

Программный комплекс Digimat для нелинейного многоуровневого моделирования композиционных материалов и композитных конструкций

А.П. Гонтюк, Технический эксперт
25 января 2018г.

Вызовы мирового рынка

Требования мирового рынка к современным конструкциям



Высокие требования к характеристикам конструкции:

- скорости;
- экономичности;
- безопасности;
- маневренности;
- прочности;
- эргономичности;
-



Экологически "чистое" изделие

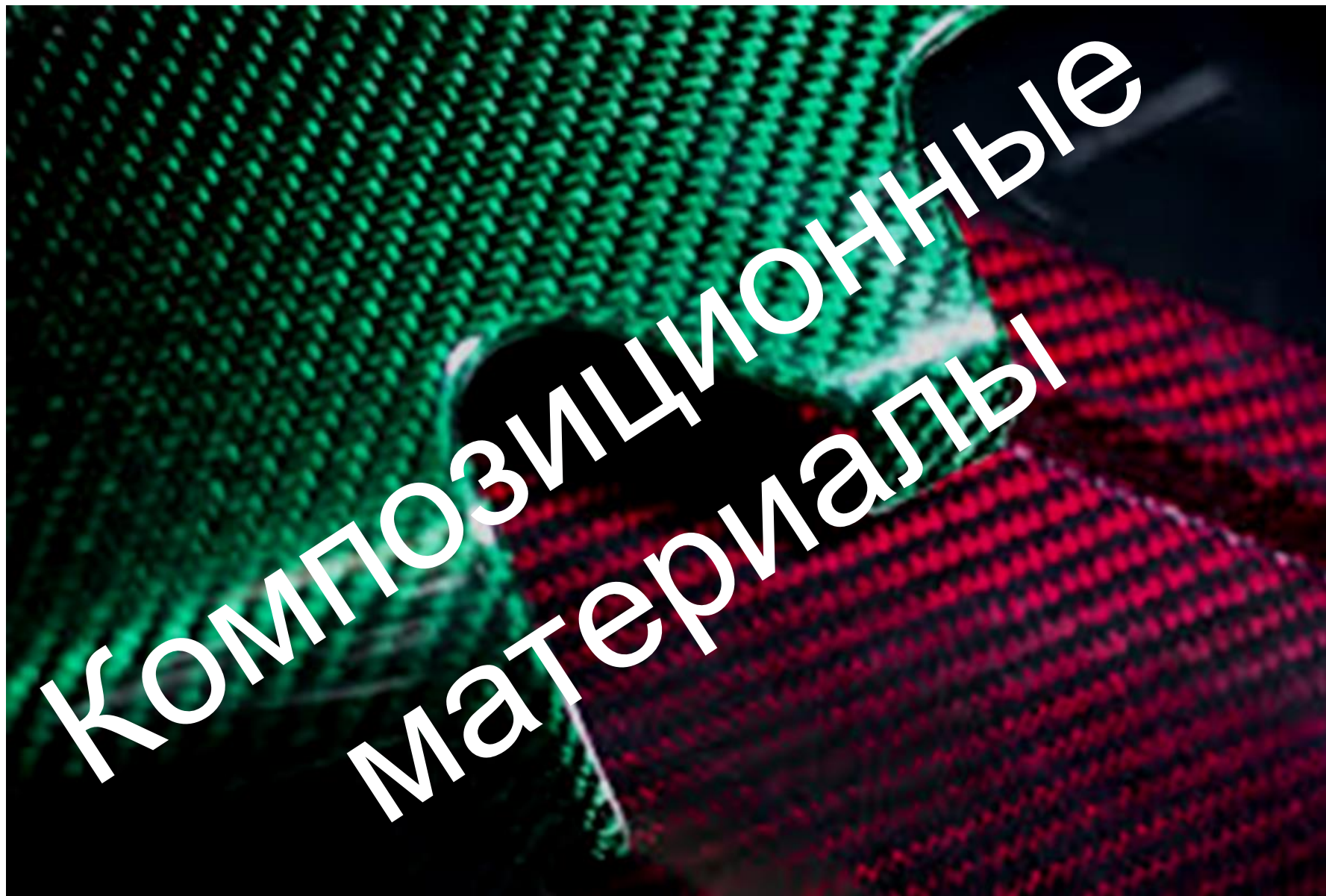
Экономически выгодная конструкция



Во всех отраслях промышленности ...



... широкое применение новых материалов



Сложности при разработке композиционных материалов и конструкций из них

- Свойства композиционного материала характеризуются:

- Гетерогенностью;

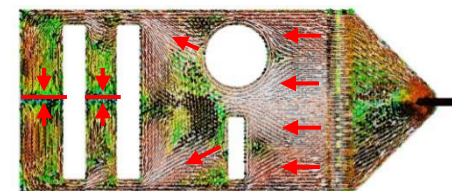
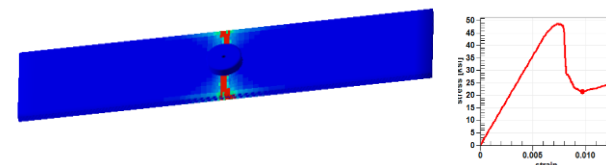
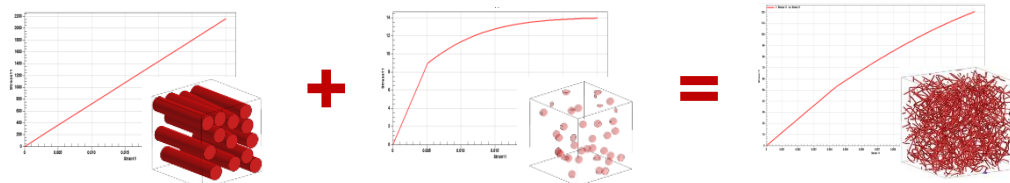
- Нелинейностью;

- Анизотропией;

- Зависимостью свойств от температуры, влажности, скорости деформирования и т.д.;

- Прогрессирующим характером разрушения;

- Сильной зависимостью свойств от микроструктуры и как следствие – от технологии изготовления;



- Необходимость выполнения требований при разработке КМ и конструкций из них:

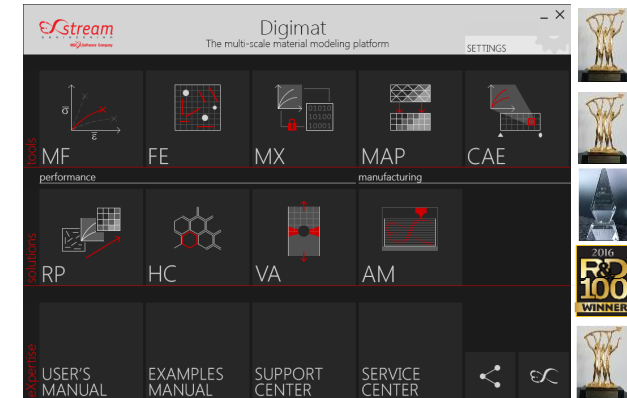
- Создание композиционного материала и композитной конструкции с заданными характеристиками;

- Разработка оптимальной технологии изготовления для выбранного материала;

Программный комплекс Digimat для
нелинейного многоуровневого
моделирования композиционных
материалов и конструкций из них

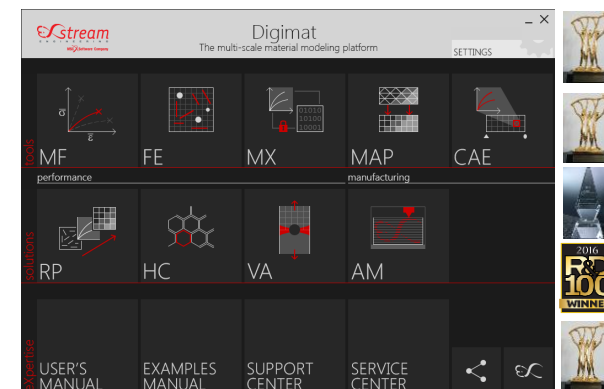
Программный комплекс Digimat для нелинейного многоуровневого моделирования

- Разработан компанией e-Xstream Engineering
- Использует подход на микроуровне для определения свойств композиционных материалов
- Уникальное решение для моделирования широкого спектра многофазных материалов
- Комплексный подход в разработке композитных конструкций: моделирование от технологии изготовления до характеристик конструкции
- Уникальная платформа для многоуровневого моделирования
- Объединяет технологии разных производителей программного обеспечения при разработке композитных конструкций
- Предназначен для разработчиков композиционных материалов, специалистов, занимающихся расчетами композитных конструкций, материаловедов, связанных с испытаниями КМ и технологов, связанных с изготовлением композитных деталей методом 3Д печати
- Полностью интегрирован в сложный цикл разработки изделия:
Поставщики композиционных материалов > Поставщики первого уровня > Производитель



Компания e-Xstream engineering

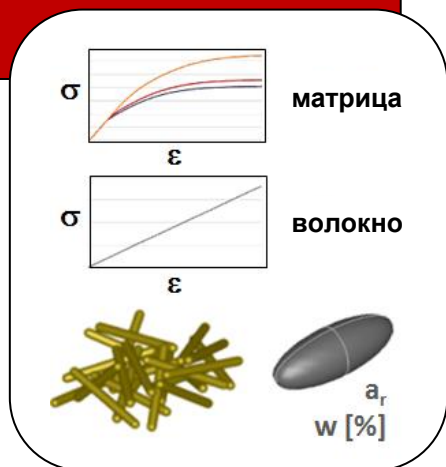
- Компания e-Xstream Engineering основана в 2003 г., в 2012 г. вошла в состав корпорации MSC Software
- Направление деятельности:
 - Разработка, поставка и поддержка программного комплекса **Digmat**
 - Консультативные услуги и сервисные работы с ведущими предприятиями по всему миру
 - 100% сфокусировано на моделировании композиционных материалов и композитных конструкций
- Программный комплекс Digmat для нелинейного многоуровневого моделирования:
 - Уникальное решение для моделирования широкого спектра многофазных материалов на микроуровне
 - Комплексный многоуровневый подход в разработке конструкций: моделирование от технологии изготовления до характеристик конструкции
 - Предназначен для разработчиков композиционных материалов, специалистов, занимающихся расчетами композитных конструкций, материаловедов, связанных с испытаниями КМ и технологов, связанных с изготовлением композитных деталей методом 3Д печати



