



Институт прикладной  
математики и механики



**ТЕОРМЕХ**  
Высшая школа теоретической  
механики

# Высшая школа теоретической механики

Научно-образовательный центр  
«Газпромнефть-Политех»



## От директора



**КРИВЦОВ** Антон Мирославович  
Директор Высшей школы теоретической механики,  
директор НОЦ «Газпромнефть-Политех»

”

*Фундаментальная наука стоит у нас на высоком уровне и научные подходы мы применяем к решению реальных практических задач – в этом наша сила. Широкие международные контакты, которые мы развиваем, также способствуют успехам и увеличивают возможности для всестороннего развития наших студентов – они всегда могут выбрать, какой путь им интереснее – научный или прикладной.*

**С 2005 года Высшую школу теоретической механики возглавляет доктор физико-математических наук, член-корреспондент РАН, профессор РАН, член Российского Национального комитета по теоретической и прикладной механике Антон Мирославович КРИВЦОВ.**

А.М. Кривцов – специалист в области механики дискретных сред и сред с микроструктурой, механики деформируемого твердого тела, компьютерного моделирования механических систем. Автор более 250 научных публикаций, индекс Хирша – 17. Обладатель Премии Правительства Санкт-Петербурга «За развитие инновационной деятельности в образовательном учреждении».

Под руководством А.М. Кривцова в 2009 году кафедра «Теоретическая механика» стала выпускающей, в 2012 году создан Центр научно-технического творчества молодежи, в 2014 году на базе кафедры был организован Научно-образовательный центр «Газпромнефть-Политех», а в 2016 году – Научно-образовательный центр «Биомеханика и медицинская инженерия».

## О кафедре «Теоретическая механика»

Кафедра «Теоретическая механика» основана в 1902 году. Первым заведующим кафедрой был профессор И.В. Мещерский, который сыграл огромную роль в постановке преподавания теоретической механики не только в нашей стране, но и во всем мире. В разное время кафедрой заведовали такие известные ученые как Е.Л. Николаи, А.И. Лурье, Н.Н. Поляхов, П.А. Жилин.

**ПЕРВАЯ ЛЕКЦИЯ В  
ПОЛИТЕХЕ – ЛЕКЦИЯ  
ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ  
МЕХАНИКЕ**



В.И. Ковалевский и члены первого Совета Политехнического института, 1902 год  
Сидят (слева направо): В.В. Скобельцын, М.А. Шателен, А.Г. Гагарин, В.И. Ковалевский, А.С. Посников, Н.А. Меншуткин, К.П. Боклевский. Стоят: А.П. Македонский, Ф.Ю. Левинсон-Лессинг, В.И. Станевич, И.И. Иванов, И.И. Иванюков, А. А. Ржешотарский, И.М. Гревс, А.С. Ломшаков, А. Г. Гусаков, Н.С. Курнаков, И.В. Мещерский.

## О Высшей школе теоретической механики

**В 2019** году кафедра «Теоретическая механика» преобразована в **Высшую школу теоретической механики**

Сегодня **Высшая школа теоретической механики** (ВШТМ) – динамично развивающаяся образовательная и научно-исследовательская среда, где каждый студент и научный сотрудник может реализовать себя.

Диапазон научно-исследовательских направлений ВШТМ варьируется от моделирования процессов нефтедобычи до исследования формирования Солнечной системы.

В состав Высшей школы теоретической механики входят НОЦ «Газпромнефть-Политех», НОЦ «Биомеханика и медицинская инженерия», Лаборатория цифрового моделирования подземных нефтегазовых резервуаров и well-test анализа, Научно-исследовательская лаборатория «Микромеханика разрушения».

**ВЫСШАЯ ШКОЛА ГОТОВИТ ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ, ОБЛАДАЮЩИХ ОБШИРНЫМИ ЗНАНИЯМИ В ОБЛАСТЯХ:**

- математики и механики
- современных вычислительных методов и информационных технологий
- математического моделирования физико-механических процессов
- машинного обучения

**25**

**КАНДИДАТОВ  
НАУК**

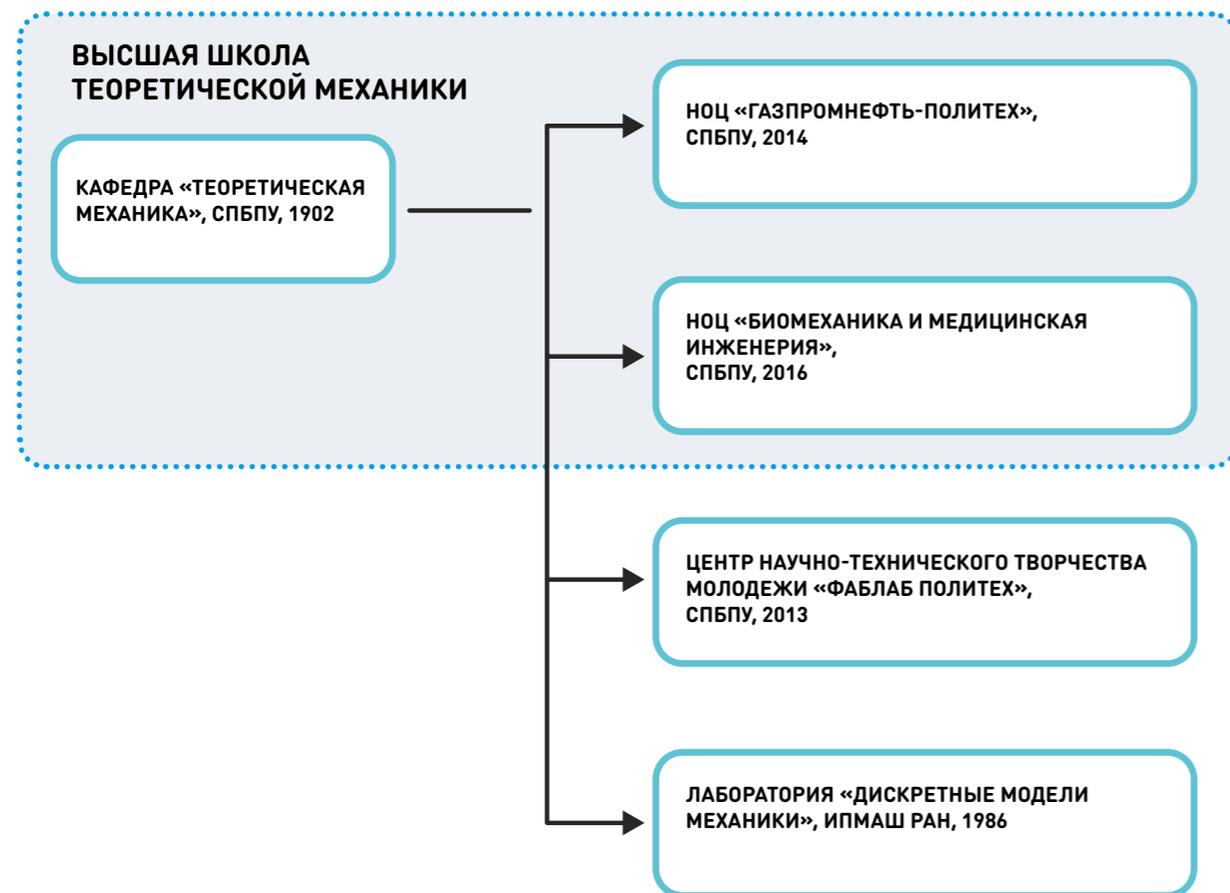
**8**

**ДОКТОРОВ НАУК**

**7**

**ПРОФЕССОРОВ  
НАУК**

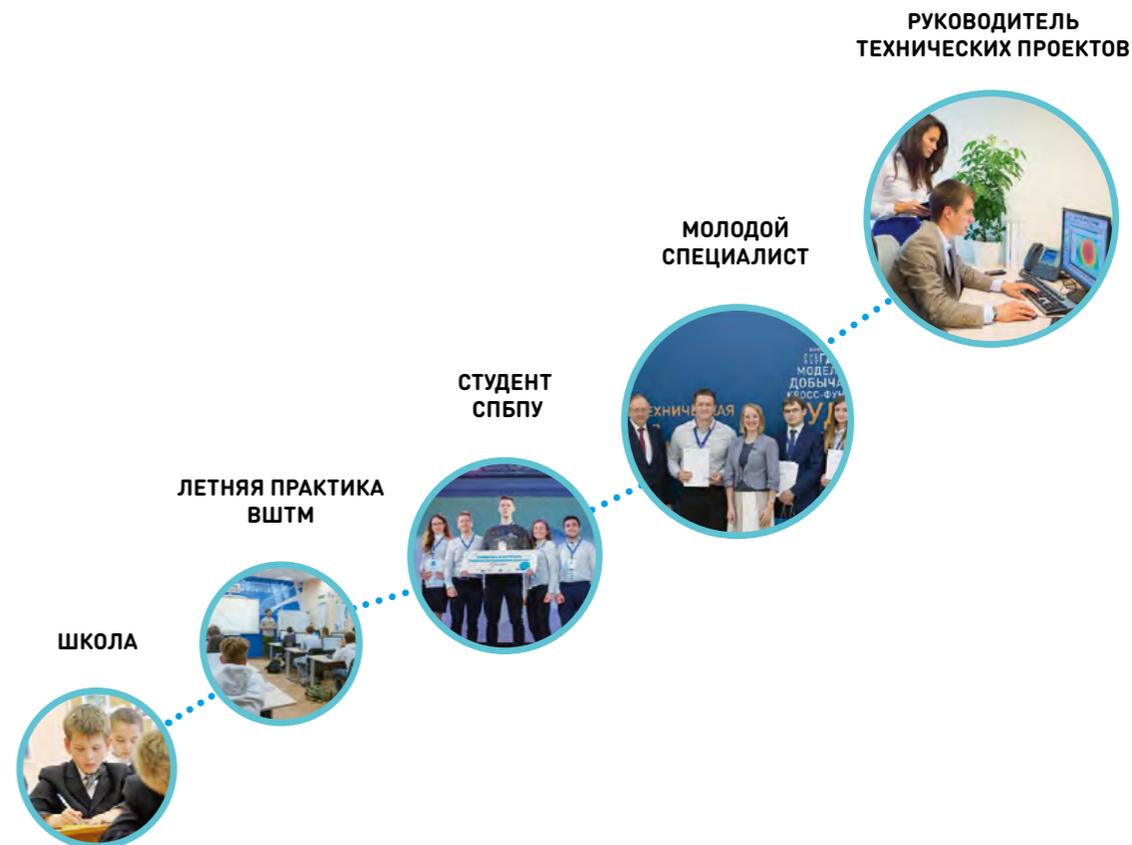
## Структура Высшей школы теоретической механики



