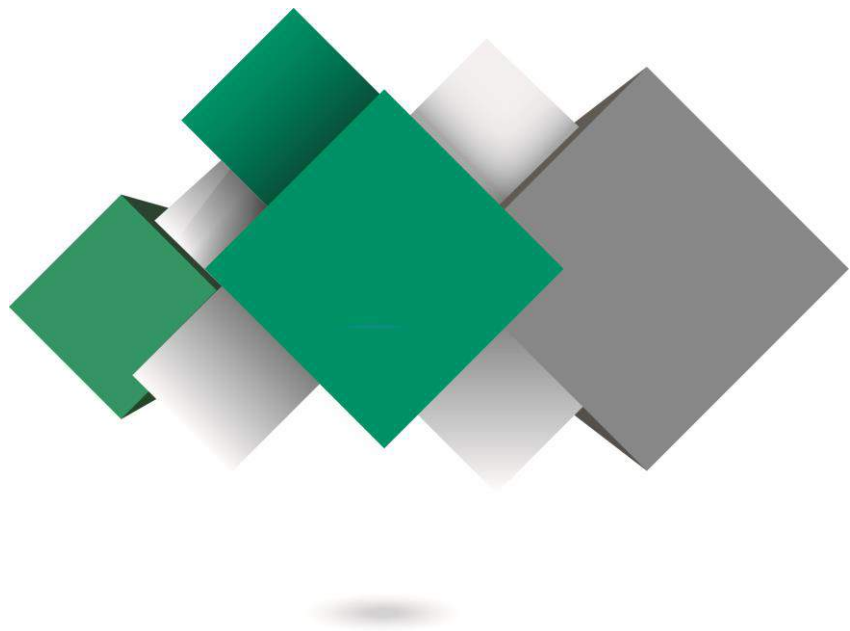


Применение численных методов моделирования для прогнозирования макрохарактеристик полимерных композиционных материалов как гетерогенны структур

Маняк И.С., СП ЗАО «Би Питрон»

[20.03.2014]



Полимерные композиционные материалы как гетерогенные структуры

- классификация
- применение

Конструктивно-технологические особенности полимеров

- ПКМ и их макрохарактеристики
- конструкция-материал-технология

Численные методы расчета ПКМ

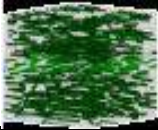
- обзор и сравнение
- Digimat: инструменты и методы

Опыт СП ЗАО «Би Питрон» при разработке технологий создания изделий из ПКМ

Заключение

Полимерные композиционные материалы как гетерогенные структуры

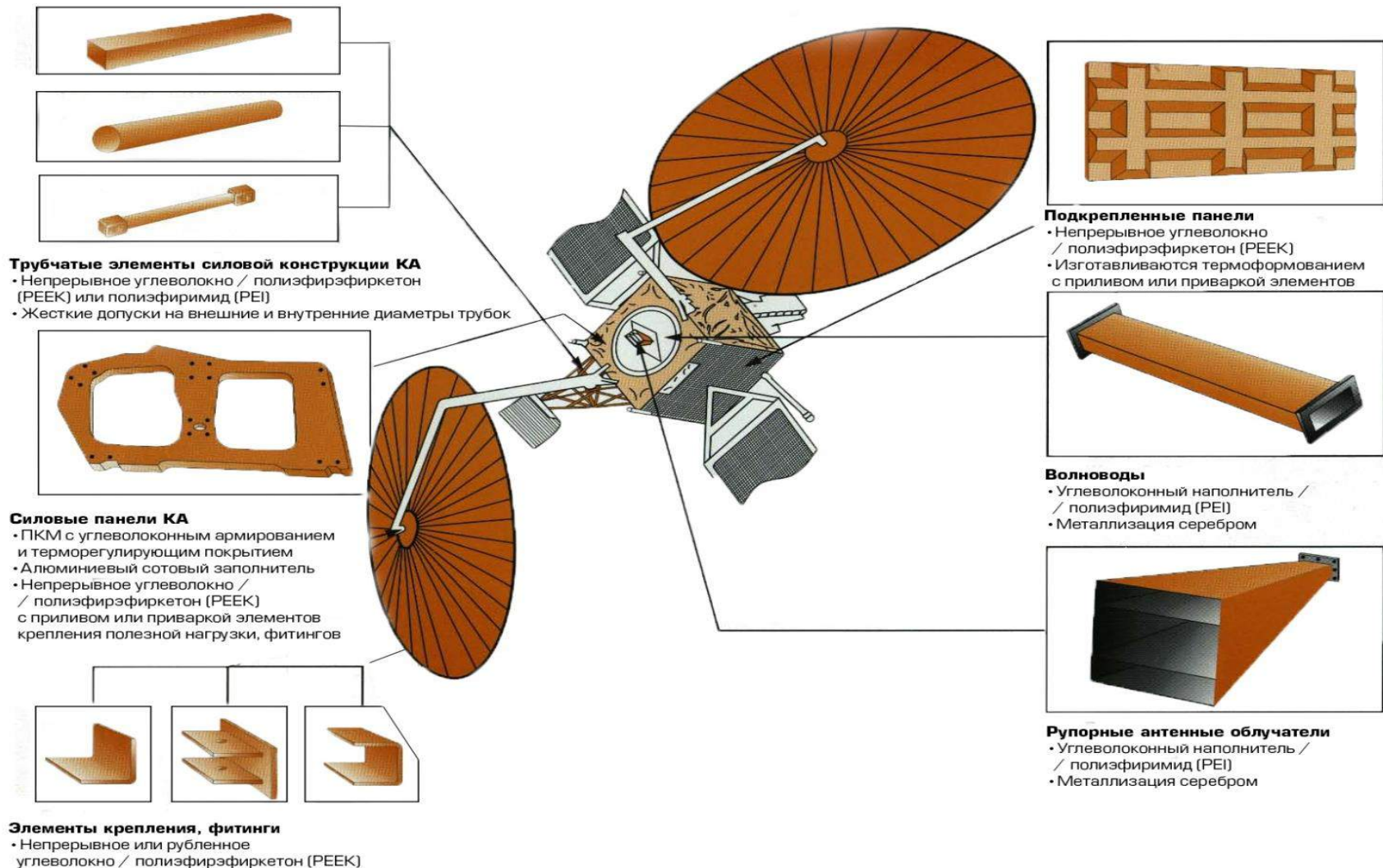
Классификация

	Материалы		Микроструктура			Технология
	Матрица	Волокна	Включения	Ориентация	Структура	
Коротково-локнистые L<1 мм 	Термопласт	Стекло/уголь	Прямые	Случайная	Слоистая/монолитная	Инжекционное литье
Длинново-локнистые 1<L<50 мм	Термопласт/термореактив	Стекло/уголь	Прямые/искривленные	Случайная/регулируемая	Комплексные слои	Инжекционное/Компрессионное литье
С непрерывным армированием и ткани L>50 мм 	Термореактив/термопласт	Стекло/уголь	Прямые	Фиксированная	Слоистая	Выкладка