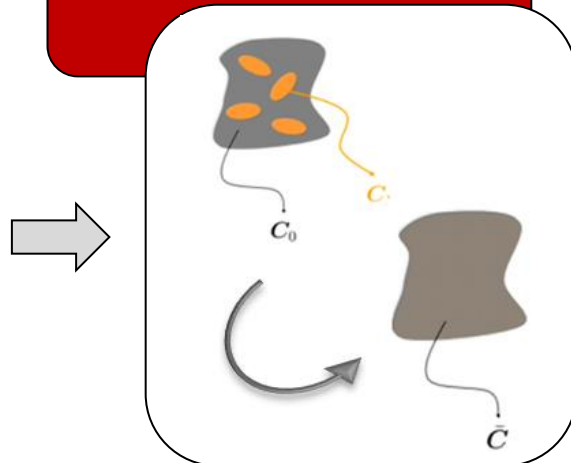
Микроуровневый подход для определения свойств композиционных материалов

- Digimat использует микроуровневый подход для определения свойств композиционных материалов

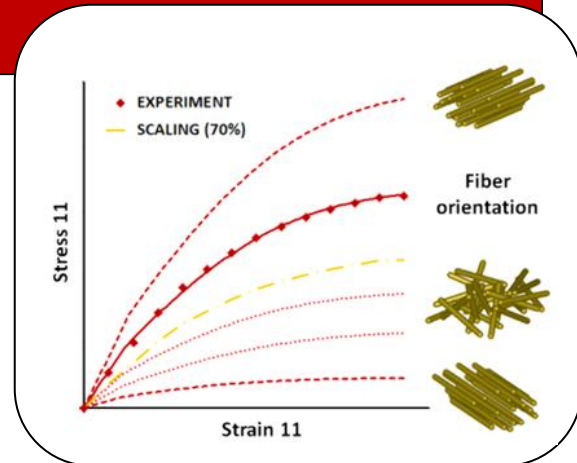
Входные данные



Модель материала на микроуровне

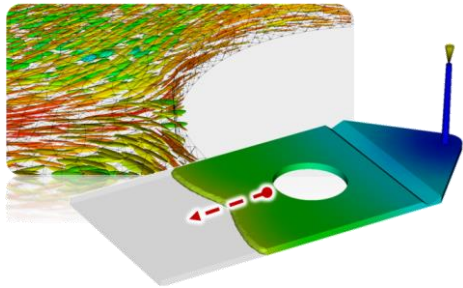


Характеристики композиционного материала

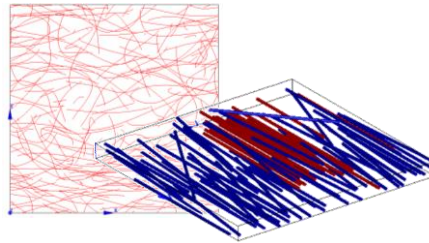


Уникальное решение для моделирования широкого спектра многофазных материалов

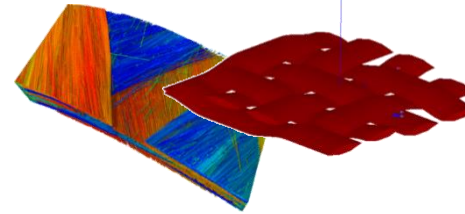
КМ, армированные короткими волокнами



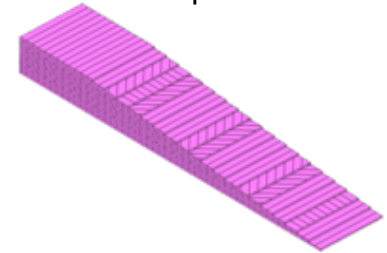
КМ, армированные длинными волокнами



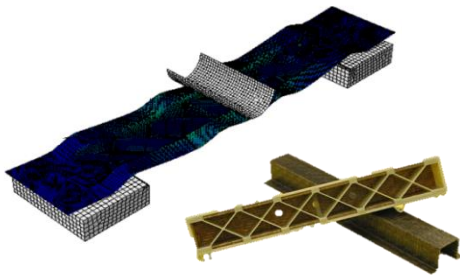
Тканые и плетенные композиционные материалы



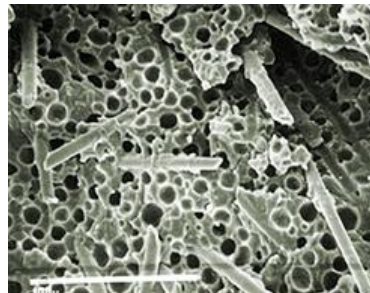
Однонаправленные волокнистые и многослойные композиционные материалы



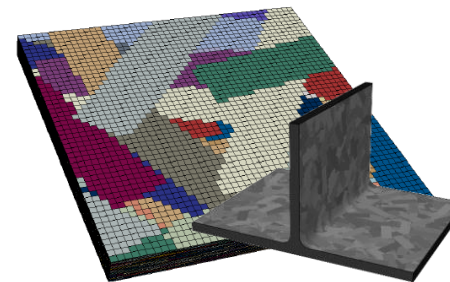
Гибридные (комбинированные) композиционные материалы



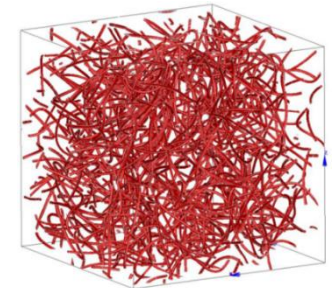
КМ, полученные инъекционным литьем с микромолекулярным вспениванием



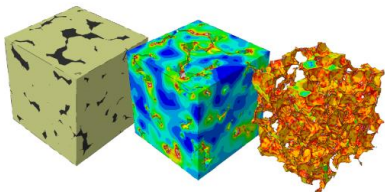
Композиционный материал, армированный дискретными волокнами



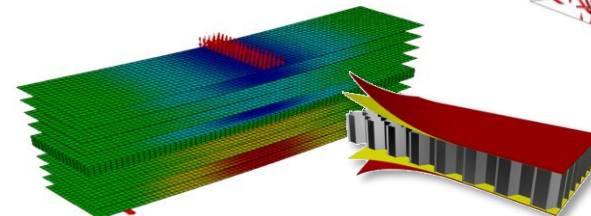
КМ, армированные углеродными нанотрубками



Металлокерамика

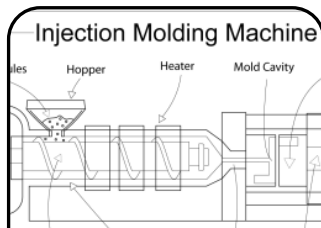


Сендвич панели



Типовые этапы разработки композитных конструкций

Технология → Композиционный материал → Конструкция



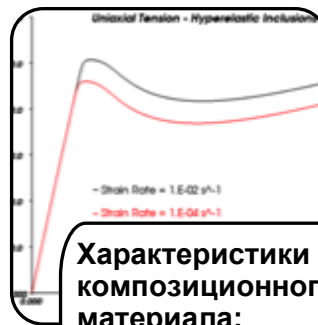
Технология изготовления конструкции:

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



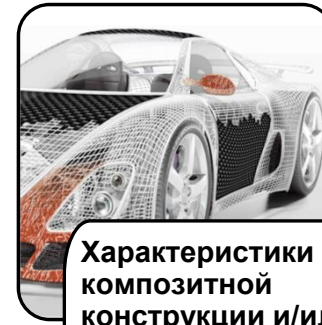
Микроструктура композиционного материала:

- форма и размер и включений;
- ориентация и концентрация включений;
- дефекты (пористость, линии спая 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;
- ...

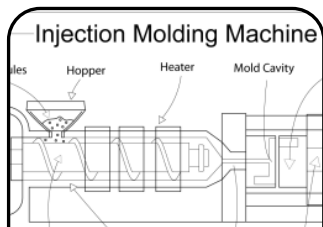
Технологический процесс изготовления

Микроструктура после изготовления

???