## Работа со школами

Высшая школа теоретической механики ведет активную работу по привлечению школьников 8-11 классов к научной, исследовательской и технологической деятельности. Разработана концепция взаимодействия с физико-математическими школами, которая предполагает сопровождение талантливых молодых людей на всех образовательных этапах – от школьников до руководителей технических проектов, и включает ряд профилирующих мероприятий.

**ОТ ШКОЛЬНИКОВ  
ДО РУКОВОДИТЕЛЕЙ  
ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ!**



## Летняя практика для старшекласников

Ежегодно учащиеся 10-х классов сильнейших физико-математических лицеев Санкт-Петербурга проходят на базе ВШТМ трехнедельную летнюю практику, включающую лекции и мастер-классы, практические занятия и решение кейсов. Каждый год летнюю практику проходят более 100 учащихся лучших школ Санкт-Петербурга, таких как физико-математические лицеи 239, 366, 30, 82 и Естественно-научный лицей СПбПУ.

### ПРОГРАММЫ ПРАКТИКИ:

- Прогностические и предсказательные системы на базе технологий машинного обучения и нейронных сетей
- Разработка интерактивного ПО с 3D-графикой
- Программирование на языке Java
- Прикладная механика (практика на лабораторных установках)
- Технологии дополненной реальности
- Проектирование пушки Гаусса
- Моделирование гидроразрыва пласта
- Практика в Фаблаб Политех
- Космическая механика
- Биомеханика



## Газпром класс

На базе лицея 82 при поддержке ПАО «Газпром нефть» сформирован Газпром класс.

Высшая школа теоретической механики проводит для учащихся Газпром класса курс проектной деятельности. Занятия проходят два раза в неделю в Центре научно-технического творчества молодежи СПбПУ, в рамках курса школьники решают задачи, связанные с различными процессами нефтегазодобычи. Кураторами и наставниками учащихся являются магистранты программы «Математическое моделирование процессов нефтегазодобычи».

КУРАТОРЫ И НАСТАВНИКИ  
ШКОЛЬНИКОВ — МАГИСТРАНТЫ  
ПРОГРАММЫ «МАТЕМАТИЧЕСКОЕ  
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ  
НЕФТЕГАЗОДОБЫЧИ»

## Турнир «Умножая таланты»

Ежегодно ПАО «Газпром нефть» проводит интеллектуальный турнир для школьников по нефтегазовой тематике «Умножая таланты».

СПбПУ является академическим партнером мероприятия, а ВШТМ организует в вузе региональный этап турнира. Формат интеллектуального конкурса разработан с учетом актуальных мировых практик и представляет собой лично-командное соревнование школьников 8-11 классов в умении решать сложные исследовательские задачи нефтегазовой отрасли, убедительно представлять решения, отстаивать их в научных дискуссиях. Финалисты турнира «Умножая таланты» получают дополнительные 5 баллов к ЕГЭ при поступлении в СПбПУ, в том числе – на направление «Механика и математическое моделирование».

С 2017 ГОДА СПБПУ ЯВЛЯЕТСЯ  
АКАДЕМИЧЕСКИМ ПАРТНЕРОМ  
ТУРНИРА

**300+**  
ШКОЛЬНИКОВ-ФИНАЛИСТОВ

**5**  
ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ  
БАЛЛОВ К ЕГЭ



ФИНАЛИСТЫ ТУРНИРА ПОЛУЧАЮТ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ  
5 БАЛЛОВ К ЕГЭ ПРИ ПОСТУПЛЕНИИ В СПБПУ!

# Образовательные направления

## 500+

СТУДЕНТОВ И  
ВЫПУСКНИКОВ

## 3

НАПРАВЛЕНИЯ  
БАКАЛАВРИАТА

## 4

НАПРАВЛЕНИЯ  
МАГИСТРАТУРЫ

## Вступительные испытания

### Бакалавриат

#### ЕГЭ

- Математика (профильная)
- Физика
- Русский язык

Абитуриентам, набравшим при поступлении более 270 баллов (сумма результатов 3-х ЕГЭ), выплачивается повышенная стипендия от университета.

#### Повышенная стипендия для студентов 1 курса

270-289  
БАЛЛОВ ЕГЭ → 6000 ₽

290+  
БАЛЛОВ ЕГЭ → 12 000 ₽

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ СТИПЕНДИЯ  
ОТ НОЦ «ГАЗПРОМНЕФТЬ-ПОЛИТЕХ» x2

### Магистратура

Для поступления необходимо сдать междисциплинарный вступительный экзамен. Экзамен включает в себя тест и задачи по высшей математике и теоретической механике. Для всех направлений подготовки экзамен сдается на русском языке.

## Бакалавриат

### Направление 01.03.03

#### Механика и математическое моделирование

#### ОСОБЕННОСТИ ПРОГРАММЫ

- Компьютерное моделирование физических процессов
- Научно-исследовательская деятельность, участие в конференциях
- Машинное обучение для анализа большого объема данных
- Работа на экспериментальных установках в собственной лаборатории
- Научные и прикладные исследования для наукоемких высокотехнологических производств (Газпром нефть, Кронштадт Технологии)



ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ  
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ  
ПОДГОТОВКА



РАБОТА С ПРИКЛАДНЫМИ  
ПАКЕТАМИ ПРОГРАММ ДЛЯ  
РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МЕХАНИКИ

MATLAB, ANSYS, WOLFRAM



МЕХАНИКА НА СТЫКЕ НАУК

БИОЛОГИЯ, ГЕОЛОГИЯ, НАНОТЕХНОЛОГИИ,  
АСТРОФИЗИКА



ИЗУЧЕНИЕ ЯЗЫКОВ  
ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ  
СОЗДАНИЯ НАУКОЕМКОГО ПО





## Механика и математическое моделирование сред с микроструктурой

БАКАЛАВРИАТ

В рамках программы студенты изучают математику и механику, современные вычислительные методы и информационные технологии, а также приобретают знания и умения в математическом моделировании физико-механических процессов в конденсированном веществе на различных масштабных уровнях с использованием дискретных и континуальных методов. Особое внимание уделяется средам с микроструктурой.

### ПРОФИЛЬНЫЕ ДИСЦИПЛИНЫ:

- Механика дискретных систем
- Механика сред с микроструктурой
- Гидродинамика
- Вычислительная механика



