

Научно-исследовательская группа



**«Биомеханика и
медицинский
инжиниринг»**



Владимир Сергеевич Сердюков
К.ф.-м.н., руководитель группы



О группе

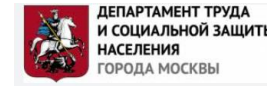


Группа создана осенью 2023 года на базе Международного математического центра в Академгородке (ММФ НГУ) и функционирует на базе Института медицины и медицинских технологий НГУ.

Направления:

- исследование биомеханики ходьбы для решения задач реабилитации ампутантов нижних конечностей;
- математическое моделирование и создание цифровых двойников пациентов с ампутациями и нарушениями ОДА;
- численное моделирование прочностных характеристик протезов;
- разработка экзопротезов нижних и верхних конечностей, в т.ч. с использованием аддитивных технологий;
- разработка программных продуктов в области исследования биомеханики пациентов протезно-ортопедических предприятий;
- разработка прочих медицинских изделий для задач импортозамещения.

Партнеры и заказчики:



ТЕХНОМАШ

Реализуемые проекты

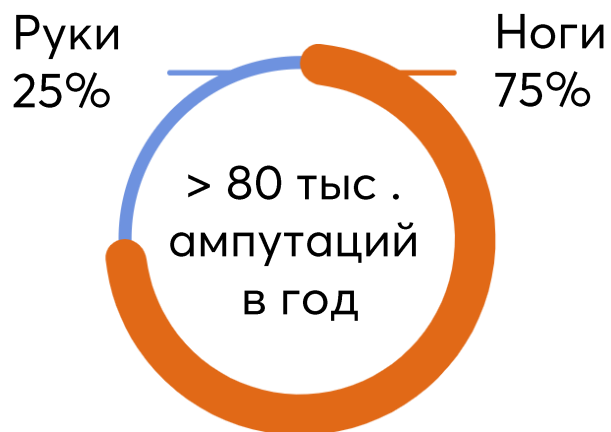


1. Анализ биомеханических показателей ампутантов с целью отслеживания хода реабилитации и корректности настроек протезов;
2. Цифровой двойник ампутанта;
3. Стелька для отслеживания биомеханических показателей ампутантов при ходьбе;
4. Моделирование и разработка протезов;
5. Изготовление прототипов протезов стоп;
6. Адаптивная культеприемная гильза протеза верхней конечности;
7. 3D-печатный протез стопы;

1. Анализ биомеханики ампутантов



Сегодня Россия входит в топ-5 стран по протезированию. Преимущественно – протезирование ног.



Потенциальные потребители: центры протезирования и реабилитации, разработчики протезов ~ 200 в РФ.

Проблемы протезной отрасли:

- Объективизация подбора протеза пациенту;
- Количественный анализ эффективности реабилитации.

Предлагаемое решение



Предлагается использовать систему захвата движений и разработанный алгоритм автоматизированной обработки данных для подготовки протокола, в котором содержится необходимая информация о ходе реабилитации пациента и/или различных настройках протеза.



Преимущества:

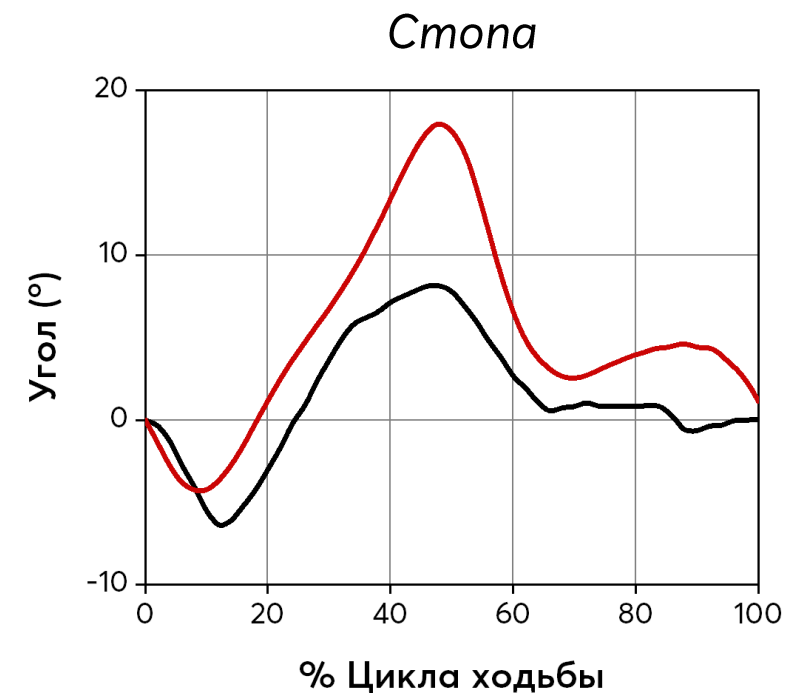
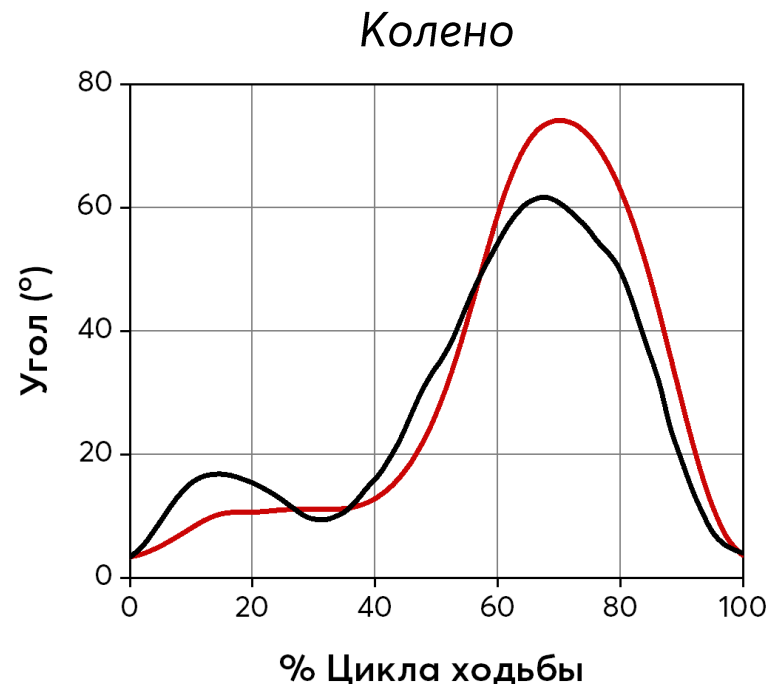
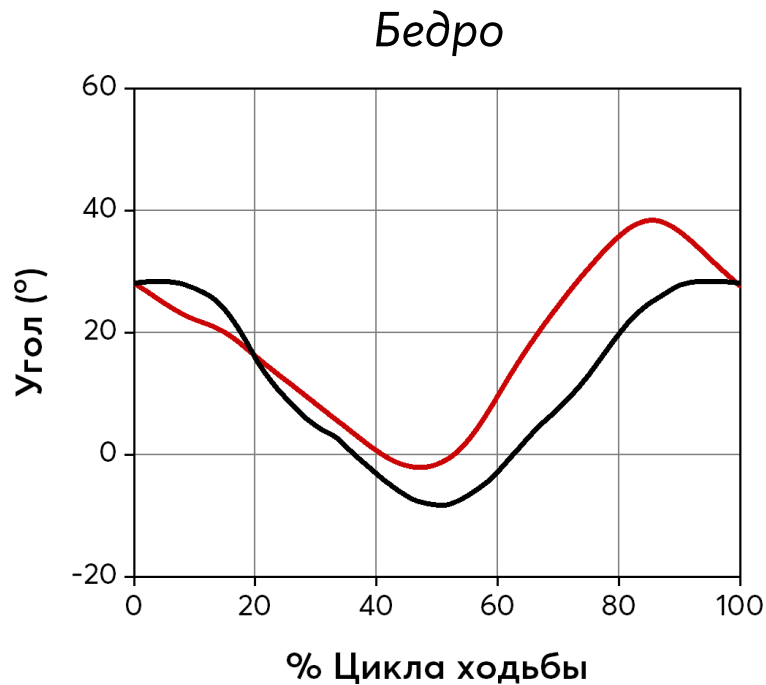
- Низкая стоимость;
- Простота использования;
- Быстрый анализ;
- Возможность проведения анализа в любых условиях;
- Автоматизированная обработка данных.



