



Ассоциация «Лига содействия оборонным предприятиям»
Комитет по информационно-коммуникационным технологиям
*«Использование критичных отечественных информационных технологий
на предприятиях промышленности. Новые вызовы и возможности»*

Вклад МГТУ им.Н.Э.Баумана в разработку отечественного инженерного и образовательного ПО

Ю.И. ДИМИТРИЕНКО

Директор научно-образовательного центра
«Суперкомпьютерное инженерное моделирование
и разработка программных комплексов»

Заведующий кафедрой

«Вычислительная математика и математическая физика»

профессор, д.ф.-м.н.

А.В. ВОРОНЕЦКИЙ

Заведующий отделом

суперкомпьютерного моделирования,

профессор, д.т.н.



14 апреля 2022 г.



1. Отечественный ПК «Манипула» для моделирования композитов и композитных конструкций

МГТУ им.Н.Э. Баумана



Основные классы задач, решаемые в ПК «Манипула»

1. Расчет термо-напряженно-деформированного состояния композитных конструкций

2. Расчет повреждаемости, разрушения и прочности композитных конструкций

3. Расчет накопления повреждений и усталости композитных конструкций

4. Расчет устойчивости композитных конструкций

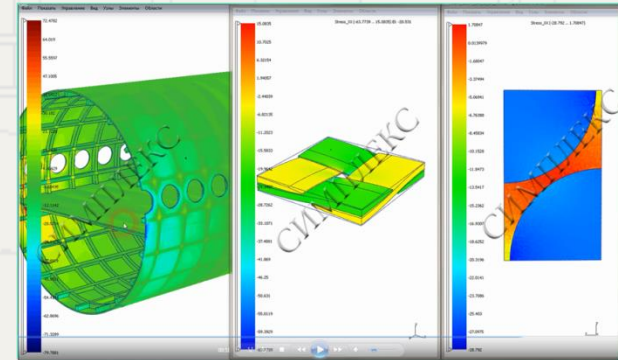
5. Расчет собственных колебаний композитных конструкций

6. Расчет температурных полей в композитных конструкциях

7. Расчет внутреннего тепломассопереноса в композитных конструкциях

8. Расчет термо-механических характеристик композиционных материалов на основе характеристик составляющих их компонентов и фаз, и геометрии микроструктуры

9. Многомасштабное моделирование свойств композитов в составе конструкций



макроанализ

микро
анализ

Руководитель проекта – проф., д.ф.м.н Ю.И. Димитриенко



1. Отечественный ПК «Манипула» для моделирования композитов и композитных конструкций

МГТУ им.Н.Э. Баумана



Основные функциональные возможности

Генераторы сеток

Подсистема SMCWorkbench:
Управление задачами

Подсистема SMCMTasks:
Препроцессинг
Моделирование
Постпроцессинг

Open MP, MPI, CUDA

Подсистема SMCGeo:
3D геометрическое моделирование

Подсистема:
База данных композиционных материалов

- Классификация
 - Композиционные материалы (KM)
 - Дисперсно-армированные KM
 - Сферические частицы 1го типа
 - Сферические частицы нескольких типов
 - Матрицы
 - Керамические
 - металлические
 - неорганические
 - полимерные
 - углеродные
 - Нанополнители
 - волокна
 - частицы
 - Однонаправленные
 - на керамической МЦ
 - на металлической МЦ
 - на полимерной матрице
 - на углеродной матрице
 - Пространственно-армированные
 - 3D KM
 - 4D KM
 - 7D KM
 - Тканевые с поперечной прошивкой
 - Слоисто-волокнистые
 - Сотовые KM
 - Прямоугольные соты
 - Шестиугольные соты
 - Тканевые волокны
 - с плотными переплетениями
 - с саржевыми переплетениями
 - с сатиновыми переплетениями

Кросс-платформенное решение (Windows/Linux)

Возможность моделирования на гибридных (CPU+GPU) многопроцессорных системах, а также на процессорах Эльбрус-8С

ИНТЕГРАЦИЯ: ЛОГОС
Импорт: SolidWorks, ANSYS и др.