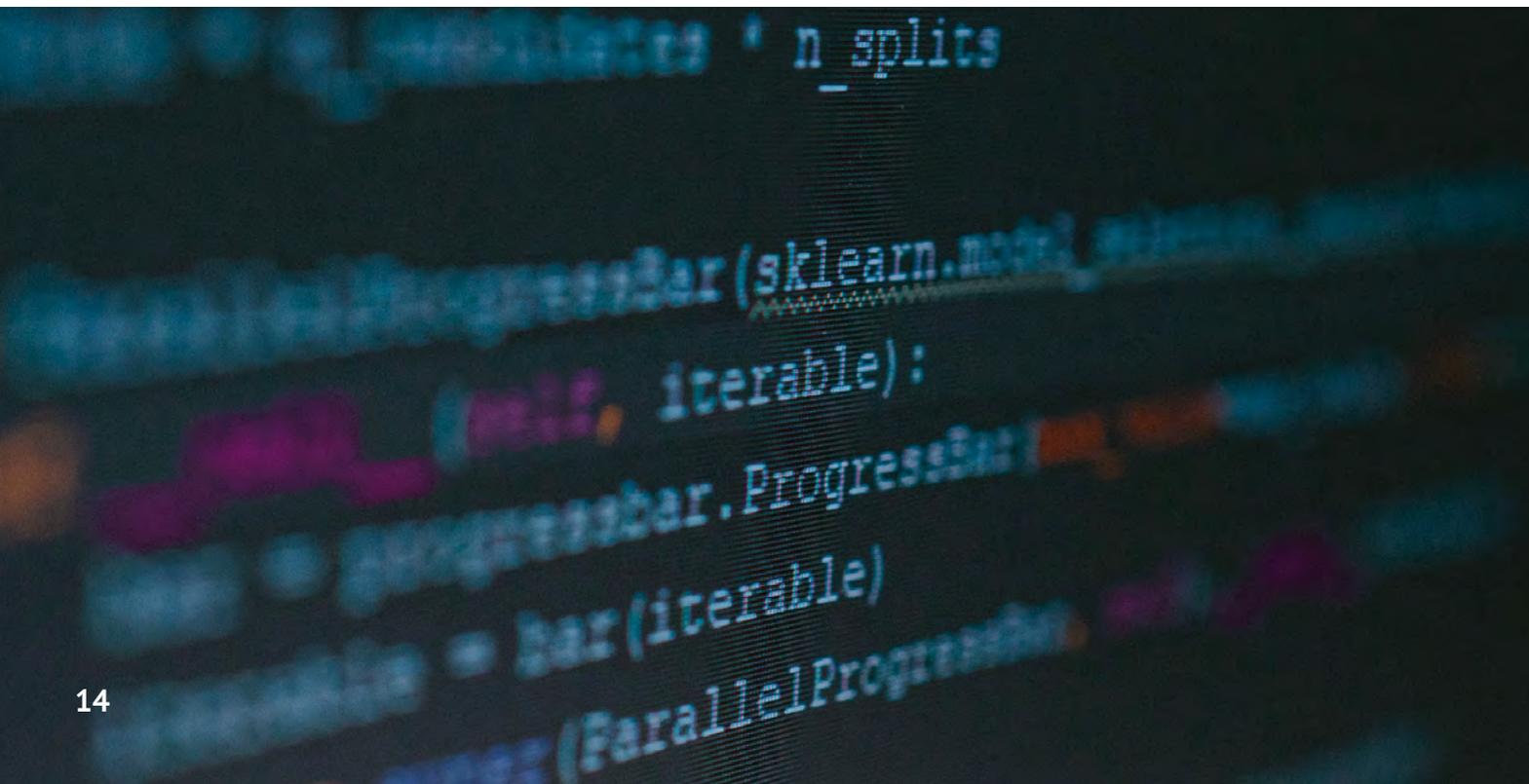
## Биомеханика и медицинская инженерия

БАКАЛАВРИАТ

На данной программе студенты изучают такие дисциплины как биомеханика, механика живых систем и биоматериалов, биомеханика дискретных систем. Студенты учатся строить математические модели органов, суставов и протезов, моделировать и исследовать органы и сосуды, а также применять знания механики к биомедицинским исследованиям.

### ПРОФИЛЬНЫЕ ДИСЦИПЛИНЫ:

- Анатомия и физиология
- Биомеханическое моделирование
- Гидродинамика
- Гидродинамика и гемодинамика
- Биомеханика





## Математическое моделирование процессов нефтегазодобычи

БАКАЛАВРИАТ

Образовательная программа реализуется совместно с ПАО «Газпром нефть».

В рамках данной программы студенты получают знания в области механики, программирования и моделирования, изучают специальные курсы по нефтепереработке, основам разработки нефтяных и газовых месторождений и гидродинамическим методам исследования скважин. Студентам гарантирована практика в ООО «Газпромнефть НТЦ».

### ПРОФИЛЬНЫЕ ДИСЦИПЛИНЫ:

- Прикладная механика грунтов и основы разработки углеводородов
- Методы исследования скважин
- Гидродинамика
- Основы геологии



## Магистратура

### Направление 01.04.03 Механика и математическое моделирование

Программа магистратуры дает специализированное образование в области математики и механики, которое позволяет решать обширный спектр научных и прикладных задач в различных сферах, широко используя методы математического моделирования. Студенты привлекаются к исследованиям в областях, которые находятся на стыке механики и других наук, таких как биология, астрофизика, химия, геология и др.

#### ПРОГРАММЫ ПОДГОТОВКИ:

- Механика деформируемого твердого тела
- Математическое моделирование процессов нефтегазодобычи (совместно с ПАО «Газпром нефть»)
- Mechanics and mathematical modeling (international program)
- Механика и цифровое производство (на основе CDIO-подхода)

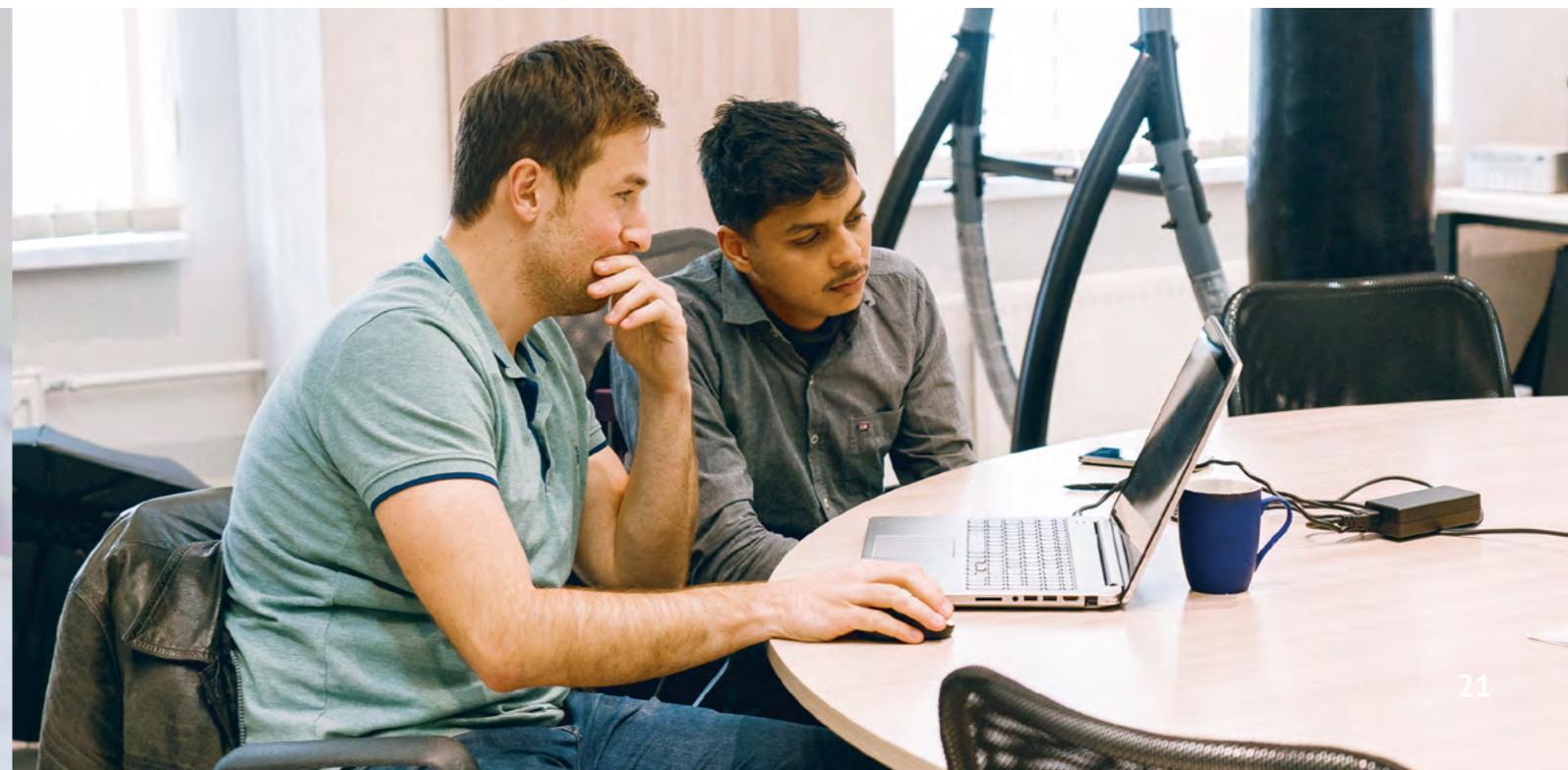




- Фундаментально-прикладное образование в области механики и математического моделирования
- Углубленное изучение механики деформируемого твердого тела и ее разделов (теория упругости, пластичности, вязкоупругости, механика разрушения и т.д.)
- Изучение C++, C#, Bash
- Практический опыт научно-исследовательской деятельности и получение компетенций для создания математических моделей, описывающих широкий класс задач



- Углубленные знания в различных областях механики
- Навыки работы в средах программирования Matlab, Wolfram Mathematica, Maple
- Программирование на C++, Python, машинное обучение
- Знания в области нефтегазового дела
- Решение профессиональных задач для повышения эффективности деятельности промышленных компаний
- Международная мобильность, топовые иностранные профессора