Полимерные композиционные материалы как гетерогенные структуры

Применение

Космос



Полимерные композиционные материалы как гетерогенные структуры

Применение

Приборостроение



Полимерные композиционные материалы как гетерогенные структуры

Применение

• Медицина

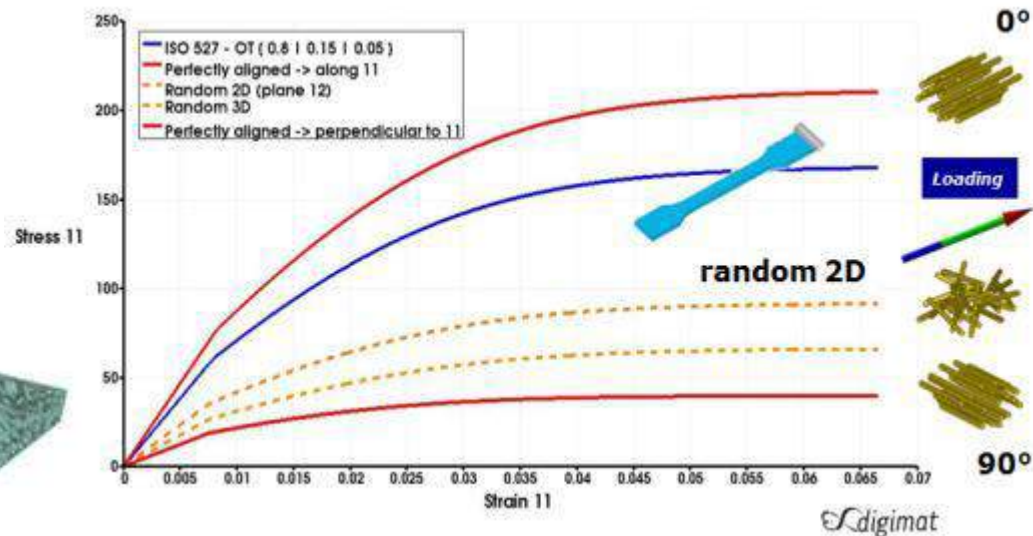


Конструктивно-технологические особенности полимеров

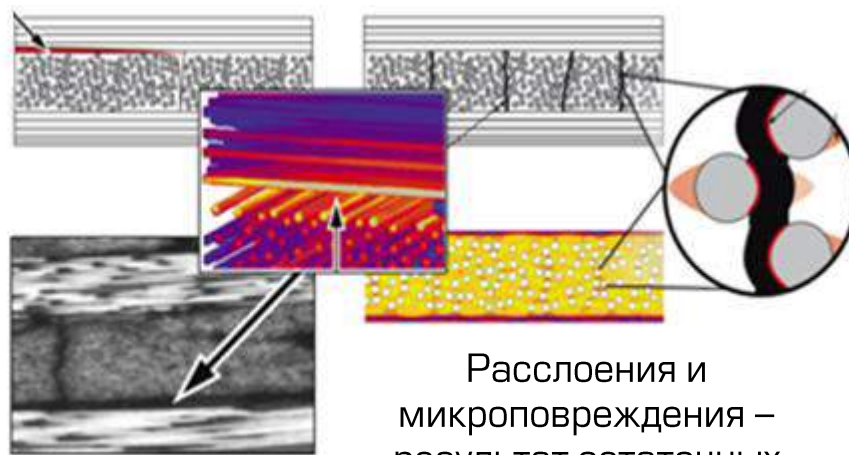
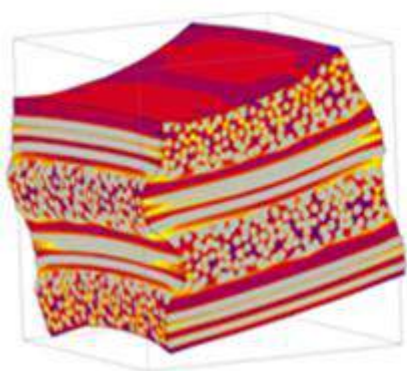
ПКМ и их макрохарактеристики

Микроуровень

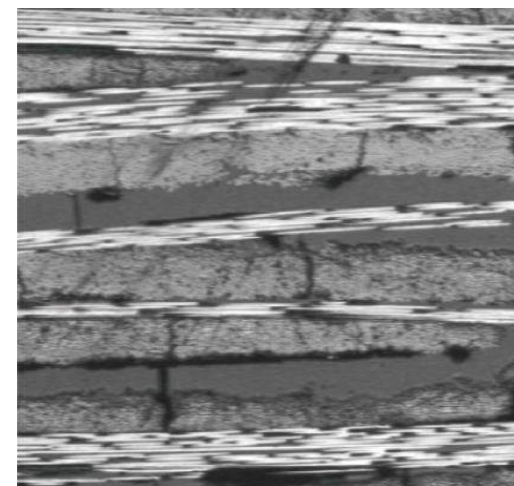
Состав и структура определяет макросвойства



Представительный
объем



Расслоения и
микрповреждения –
результат остаточных
напряжений и случайного
распределения волокон

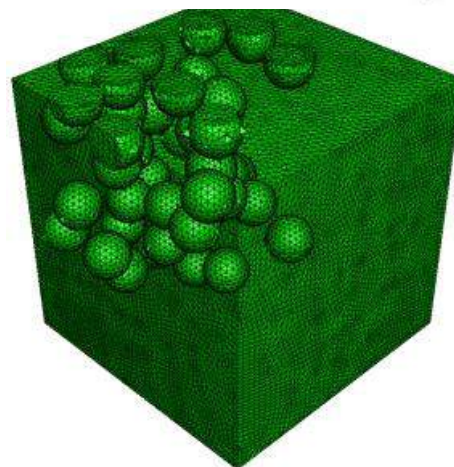
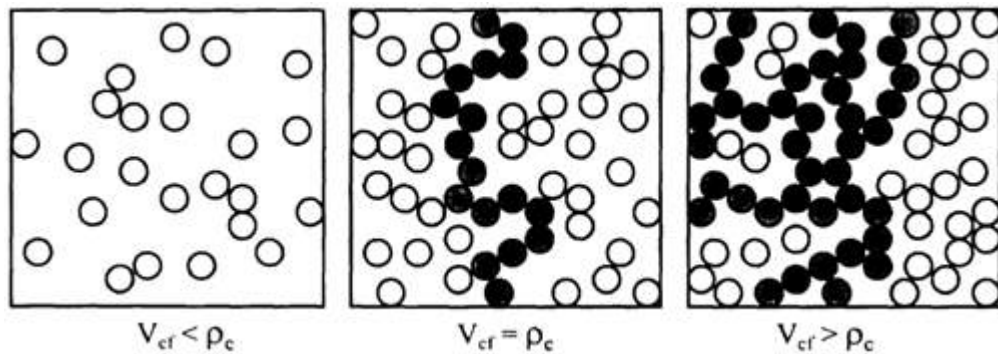
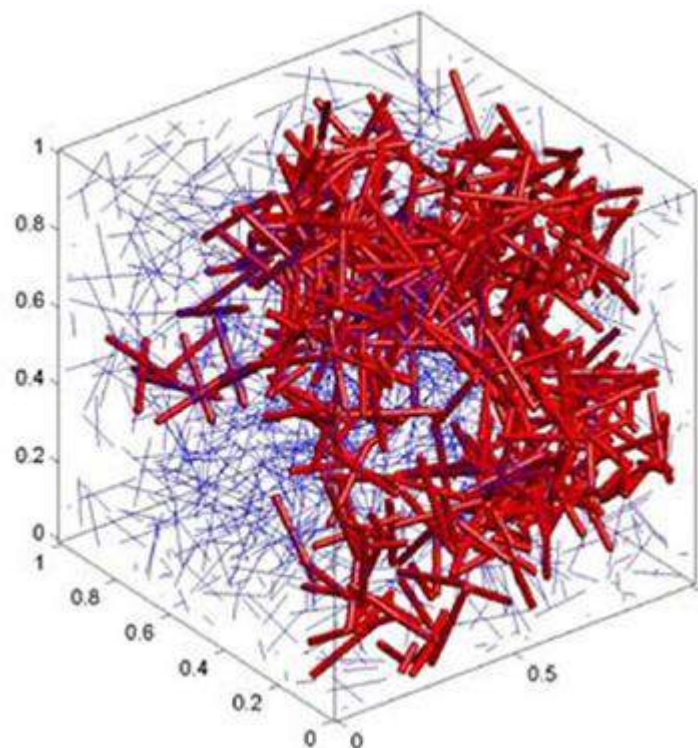