1. Отечественный ПК «Манипула» для моделирования композитов и композитных конструкций

Библиотека 3D моделей микро-структур композиционных материалов

Манипула: Управление задачами

- Микроскопический анализ
 - Теплопроводность
 - Расчет эффективных характеристик теплопроводности
 - Упругость
 - Расчет эффективных упругих характеристик
 - Расчет эффективных характеристик теплового расширения
 - Расчет прочности в упругой постановке

3 D композиты

4D композиты

Тканевые Композиты с полотняным переплетением

Тканевые композиты

Сотовые структуры

7 D композиты

Дисперсно-армированный КМ

Слоисто-волоконные композиты

Однонаправленные (1D) композиты

Тканевые Композиты с саржевым плетением

График E1-time

Time	E1
0	10
50	8
100	6
150	4
200	3
250	2.5
300	2.2
350	2.5
400	3
450	4
500	6
550	8
600	10



2. Специализированный ПК «ГиперКуб» для суперкомпьютерного моделирования процессов в реактивных двигателях

Основные классы задач, решаемые в ПК «ГиперКуб»

1. Задачи однофазной и многофазной газовой динамики при дозвуковых, трансзвуковых и сверхзвуковых скоростях течения

2. Воспламенение и горение газообразных и жидких распыленных горючих

3. Решение задач моделирования процесса горения конденсированных частиц горючего, включая продукты первичного горения высокометаллизированного борсодержащего твердого топлива (мультипараметрический учет химических реакций)

4. Сопряженные задачи внутренней газодинамики, теплообмена и теплового состояния в камерах сгорания реактивных двигателей

5. Расчет температурных полей в элементах конструкции реактивных двигателей

6. Рабочий процесс в ракетно-прямоточных двигателях на высокометаллизированных твердых топливах



2. Специализированный ПК «ГиперКуб» для суперкомпьютерного моделирования процессов в реактивных двигателях

МГТУ им.Н.Э. Баумана

Основные Функциональные возможности

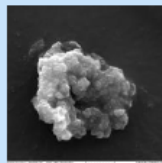
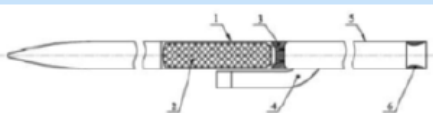
- 1) Возможность расчетов на СТРУКТУРИРОВАННЫХ И НЕСТРУКТУРИРОВАННЫЕ СМЕШАННЫХ расчетных сетках (тетраэдрических, гексаэдрических и призматических);**
- 2) Новые обобщенные модели горения, в т.ч. моделирование рабочего процесса в РПД на ВЫСОКОМЕТАЛЛИЗИРОВАННОМ ТТ;**
- 3) Возможность моделирования на СУПЕРКОМПЬЮТЕРАХ С ГРАФИЧЕСКИМИ УСКОРИТЕЛЯМИ (CPU+GPU);**
- 4) Кросс-платформенное решение (Linux/Windows);**
- 5) БИБЛИОТЕКИ теплофизических и физико-химических свойств продуктов сгорания в воздухе различных топливных композиций (для жидких углеводородных и твердых высокометаллизированных топлив);**
- 6) ИНТЕГРАЦИЯ с ПК ЛОГОС в части:**
 - сопряжения модуля расчета теплового состояния конструкций с модулем «Логос-Прочность»;**
 - сопряжения с сеткопостроителем и постпроцессором ПП ЛОГОС;**
 - обеспечение возможности использования при моделировании процессов горения в РПД и ПВРД в ПП ЛОГОС средствами МИП ПП ЛОГОС;**



ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СПК «ГиперКУБ»

1. МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ МОДУЛЬ РАСЧЕТА РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА В РПД НА ВЫСОКОМЕТАЛЛИЗИРОВАННОМ ТТ (ВКЛЮЧАЯ БОРСОДЕРЖАЩИЕ ТТ)

ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА РПД



КОНДЕНСИРОВАННЫЕ ПРОДУКТЫ ПЕРВИЧНОГО ГОРЕНИЯ ТТ (50-60 % ПО МАССЕ)

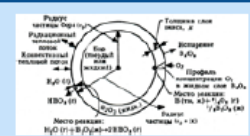
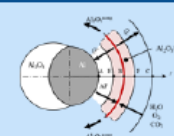
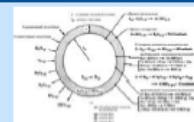
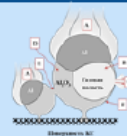
ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ

Химический компонент	C	B ₂ O ₃	BN	B ₄ C	Al ₂ O ₃	Fe ₃ C
Массовая доля, %	11,7	3,9	8,1	55,0	19,0	2,2

ДИСПЕРСНЫЙ СОСТАВ (1 – 16 МКМ)



Чрезвычайная сложность теоретического описания горения конденсированных продуктов, поступающих из газогенератора в камеру РПД



Разработка базируется на почти 50-летнем опыте в области горения высокометаллизированных топлив
КОММЕРЧЕСКИЕ СПК НЕ ИМЕЮТ АНАЛОГИЧНЫХ ПРОГРАММНЫХ МОДУЛЕЙ