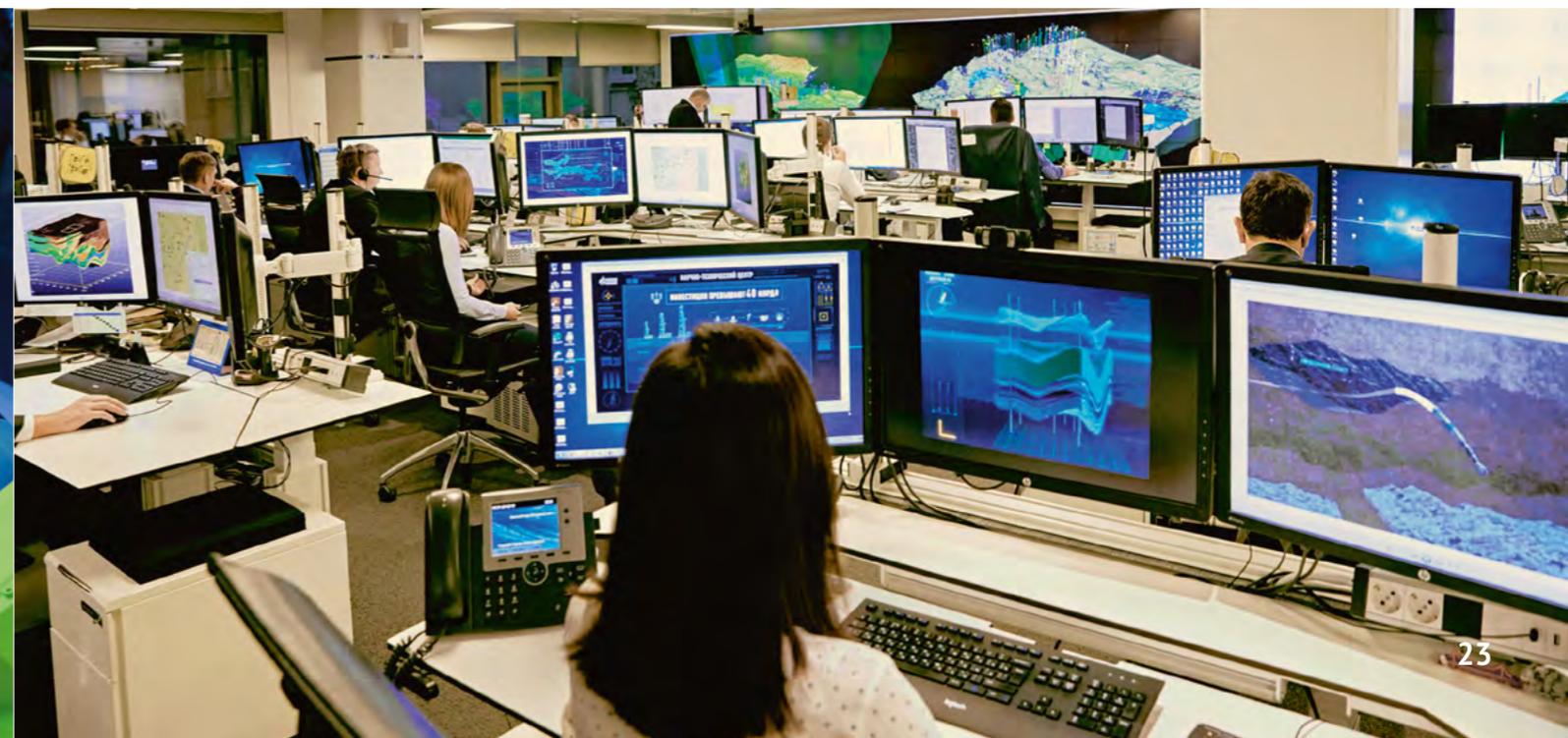
- Фундаментально-прикладное образование в области механики в сочетании с основами современной робототехники
- Практический опыт, решение кейсов по разработке робототехнических систем
- Изучение машинного обучения, C#, Python, программирования в Linux, компьютерного моделирования и робототехники
- Получение компетенций для создания и эксплуатации новых продуктов, процессов и систем, востребованных рынком



### Совместно с ПАО «Газпромнефть»

- Фундаментально-прикладное образование в области механики в сочетании с изучением геологии, основ нефтяного дела, информационных технологий
- Получение компетенций для создания новых прорывных технологий нефтяного инжиниринга
- Практический опыт, решение кейсов по разработке нефтяных месторождений с самого начала обучения
- Гарантированная практика в ООО «Газпромнефть НТЦ»

*Для поступления необходимо пройти собеседование с сотрудниками ООО «Газпромнефть НТЦ».*



# Места работы выпускников Высшей школы теоретической механики

## НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ПРЕДПРИЯТИЯ И ИНЖИНИРИНГОВЫЕ КОМПАНИИ:

- АТОМПРОЕКТ
- РусГидро
- Транзас
- Завод «Знамя труда»
- Энергомаш
- Силовые машины
- Комин
- ГеоСкан
- Росатом
- Ленинградский металлический завод
- СТОРГЕ
- Фотомеханика
- CORNING
- FAM-Robotics
- Navis Engineering
- UNICUM
- ПЛАЗ АЭРО
- Квадрат-СГ

## НЕФТЕДОБЫВАЮЩИЕ И НЕФТЕСЕРВИСНЫЕ КОМПАНИИ:

- Газпром нефть
- Роснефть
- Нефтехимпроект
- Schlumberger
- Shell

## СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОМПАНИИ:

- ЗАО «ИнститутСтройпроект»
- JORIS IDE
- ЗАО «Строительная компания «Темп»

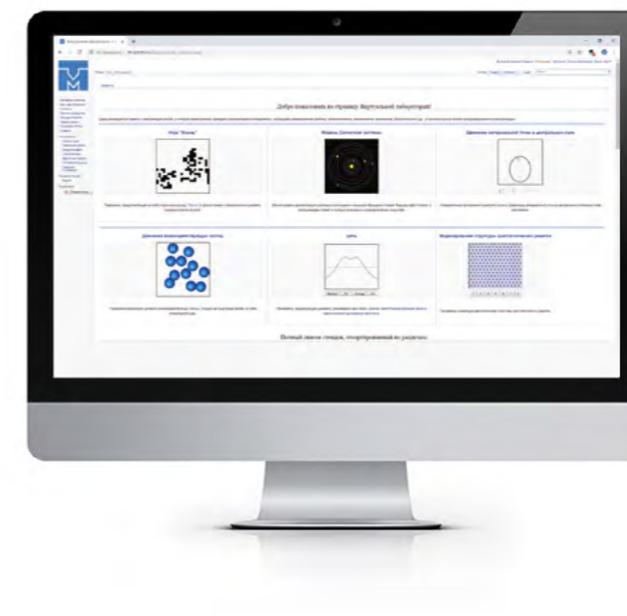
## НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ ЦЕНТРЫ:

- Институт проблем машиноведения РАН
- Горный Институт УрО РАН
- Leibniz Universität Hannover
- Delft University of Technology

# Проекты Высшей школы теоретической механики

## Виртуальная лаборатория

**Виртуальная лаборатория** — это уникальная онлайн-площадка, на которой размещены проекты, позволяющие в интерактивном режиме проводить компьютерные эксперименты, исследовать всевозможные системы: математические, механические, физические, биологические и др., а также научиться программированию и визуализации. Проект разрабатывается студентами и сотрудниками ВШТМ.



TM.SPBSTU.RU/ВИРТУАЛЬНАЯ\_ЛАБОРАТОРИЯ

## САМЫЕ ЯРКИЕ ПРОЕКТЫ ВИРТУАЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ:

### Игра «Жизнь»

Программа, представляющая классическую игру «Жизнь» Джона Конвея с возможностью рисовать курсором клетки на поле.

### Модель Солнечной системы

Модель демонстрирует реальное соотношение периодов обращения планет.

### Движение материальной точки в центральном поле

Интерактивное приложение позволяет изучать траектории материальной точки в центральном степенном поле притяжения.

### Динамика взаимодействующих частиц

Программа моделирует динамику взаимодействующих частиц. Каждая частица представляет из себя вязкоупругий шар.

### Программа «Цепь»

Программа моделирует динамику одномерного кристалла.

### Моделирование структуры кристаллических решеток

Программа моделирует различные структуры кристаллических решеток.