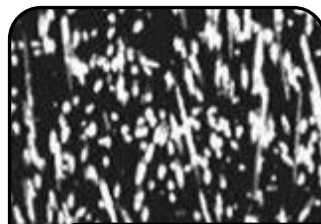
Расчет композитной конструкции

Комплексный подход с Digimat: моделирование от технологии изготовления до характеристик конструкции



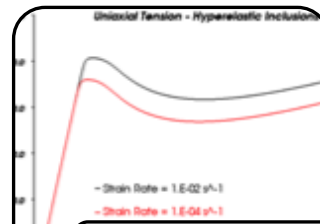
Технология изготовления конструкции:

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



Анализ микроструктуры композиционного материала после изготовления:

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



Расчет нелинейных характеристик композиционного материала с учетом реальной микроструктуры:

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



Характеристики композитной конструкции и/или изделия в сборе:

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


Технологический процесс изготовления

← Модель композиционного материала →

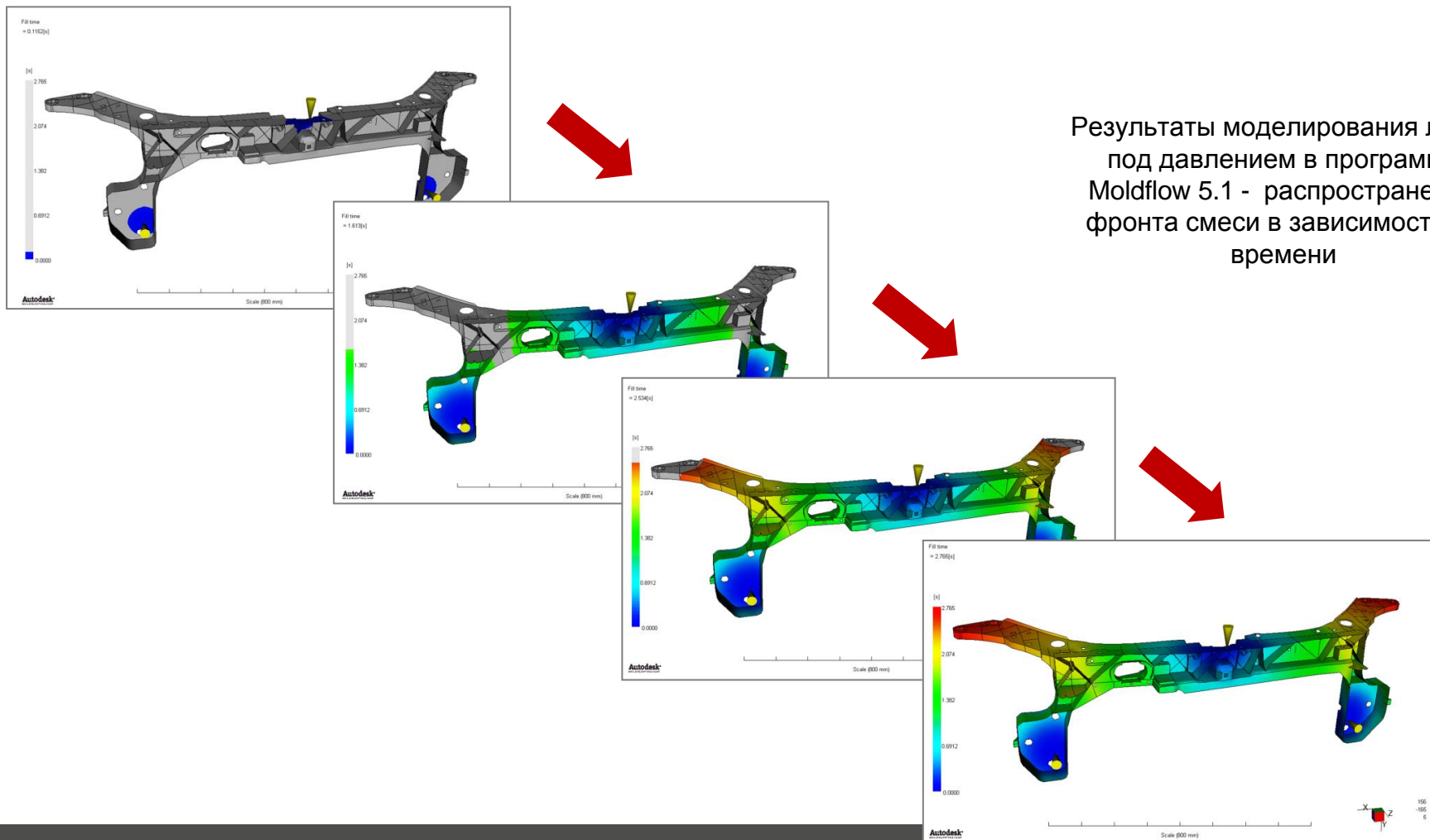
Расчет композитной конструкции

 **Digimat**

Пример комплексного подхода в проектировании композитных конструкций с Digimat

С разрешения:  RENAULT

- Моделирование технологического процесса литья под давлением было выполнено в программе – Moldflow 5.1



Результаты моделирования литья под давлением в программе Moldflow 5.1 - распространение фронта смеси в зависимости от времени

Пример комплексного подхода в проектировании композитных конструкций с Digimat

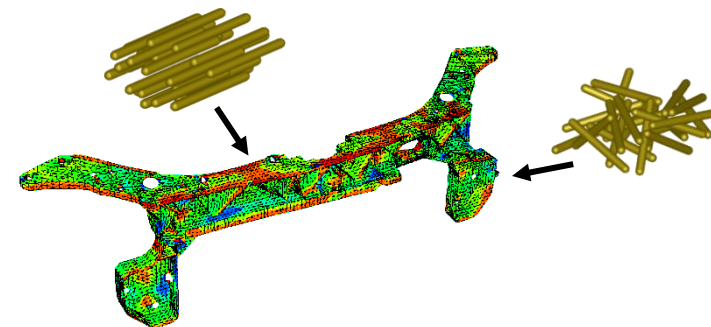
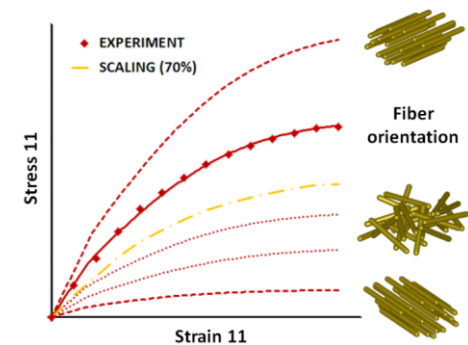
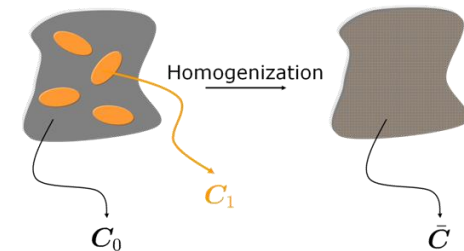
digimat-MF

- Основа технологии
- Гомогенизация методом самосогласованного поля
- Исходные данные:
 - Свойства волокна и матрицы
 - Информация о микроструктуре
- Результат
 - Модель композиционного материала, чувствительная к микроструктуре

digimat-CAE

- Интерфейс Digimat к КЭ решателю:
 - Доступ к информации о микроструктуре КМ
 - Связь модели материала Digimat-MF с конечно-элементным решателем

С разрешения:



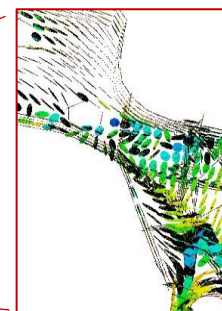
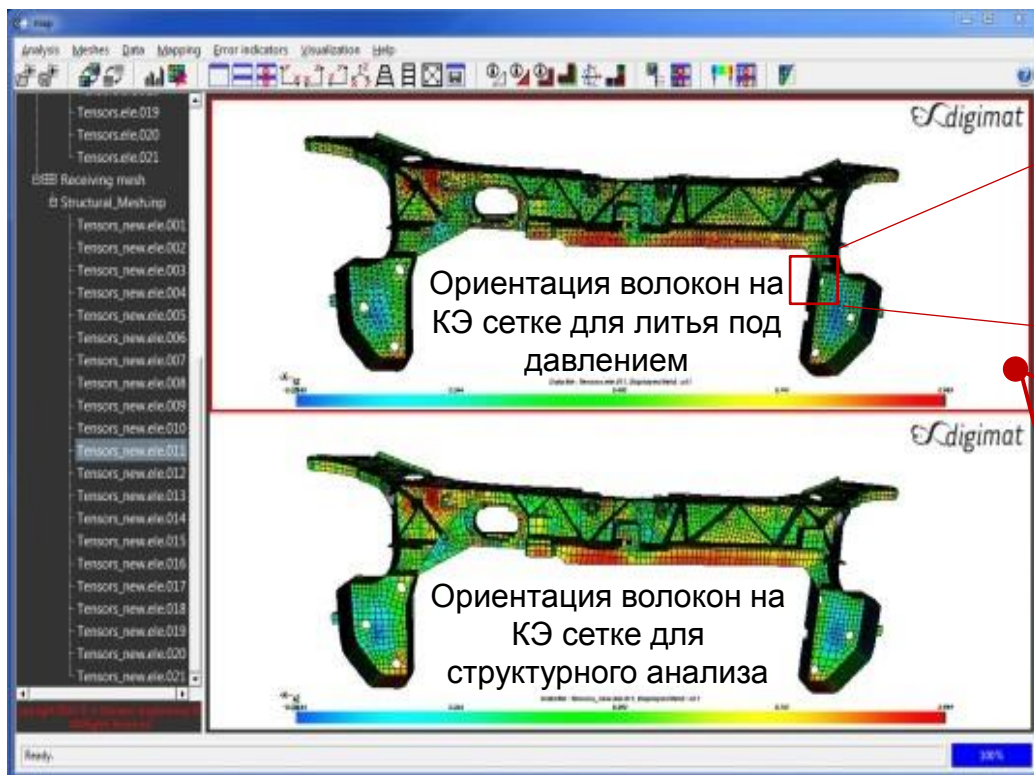
Пример комплексного подхода в проектировании композитных конструкций с Digimat



С разрешения:



- Инструмент для переноса данных о микроструктуре с технологической модели на модель для структурного анализа



Местная ориентация волокон



Пример комплексного подхода в проектировании композитных конструкций с Digimat

- Проведение связанного анализа КЭ решатель – Digimat для расчета собственных частот и жесткости конструкции

С разрешения:

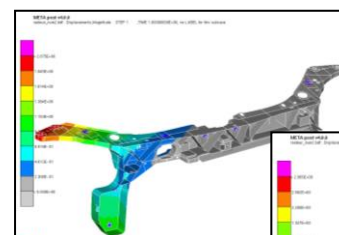
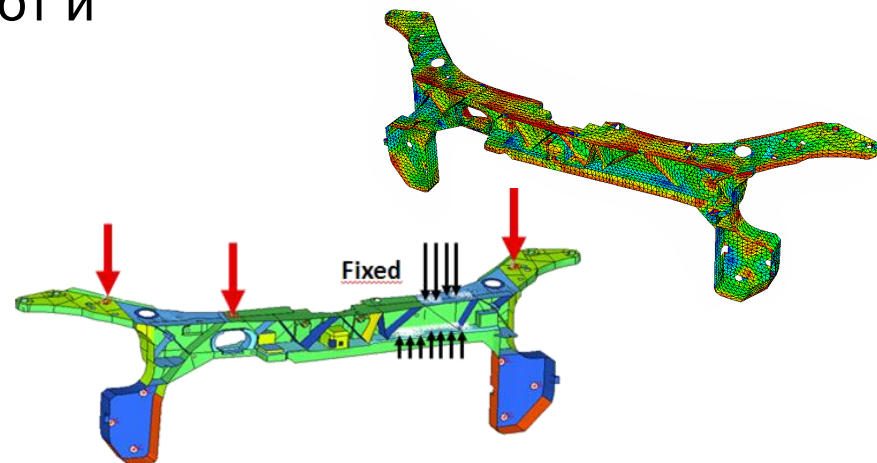


- КЭ модель для структурного анализа:

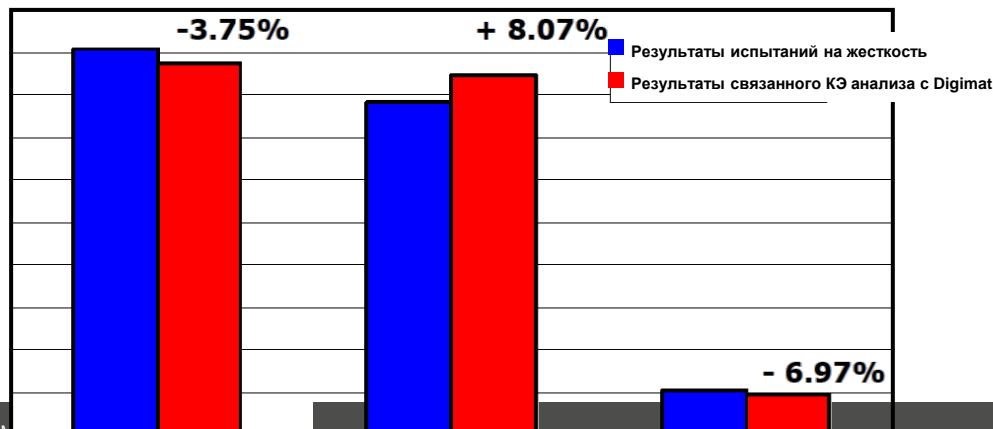
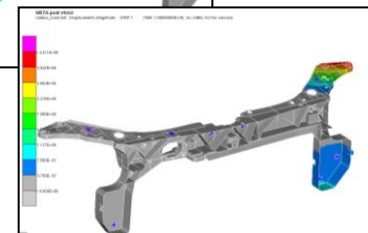
- 12 632 элемента
- 6 365 узлов
- 38 190 степеней свободы

- Расчет жесткости:

- Три варианта статической нагрузки
- Результаты связанного анализа с моделью материала Digimat хорошо согласуются с экспериментом



Поле перемещений для каждого расчетного случая



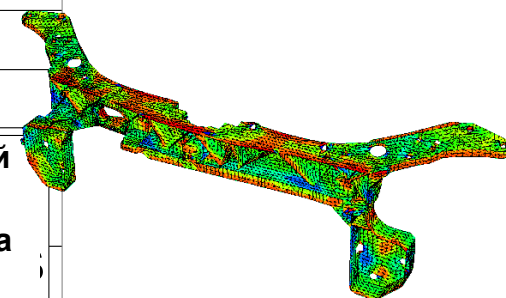
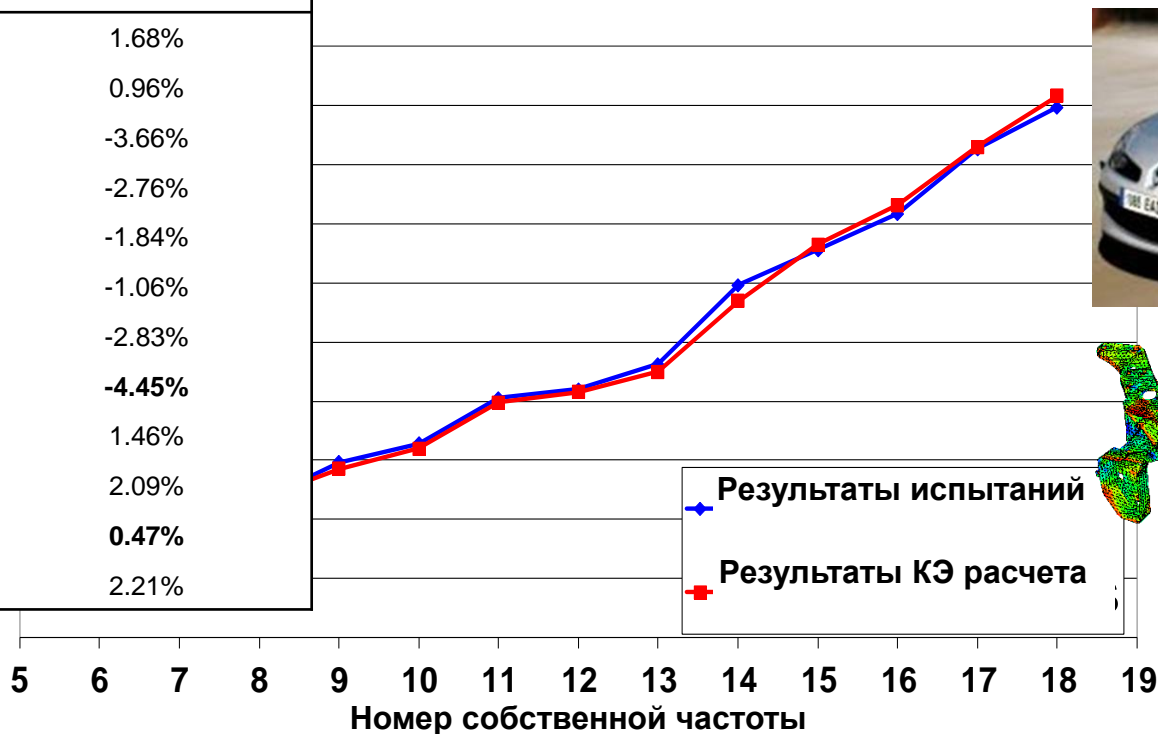
Пример комплексного подхода в проектировании композитных конструкций с Digimat

- Анализ на собственные частоты колебаний
- Масса силового элемента из КМ получилась меньше массы аналогичной конструкции из изотропного материала на 14% (398 грамма)

С разрешения:

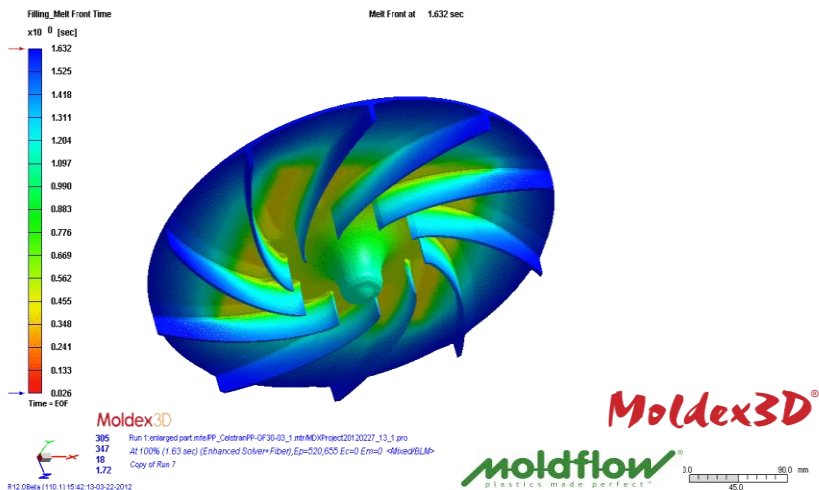


Номер собственной частоты	Расхождение результатов расчета с результатами испытаний
7	1.68%
8	0.96%
9	-3.66%
10	-2.76%
11	-1.84%
12	-1.06%
13	-2.83%
14	-4.45%
15	1.46%
16	2.09%
17	0.47%
18	2.21%

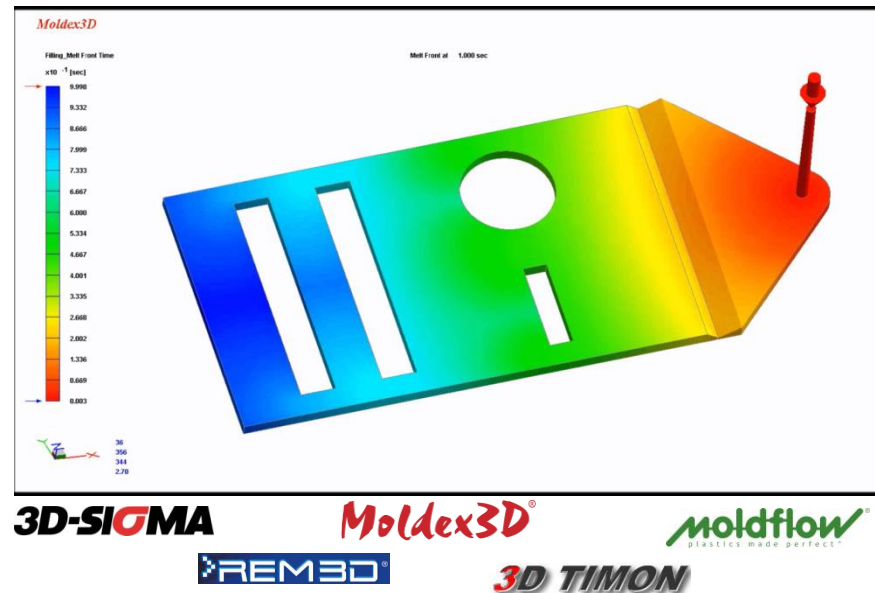


Digitat учитывает микроструктуру в конструкции при различных технологиях ее изготовления