Результаты: углы сгибания суставов



Использование системы захвата данных позволяет отследить углы сгибания/разгибания суставов нижних конечностей и сравнить с данными ГОСТ Р 53871-2021 «Методы оценки реабилитационной эффективности протезирования нижних конечностей»

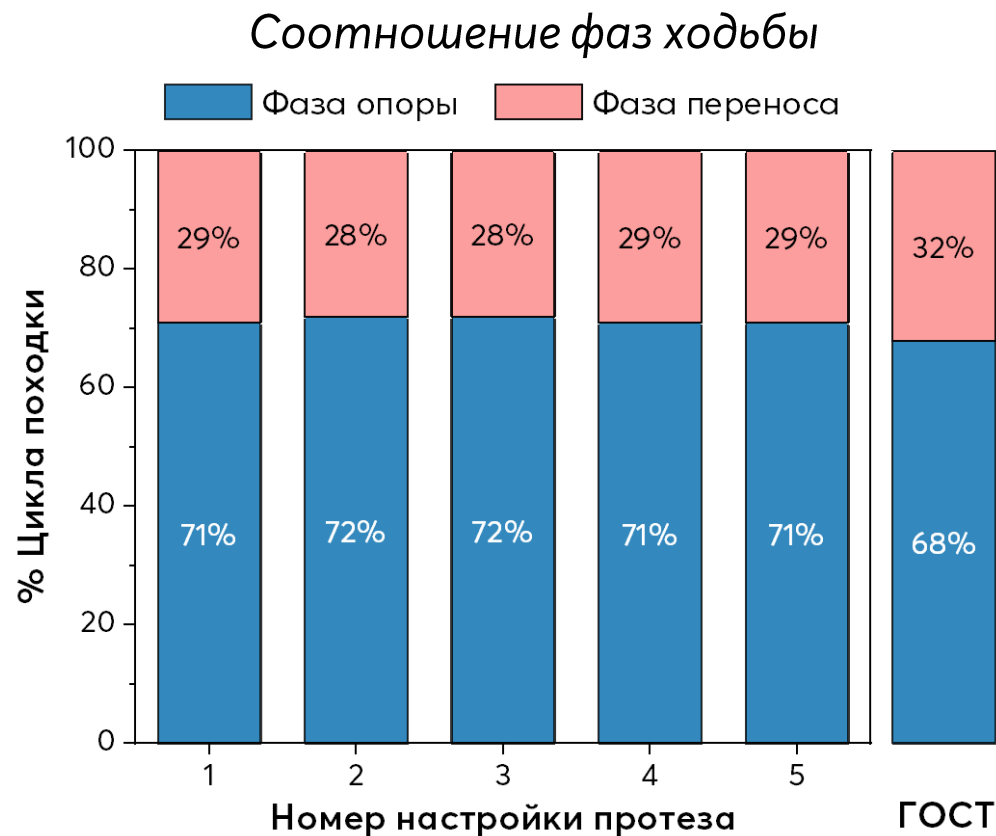
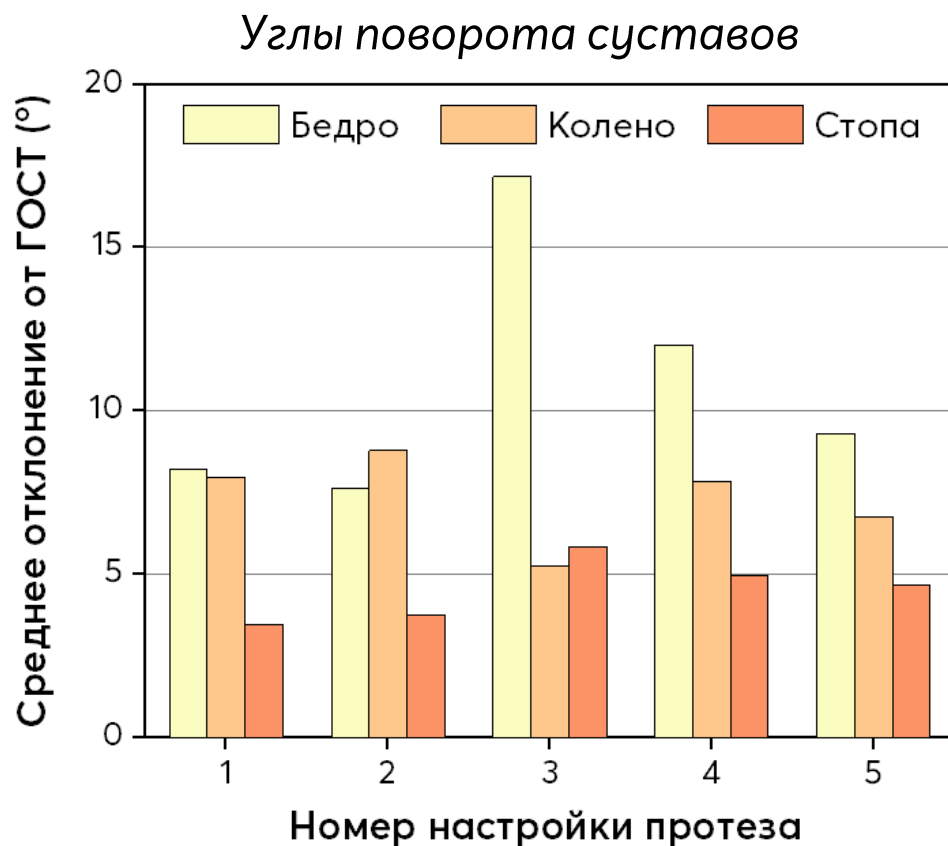