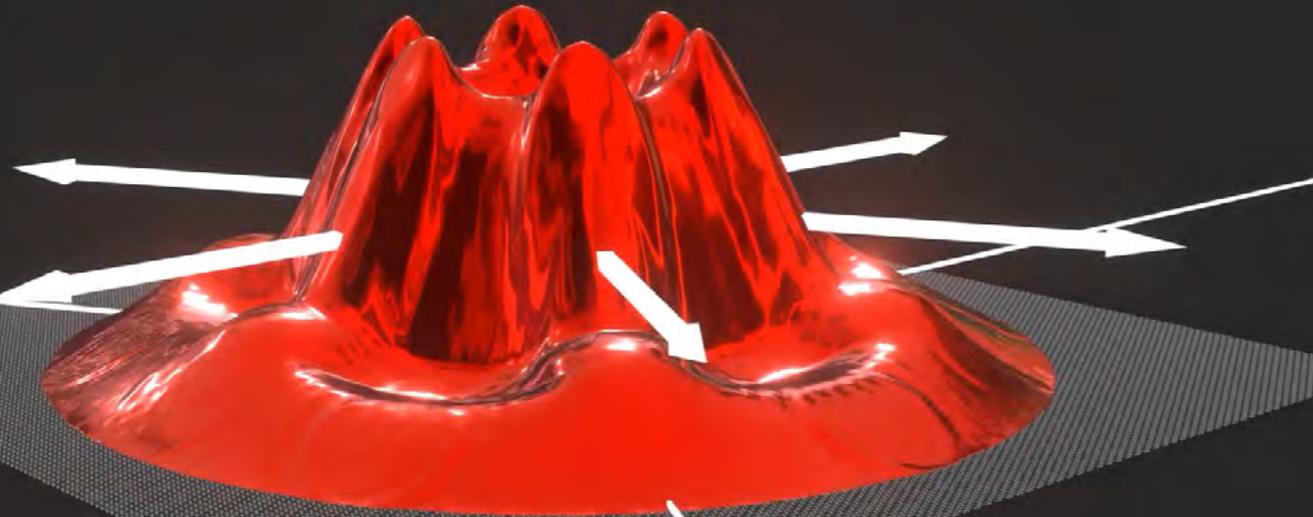
**35+**  
СТАТЕЙ

**6**  
ДИССЕРТАЦИЙ

В рамках проекта «Термокристалл» осуществляется построение аналитических моделей неравновесных тепловых процессов в кристаллических материалах. Сотрудники ВШТМ исследуют стационарные тепловые и диффузионные процессы, распространение тепла и другие явления в кристаллических твердых телах. Объяснение тепловых, диффузионных и транспортных процессов в кристаллах требует глубокого анализа физики происходящих явлений и разработки новых математических методов. Исследования последних лет демонстрируют, что на микроуровне распространение тепла не подчиняется классическим законам термодинамики.

Проект обусловлен интенсивным развитием нанотехнологий и необходимостью создания теории, объясняющей аномальные тепловые процессы в кристаллах. Полученные результаты важны для дальнейшего исследования взаимосвязи между механическими и тепловыми процессами в твердых телах на наномасштабах.

Анизотропия теплопроводности



Основной целью проекта является создание мобильного приложения для лыжников и сноубордистов, позволяющего измерять характеристики их движения:

- траекторию
- скорость
- количество прыжков
- параметры трюков во время прыжка
- время в воздухе (air time)
- количество потраченных калорий и многое другое

В рамках проекта «AlpineReplay» были проведены исследования по следующим направлениям:

- разработка алгоритма детектирования прыжков на основе нечеткой логики (Fuzzy Logic)
- определение поворота лыжника в прыжке
- разработка алгоритма калибровки гироскопов с использованием магнитного сенсора
- реализация алгоритмов в MATLAB
- реализация алгоритмов на языке C++

Проект был реализован Высшей школой теоретической механики, компаниями AlpineReplay ltd. и HORIS ltd.



**5**

ЗАЯВОК  
НА ПАТЕНТ

**500 000**  
ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ

**6 000 000**

ЗАФИКСИРОВАННЫХ  
ПРЫЖКОВ



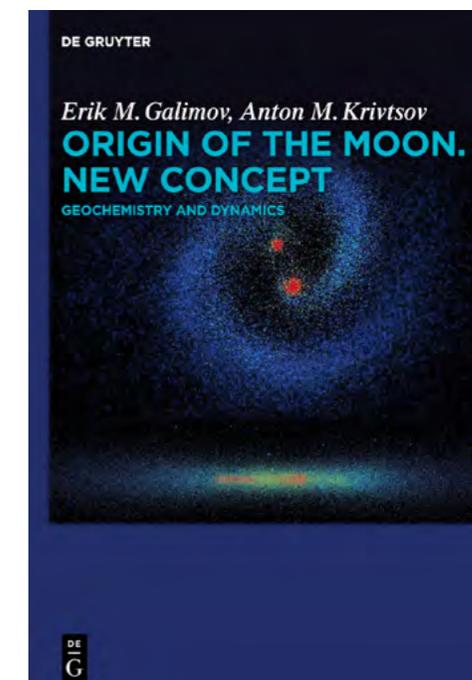


## Земля-Луна

Проект реализован в рамках исследований, необходимых для получения ответа на ряд важных вопросов, касающихся нашей планеты, таких как эволюция геосферы и происхождение жизни.

Согласно имеющимся научным данным, на раннюю эволюцию Земли существенное влияние оказала Луна – она была значительно ближе к Земле и ее мощное приливное воздействие в значительной мере повлияло на разогрев поверхностных слоев Земли и образование первобытного раствора, в котором и зародилась жизнь. Таким образом, одним из ключевых вопросов исследования было воссоздание процесса формирования Земля-Луна. Благодаря методу динамики частиц удалось проследить эволюцию протопланетного облака до образования конденсированных тел – зародышей Земли и Луны.

Авторы книги: директор ВШТМ, член-корреспондент РАН А.М.Кривцов и академик РАН Э.М. Галимов



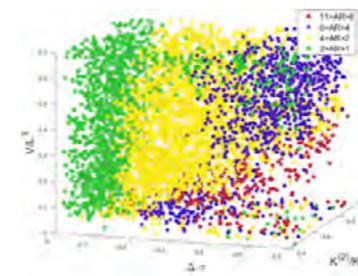
## Машинное обучение

Машинное обучение – одно из самых бурно развивающихся научных и технологических направлений в современном мире. Данный подход особенно актуален в областях исследований, в которых огромное число параметров не позволяет сконструировать достаточно точную математическую модель процесса.

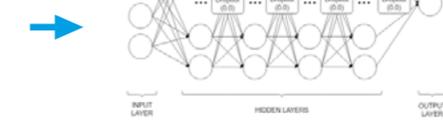
Специалистами Высшей школы теоретической механики реализован ряд проектов, основанных на машинном обучении, таких как:

- Интеллектуальный анализ веб-страниц
- Предсказание давления в скважине
- Предсказание формы трещины ГРП и других

**МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ – ОДНО ИЗ САМЫХ БУРНО РАЗВИВАЮЩИХСЯ НАУЧНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ НАПРАВЛЕНИЙ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ**



Набор данных в n-мерном параметрическом пространстве



Используемая нейронная сеть

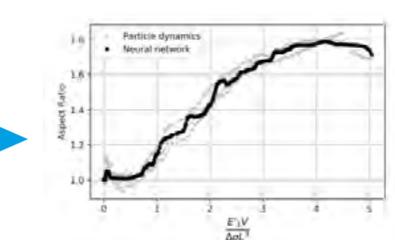


График развития трещины ГРП. Сравнение решений, полученных на симуляторе ГРП и с использованием машинного обучения

## Беспилотные суда

Высшая школа теоретической механики совместно с АО «Кронштадт Технологии» разрабатывают пилотный проект безэкипажного судовождения БЭС-КФ.

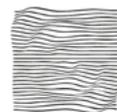
Пилотный проект предусматривает разработку и апробацию технологий автоматического судовождения и дистанционного управления судами, что в перспективе позволит повысить безопасность судоходства и уменьшить численность экипажа на борту.

Благодаря технологии БЭС-КФ судно будет способно:

- Автоматически двигаться по ранее проложенному маршруту либо заданному курсу даже при потере сигналов спутниковых навигационных систем
- Вырабатывать безопасные маршруты расхождения с навигационными целями
- Автоматически предотвращать аварии движения или сигнализировать экипажу для принятия решения в сложных условиях



Графический тестовый симулятор



Маринет  
Национальная  
технологическая  
инициатива



# Научно-образовательный центр «Газпромнефть-Политех»

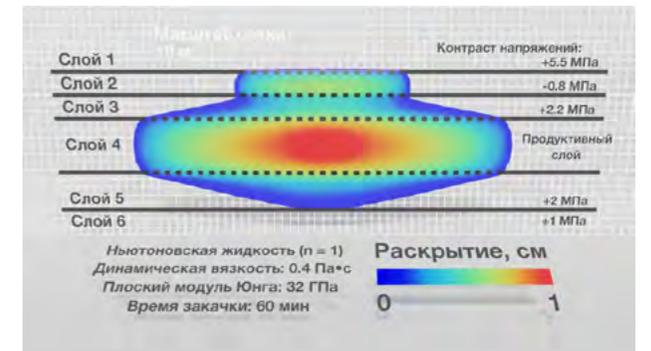


Научно-образовательный центр (НОЦ) «Газпромнефть-Политех» создан в результате сотрудничества Высшей школы теоретической механики и Научно-Технического Центра «Газпром нефти».

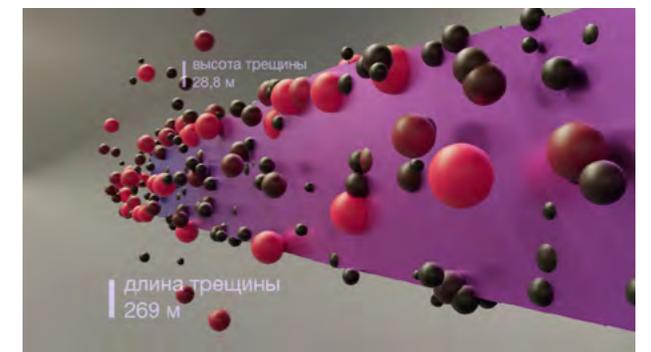
Основными целями создания центра являются выполнение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в интересах ПАО «Газпромнефть», развитие новых программных и численных решений задач отрасли, а также подготовка высококвалифицированных кадров для нефтегазовой промышленности.