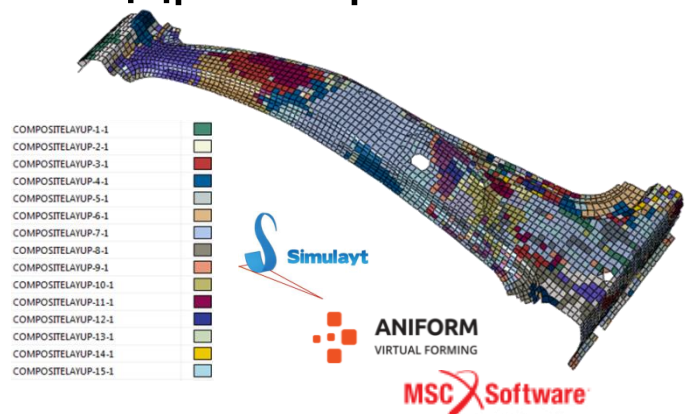
Формование



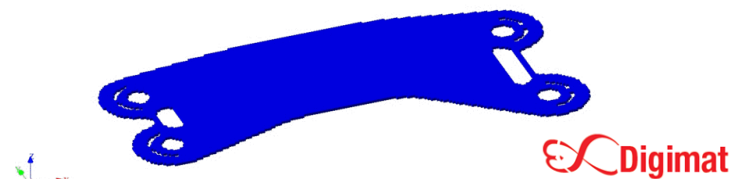
Литье под давлением



Драпировка



3D печать



Digmat объединяет технологии от разных производителей программного обеспечения

Моделирование технологических процессов изготовления

Разработка КМ, расчет нелинейных характеристик КМ и испытания композиционных материалов

Расчет конструкции:
 - статическая прочность;
 - динамическая прочность;
 - долговечность;
 - предельная нагрузка;
 - NVH;
 -

Литье под давлением и формование

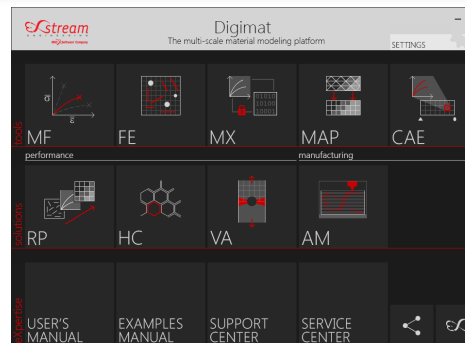
Moldex3D
 MOLDING INNOVATION
3D TIMON
Autodesk
 Moldflow®
REM3D
3D-SIGMA

Драпировка

Simulayt **ANIFORM**
 VIRTUAL FORMING

3D печать

Estream
 ENGINEERING



MSC Software

Abaqus
 Solution Partner **SIMULIA**

LSTC
 Livermore Software Technology Corp.

Altair

ANSYS

esi
 get it right™

SAMTECH

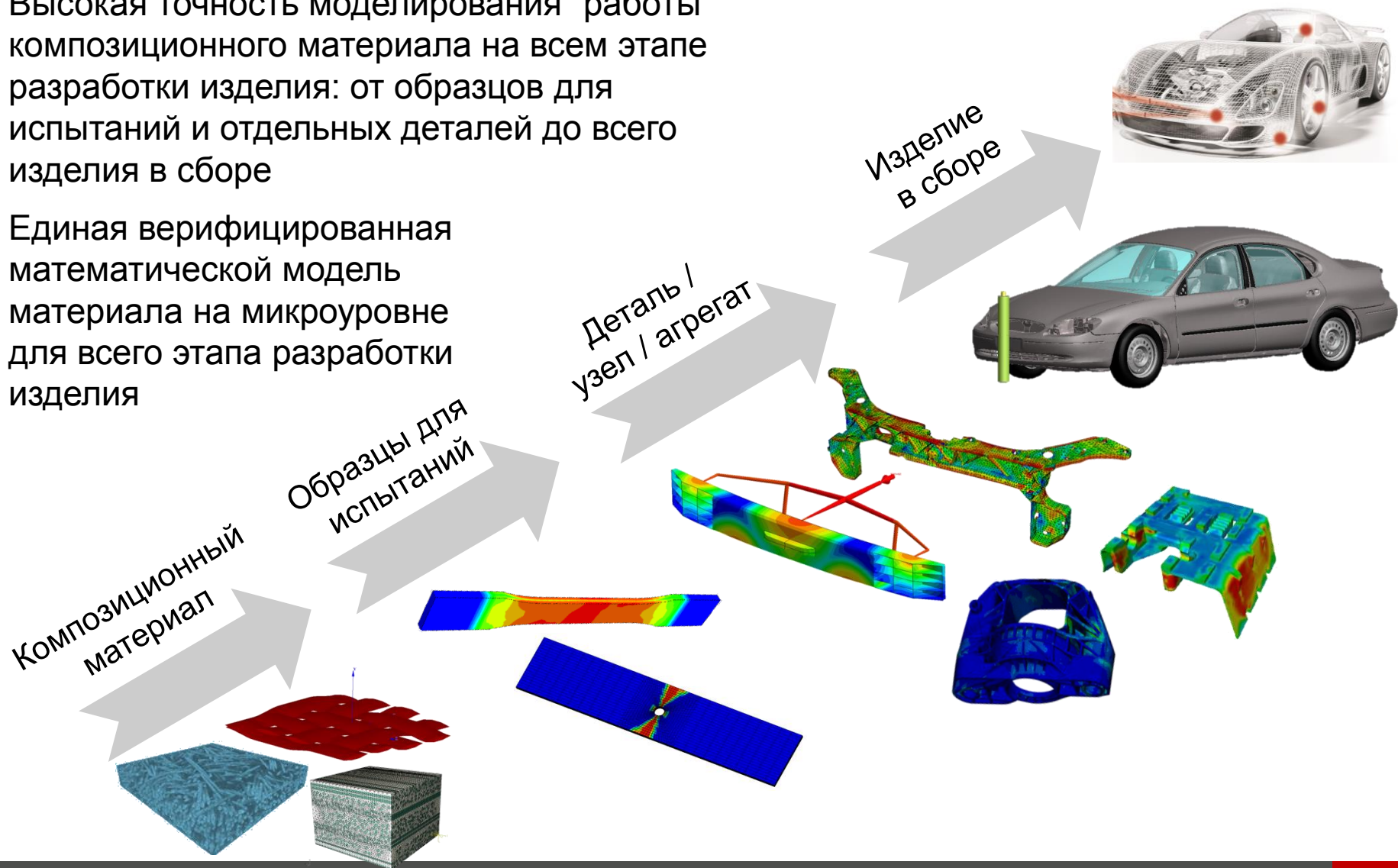
nCode n'

LMS
 A Siemens Business

- Закрывает “разрыв” между технологией изготовления КМ и расчетом конструкции;
- Сокращает время и стоимость разработки;
- Защищает инвестиции в CAE;

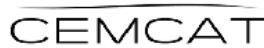
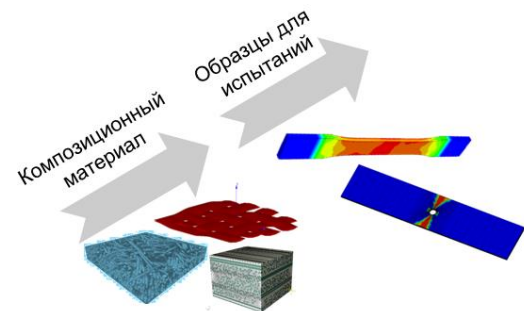
Комплексное многоуровневое моделирование на всем этапе разработки изделия

- Высокая точность моделирования “работы” композиционного материала на всем этапе разработки изделия: от образцов для испытаний и отдельных деталей до всего изделия в сборе
- Единая верифицированная математическая модель материала на микроуровне для всего этапа разработки изделия



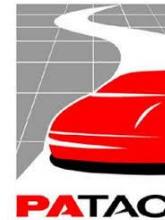
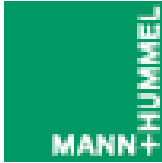
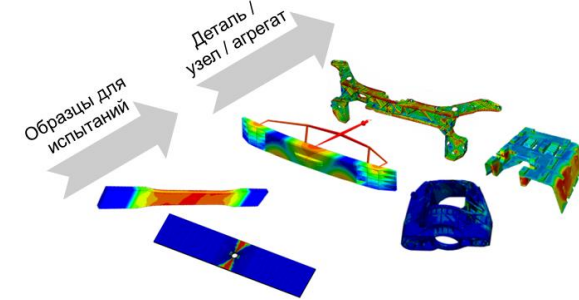
Принят ведущими разработчиками и поставщиками композиционных материалов

- Digimat полностью отвечает запросам и требованиям ведущих поставщиков композиционных материалов
- Доступная пользователям база данных материалов Digimat содержит информацию от ведущих разработчиков КМ для поиска, управления и обмена данными о КМ
- Постоянное улучшение и поддержка функционала