Перколяция и кластеризация

Перколяция - это эффект, возникающий при соединении включений по объему непроводящего материала и формировании таким образом канала проводимости. **Порогом перколяции** называют критическое значение объемной доли включений, при котором этот феномен начинается ($V_{cf} = p_c$).

Тип анализа: термический, электрический.

Кластеризация – локальное объединение включений.



Конструктивно-технологические особенности полимеров

Конструкция-материал-технология

*Технология определяет
локальную
микроструктуру*

Технология

*Конструктивные
особенности
влияют на технологию
изготовления*

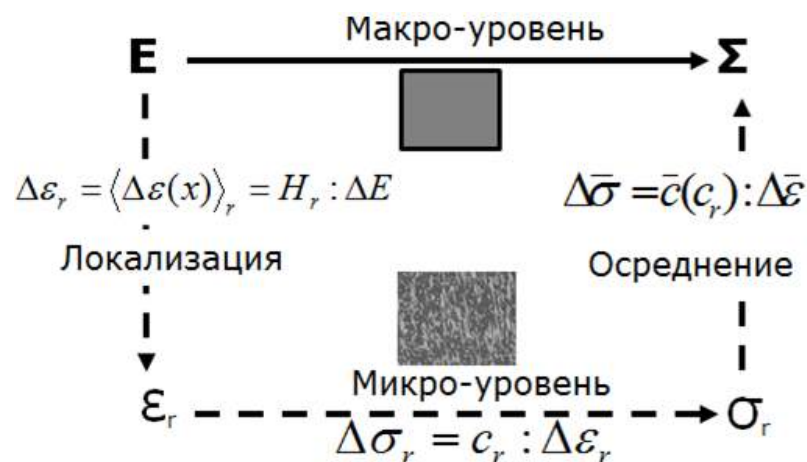
Материал

Конструкция

*Микроструктура
определяет свойства
материала и
характеристики изделия*



Аналитический



Достоинства:

- Быстрая подготовка модели и расчет;
- Точное предсказание;
- Возможность интеграции в методе конечных элементов.

Недостатки:

- Эллипсоидальные включения;
- Однородное распределение;
- Усредненные результаты

Явный конечноэлементный

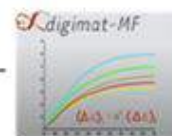
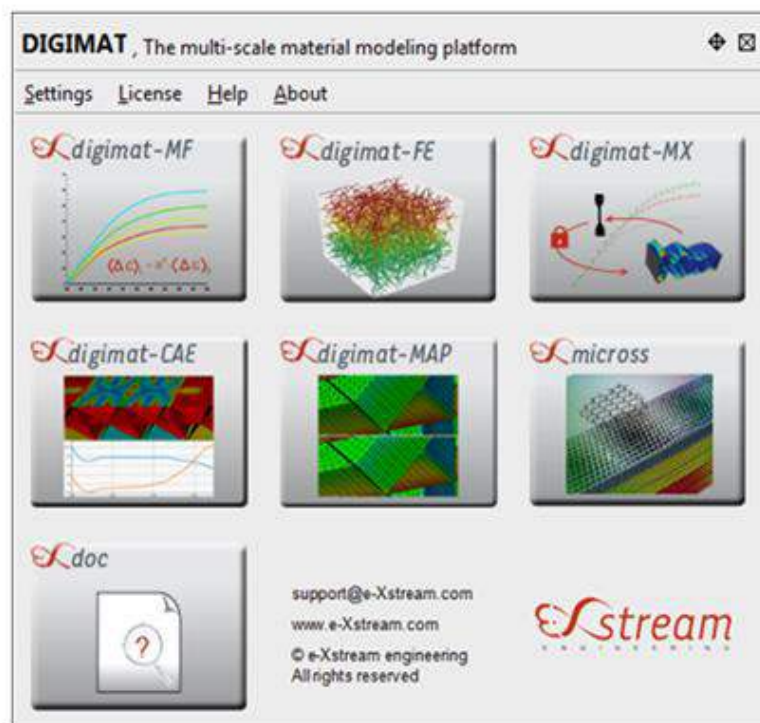


Достоинства:

- Точное, детальное решение;
- Сложные формы включений;
- Явное моделирование кластеризации и перколяции.

Недостатки:

- Сложность геометрии;
- Потребность в вычислительных ресурсах;
- Сложность построения сетки.



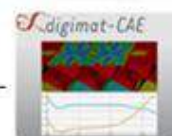
Digmat-MF прогнозирование нелинейного поведения многофазных материалов



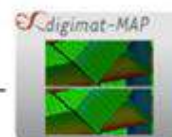
Digmat-FE конечно-элементное моделирование реалистичных пространственных представительных объемов микроструктуры материала



Digmat-MX модуль для реверс инжиниринга, хранения, извлечения и безопасного обмена DIGMAT моделями материалов



Digmat-CAE интерфейсы основных методов литья под давлением и метод конечно-элементного анализа