Студенты и выпускники магистерской программы «Математическое моделирование процессов нефтегазодобычи», проявляющие успехи в учебе и интерес к научно-технологической деятельности, могут быть трудоустроены в НОЦ «Газпромнефть-Политех», где в качестве научных сотрудников им предстоит реализовывать проекты и решать задачи в интересах промышленных партнеров и заказчиков.

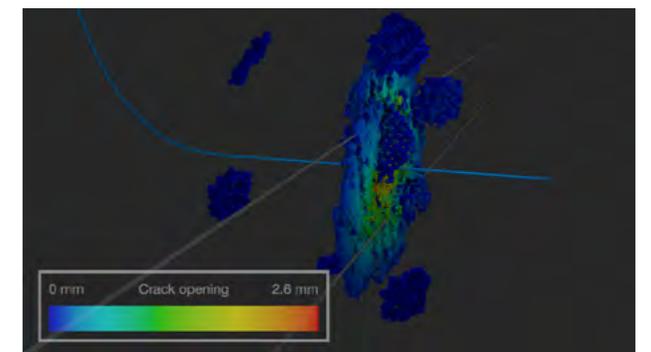
[GPN.SPBSTU.RU](http://GPN.SPBSTU.RU)



Классический ГРП (PLANAR 3D)



Микросейсмика



ГРП в трещиноватом коллекторе

# Проекты Научно-образовательного центра «Газпромнефть-Политех»

1

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ГРП

- модели ГРП в традиционных коллекторах (Pseudo3D, Planar3D, Full3D)
- модели ГРП/МГРП в трещиноватых коллекторах
- вынос проппанта
- повторный ГРП

2

## МОДЕЛИРОВАНИЕ МИКРОСЕЙСМИКИ

- моделирование микро-сейсмических событий при ГРП
- интерпретация микро-сейсмических событий

3

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ БУРЕНИЯ

- вибрационное бурение твердых пород
- бурение под контролем давления (Managed Pressure Drilling)
- моделирование динамической потери устойчивости

4

## МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КЕРНА

- упругие свойства
- разрушение
- восстановление свойств с использованием машинного обучения

5

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫНОСА ПЕСКА

- моделирование разрушения призабойной зоны
- подбор забойных фильтров
- моделирование суспензии с песком в скважине

6

## VOI

- оптимальное планирование ПГИ, ГДИ, с учетом VOI
- снижение затрат на неэффективные ПГИ, ГДИ
- снижение трудозатрат на планирование исследований
- автоматический выбор оптимальных параметров

7

## ПРОКСИ-МОДЕЛИ

- прокси-моделирование обогатленных полей пластовых давлений и проводимости пласта

# Прокси-моделирование энергетического состояния залежи

ПРОЕКТЫ

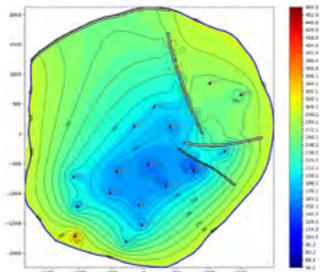


## Цели проекта

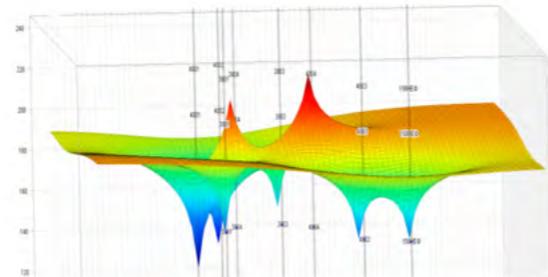
- Создание инструмента для автоматизированного построения прокси-моделей для построения карт изобар и проводимости, как элемента пласта интегрированной модели;
- Построение прокси-моделей по топ **80%** объектам разработки;
- Повышение эффективности мониторинга и контроля разработки месторождений.

## Ожидаемый эффект от проекта

- Повышение добычи нефти **480 тыс. тонн** за счет повышения эффективности ГРП и ЗБС\*
- Расчетная библиотека для детализированного построения прокси-моделей по результатам измерений
- NPV от реализации проекта составляет **420 млн. руб.**



ПОЛЕ ДАВЛЕНИЙ



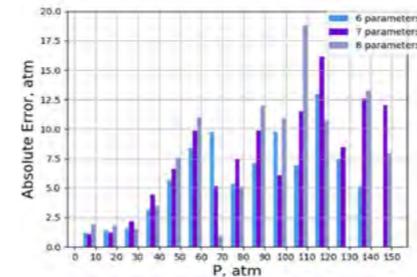
\* – верхнеуровневая оценка эффекта для ГПН-Хантос и ГПН-ННГ

# Применение методов машинного обучения и искусственного интеллекта

ПРОЕКТЫ

## 1 Восстановление забойного давления методами машинного обучения

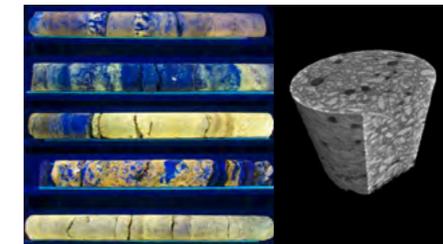
**ЦЕЛЬ:** Оптимизация режимов эксплуатации скважин



РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОШИБОК В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЗНАЧЕНИЯ ПРЕДСКАЗЫВАЕМОГО ДАВЛЕНИЯ

## 2 Прогнозирование свойств ядра методами машинного обучения

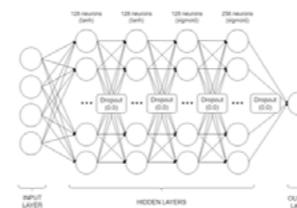
**ЦЕЛЬ:** Оптимизация режимов эксплуатации скважин



КЕРН

## 3 Суррогатное моделирование формы трещины ГРП

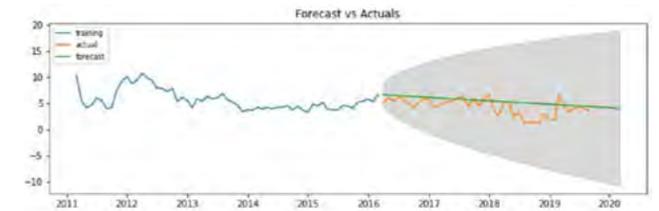
**ЦЕЛЬ:** Повышение эффективности планирования и проведения мероприятий ГРП



АРХИТЕКТУРА НЕЙРОННОЙ СЕТИ

## 4 Прогнозирование дебита скважин после проведения ремонтно-изоляционных работ

**ЦЕЛЬ:** Повышение эффективности планирования исследований на скважинах



ПРОГНОЗ ДЕБИТА НЕФТИ

## Цифровая модель оценки эффективности методов увеличения нефтеотдачи

ПРОЕКТЫ



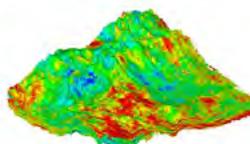
Совместный проект ООО «Газпромнефть НТЦ», Туринского политехнического университета и СПбПУ

### Цель проекта

Повышение эффективности применения **методов увеличения нефтеотдачи (МУН)** для нефтяных оторочек за счет использования методов интеллектуального анализа данных.

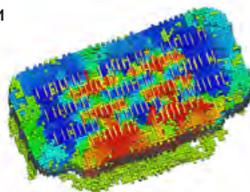
#### 1 ГЕОЛОГИЯ

- Проницаемость
- Толщины
- Пористость
- Пластовое давление
- Песчаность



#### 3 ФОНД И ПАРАМЕТРЫ РАБОТЫ СКВАЖИНЫ

- Выбор системы разработки
- оптимальные режимы работы

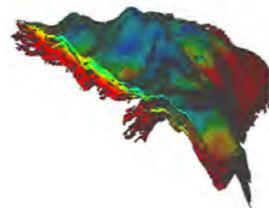


### Ожидаемый эффект от проекта

- Увеличение NPV и КИН за счет оптимального применения МУН
- Развитие компетенций «Газпром нефти» в области моделирования МУН
- Вклад в выполнение «Стратегии 2030»

#### 2 ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФЛЮИДОВ

- Плотности
- Вязкости
- Объемные коэффициенты
- Газосодержание
- Фазовые проницаемости



#### 4 МЕТОДЫ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ

- Щелочное заводнение
- Закачка CO2
- Закачка полимеров
- Закачка поверхностно-активных веществ (ПАВы)



## Value of information (VOI)\* ПГИ

ПРОЕКТЫ

Разработка методологии и автоматизация оптимального планирования промыслово-геофизических исследований (ПГИ), геофизических исследований скважин (ГИС) на основе ценности информации

### Бизнес-эффект

1

#### СНИЖЕНИЕ ТРУДОЗАТРАТ

Снижение трудозатрат путем автоматизации процесса планирования

2

#### СНИЖЕНИЕ ЗАТРАТ

Снижение затрат на неэффективные исследования

3

#### ВОЗМОЖНОСТЬ ПЛАНИРОВАНИЯ

Возможность планирования исследований для большого фонда скважин

4

#### ПРОЗРАЧНОСТЬ ОБОСНОВАНИЯ

Прозрачность обоснования планирования исследований



### Эффекты от реализации VOI



#### ОЦЕНКА ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПГИ

Надо ли проводить ПГИ?