— Данные пациента — ГОСТ

Результаты: сравнение с ГОСТ



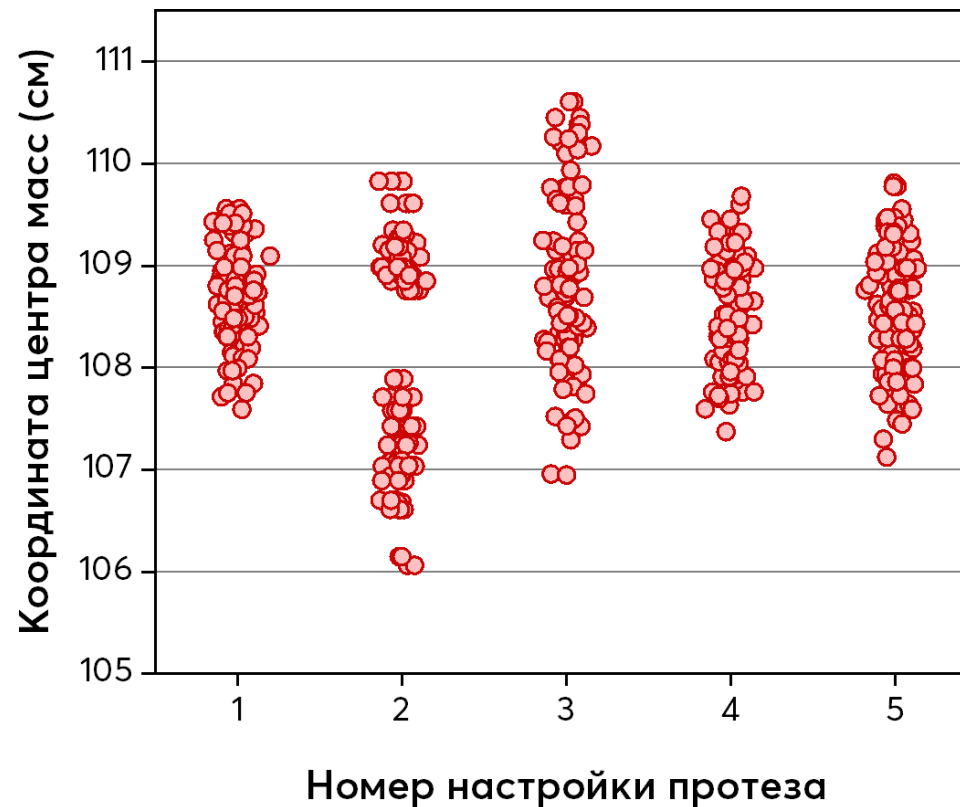
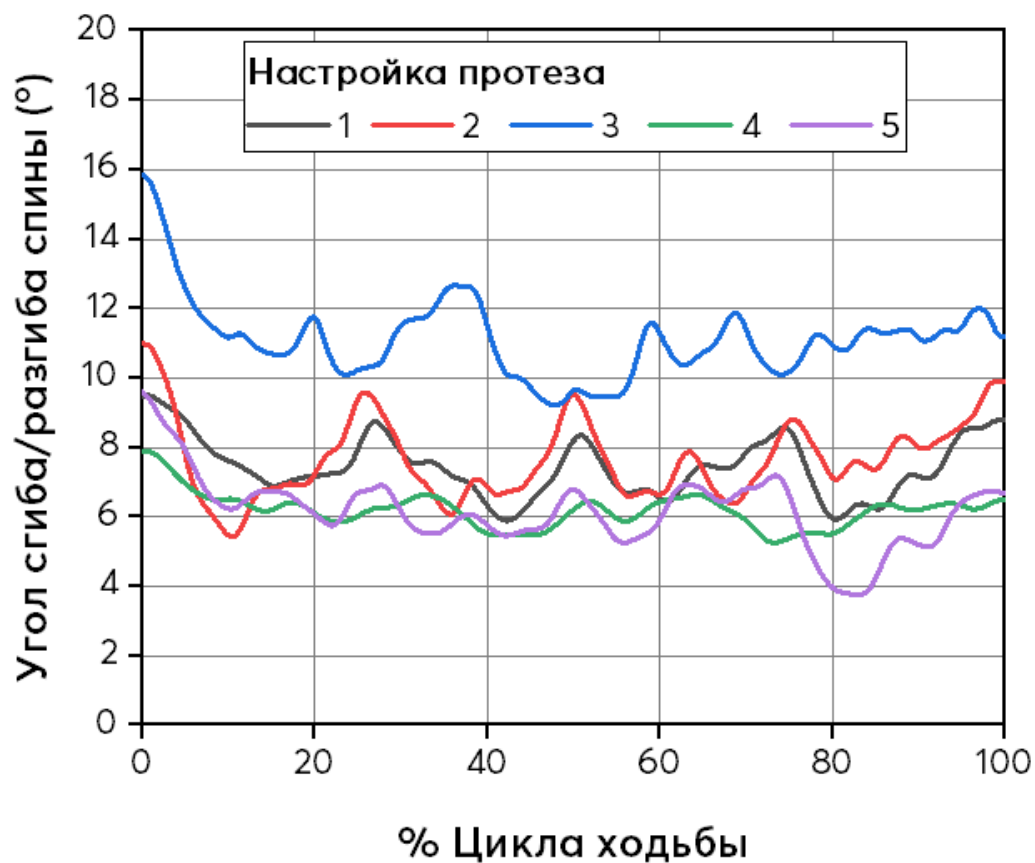
Анализ данных позволяет получить **количественное** сравнение в виде гистограмм с ГОСТ Р 53871-2021 «Методы оценки реабилитационной эффективности протезирования нижних конечностей»



Результаты: наклон спины и положение ЦМ



Становится возможным оценить углы сгибания спины и положение центра масс пациента



Результаты: ПО для анализа



Схема работы:

1. Проводится съемка движений по инструкции (занимает 10-15 минут на человека);
2. Формируется файл, где записано движение;
3. Заполняется карточка пациента с основными характеристиками на сайте;
4. Загружается файл на сайт;
5. ПО выдает подробный анализ ходьбы: графики сгибания суставов, фазы ходьбы, показатель асимметрии и т.д.;
6. Заполняются комментарии по желанию;
7. Формируется отчет из выбранных параметров.

