

## Пример применения ANSYS Mechanical и возможностей 3D печати для производства персонализированных зубных имплантов

Если у человека нет нескольких зубов и имеется значительная атрофия костной ткани челюсти, то ему скорее всего не подойдут стандартные зубные импланты. Для лечения, как правило, используется костная пластика, которая предполагает несколько операций и занимает год или больше. Компания OMX Solutions использует моделирование в ANSYS Mechanical и возможности аддитивного производства для изготовления имплантатов, которые соответствуют размерам челюсти и контурам лица, а для их установки требуется всего одна операция. Внешний вид пациента полностью восстанавливается, и ему разрешается есть сразу после операции.

Травмы, переломы, опухоли, дегенеративные заболевания костей, а также остеоартроз и другие заболевания, могут привести к необходимости полной замены височно-нижнечелюстного сустава (ВНЧС).

Для замены ВНЧС существуют стандартные протезы, которые зачастую плохо подходят пациенту и имеют ограниченную функциональность. Специалисты OMX Solutions, мирового лидера в области цифровых решений для хирургии, разработали инновационную методику с применением цифрового проектирования и аддитивного производства для изготовления индивидуальных имплантатов, идеально подходящих пациенту. OMX Solutions использует ANSYS Mechanical для моделирования кости и имплантата как единого целого и проведения испытаний, которые гарантируют, что эти имплантаты смогут выдерживать жевательную нагрузку. В результате изготавливаются персонализированные имплантаты, которые повышают качество жизни, значительно сокращают количество требуемых операций и исключают болевые ощущения в донорских участках (которые были бы в случае костной пластики).



До



После

### Ограничения обычных имплантатов

При отсутствии большей части кости и несколько зубов, обычные зубные имплантаты не подходят. Другим вариантом является временный съемный протез, который не отличается удобством и хорошей стабилизацией. Поэтому используется следующая схема: хирурги выполняют одну процедуру для забора костной ткани из донорского участка и имплантации в челюсть. Дополнительные операции необходимы для имплантации зубов. Пациенту требуется значительный срок для восстановления между операциями, и общее время выздоровления может составлять год или более.

Операция по костной пластике является непростым процессом, и с ее помощью сложно вернуть прежний контур лица, поэтому у пациента часто остается асимметрия. Также бывают болевые ощущения и ин-

*«Моделирование помогает выявить потенциальные проблемы при взаимодействии между компонентами и определить возможные места отказа»*

фекции в месте взятия донорской ткани. Если необходима замена ВНЧС, то существующие стандартные имплантаты, не могут подойти для всех возможных случаев, встречающихся в клинической практике.

## Новый подход - использование аддитивного производства

Компания OMX Solutions разработала решения для данных проблем. OMX Solutions Osseo-Frame - это челюстной имплантат, который обеспечивает надежную замену кости и место для крепления зубных протезов. Он позволяет отказаться от пересадки костной ткани в случае, когда состояние челюстной кости пациента не подходит для установки обычных зубных протезов. Конструкция импланта разрабатывается виртуально и печатается на 3D-принтере, идеально соответствуя кости человека и не требуя модификации. Микровинты и базисная пластинка обеспечивают первичную стабилизацию, поэтому имплантат (и искусственные зубы) можно сразу устанавливать без длительного периода заживления.



Система OMX Solutions TMJ Total Joint Replacement предназначена для полной замены височно-нижнечелюстного сустава пациента. Титановый элемент, заменяющий ветвь нижней челюсти с суставной головкой, печатается на 3D-принтере. Его цифровую модель можно изменять на основе данных компьютерной томографии (КТ) для обеспечения полного соответствия костной структуре каждого отдельно-

го пациента. Полиэтиленовый элемент, имитирующий суставную ямку, также имеет виртуальную модель и корректируется по индивидуальным параметрам с помощью обработки на станке с ЧПУ. Оба элемента могут поставляться с направляющими для резки, сверления и правильного позиционирования, что повышает точность установки во время операции