2. ВСЕ РЕШАТЕЛИ И МОДУЛИ БУДУТ ИМЕТЬ ВЕРСИИ КОДА ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТОВ НА ГИБРИДНЫХ СУПЕРКОМПЬЮТЕРАХ С ГРАФИЧЕСКИМИ УСКОРИТЕЛЯМИ

3. БЫСТРЫЕ УЗКОСПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ РЕШАТЕЛИ

4. ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА ЭВМ С ОТЕЧЕСТВЕННЫМИ МНОГояДЕРНЫМИ ПРОЦЕССОРАМИ («ЭЛЬБРУС»)

5. ПРЕИМУЩЕСТВЕННОСТЬ - СОВМЕСТНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕШАТЕЛЕЙ И МОДУЛЕЙ РАЗРАБОТКИ 2018-2020 ГГ. И 2021-2023ГГ.

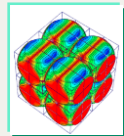
10 НОВЫХ МОДУЛЕЙ - РАСШИРЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛА СПК

- неструктурированные смешанные расчетные сетки;
- траекторная и нестационарная (лагранжевы квазичастицы) модели движения капель/частиц;
- диффузионная модель расчета испарения капель;
- модель Тейлора дробления капель (TAB);
- модели турбулентности RANS/URANS и LES;

- авторские и традиционные модели горения капель/частиц горючего, включая высокометаллизированные борсодержащие ТТ ;
- схемы повышенного порядка точности по времени и по пространству;
- решение задач сопряженного теплообмена и расчета теплового состояния элементов конструкции



3. Цифровая информационно-образовательная среда NOMOTEX для математической подготовки инженеров



Уникальная автоматизированная система, полных аналогов которой на сегодняшний день нет

<https://nomotex.bmstu.ru>

ИОС NOMOTEX создана в МГТУ им.Н.Э.Баумана на кафедре "Вычислительная математика и математическая физика" (ФН-11).
Руководитель работ -Димитриенко Ю.И., заведующий кафедрой ФН-11, профессор, д.ф.-м.н.

Web – технология

Информационно-образовательная среда для математической подготовки инженеров

Интерактивность

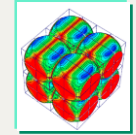
Полная версия для мобильных устройств

Клиент-серверная архитектура

Руководитель проекта – проф., д.ф.м.н Ю.И. Димитриенко



НЕЙРОСЕТЕВАЯ БАЗА ЗНАНИЙ В ИОС NOMOTEX



16 электронных базовых математических курсов

Автоматизация конструирования электронных курсов

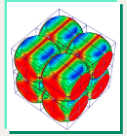
Боле 2000 квантов знаний

Возможности расширения БЗ для прикладных направлений (механика, физика и др)

The screenshot displays the Nomotex web application interface. At the top, there is a navigation bar with a back arrow, the 'Nomotex' logo, and a 'ВЫЙТИ' (Logout) button. On the left side, there is a sidebar menu with the following items: 'Личный кабинет' (Personal cabinet), 'База знаний' (Knowledge base) with a dropdown arrow, 'Нейросетевая структура знаний (Дерево)' (Neural network knowledge structure (Tree)), 'Нейросетевая структура знаний (Круг)' (Neural network knowledge structure (Circle)), 'База нейросетевых ОП' (Neural network OP base), 'Реализация нейросетевых ОП' (Implementation of neural network OP), 'Конструирование нейросетевых ОП' (Construction of neural network OP), 'Тезаурус' (Thesaurus), 'Визуальная математика' (Visual mathematics), and 'Администрирование' (Administration). The main content area shows a hierarchical tree structure of mathematical courses. The root node is '2. Наука' (Science), which branches into '3. Раздел науки' (Section of science), which further branches into '4. Дисциплина' (Discipline). The disciplines listed are: 'Алгебра', 'Обыкновенные дифференциальные уравнения (ОДУ)', 'Дифференциальные уравнения в частных производных', 'Теория функций многих переменных (ТФМП)', 'Кратные интегралы (КИ)', 'Ряды', 'Комплексный анализ (ТФКП)', 'Интегральные преобразования (ИП)', 'Теория вероятностей и математическая статистика (ТВМС)', 'Численные методы', and 'Теория поля'. A red box highlights the text '16 электронных базовых математических курсов'. Another red box highlights the text 'Автоматизация конструирования электронных курсов'. A third red box highlights the text 'Боле 2000 квантов знаний'. A fourth red box highlights the text 'Возможности расширения БЗ для прикладных направлений (механика, физика и др)'. A blue arrow points from this box to a circular diagram at the bottom left, which shows a 'Нейросетевая структура знаний' (Neural network knowledge structure) with various nodes and connections. The interface also includes a 'ВЫЙТИ' button in the top right corner of the main content area.