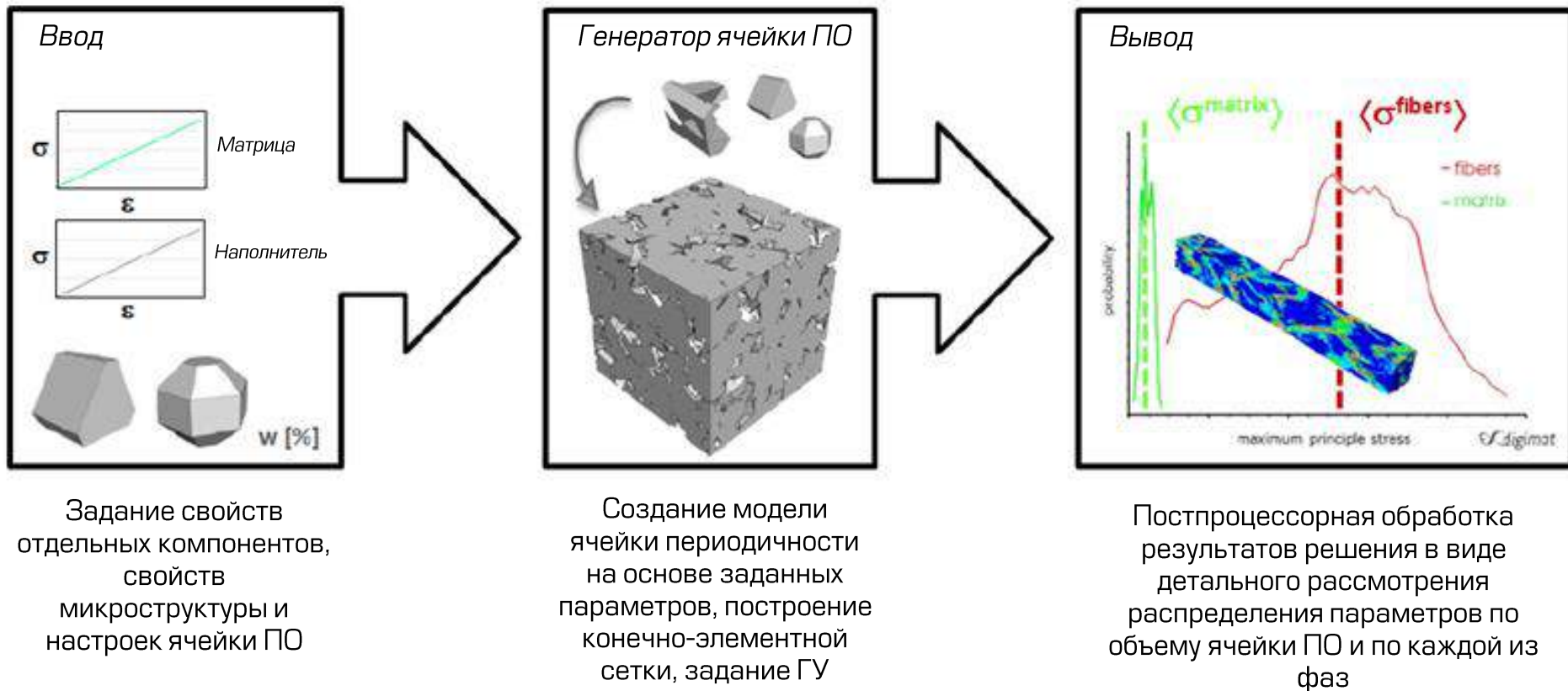


Digmat-MAP программное обеспечение для передачи структурных параметров между разнородными сетками



Micross проектирование сотового заполнителя композитных сэндвич-панелей на основе конечно-элементного анализа

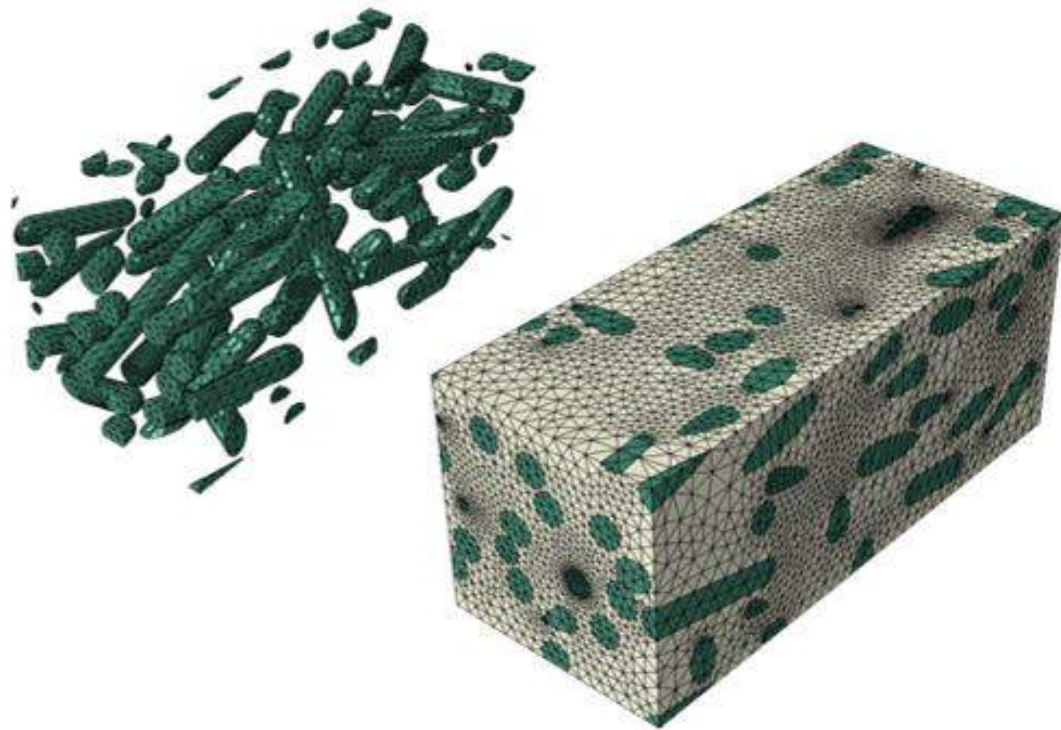
Digmat-FE



Digimat-FE

Особенности:

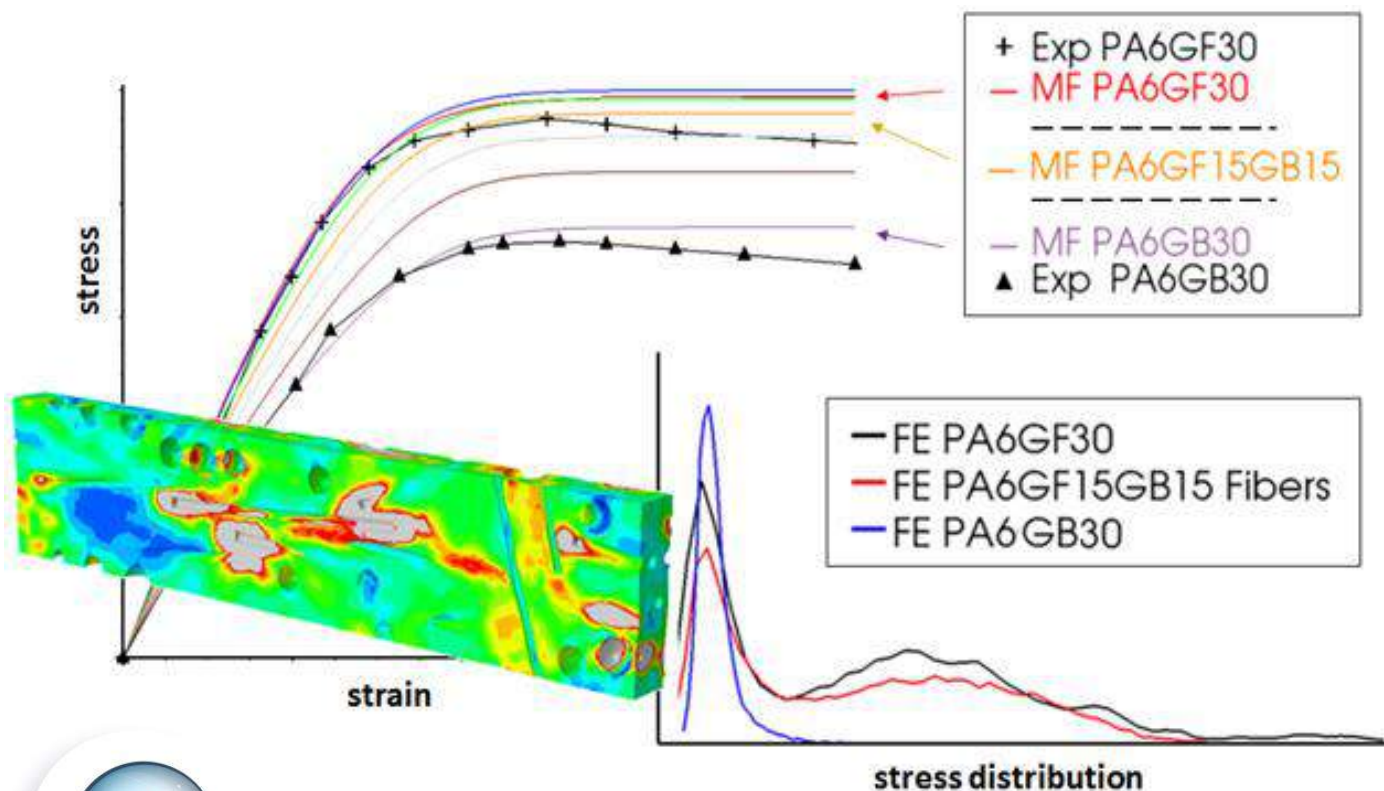
- Генерация модели представительного объема
- Граничные условия периодичности в виде макроса
- Детальное рассмотрение поведения материала на микроуровне
- Моделирование эффектов кластеризации и перколяции
- Вывод статистического распределения по объему материала и по каждой из фаз