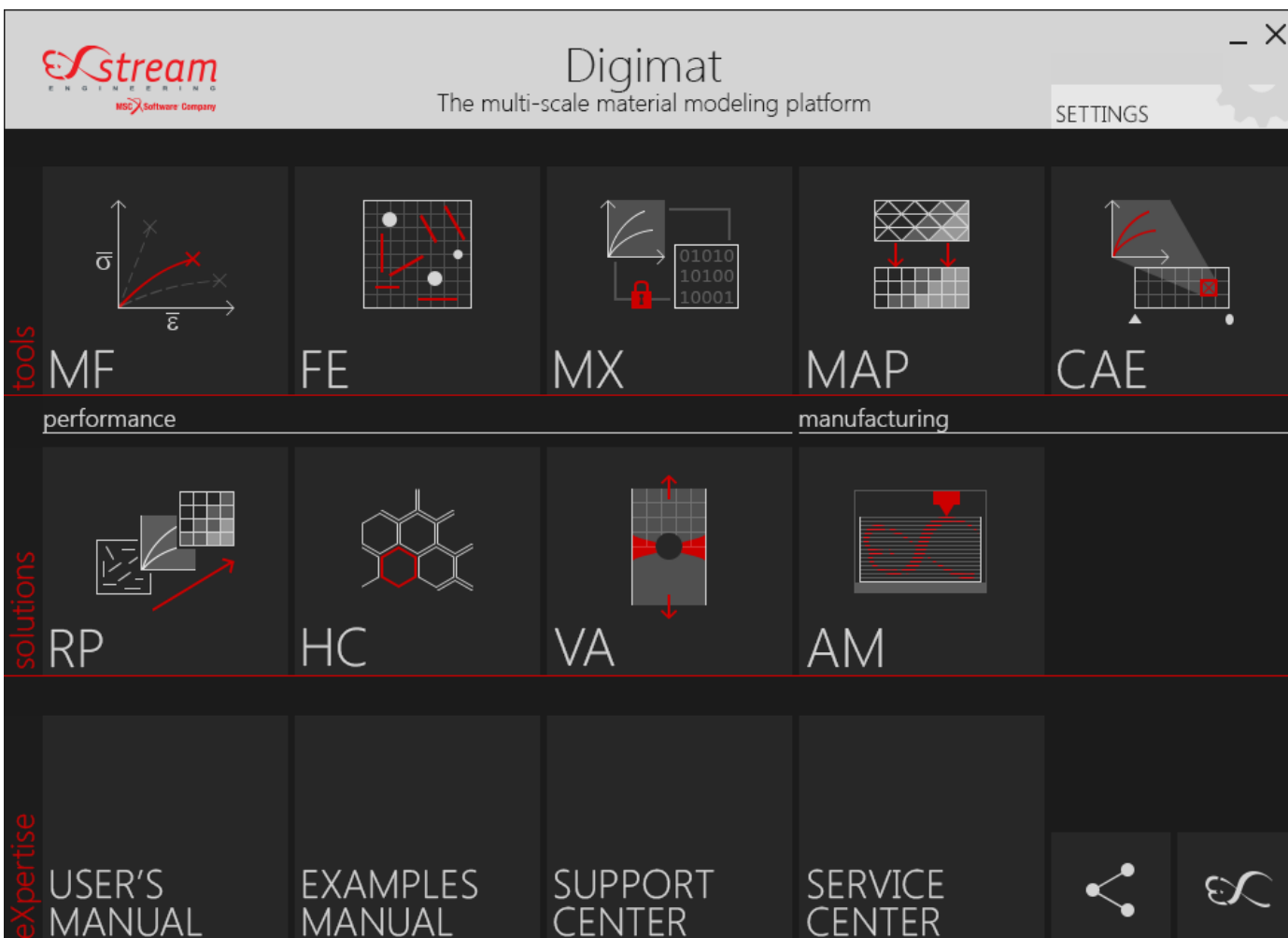
Используется ведущими поставщиками первого уровня для автомобильной промышленности

- Digimat полностью отвечает запросам и требованиям ведущих поставщиков первого уровня для автомобильной промышленности



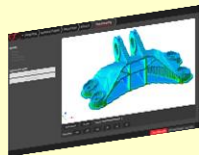
Программный комплекс Digimat

- Digimat = **D**igital **M**aterial
- Состоит из пяти инструментов и четырех интегрированных решений



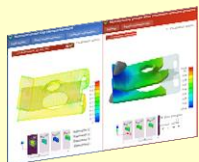
Комплексное решение для разработки композиционных материалов, расчета композитных конструкций, проведения виртуальных испытаний и моделирования изготовления

Моделирование изготовления



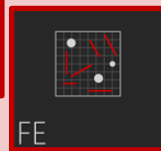
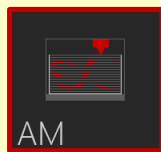
Digmat-AM

- виртуальное моделирование изготовления деталей из полимеров и композиционных материалов методом 3D печати;



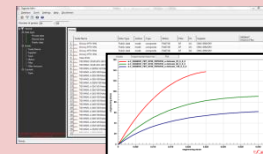
Digmat-RP/Moldex3D

- расширение возможностей Digimat-RP при проектировании деталей из армированных пластиков;
- моделирование процесса литья под давлением, оценка ориентации волокон;

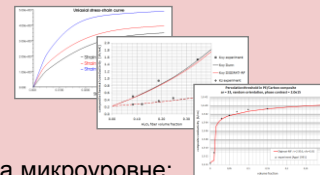
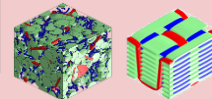


Digmat-MX

- база данных для хранения, поиска и обмена данными по материалам;
- калибровка моделей материалов по результатам натурных испытаний;

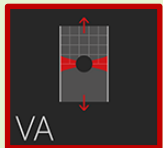


Свойства материала



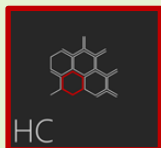
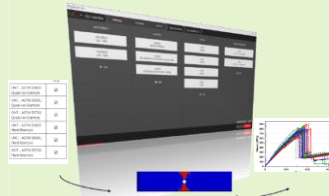
Digmat-VA

- предназначен для виртуального моделирования испытаний образцов из слоистых КМ и определения их расчетных характеристик;



Digmat-MAP

- передача данных об микроструктуре с технологической КЭ сетки на КЭ сетку для структурного анализа;



Digmat-HC

- инструмент для проведения виртуальных испытаний сэндвич-панелей на трехточечный изгиб, четырехточечный изгиб и сдвиг в плоскости;

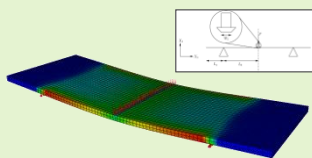


Digmat-CAE

- объединяет вместе КЭ модель для структурного анализа, модель материала на микроуровне и микроструктуру после изготовления;

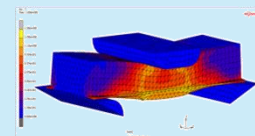
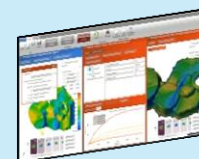


Виртуальные испытания



Digmat-RP

- интегрированное решение для проектирования и расчета конструкций из армированных пластиков;

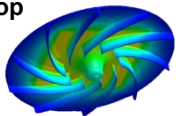


Характеристики конструкции

Расчет конструкций из
армированных рубленым волокном
пластиков с помощью
Digimat-RP/Moldex3D

Применение пластиков, армированных рубленым волокном в автомобилестроении

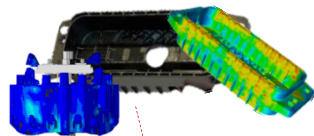
Термовязкоэластичный вентилятор



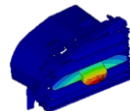
Опора двигателя



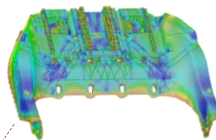
Кожух подушки безопасности



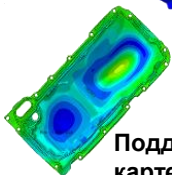
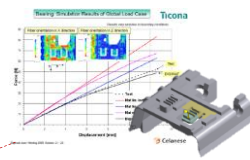
Воздуховод



