Запуск задачи на расчет



Выбор модели материала Digimat



Оценка ориентации волокон внутри Digimat-RP

# Основные возможности Digimat-RP/Moldex3D

- Инструмент оценки ориентации армирующих волокон основан на технологии Moldex3D
  - Интеграция в Digimat-RP модулей Moldex3D: eDesign mesher и Moldex3D solver
- Упрощенный ввод, не требующий от пользователя опыта в моделировании литья под давлением армированных пластиков

The screenshot displays the Digimat-RP software interface, which is divided into several main sections:

- Structural model: Clip (Abaqus/Standard):** Shows a 3D mesh of a plastic part with a color scale from 0 to 1. Below the mesh are options for visualization and eigenvectors (Eigenvector 1, 2, 3).
- Digimat material: A218V30Natural\_EP\_FPGF\_Eh0\_30C:** Contains a table of material properties and a graph of macro stress-strain curves.
- Manufacturing process: Fiber orientation estimator powered:** Shows a 3D visualization of fiber orientation within the part, with a color scale from 0.018 to 0.106 and an animation control.

Property	Value
Trade name	TECHNYL A 218...
Matrix	PA66
Inclusion	GF
Inclusion proportion	0.300000 (mass...)
Supplier	SOLVAY Engine...
Comment (material)	Polyamide 66, r...
Model	J2_plasticity
Temperature	30
Relative humidity	0

Macro stress - strain curve graph showing Stress 11 vs Strain 11. The graph includes curves for Longitudinal, Transverse, Random 2D, and Random 3D orientations. The maximum strain is set to 0.06.

# Инструмент оценки ориентации волокон не требует опыта в моделировании литья пластиков

- Упрощенный пользовательский ввод (требуется задать только несколько параметров)

- Материал (выбирается из базы)
- Параметры процесса
  - Температура расплава
  - Температура заливочной формы
  - Время заполнения (впрыска расплава)
- Положение отверстий впрыска и их диаметр
- Размер сетки для моделирования литья

- Инструмент полностью направлен на оценку ориентации волокон

- Проведение только анализа заполнения формы → сокращение времени моделирования процесса литья и размера модели
- Выбор модели для определения ориентации армирующих волокон
  - Модели: Folger-Tucker / ARD / iARD
- Вывод результатов моделирования
  - Ориентация волокон
  - Фронт потока в зависимости от времени

Orientation estimation

Material  
1 Rhodia: PA66 - TECHNYL A 218 V30 (30%) ✓

Process  
2 Melt temperature: 290  
3 Mold temperature: 80  
3 Filling time: 0.1

Injection gates:  
4 ✓ Gate 1 ✎ ✕  
✓ Gate 2 ✎ ✕

Add injection gate

Simulation  
5 Mesh level: 3 ▾

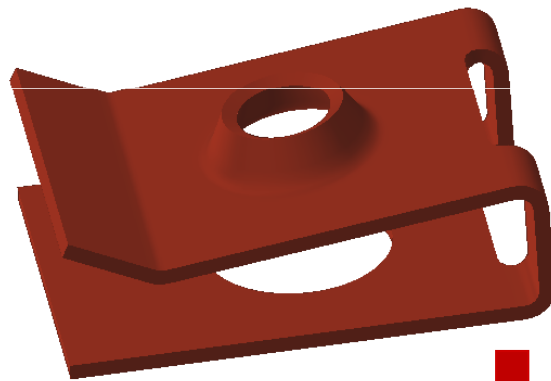
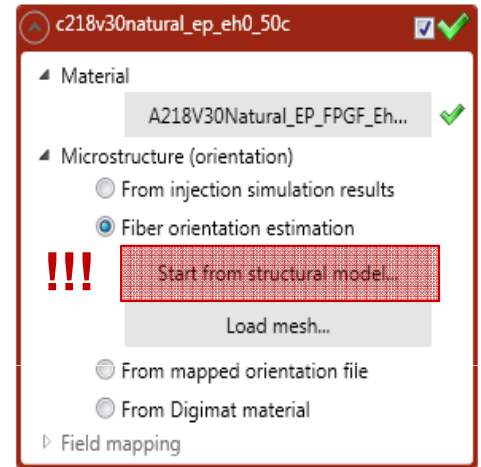
Compute fiber orientation