PATIENT INFO ANALYSIS

Информация о пациенте СБРОСИТЬ

Общая информация

ФИО

Дата рождения Возраст

Пол
 М Ж

Рост Вес

Левая нога **Правая нога**

Уровень ампутации нет нет

Дата ампутации Дата ампутации

Дата получения протеза Дата получения протеза

Тип гильзы первичная постоянная первичная постоянная

Модель протеза Модель протеза

Жесткость Жесткость

Врач

ФИО врача

Комментарии





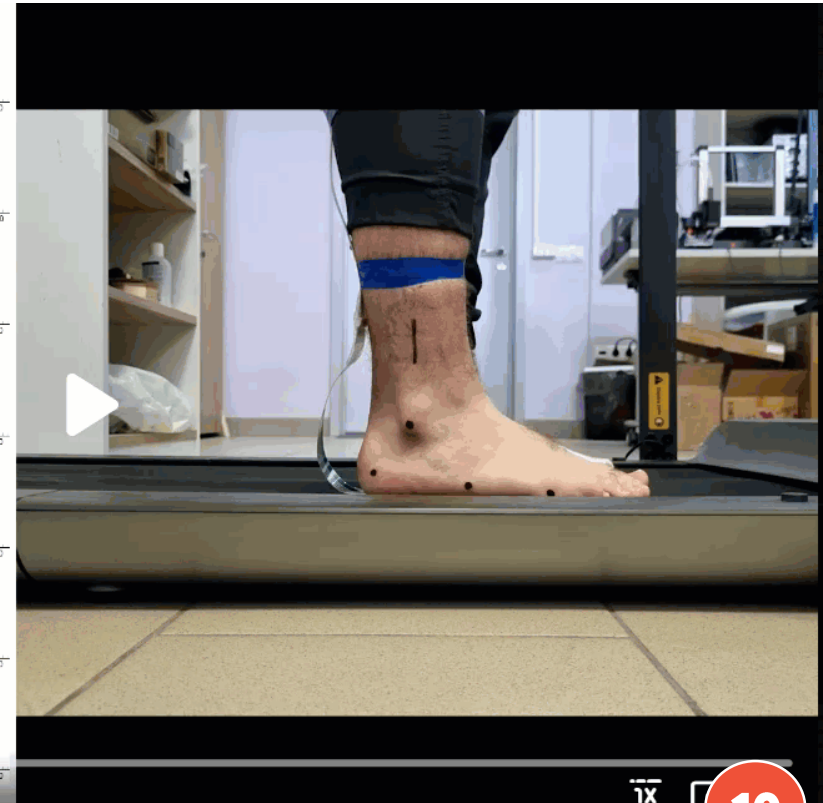
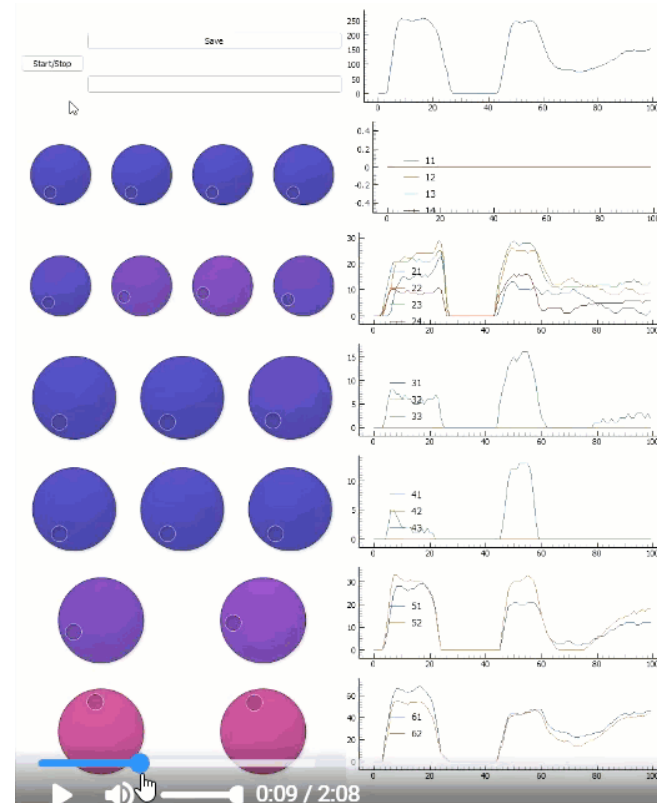
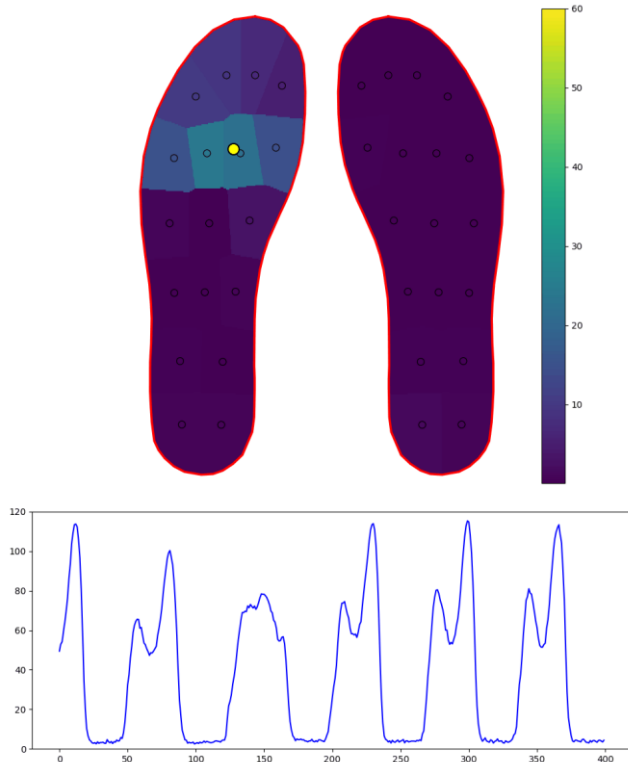
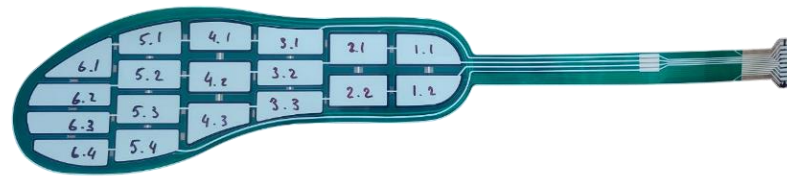
1. Отслеживание хода реабилитации ампутантов с количественной метрикой и сопоставлением с ГОСТ Р 53871-2021;
2. Нахождение оптимальных настроек протезов нижних конечностей, а также настройка протезов при их разработке для учета биомеханики ампутантов, в т.ч. с использованием машинного обучения.

1. Darya Korostovskaya, Tatyana Shashkina, Yulia Peschenyuk, Vladimir Serdyukov The study of prosthetic foot alignment on amputee gait kinematics using IMU-based motion capture system // Journal of Applied Biomechanics. – *in press*
2. Darya Korostovskaya, Tatyana Shashkina, Yulia Peschenyuk, Vladimir Serdyukov A method of tracking rehabilitation of lower limb amputees using a motion capture system // Gait & Posture. – *in press*