Чашка сидения автомобиля



Опора крышки люка

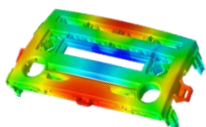


Поддон картера

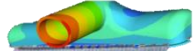


Масляный фильтр

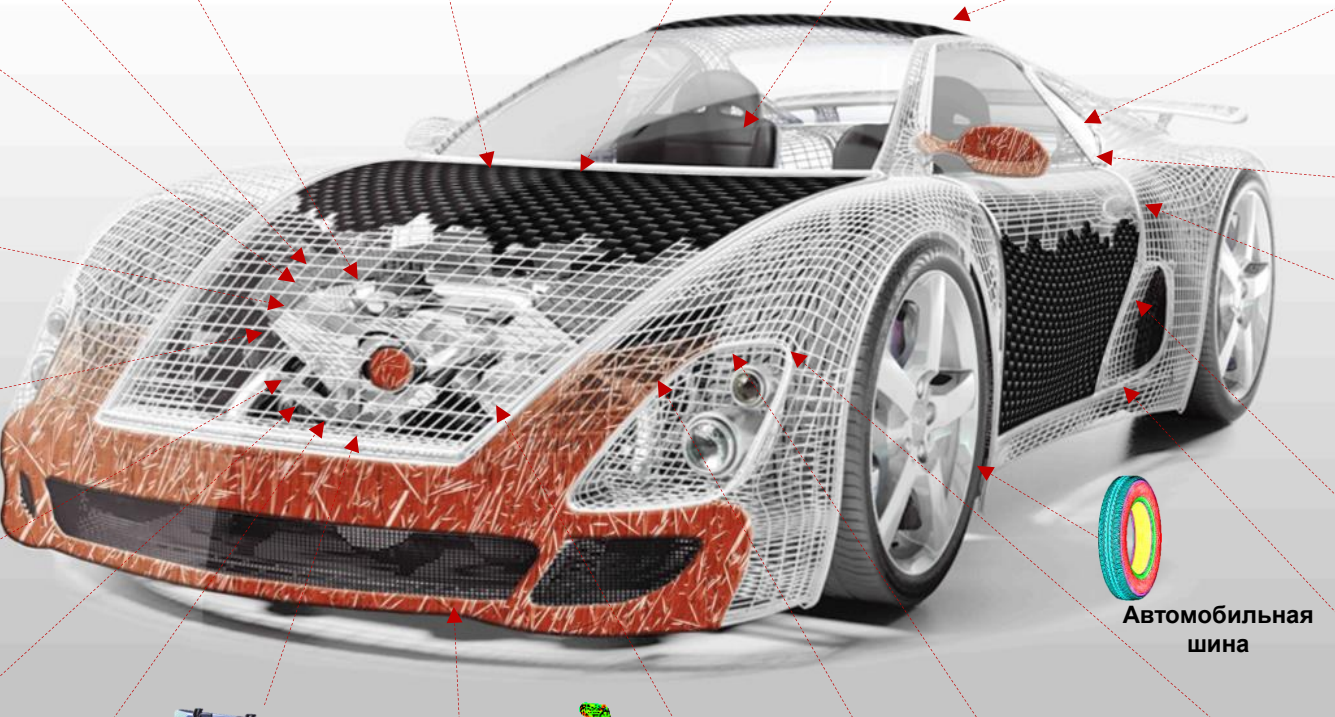
Крышка двигателя



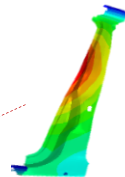
Радиатор охлаждения двигателя



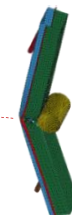
Система впуска двигателя



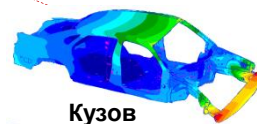
Стойка кузова



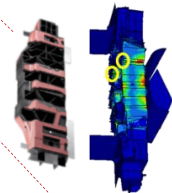
Защитная накладка от бокового удара



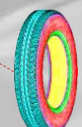
Кузов



Нижняя стойка кузова



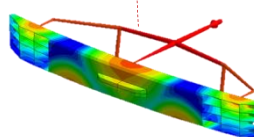
Автомобильная шина



Кронштейн крепления маслоохладителя

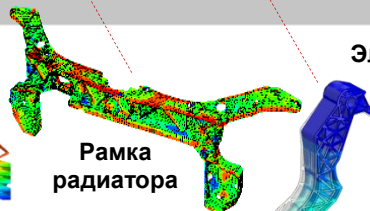


Система обдува

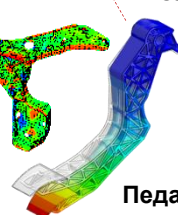


Деформируемый элемент защиты пешеходов

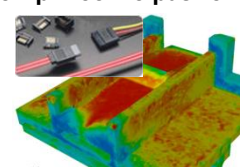
Рамка радиатора



Педаль



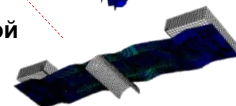
Электрические разъемы



Опора рулевой колонки



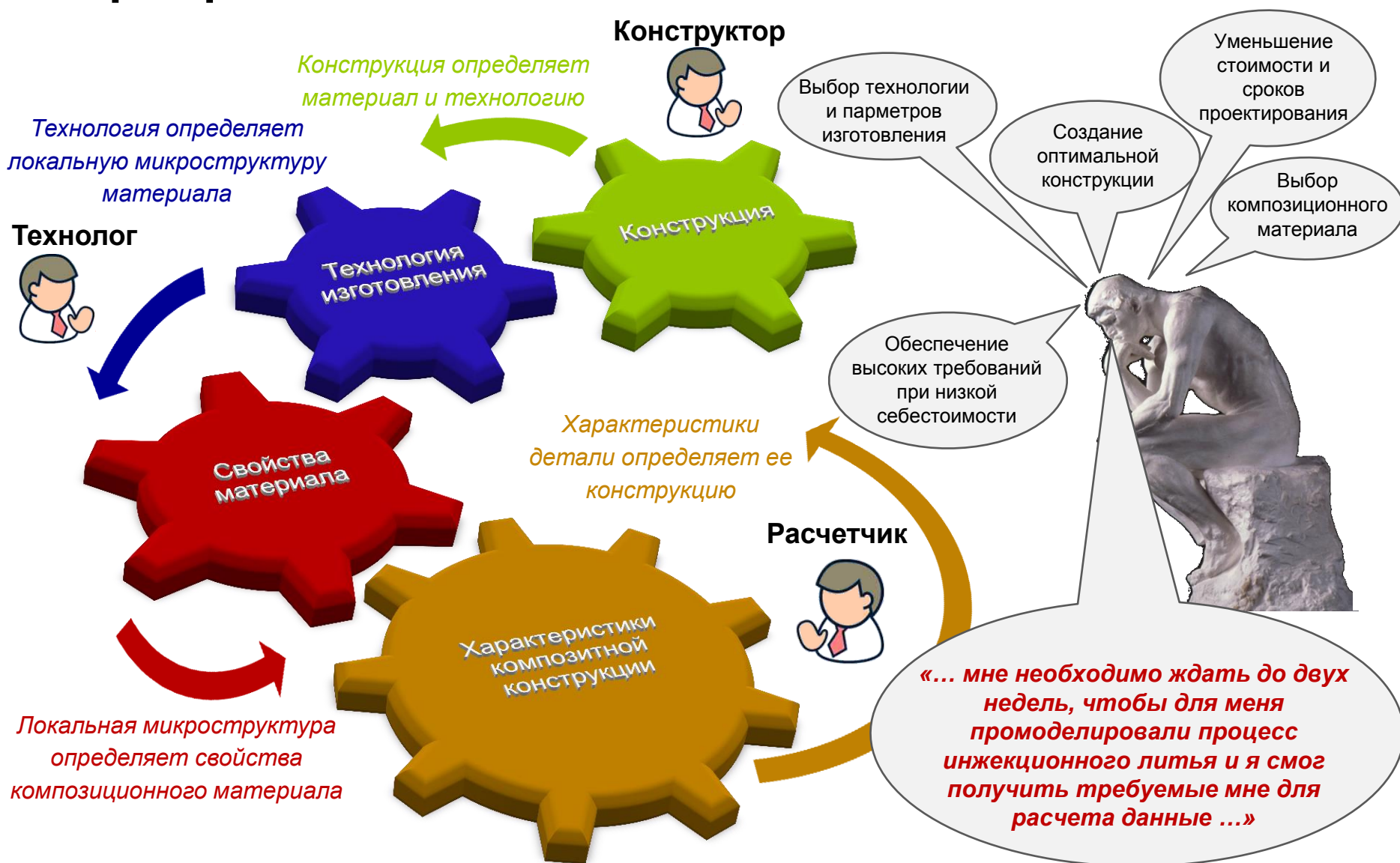
Элементы обвеса



Технология литья под давлением армированных рубленым волокном пластиков

- Технология литья под давлением наиболее распространенный способ изготовления деталей из армированных пластиков
- Преимущества деталей, изготовленных технологией литья под давлением:
 - высокая удельная прочность и удельная жесткость;
 - возможность получения оптимальных характеристик деталей за счет варьирования материала матрицы, а также варьирования характеристик армирующих волокон и их объемного содержания в КМ;
 - возможность получения деталей практически любой сложности;
 - высокая точность готовых деталей;
 - минимальная потребность в механической обработке детали после изготовления;
 - высокая производительность технологического процесса изготовления при постоянстве формы готового изделия;
 - невысокая стоимость при условии серийного изготовления;

Проблемы на ранней стадии разработки изделий из армированных пластиков



Модуль Digimat-RP/Moldex3D

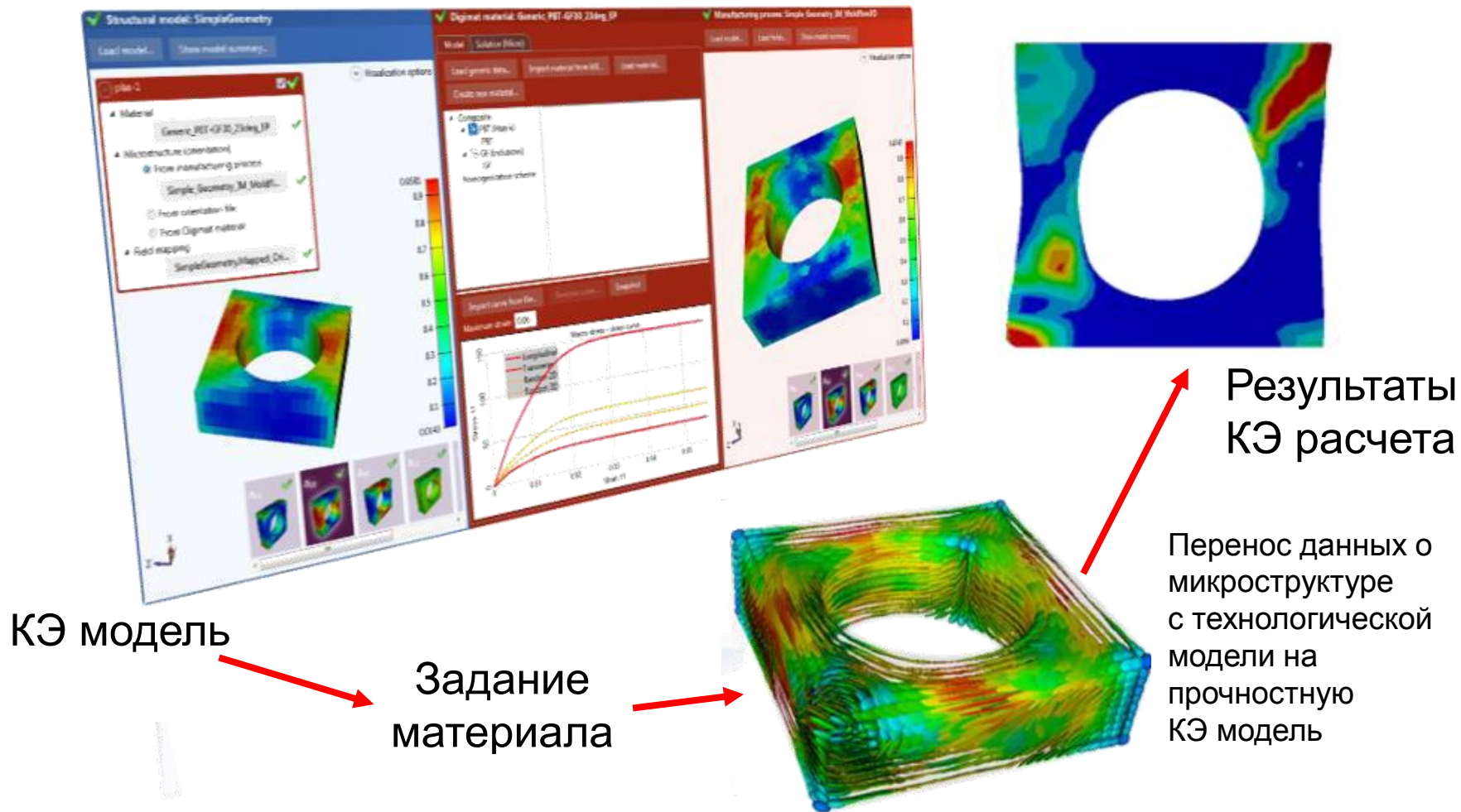
The screenshot displays the DIGIMAT software interface, titled "DIGIMAT The multi-scale material modeling platform". The interface is organized into three main sections: "tools", "solutions", and "eXpertise".