# Последовательность работы инструмента оценки ориентации волокон в Digimat-RP/Moldex3D



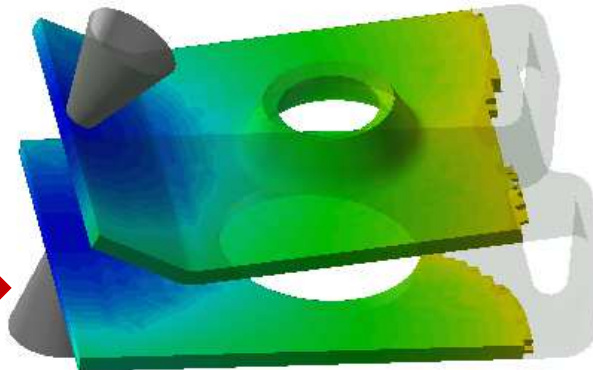
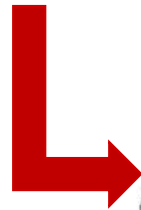
# Последовательность работы в Digimat-RP/Moldex3D

- Оценка ориентации волокон основывается на сетке, построенной на модели для статического и/или динамического анализа
  - Наиболее часто используемый порядок работы

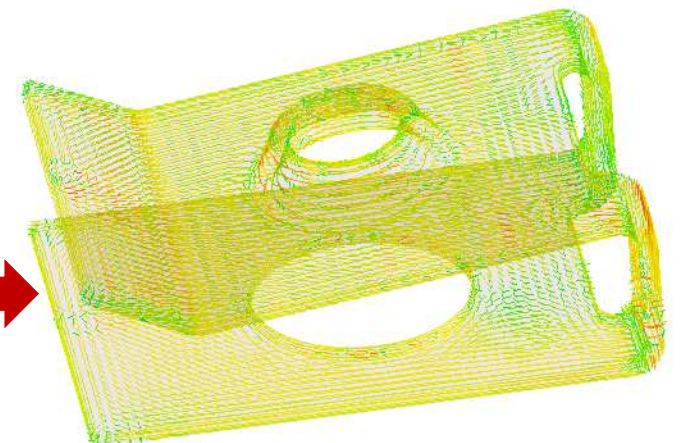


Модель для  
структурного  
анализа

(модель для статического  
и/или динамического  
анализа)



Моделирование  
процесса литья  
под давлением



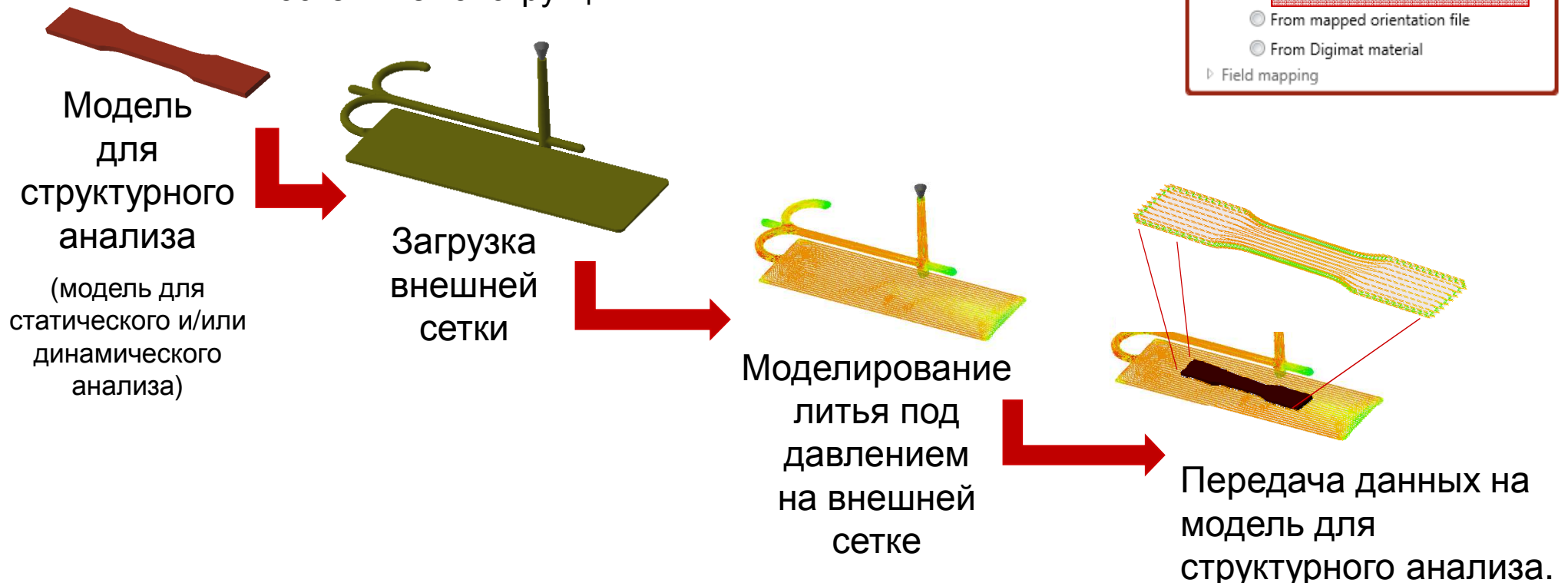
Ориентация волокон в  
рассматриваемой модели