Digmat-FE

Решение:

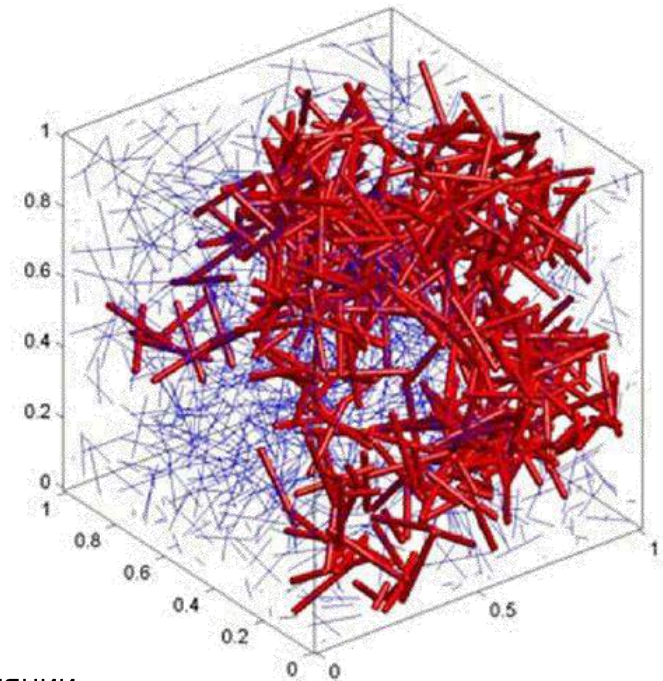
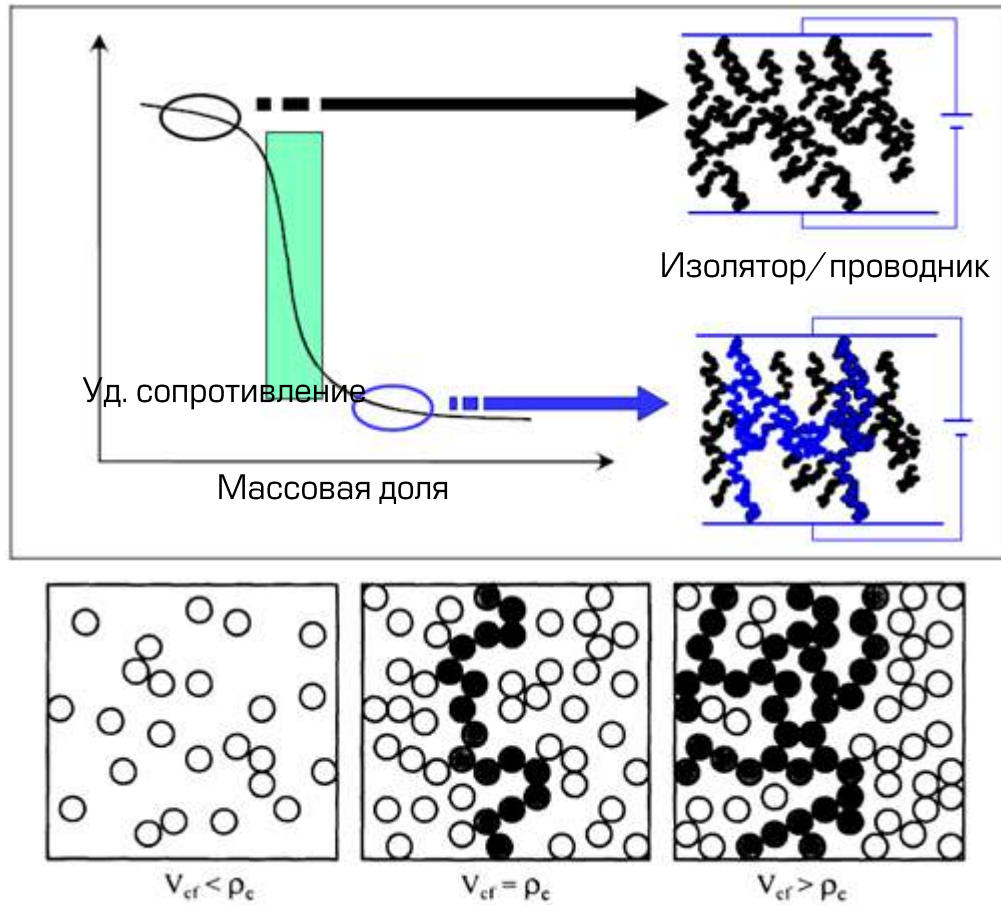
Исследование микроструктуры материала на основе полиамидной матрицы при помощи Digimat-FE и Abaqus Standard позволило установить, что введение в состав материала 15 % стеклянных микросфер вместо стеклянных волокон позволяет существенно повысить прочность материала при сохранении примерно того же уровня жесткости.