- tools:** This section contains five modules: MF (Material Function), FE (Finite Element), MX (Material eXtension), MAP (Material Architecture Platform), and CAE (Computer Aided Engineering).
- solutions:** This section contains three modules: RP (Replicative Process), HC (Hierarchical Construction), and VA (Virtual Assembly). The RP module is highlighted with a red border.
- eXpertise:** This section contains four resources: USERS' MANUAL, EXAMPLES MANUAL, SUPPORT CENTER, and SERVICE CENTER. Additionally, there are icons for social media and the Stream Engineering logo.

The Stream Engineering logo is located in the top left corner, and the DIGIMAT logo is in the top center. The text "The multi-scale material modeling platform" is positioned below the DIGIMAT logo. A "SETTINGS" button is visible in the top right corner.

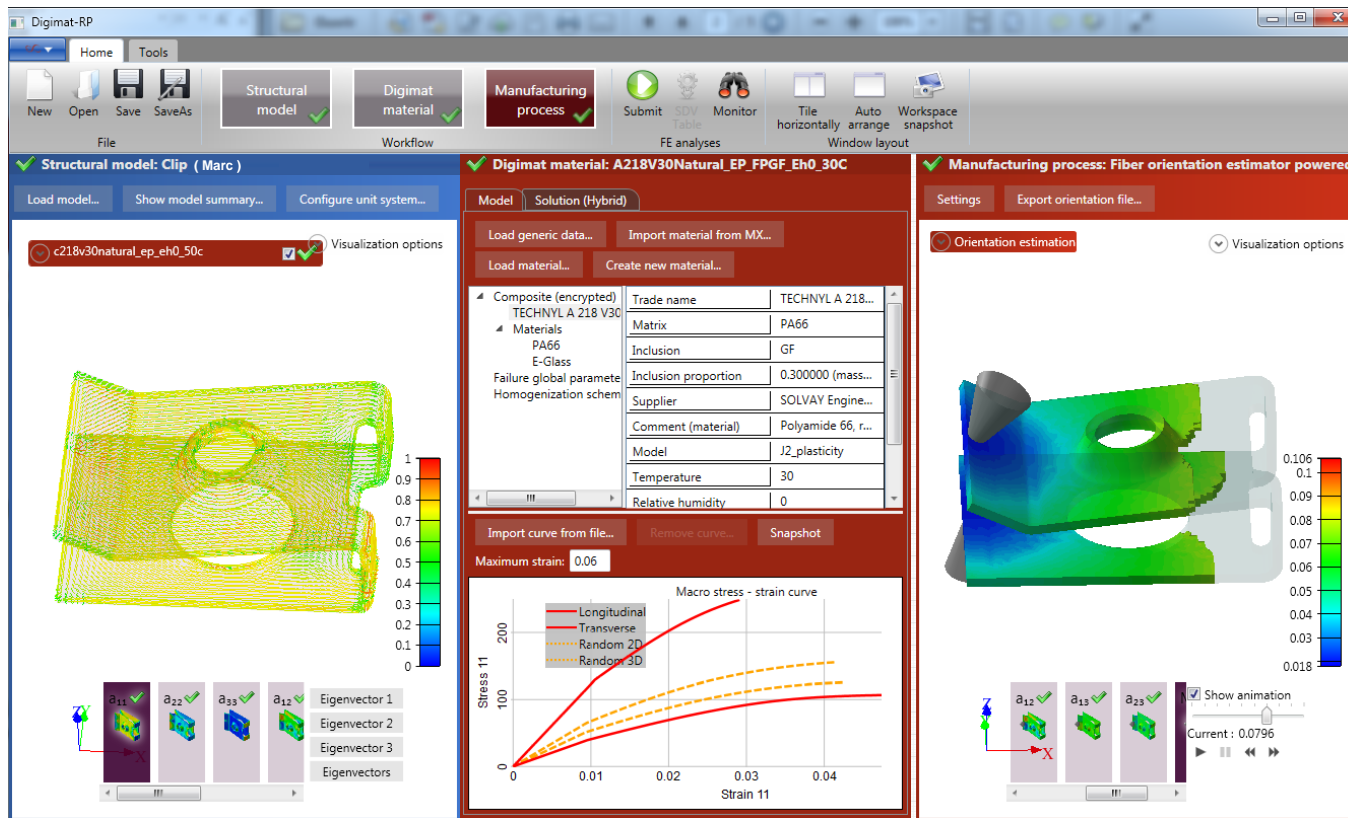
Интегрированное решение Digimat-RP/Moldex3D

- Единая графическая оболочка для расчета проектирования и расчета конструкций из армированных пластиков

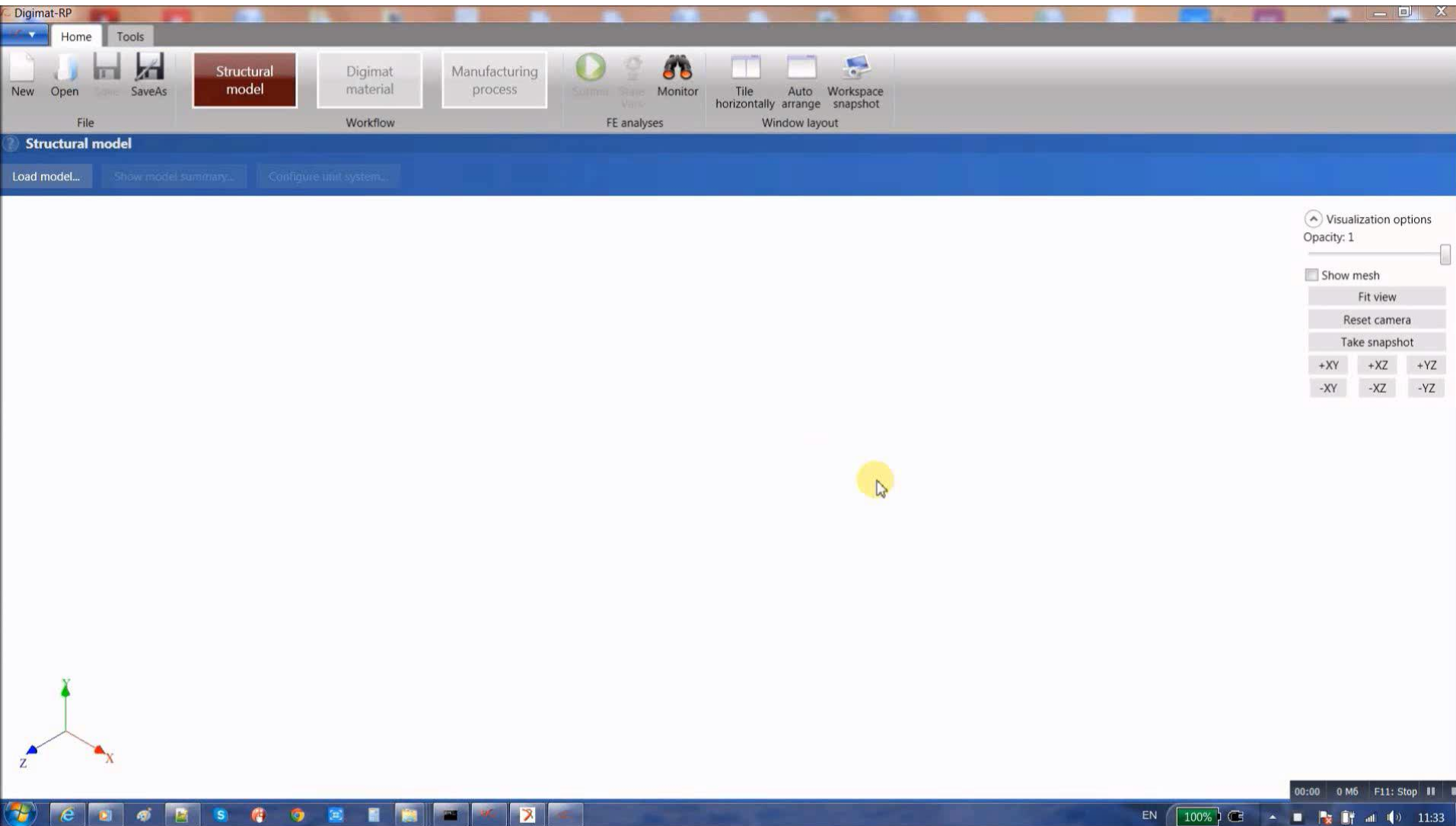


Основные возможности Digimat-RP/Moldex3D

- 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



Последовательность работы в Digimat-RP/Moldex3D на примере расчета крышки двигателя





Спасибо за внимание!



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

www.mscsoftware.com

www.mscsoftware.ru



MSC Software Company