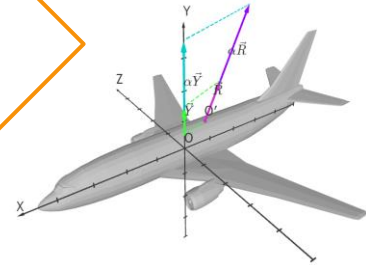


АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ В ИОС NOMOTEX



Автоматизированная проверка всех задач В том числе графических !

Интерактивные инженерные примеры применения математических знаний



\vec{R} - вектор полной аэродинамической силы (сила сопротивления), действующей со стороны воздуха на ЛА.
 O - центр давления, точка начала вектора \vec{R} .
 α - угол - производение вектора \vec{R} на число α .

Интерактивная графика

ИОС Nomotex

3. Математические примеры и задачи

Пример 2

Условие задачи:

1. Показать, что функции $f(x)$ и $g(x)$ являются бесконечно малыми или бесконечно большими при указанном стремлении аргумента $x \rightarrow a$.
2. Для каждой функции $f(x)$ и $g(x)$ зависящих главным образом (эквивалентную ей функцию) вида $C(x-a)^n$ при $x \rightarrow a$ или $C(x)^n$ при $x \rightarrow +\infty$, указать их порядок малости (роста).
3. Сравнить $f(x)$ и $g(x)$.

Алгоритм решения:

Функция $f(x)$ называется **бесконечно малой** при $x \rightarrow a$, если

$$\lim_{x \rightarrow a} f(x) = 0.$$

Примеры:

Пример 2.

1. Показать, что функции $f(x) = \frac{\sqrt{x}}{\sqrt{x+1} - \sqrt{x}}$ и $g(x) = x^2 \ln \frac{3x^2 + 2x + 1}{3x^2}$ являются бесконечно большими при стремлении аргумента $x \rightarrow +\infty$.
Вычислить пределы при $x \rightarrow +\infty$.

$$\lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{\sqrt{x}}{\sqrt{x+1} - \sqrt{x}}$$

Для раскрытия разности кубических корней в знаменателе воспользуемся формулой со...

ДОМАШНИЕ ЗАДАНИЯ

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

ИОС Nomotex

Тезисы о проецировании функций через проекционные значения

Задача 9 по кванту Угол между плоскостями (К)

1. Математические задания

Электронные билеты

Условие задачи:

Найти косинус острого угла между плоскостями π_1 и π_2 , заданными в канонической декартовой системе координат следующими уравнениями:

$$\pi_1: A_1x + B_1y + C_1z + D_1 = 0$$

$$\pi_2: A_2x + B_2y + C_2z + D_2 = 0$$

где A_i, B_i, C_i, D_i - некоторые вещественные числа, $i = 1, 2$.
Отметьте ответ с точностью до 5-го знака после запятой.

Выбор варианта:

Вариант: 1
 $2x + 5y + 8z = 0$
 $3x - 2y + 7z - 2 = 0$

Ответ:

0,497

Уникальная компьютерная Анимация

ИОС Nomotex

3. Математические примеры и задачи

ИА. Задание 8. Динамика работы

$|f(n) - a| < \epsilon$ выразим номер $n > \varphi(\epsilon) = N(\epsilon)$.

3. Вычислив номер $N(\epsilon)$ при значениях, равных 0,1, 0,01 и 0,001, заполняем таблицу.

Выбор варианта:

Вариант 5 $x_n = \frac{2 - 2n}{3 + 4n}$

Введите предел последовательности:

n $x =$

$N(0.1):$

$N(0.01):$

$N(0.001):$

Сдать работу

«Цифровой след» студента

ИОС Nomotex

Контрольные работы

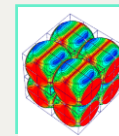
Дифференцируемость функций

Контрольные работы:

- 0 баллов [ИТ1] - ИА. Задание 13. Контрольная работа. Время сдачи: 03.12.2018, 8:50:58. Вариант: 96. Ответ: $x^2 \cdot \cos(3x) + x - 2$
- 0 баллов [ИТ1] - ИА. Задание 13. Контрольная работа. Время сдачи: 05.12.2018, 8:57:28. Вариант: 97. Ответ: $(1 - x^2) \cdot (x^2) + (2 + x + (1 - x^2) + 2 + x^3) \cdot (1 - x^2)^2$
- 1 балл [ИТ1] - ИА. Задание 13. Контрольная работа. Время сдачи: 03.12.2018, 9:09:18. Вариант: 98. Ответ: $(-2) \cdot (1 - \sin(2 + x))$
- 0 баллов [ИТ1] - ИА. Задание 13. Контрольная работа. Время сдачи: 03.12.2018, 9:15:34. Вариант: 99. Ответ: $(-3) \cdot \log(e \cdot 2) \cdot (1 - x)$
- 1 балл [ИТ1] - ИА. Задание 13. Контрольная работа. Время сдачи: 05.12.2018, 9:21:29. Вариант: 100. Ответ: $(x^2 \cdot \arctan(\cos(2 + x))) \cdot ((1 + x^2) \cdot \cos(3 + x)) \cdot ((2) \cdot (x) + (\arctan(\cos(2 + x))) \cdot (\cos^2(2 + x)) - (5) \cdot (1 + x) + \arctan(\cos(2 + x)))$
- 0 баллов [ИТ3] - ИА. Задание 15. Контрольная работа. Время сдачи: 05.12.2018, 9:45:43. Вариант: 20. Ответ: $(2 \cdot y) \cdot (x) - \ln(p) \cdot ((x) \cdot (y) - 3 \ln(x))$



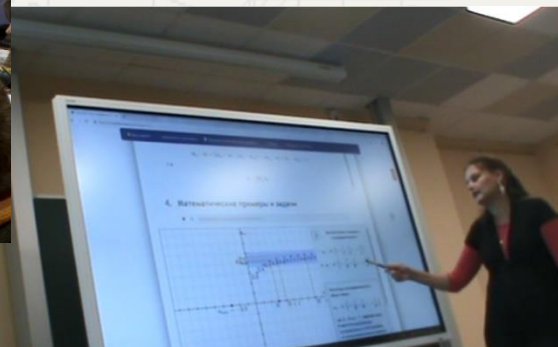
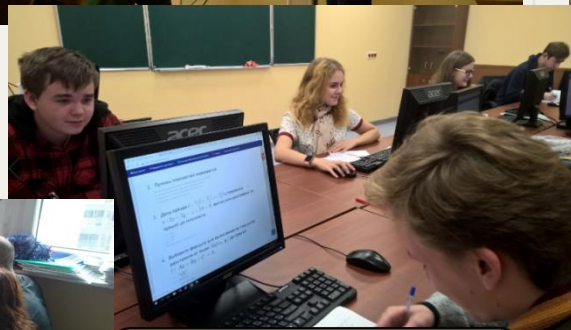
Практическое использование ИОС NOMOTEX: Аудиторные занятия в цифровом формате



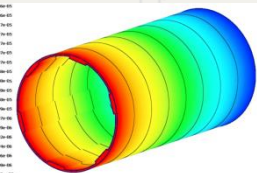
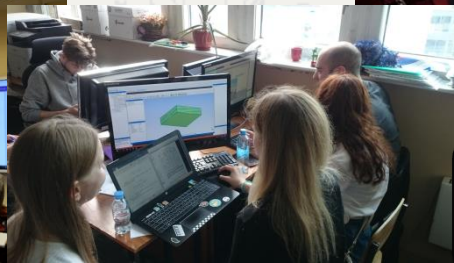
Nomotex

С 2018 года обучение более 1500 студентов каждый семестр по новой технологии

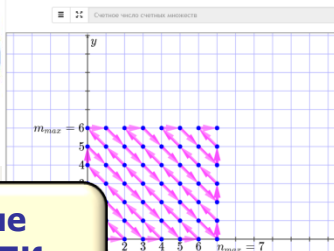
Обучение с помощью ИОС NOMOTEX:
- в любом месте, где есть Интернет, в любое время;
- с помощью любых гаджетов (телефон, планшет и др)



Дистанционная учебная версия ПК «Манипула»

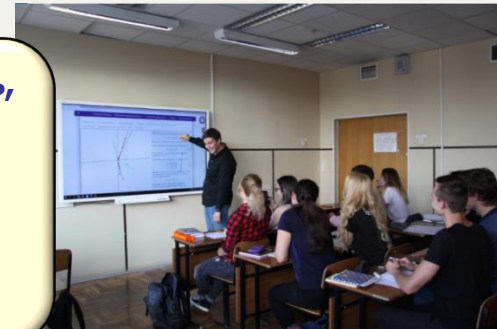


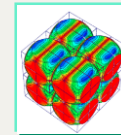
4. Математические примеры и задачи



Компьютерные практикумы в ПК «Манипула»

Привлекательность, наглядность и доступность процесса математического обучения инженеров





Спасибо за внимание !