# Последовательность работы в Digimat-RP/Moldex3D

- **Загрузка внешней сетки для оценки ориентации волокон**

- Расширенные возможности позволяют:
  - Моделировать подконструкции (например - образец для испытаний, вырезаемый из пластины)
  - Тонкостенные конструкции



Примечание: ручной способ совмещения сеток требует доступ к модулю Digimat-MAP

# Демонстрация работы Digimat-RP\Moldex3D на примере разработки крышки двигателя

The screenshot displays the Digimat software interface, which is integrated with MSC Marc. The interface is divided into three main panels:

- Structural model: EngineBlock\_Marc (Marc):** This panel shows the 3D model of the engine cover. It includes a 'Material' dropdown menu set to 'Generic\_PA6-GF40\_cond\_23deg...', 'Visualization options' (Opacity: 1), and 'Microstructure (orientation)' settings. The 'Fiber orientation estimation' option is selected, with 'Based on structural model' checked. A color scale on the right indicates fiber orientation values from 0.0156 to 0.9384. Below the model, there are buttons for 'Eigenvector 1', 'Eigenvector 2', 'Eigenvector 3', and 'Eigenvectors'.
- Digimat material: Generic\_PA6-GF40\_cond\_23deg\_EP:** This panel shows the material properties for the composite. It includes a 'Composite' section with 'PA6 (Matrix)' and 'GF (Inclusions) Glass'. The 'Constitutive model' is set to 'Elastic'. The 'Homogenization scheme' is 'Random 3D'. The 'Maximum strain' is set to 0.06. A graph shows 'Stress 11' vs 'Strain 11' with curves for 'Longitudinal', 'Transverse', 'Random 2D', and 'Random 3D'.
- Manufacturing process: Fiber orientation estimator powered by Moldex3D:** This panel shows the 'Orientation estimation' settings. It includes a 'Settings' tab and an 'Export orientation file...' button. The 'Visualization options' (Opacity: 1) and 'Show mesh' are visible. A color scale on the right indicates fiber orientation values from 0.0156 to 0.2.

A large red play button is overlaid in the center of the interface, indicating that this is a video demonstration.

[www.youtube.com/watch?v=YZrIN5fmzBg](http://www.youtube.com/watch?v=YZrIN5fmzBg)

# Заключение

- **Digimat-RP/Moldex3D** содержит простой и эффективный инструмент для оценки ориентации волокон на начальных этапах проектирования
- **Модуль Digimat-RP/Moldex3D** позволяет:
  - Повысить эффективности проектирования, особенно на ранней стадии, разработки композитной конструкции;
  - Сократить цикл проектирования: уменьшить время и стоимость разработки композитной конструкции;
  - Спроектировать оптимальную конструкцию, удовлетворяющую заданным требованиям;
  - Сделать обоснованный выбор композиционного материала и технологии изготовления
  - Предлагает значительно более короткий путь при разработке конструкций из армированных пластиков, чем традиционный подход
- **Разрабатывайте свои изделия раньше конкурентов с технологиями Digimat !**

# Контактная информация



**Алексей Павлович Гонтюк**

Технический эксперт

ООО "Эм-Эс-Си Софтвэр РУС"

тел.: +7 (495) 363-06-83, доб. 31-18

моб.: +7 (916) 912-34-77

[alexey.gontyuk@mscsoftware.com](mailto:alexey.gontyuk@mscsoftware.com)

[www.mscsoftware.com](http://www.mscsoftware.com)

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

Спасибо за внимание!