2. Стелька для анализа биомеханики



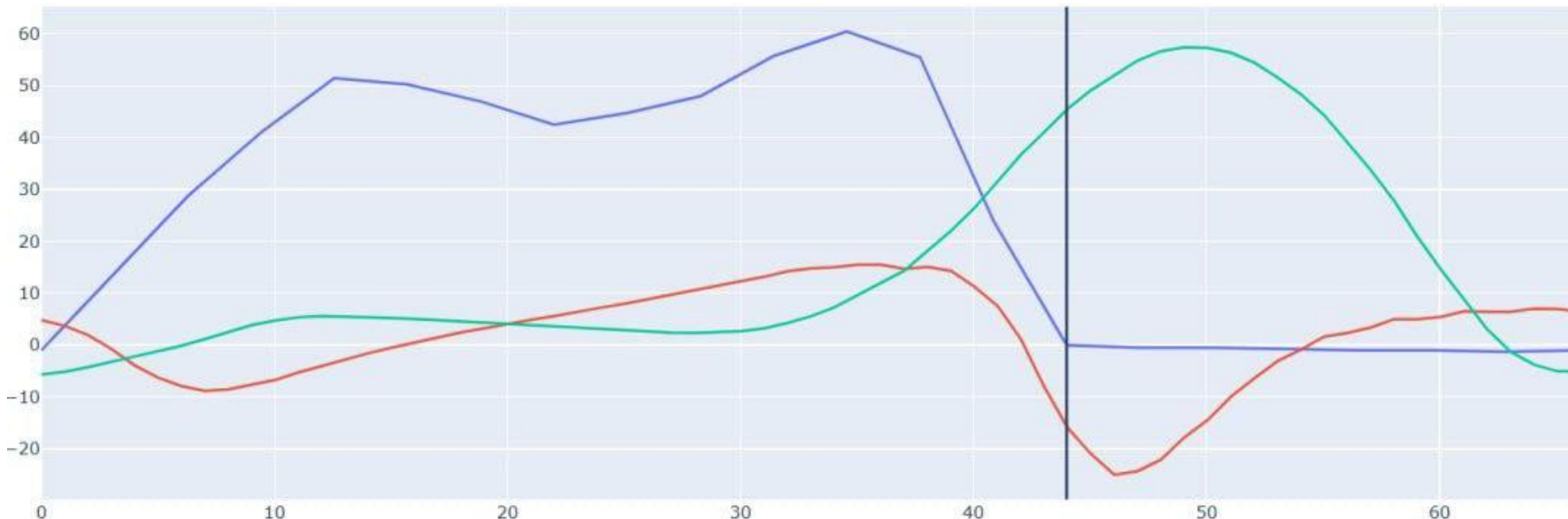
Преимущества решения: низкая стоимость, возможность численной оценки распределения нагрузки при ходьбе по стопам и между конечностями.



Захват движений + стелька



Совмещение стельки и системы захвата движений позволяет разделить циклы походки на фазы опоры и переноса и проанализировать их соотношение. В результате можно получить информацию об асимметрии походки ампутантов.



Синим цветом показаны данные со стельки (суммарная нагрузка на опору)
Красным – угол сгибания стопы
Зеленым – угол сгибания колена
Черная линия - начало фазы переноса

3. Цифровой двойник ампутанта



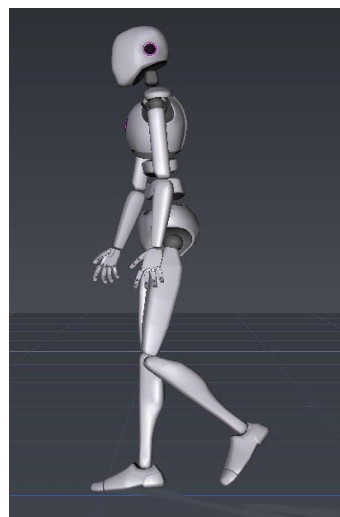
При поддержке



СЗД



Человек с
ТТА*

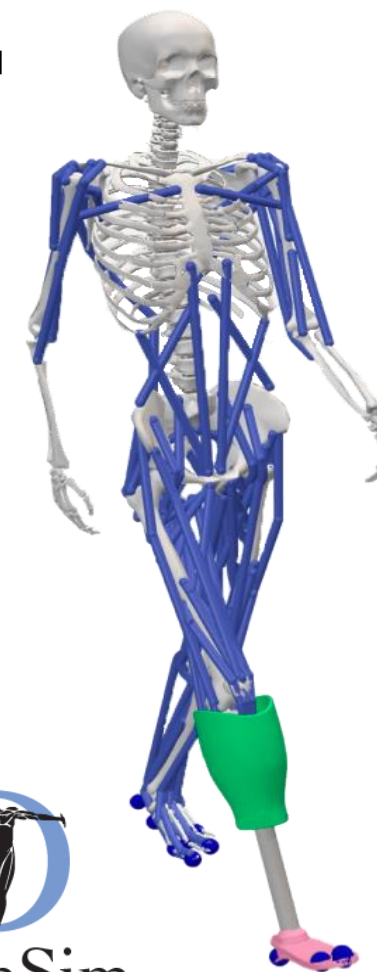


Человек в
СЗД

Цифровой двойник позволяет получить:

- Данные о работе мышц;
- Данные о нагрузках в суставах;
- Предсказательные возможности для испытания протезов различной конструкции.

Цифровой
двойник



Модель человека: физический смысл

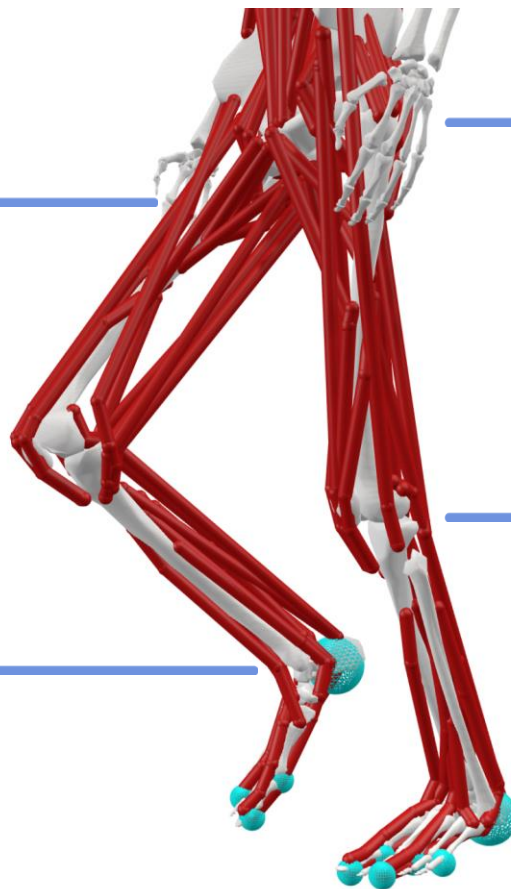


Мышцы

Пружины. Позволяют рассчитать силы и энергетические затраты во время движений. Также мышцы могут регулировать движение модели.

Контактная геометрия

Сферы и плоскости. Позволяют воспроизвести взаимодействие с опорой



Кости

Твердые тела. Служат опорой модели.

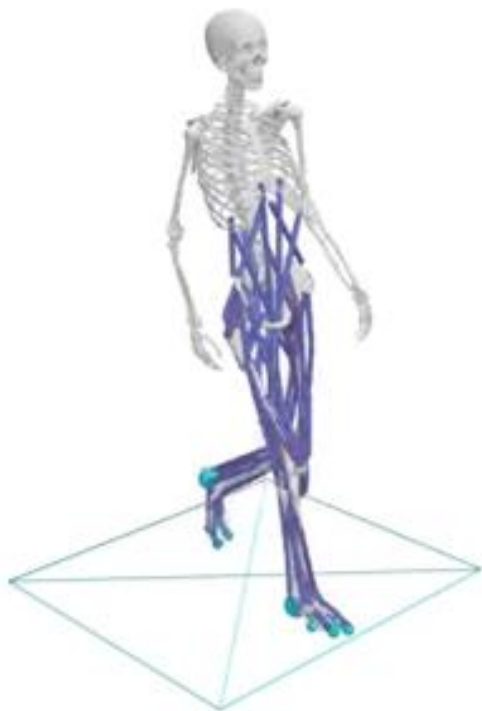
Суставы

Мобилизаторы. Регулируют положение модели в пространстве.