SOVITEC

Численные методы расчета ПКМ

Digmat: инструменты и методы



Материал с процентным содержанием ниже, равным и выше предела перколяции

Уравнения переноса

Электропроводность

$$\vec{J} = -\underline{\mathbf{a}} \cdot \nabla V$$

$$\operatorname{div} \vec{J} = 0$$

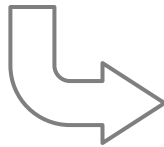
$$\vec{J} \cdot \vec{n} = I$$

Теплопроводность

$$\vec{q} = -\underline{\mathbf{k}} \cdot \nabla T$$

$$-\operatorname{div} \vec{q} + r = 0$$

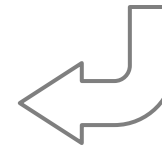
$$\vec{q} \cdot \vec{n} = Q$$



$$\vec{q} = -\underline{\mathbf{k}} \cdot \nabla T$$

$$\operatorname{div} \vec{q} = 0$$

$$\vec{q} \cdot \vec{n} = Q$$



Общий вид

DIGIMAT FE: моделирование перколяции



Материалы

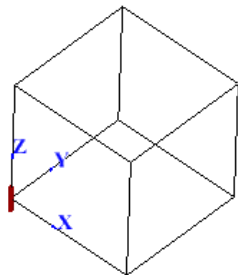
электропроводность (изотропная)

- полиэтилен: $2.5e-12$ См/м
- уголь: 5000 См/м

Микроструктура

2 фазы

- матрица: полиэтилен
- включения: уголь



Конечноэлементная

ячейка

представительного объема
100 нм x 100 нм x 100 нм

Объемное содержание: 10%, 15%, 20%

Параметры формы:

- форма включений: цилиндр
- отношение размеров: 5.5
- фиксированный размер 20 нм
(диаметр 3.64 нм)