#### РАНЖИРОВАННЫЙ СПИСОК СКВАЖИН ДЛЯ ПГИ

Какие скважины более интересные с точки зрения непроизводительных отборов/закачки?



#### ПОДБОР ОПТИМАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ПГИ

Какое оборудование использовать?



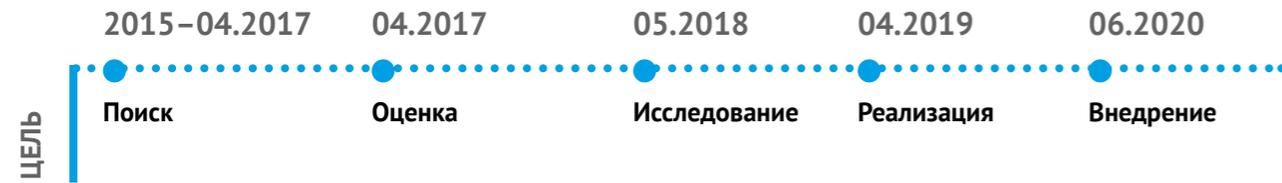
#### ПОСТРОЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СВЯЗИ

Построение экономической связи между информативностью, стоимостью исследований и ожидаемой прибылью

\* – ценность информации

# Разработка отечественного симулятора гидроразрыва пласта (ГРП)

## ПРОЕКТЫ



Проект направлен на создание современного инструмента для моделирования, оптимизации и отслеживания процедуры ГРП при разработке коллекторов с трудноизвлекаемыми запасами.

### Цели проекта

- Разработка отечественного симулятора ГРП;
- Интеграция решений и автоматизация процессов проведения расчетов, в т.ч. в связке с гидродинамическим симулятором;
- Оптимизация разработки (повышение геологического потенциала от ГРП)



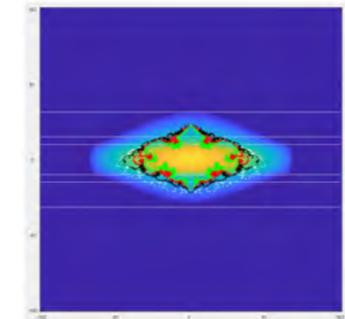
Результаты интеллектуальной деятельности

Модули симулятора ГРП  
включая 7 модулей разработанных в СПбПУ

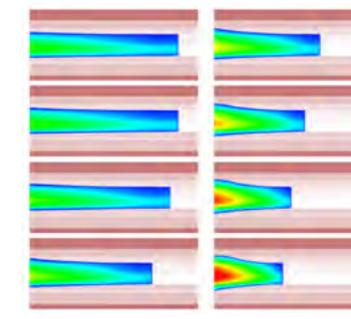
Отраслевой программный комплекс  
«Кибер ГРП»

### Основные направления разработки

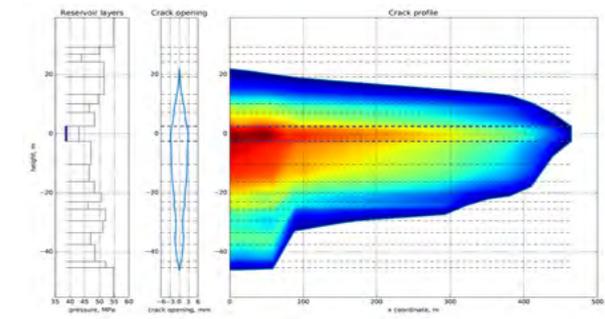
- 1 **Моделирование:**
  - ГРП и МГРП в псевдотрехмерной, планарной трехмерной и полной трехмерной постановках
  - пенного, повторного и мини ГРП
  - выноса проппанта
  - температурных эффектов
  - микросейсмических событий
- 2 **Определение финальной формы трещины ГРП после остановки закачки**
- 3 **Учет анизотропии и слоистости пласта при моделировании ГРП**



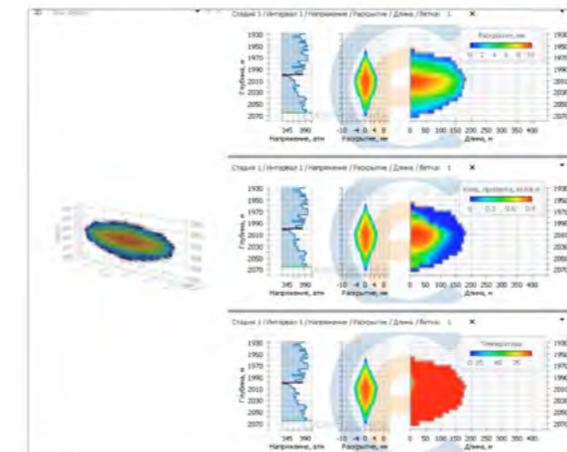
ИМПУЛЬСНАЯ ЗАКАЧКА НЕСКОЛЬКИХ ПРОППАНТОВ В ТРЕЩИНУ ГРП



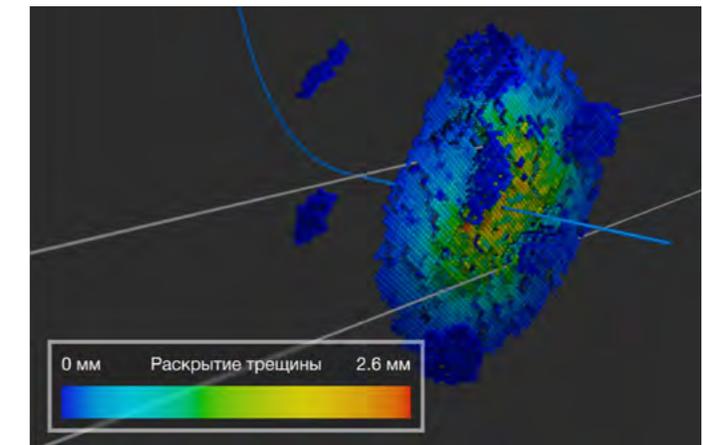
РОСТ ТРЕЩИНЫ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПЕННОГО ГРП



РОСТ ТРЕЩИНЫ ГРП В СЛОИСТОЙ СРЕДЕ, МОДЕЛЬ PSEUDO 3D



РОСТ ТРЕЩИНЫ ГРП, МОДЕЛЬ PLANAR 3D В СОСТАВЕ СИМУЛЯТОРА «КИБЕР ГРП»



РОСТ ТРЕЩИНЫ ГРП В ТРЕЩИНОВАТОМ КОЛЛЕКТОРЕ, МОДЕЛЬ FULL 3D PD

## Лаборатория цифрового моделирования подземных нефтегазовых резервуаров и Well-test анализа

Лаборатория создана в 2017 году в составе НОЦ «Газпромнефть-Политех» для решения текущих производственных задач и подготовки студентов по направлениям: **интерпретация гидродинамических исследований скважин (ГДИС), проведение гидродинамического моделирования скважин (ГДМ), подбор геолого-технических мероприятий (ГТМ) и др.**

**43**

месторождения

**2200+**

гидродинамических исследований скважин



# Научно-образовательный центр «Биомеханика и медицинская инженерия»



Научно-образовательный центр (НОЦ) «Биомеханика и медицинская инженерия» образован в 2016 году и входит в состав Высшей школы теоретической механики.

Центр занимается организацией и проведением научно-образовательной, научно-исследовательской, инновационной и международной деятельности, внедрением результатов НИР и инновационной деятельности в учебный процесс СПбПУ с целью обеспечения высокого уровня научно-исследовательской составляющей учебных планов, проведением фундаментальных и прикладных исследований в области биомеханики и биомедицинской инженерии, а также разработкой и реализацией образовательных программ в области нейрофизиологии, биомеханики и медицинской инженерии.

- 1 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НА СТЫКЕ МЕХАНИКИ И БИОЛОГИИ**
  - Создание математических моделей для проведения исследований на стыке механики и биологии
- 2 БИОНИЧЕСКОЕ ПРОТЕЗИРОВАНИЕ**
  - Ведение разработок в области бионического протезирования верхних конечностей
- 3 РАЗРАБОТКА СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ**
  - Система дистанционного управления, основанная на определении движений оператора
  - Система управления, основанная на регистрации мышечной и мозговой активности
- 4 3D ПЕЧАТЬ**
  - Ведение разработок в области трехмерной печати. Изготовление деталей со сложной геометрией и структурой

## Бионическая рука

### ПРОЕКТЫ

Один из наиболее значимых проектов НОЦ «Биомеханика и медицинская инженерия» – бионический протез руки, успешно реализуемый с 2015 года.

Главная цель – создание протеза, максимально схожего с человеческой рукой: необходимо было добиться натурального внешнего вида, натуральных движений, низкого уровня шумов, создаваемых протезом, простую и естественную систему управления. Используя технологии 3D-прототипирования разработано два прототипа электромеханического протеза для девочки в возрасте 15 лет, у которой при рождении атрофирована правая

рука ниже локтя. Предложена система управления на основе регистрации ориентации и динамики протеза в пространстве, собрана электромеханическая схема регистрации мышечной активности, а также проведено медицинское обследование руки девочки, по результатам которого представляется возможным управление протезом посредством регистрации мышечной активности сохранившихся мышц.