ЦД: предсказательные возможности



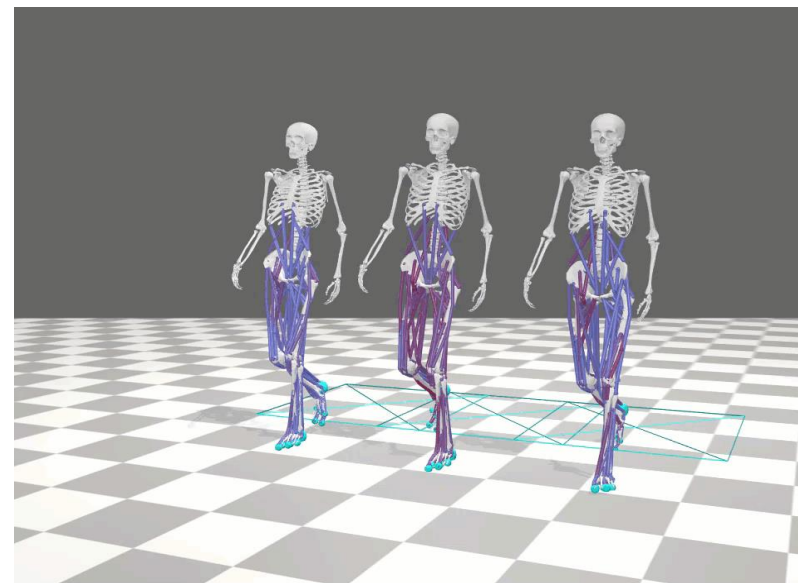
Входные данные: движение человека, начальная и конечная точки, силы реакции опоры (ключевые точки).



Изменения параметров опоры на здоровом человеке

Примеры:

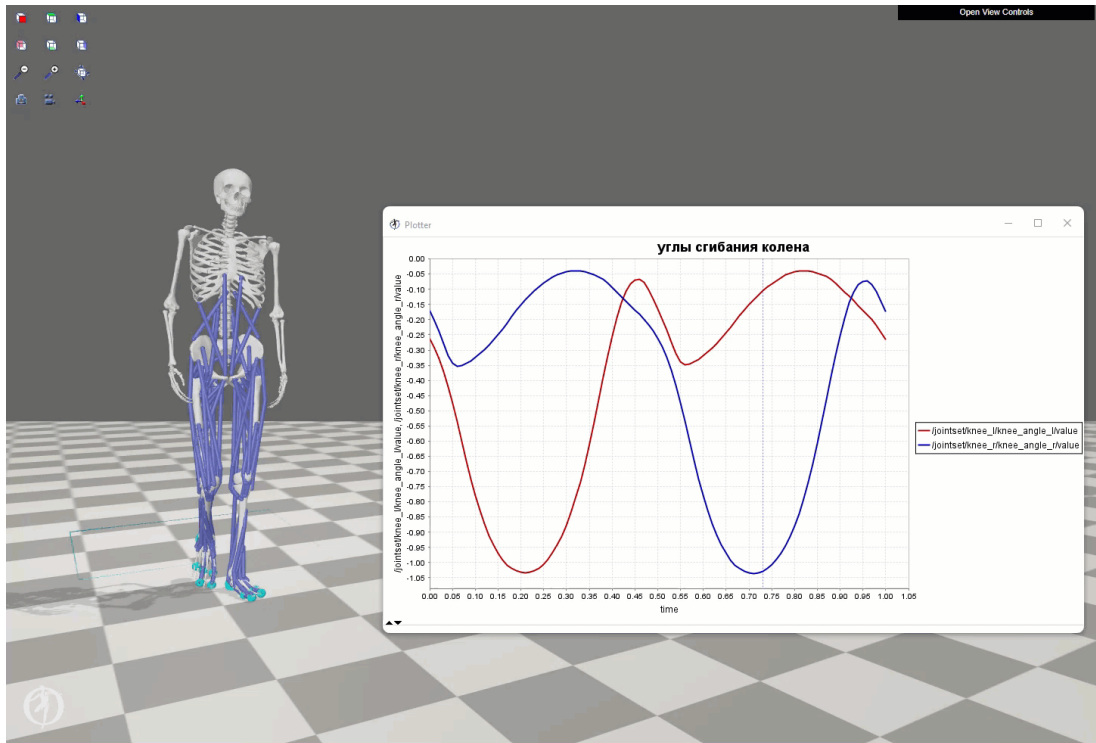
- Повышенное скольжение
- Утяжеленная правая нога
- Вязкая поверхность