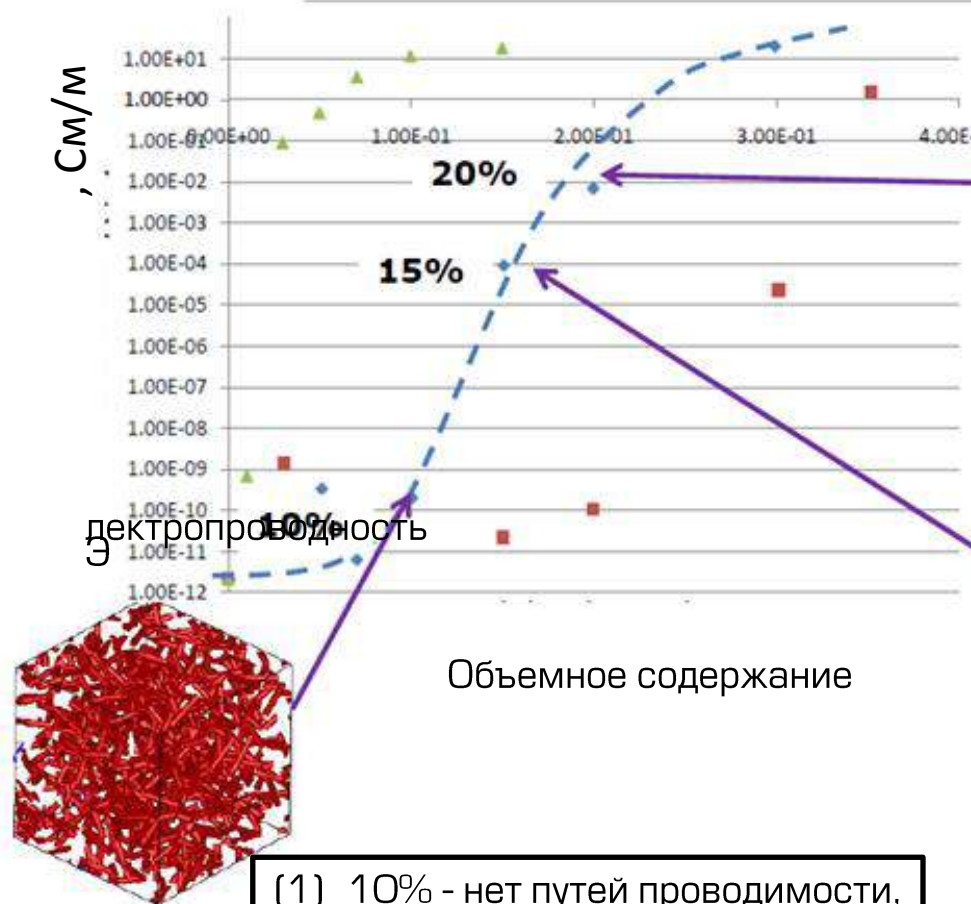
Ориентация

- случайная 3D

Граничные условия

- периодическая геометрия

DIGIMAT FE: результаты перколяции

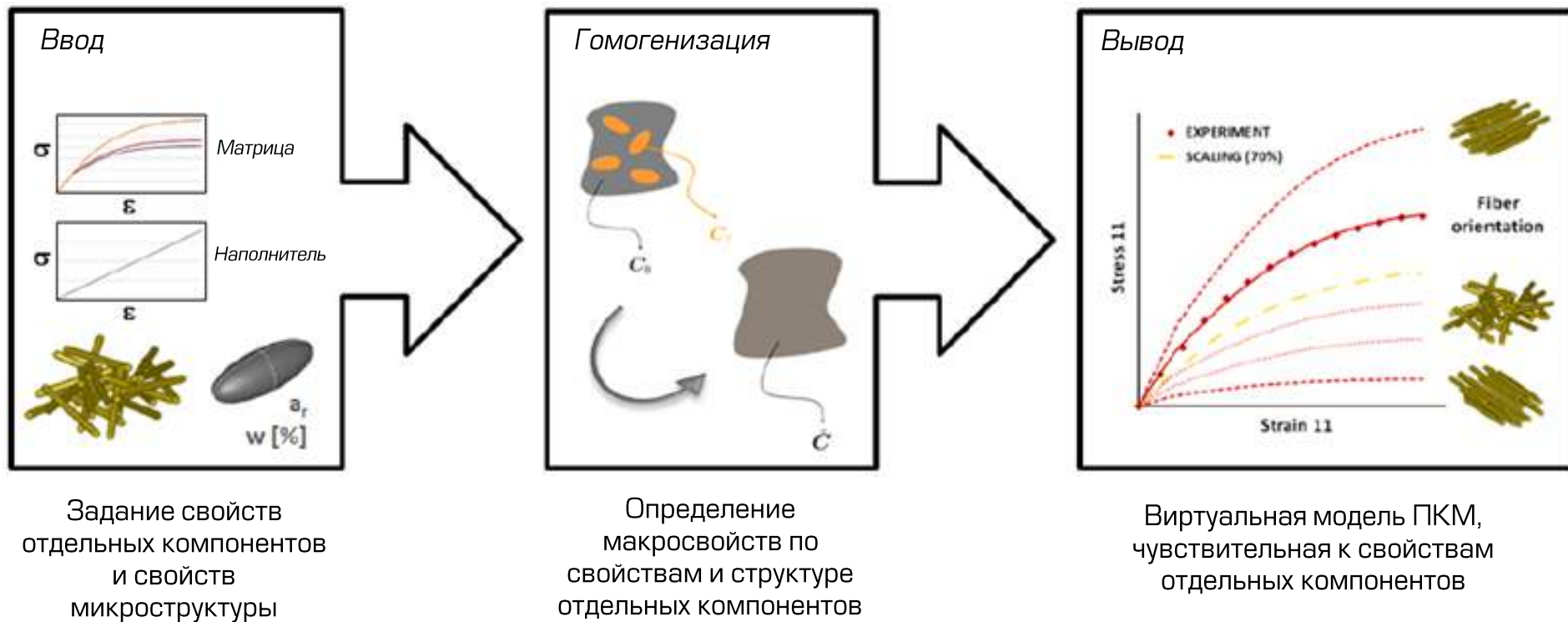


(3) 20% - множество путей проводимости, материал - проводник

(2) 15% - образуются пути проводимости (черный цвет), материал - проводник

(1) 10% - нет путей проводимости, материал - изолятор

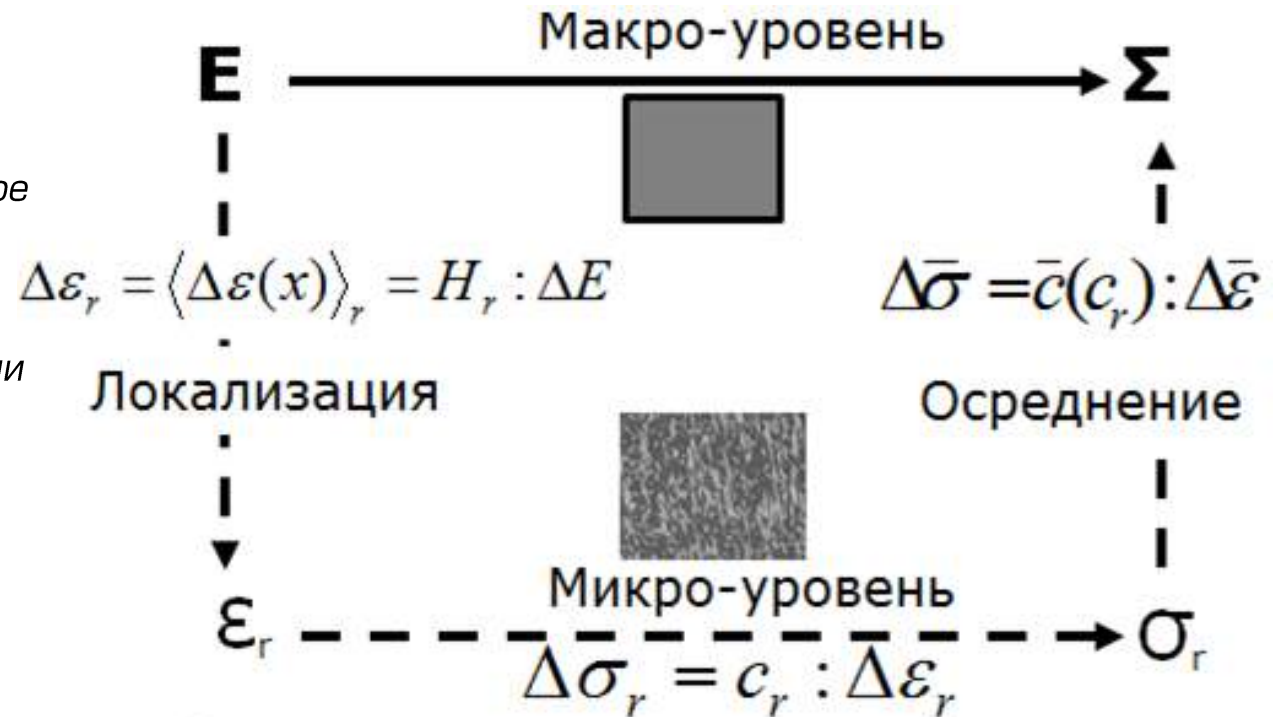
Digmat-MF



Digimat-MF

Особенности

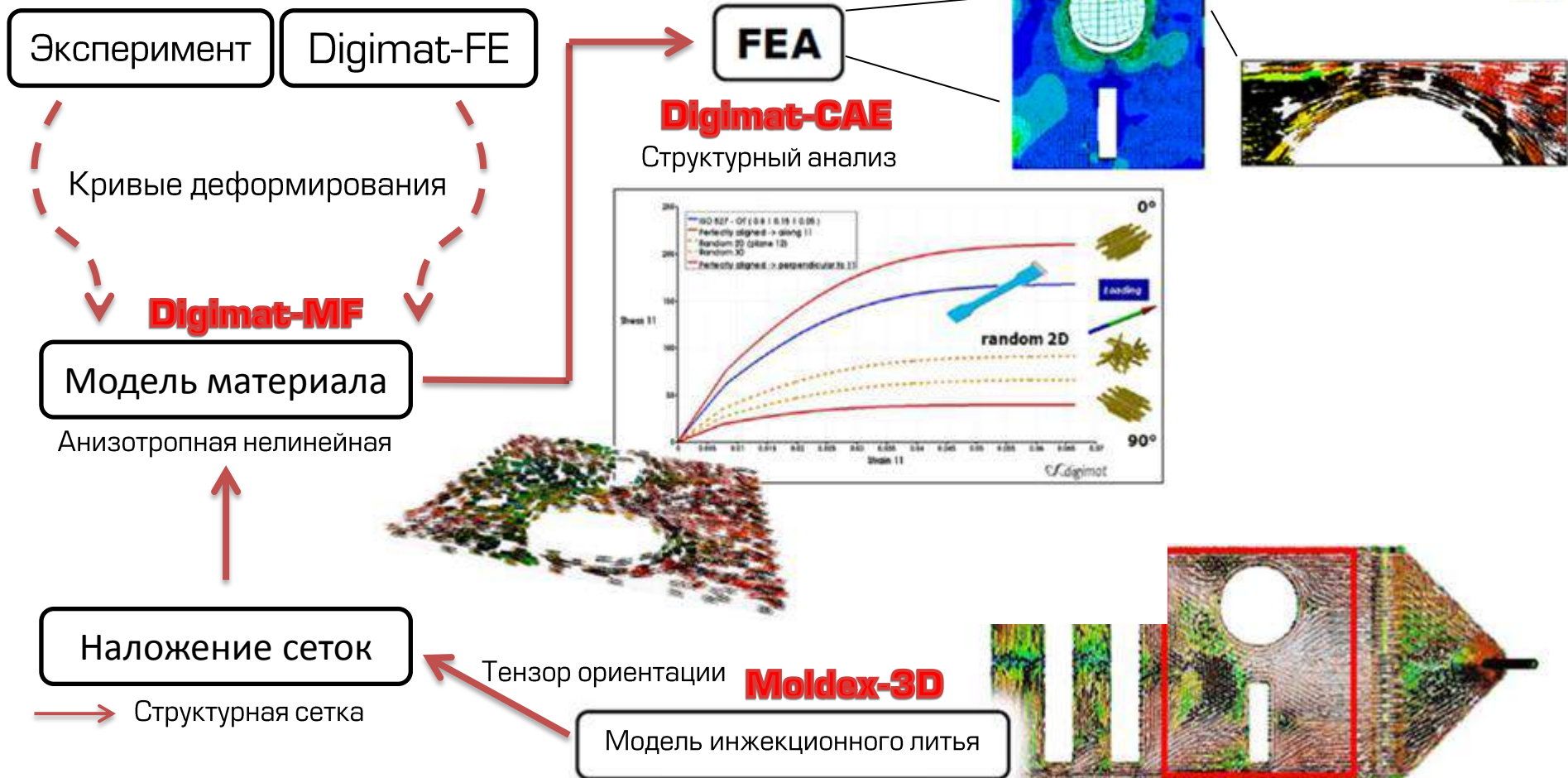
- Осреднение результатов
- Нелинейное анизотропное поведение
- Термомеханические модели
- Быстрое создание модели и расчет
- Прогрессирующее разрушение