Элементы имплантата, заменяющего ВНЧС: элемент, заменяющий ветвь нижней челюсти с суставной головкой (слева), и элемент, имитирующий суставную ямку (справа)

## Процесс проектирования индивидуальных имплантатов

Первым шагом для персонализации изделия и соответствия контурам кости отдельного пациента является выполнение компьютерной томографии, которая точно показывает геометрию существующей костной структуры человека. Затем инженеры OMX Solutions используют программное обеспечение Materialise Mimics® для преобразования результатов КТ-сканирования в цифровую модель кости и программное обеспечение Materialise 3-matic® для проектирования имплантата, точно соответствующего 3D-модели скелета пациента. При разработке нестандартных имплантатов инженерам OMX Solutions необходимо гарантировать, что вся система, включая

кость и компоненты имплантата, не выйдет из строя. Без моделирования было бы необходимо напечатать каждый имплантат и провести физические испытания. В случае отрицательных результатов, было бы необходимо заново проектировать, изготавливать и тестировать изделия, что дорого и времязатратно. Более того, проведение физических испытаний всей системы имплантат-кость для каждого пациента невозможно. Индивидуальное моделирование для пациента - единственный способ для OMX Solutions экономически эффективно обеспечить необходимое качество каждого имплантата.

ПРОЦЕСС ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
В OMX SOLUTIONS

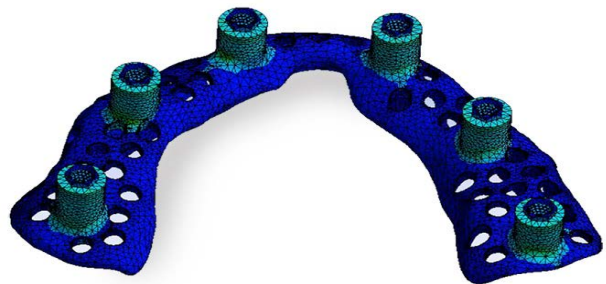
## Моделирование в ANSYS Mechanical

OMX Solutions выбрал ANSYS за его интуитивно понятный пользовательский интерфейс. Инженеры компании вначале моделируют изделие отдельно, используя среднее значение жевательной нагрузки из справочника. Данное значение верно для среднестатистического 25-летнего мужчины, в то время как пациенты, использующие продукты OMX, старше и обладают меньшей мышечной силой, соответственно, у них жевательная нагрузка ниже. Подобный подход обеспечивает достаточный запас прочности.

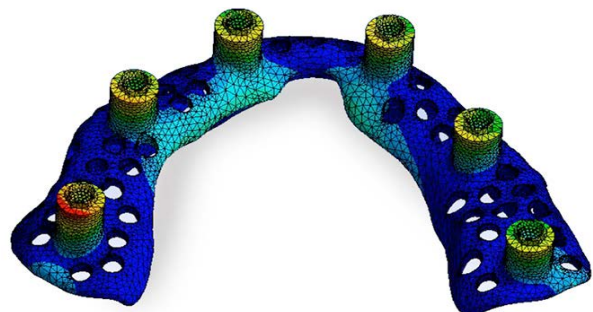
После получения результатов расчетов изделия, подтверждающих соответствие необходимым параметрам, инженеры переходят к моделированию всей системы, включающей модель кости, полученную при помощи КТ, и винты для крепления имплантата. Все материалы рассматриваются как нелинейные. Эта модель учитывает наличие контактов с трением между костью, винтами и имплантатом. Функция обнаружения контактов используется для определения контактов на каждой грани винта в модели кости и для выявления любого потенциального разъединения каких-либо элементов импланта, которое может произойти при эксплуатации.

Расчет обычно занимает от двух до пяти часов на 4-ядерном компьютере. Моделирование выявляет потенциальные проблемы, которые могут возникнуть

## ВИРТУАЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ



## Визуализация эквивалентных деформаций в импланте Osseo-Frame



## Визуализация общих деформаций в импланте Osseo-Frame