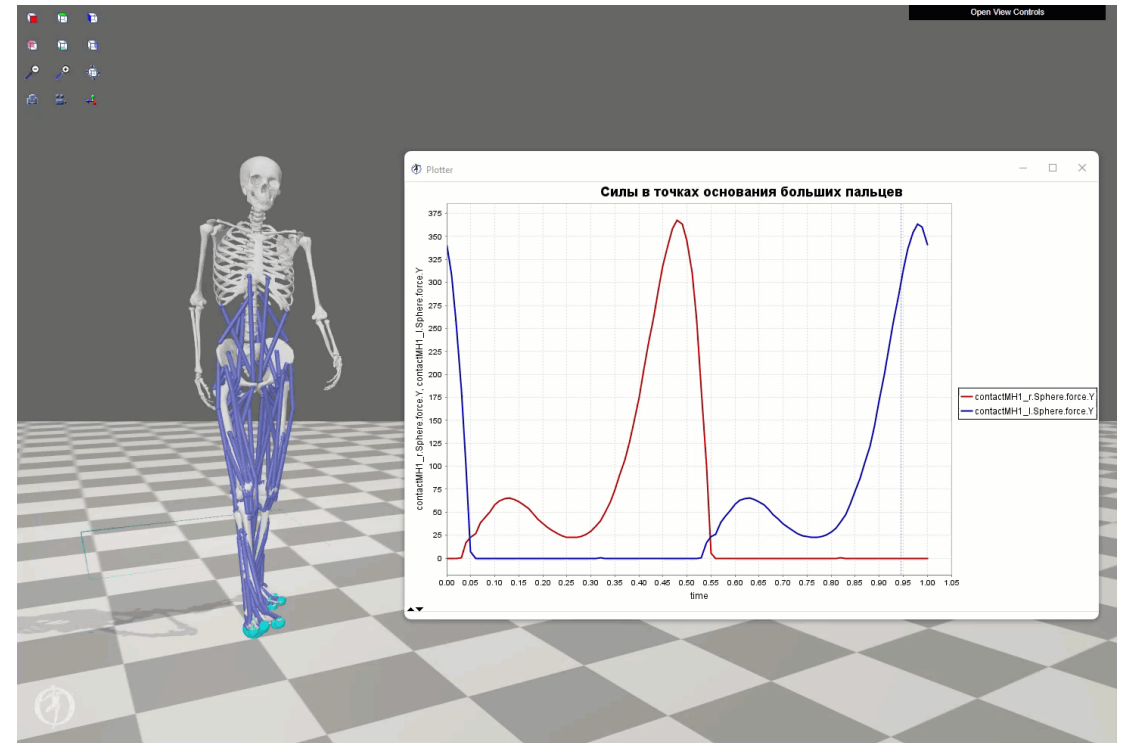
ЦД: предсказательные возможности



Повышенное скольжение.
Углы сгибания колена



Повышенное скольжение.
Возникающая сила реакции опоры у
большого пальца



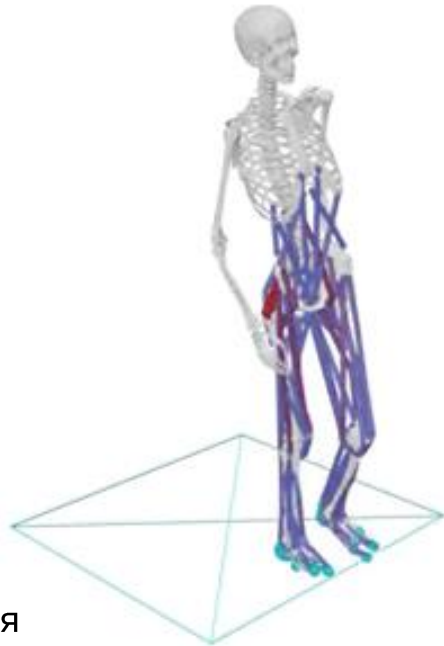
ЦД: предсказательные возможности



Вязкая поверхность.
Углы сгибания колена

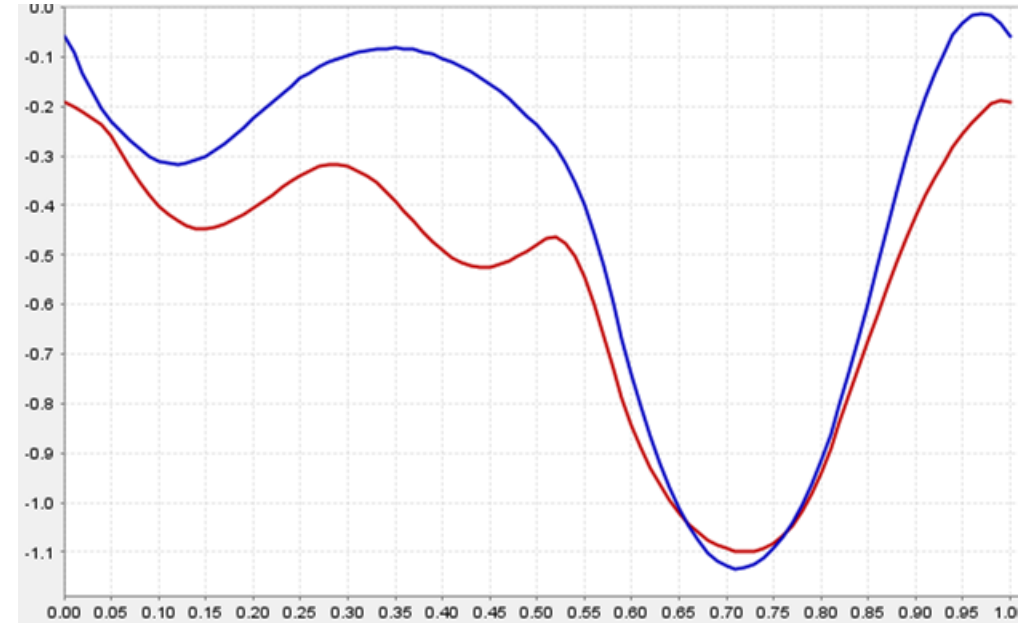


коэф.
трения
100



угол сгибания правого
колена (рад)

- Модель с высоким коэф-том трения
- Модель здорового человека



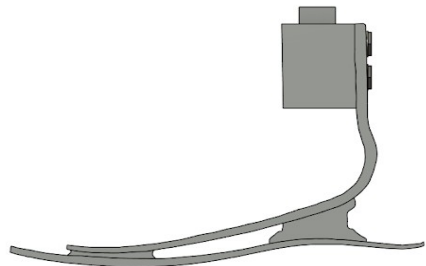


1. Моделирование походки человека для исследования биомеханических показателей при проведении операций, постановки протезов, в т.ч. активных, и тд.;
2. Корректировка настроек и разработка протезов для достижения максимальной энергоэффективности ходьбы без необходимости проведения натурных экспериментов;

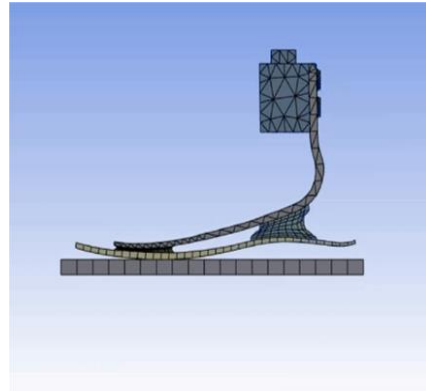
4. Моделирование и разработка протезов



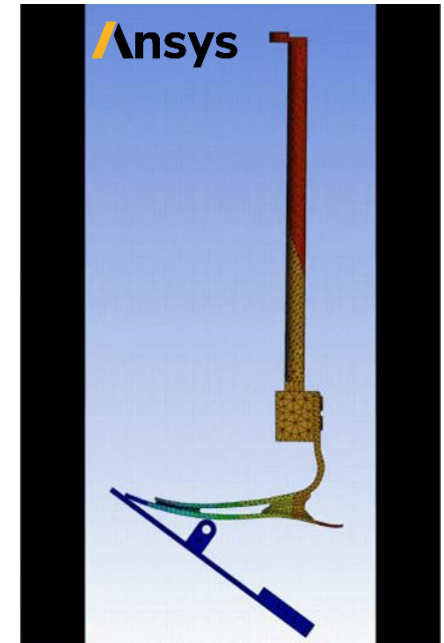
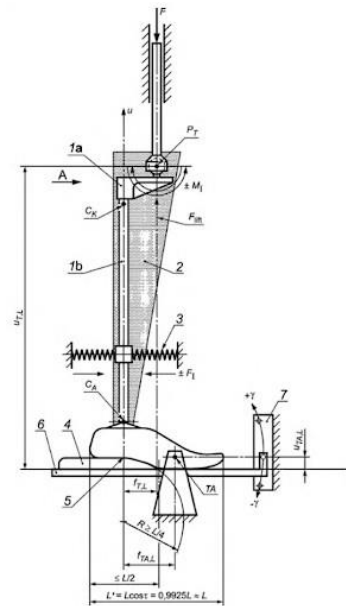
Цель – на основе численного моделирования разработать и оптимизировать геометрию протеза стопы из карбона 3-го уровня активности, а также изготовить рабочий прототип.