Численные методы расчета ПКМ

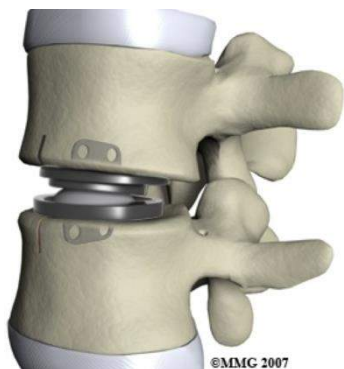
Digmat: инструменты и методы

Digmat-MF + Digimat-CAE + Moldex-3D

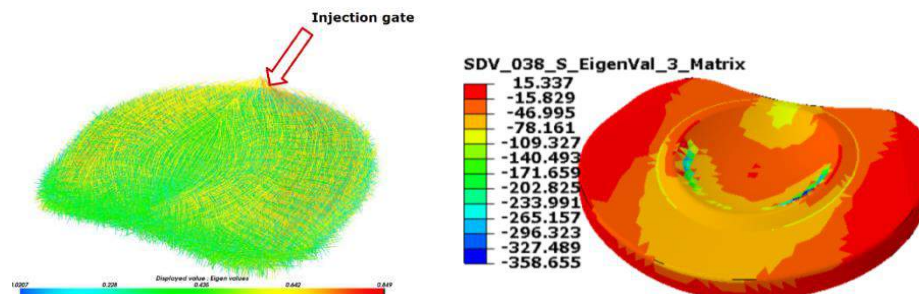
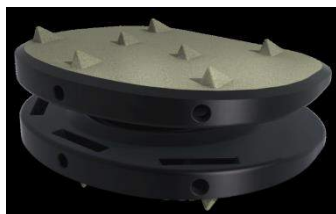
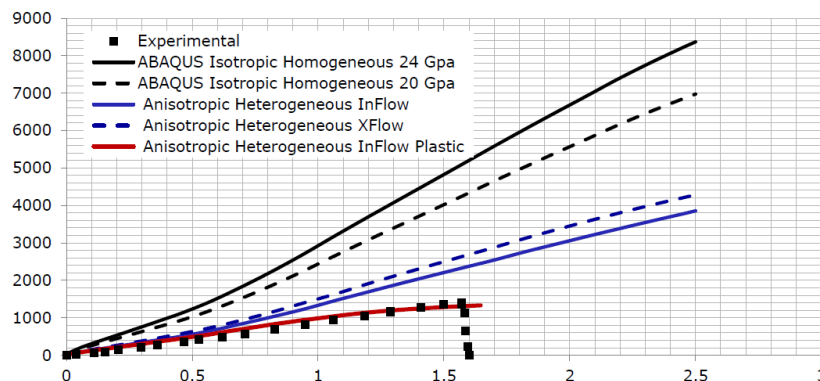


Digmat: инструменты и методы

Digmat-MF + Digimat-CAE + Moldex-3D



©MMG 2007



Используемые САПР:
Digimat-MF, Digimat-CAE,
Moldex-3D, Abaqus

Индустрия:
медицина

Объект:
межпозвонковый диск

“Коротковолокнистые, полимерные композиционные материалы становятся основным материалом для изготовления имплантов. Использование Digimat на стадии проектирования позволяет существенно повысить механическую эффективность имплантов, а также снизить время и общую стоимость проектирования.”

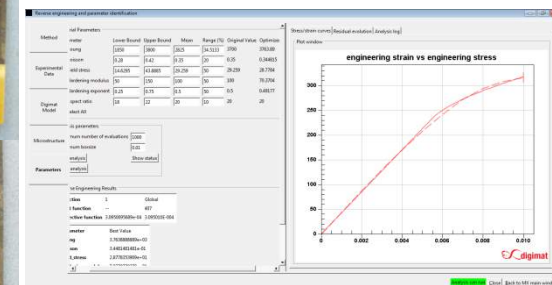
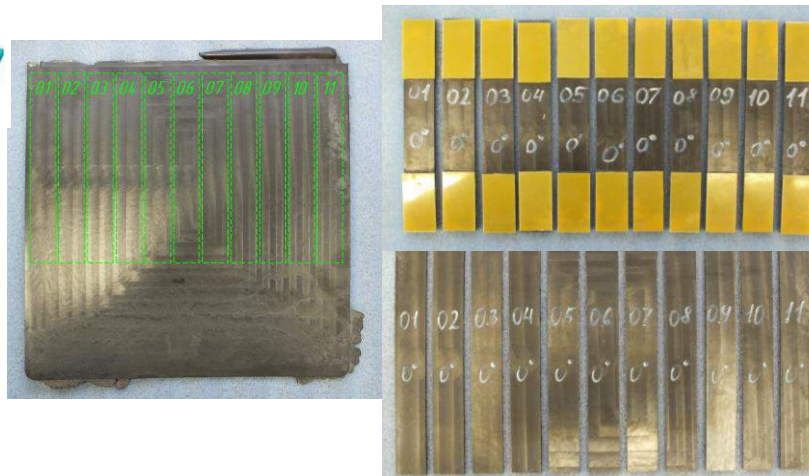
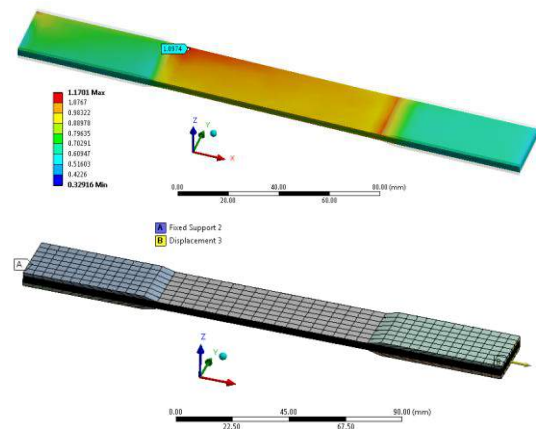
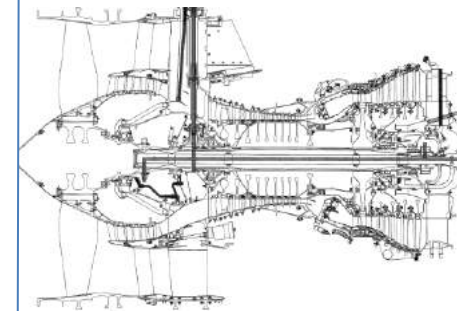
Thomas Mosnier,
Medicrea, France

Задачи и решения:

- Анализ несущей способности межпозвонкового диска;
- Сравнение результатов классического подхода изотропизации и подхода с использованием модели Digimat;
- Результат – классический подход дает завышенные значения напряжений

Опыт СП ЗАО «Би Питрон» при разработке технологий создания изделий из ПКМ

- «Крыловский государственный научный центр» (ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова)
 - ОКР по теме: «Проведение численных исследований процессов деформирования и разрушения гибридных ПКМ и выполненных из них элементов конструкций и узлов их соединений»
- НПО «Сатурн» г. Рыбинск
 - работы по теме: «Разработка технологий проектирования и изготовления деталей газотурбинных двигателей из полимерных композиционных материалов»
- Изготовление опытных образцов и верификация численных методов Digimat



Заключение

- Конструктивно-технологический принцип является основой при проектировании изделий из полимерных композиционных материалов;
- Благодаря своим многогранным возможностям по исследованию материалов платформа Digimat является эффективным инструментом для прогнозирования свойств гетерогенных структур.

Спасибо за внимание!



Иван Маняк

Ведущий инженер

СП ЗАО "Би Питрон"

тел.: +7 (812) 740-18-00,

моб.: +7 (981) 732-09-25

ism@beepitron.com