## Бионический браслет

### ПРОЕКТЫ

Сотрудники НОЦ «Биомеханика и медицинская инженерия» разработали бионический браслет TILT, который позволяет управлять различными электронными устройствами при помощи сокращения мышц руки.

«Умный» браслет облегчит взаимодействие с электронными устройствами людям с различными травмами. Разработка бионического браслета TILT является логичным продолжением проекта по созданию бионического протеза руки.

По итогам российского этапа международного конкурса в сфере инженерного проектирования и дизайна James Dyson Award проект был признан лучшим.

Автор и руководитель проекта - Олег КОВАЛЁВ

THE  
JAMES  
DYSON  
AWARD



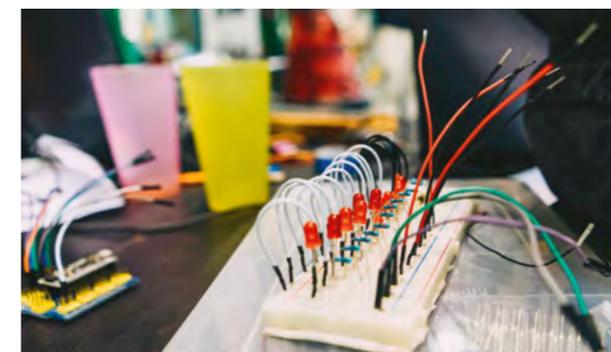
## Центр научно-технического творчества молодежи и «Фаблаб Политех»



Открытая высокотехнологичная мастерская цифрового производства Фаблаб Политех, участник мировой сети Fab Lab, создана в СПбПУ в 2013 году. **Главная цель Фаблаба** – предоставить школьникам и студентам возможность реализовать свои творческие и научно-технические проекты, используя имеющиеся в лабораториях 3D-принтеры, лазерные и фрезерные станки, режущий плоттер и ручной инструмент.

ВШТМ плотно сотрудничает с Фаблаб Политех, и многие мероприятия для школьников проводятся совместными усилиями и в помещениях мастерской.

Научным руководителем и создателем Центра научно-технического творчества молодежи и Фаблаб Политех является директор Высшей школы теоретической механики А.М. Кривцов.



ФАБЛАБ ПОЛИТЕХ ИМЕЕТ  
СТАТУС **SUPER NODE**  
В МИРОВОМ СООБЩЕСТВЕ  
FABLAB

**500+**

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ  
ПРОЕКТОВ

**50+**

ГРАНТОВ  
И ПРЕМИЙ



# Международная деятельность



**УНИВЕРСИТЕТ ТАФТСА, США**

Сотрудничество с одним из ведущих мировых ученых-механиков М.Л. Качановым (H-index 43)

- Лекции для студентов ВШТМ
- Научные проекты
- Совместные публикации

**АБЕРДИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ, ШОТЛАНДИЯ**

Абердинский проект

Абердинский проект — общее название серии научно-исследовательских проектов, посвященных исследованию разрушения горных пород под действием вибрационного бурения (Resonance Enhanced Drilling, RED). Проект осуществляется сотрудниками ВШТМ совместно с сотрудниками Абердинского Университета.

**ТУ БЕРЛИН, ГЕРМАНИЯ**

Стратегическое партнерство (Политех - ТУ Берлин), В. Мюллер  
Мобильность СПбПУ -> ТУ Берлин

**5+** преподавателей  
**15+** научных сотрудников и студентов  
**20+** совместных публикаций

Грант РНФ совместно с Немецким научно-исследовательским сообществом DFG, грант DFG на мобильность научного сотрудника СПбПУ.

**ГАННОВЕР, ГЕРМАНИЯ**

Стратегическое партнерство (Политех - Лейбниц университет Ганновера), У. Накенхорст

- Лекции для студентов ВШТМ
- Научные проекты
- Совместные публикации
- Стажировки и программы обмена

**КЭМБРИДЖ, ВЕЛИКОБРИТАНИЯ**

Сотрудничество с одним из ведущих мировых ученых-механиков Г. Хуппертом (H-index 60)

- Лекции для студентов ВШТМ
- Научные проекты
- Совместные публикации

**МАГДЕБУРГ, ГЕРМАНИЯ**

Сотрудничество с одним из ведущих ученых-механиков Х. Альтенбахом (H-index 27)

- Лекции для студентов ВШТМ
- Научные проекты
- Совместные публикации

**ПАРИЖ, ФРАНЦИЯ**

Политех-Эколь Политекник

- Стажировки и программы обмена

**ТУРИН, ИТАЛИЯ**

Трехстороннее соглашение о сотрудничестве между ПАО «Газпром нефть», Санкт-Петербургским политехническим университетом Петра Великого и Туринским Политехническим университетом.

**ТЕЛЬ-АВИВ, ИЗРАИЛЬ**

- Лекции для студентов ВШТМ
- Научные проекты
- Совместные публикации
- Постдок

## Сотрудничество с Туринским политехническим университетом

В марте 2019 года состоялось подписание трехстороннего соглашения о сотрудничестве между ПАО «Газпром нефть», Санкт-Петербургским политехническим университетом Петра Великого и Туринским политехническим университетом (Италия).

### ТУРИНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



СТАРЕЙШИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ В ИТАЛИИ (ОСНОВАН В 1859 Г.)



ВХОДИТ В ТОП-50 ТЕХНИЧЕСКИХ УНИВЕРСИТЕТОВ МИРА ПО ВЕРСИИ QS WORLD UNIVERSITY RANKINGS



ОДИН ИЗ ВЕДУЩИХ ИНЖЕНЕРНЫХ КОЛЛЕДЖЕЙ ЕВРОПЫ

В рамках сотрудничества ведется совместная опытно-конструкторская работа по направлениям электронной разработки активов, добычи «трудной» нефти, внедрения цифровых технологий. Так же организован взаимный обмен студентами между Высшей школой теоретической механики и факультетом окружающей среды, землеустройства и инфраструктуры Туринского политехнического университета. Итальянские студенты проходят практику в Научно-Техническом Центре «Газпром нефти». В свою очередь, сотрудники «Газпром нефти» повышают квалификацию, участвуют в научных и образовательных программах итальянского вуза.



ПОДПИСАНИЕ ТРЕХСТОРОННЕГО СОГЛАШЕНИЯ О СОТРУДНИЧЕСТВЕ МЕЖДУ ПАО «ГАЗПРОМ НЕФТЬ», САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИМ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИМ УНИВЕРСИТЕТОМ ПЕТРА ВЕЛИКОГО И ТУРИНСКИМ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИМ УНИВЕРСИТЕТОМ

## Сотрудничество с ведущими мировыми учеными



Марк **КАЧАНОВ**  
Университет Тафтса,  
США

H-index **43**,  
главный редактор журна-  
ла **International Journal of**  
**Engineering Science** (IF 9.052)

### ЭКСПЕРТ:

- Shell;
- Marathon Oil;
- Schlumberger



Герберт **ХУППЕРТ**  
Кембриджский университет,  
Великобритания

H-index **60**,  
профессор Кембриджского  
университета,  
Член Королевского общества

### ЭКСПЕРТ:

- British Petroleum



Вольфганг **МЮЛЛЕР**  
Технический университет  
Берлина, Германия

H-index **26**,  
профессор Технического  
университета Берлина





## Международная летняя школа-конференция «Актуальные проблемы механики»

Одно из крупнейших в России мероприятий, посвященных вопросам механики, – Международная летняя школа-конференция «Актуальные проблемы механики» (АПМ) проводится с **1971 года**. Первая летняя школа была организована советским учёным в области теоретической и прикладной механики, профессором, членом-корреспондентом АН Латвийской ССР Я. Г. Пановко.

С 2014 года АПМ проводится в СПбГУ. Организатором конференции выступает Высшая школа теоретической механики. Мероприятие является центром притяжения выдающихся российских и зарубежных ученых, экспертов в области механики.

### ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ:

- механика сред с микроструктурой
- нано- и микромеханика
- молекулярная динамика частиц
- биомеханика
- фазовые переходы
- компьютерное моделирование
- волновое движение
- нелинейная динамика
- динамика твердого тела
- пластичность и др.

**340+**

УЧАСТНИКОВ  
ИЗ 23 СТРАН

**38**

ПЛЕНАРНЫХ ЛЕКЦИЙ

**40+**

УЧАСТНИКОВ  
С ИНДЕКСОМ ХИРША 20+

**11**

МИНИСИМПОЗИУМОВ

**9**

СЕКЦИЙ

**13**

ЧЛЕНОВ-КОРРЕСПОНДЕНТОВ  
И АКАДЕМИКОВ

APM-CONF.SPB.RU



**HSTM.SPBSTU.RU**

[vk.com/theormech](https://vk.com/theormech)

[instagram.com/theormech](https://instagram.com/theormech)

Санкт-Петербург, Политехническая ул. 29 АФ,  
Научно-исследовательский корпус «Технополис»,  
ауд. А 2.24

8 (812) 552-64-07

[hstm@spbstu.ru](mailto:hstm@spbstu.ru)