Ottobock Taleo



Цифровой двойник станда для испытаний протезов нижних конечностей (ГОСТ Р ИСО 22675-2019)

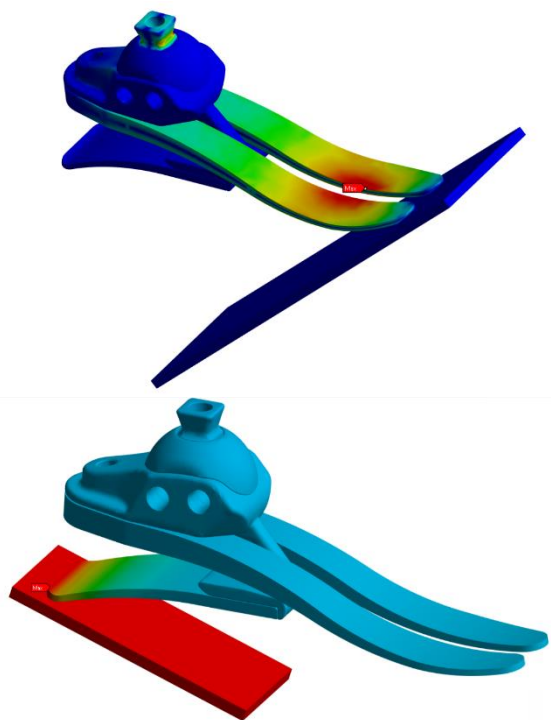


5. Изготовление прототипов протезов стоп



ТЕХНОМАШ

Моделирование
прочностных характеристик



Изготовление элементов стопы,
включая композитные пластины
(карбон, стеклоткань)



Изготовление косметической калоши
из полиуретана

Испытание на пациенте (95 кг)



6. Адаптивная культеприемная гильза протеза верхней конечности



Цель: разработка универсального протеза, адаптирующегося под анатомические особенности культи. Такой подход позволит сократить время протезирования и ускорить возвращение пациентов к повседневной жизни.

В основе решения — технологии SLS 3D-печати и 3D-моделирования, обеспечивающие высокую точность и возможность массового производства.



7. 3D-печатный протез стопы



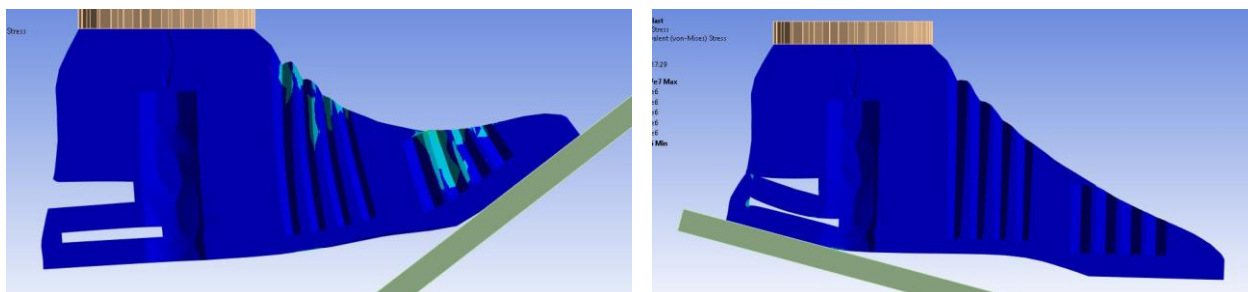
Цель: разработать протез стопы с уровнем активности 1-2 с низкой себестоимостью и возможностью персонализации.

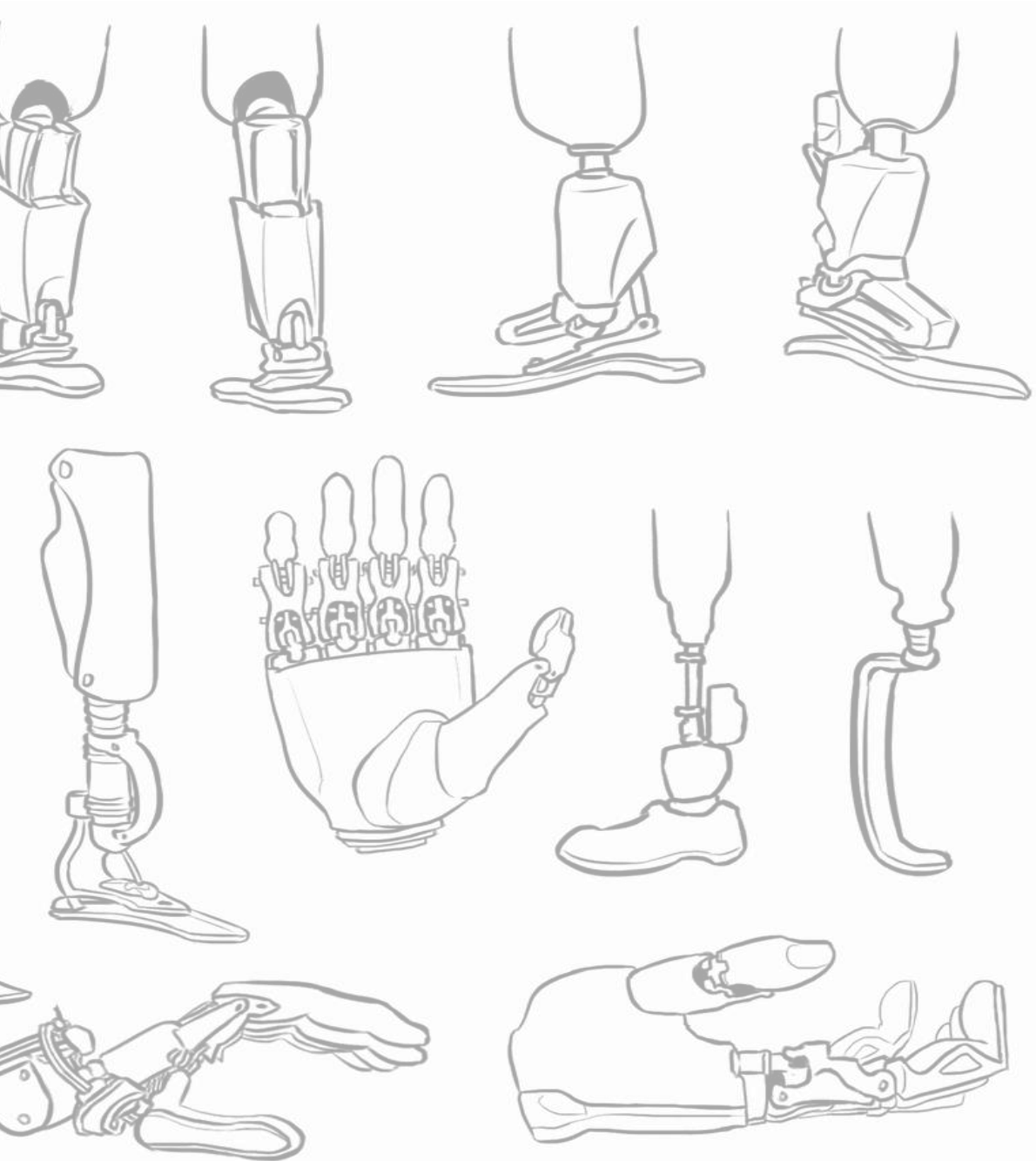
В основе решения — технология FDM 3D-печати. Предварительно проведено моделирование прочностных характеристик. Материал печати – TPU 95A, вес изделия (с учётом PCY) – до 600 грамм. Не требует косметической калоши, возможность варьирования цвета и текстуры.

При поддержке



Правительство
Новосибирской
области





СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

vsserd@gmail.com



ТG-канал группы
https://t.me/gait_lab