



3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ОРТОПЕДИЧЕСКОГО КОРСЕТА В DELCAM POWERSHAPE-FEATURECAM

Носов П.С.

Одесский национальный политехнический университет

*В статье предложена конструкция ортопедического корсета, подходы в 3D-моделировании и изготовлении его структурных элементов с помощью семейства программных продуктов Delcam pls с последующим изготовлением на станке с числовым программным управлением (ЧПУ).
Ключевые слова: ортопедический корсет, 3D-моделирование, сколиоз, системы Delcam pls.*

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными или практическими заданиями. Быстрое развитие современной медицины и науки позволило улучшить и повысить качество лечения, однако некоторые аспекты реабилитологии еще нуждаются в технических решениях, например, нарушения осанки [1].

На протяжении многих лет исправление осанки ограничивалось ношением корсетов. Но корсеты лишь играют роль жесткой оболочки, заменяя мышечный аппарат пациента, необходимый для фиксации правильной осанки. Все это определяет проблему, которая нуждается в новых подходах и современных информационных технологиях.

Анализ последних исследований и публикаций и выделение нерешенных задач проблемы. Корсеты приобретают новые формы, модификации и функции, но зачастую это проявляется в виде применения магнитов, узких специализаций под фрагменты спины, а также применение новых материалов, систем ремней и креплений [2].

В преддверии появления «интеллектуальной» одежды, оснащенной электроникой, корсеты могут получить преимущество в этой области, новые функции, поднять профилактику и лечение на новый качественный уровень.

Формулировка целей статьи. В данной статье будет показан результат проектирования компонентов компьютеризированного корсета, который будет выполнять ряд принципиально новых функций. Новая конструкция корсета сможет качественно изменить подход в диагностике и лечении отклонений осанки человека, благодаря введению таких технологических решений как: компьютеризированных систем мониторинга; модулей активного взаимодействия с телом пациента; возможности точного налаживания корсета; синхронизации и обмена данными с компьютерными системами.

Изложение материалов исследования. Предполагается, что устройство корсета будет сопровождать положение позвоночника человека и состоять их отделяемых, независимо движущихся между собой сегментов единого целого. Каждый сегмент в свою очередь будет выступать носителем устройств и модулей, расширяющие возможности конструкции и корсета в целом [3]. Конструкция будет выглядеть, как цепочка, каждым звеном, которого выступает отдельный компонент. Конструкция рассчитана на 6-8 соединенных сегментов.

Конструкция выступает в роли экспериментального прототипа. По мере появления новых модификаций и улучшений, подбору электроники и других деталей, размер сегментов может быть уменьшен для индивидуального использования пациентом [4]. Таким образом, в наиболее ответственных случаях количество сегментов может вырасти до количества позвонков пациента.

Первая и основная задача данной конструкции – сбор данных о состоянии положения позвоночника пациента. Для определения координат сегментов было решено применить 3-осевые акселерометры. Каждый компонент содержит в себе один 3-осевой акселерометр, который передает данные положения в пространстве через общую шину данных к микроконтроллеру. С помощью алгоритма идентификации по известным



порядковим номерам компонентів, можна побудувати схему, в якій буде показано положення кожного сегмента і всієї конструкції в цілому.

Орієнтуючись на отримані дані, компонент сигналізує пацієнту про положення його хребта за допомогою вбудованого модуля вібрації в кожному з сегментів. Допустимі і недопустимі положення спини встановлюються лікарем-ортопедом, при порушенні яких пацієнт отримує вібросигнал і змінить положення осанки (рис. 1-2).

Кожний акселерометр конструкції при роботі буде визначати вихідні дані у вигляді сили прискорення (в нашому випадку гравітації) G на кожну вісь (x, y, z). З допомогою алгоритму і отриманих даних можна визначити положення сегмента в просторі.

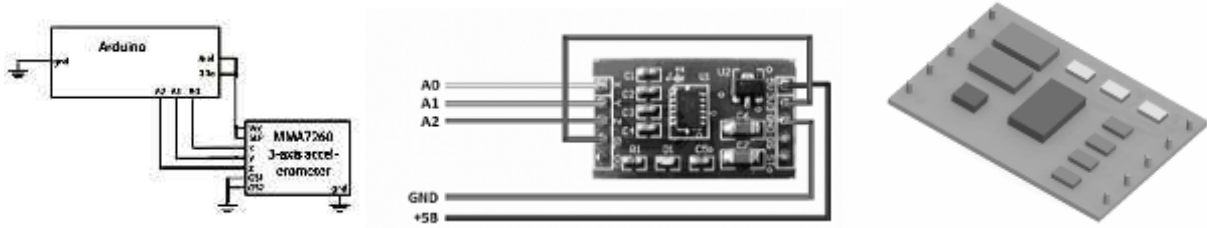


Рисунок 1 – Осевий акселерометр MMA7260



Рисунок 2 – Модуль центру управління компонентом

Конструкція сегмента повинна бути не тільки простою і функціональною, але і легко піддаватися виробництву і серійному виробництву. Компонент і інші деталі конструкції будуть виготовлятися за допомогою багатозаповнених форм для лиття.

Форми для лиття не тільки легко виробляються і замінюються, але і дозволяють економити матеріал на створення. Литейні форми дозволяють значно зекономити на матеріалі, не приміняючи заготовок і дорогого комп'ютеризованого обладнання.

Створення твердотільної моделі компонента в Delcam Powershape.

Першим етапом у створенні конструкції для корсета є створення тривимірної моделі компонента в програмі Delcam Powershape. Конструкція повинна відповідати всім вищепереліченим вимогам: компактний розмір, міцність і достатній внутрішній об'єм, можливість модифікації, надійність кріплення до тіла.

Згідно з усіма критеріями і вимогами, компонент конструкції отримав оптимальні форми (рис. 3):



Рисунок 3 – Загальний вигляд компонента конструкції



Основой проектируемого корсета является твердотельная металлическая конструкция (1), в которую установлены все сенсоры и модули. Конструкция состоит из последовательно соединенных компонентов, каждый из которых имеет возможность перемещаться во всех трех плоскостях пространства относительно другого компонента с помощью шарнирных креплений (3). Шарнир и стержень будет зафиксирован в гнезде со съемной крышкой (2).

Расстояние между сегментами регулируется вручную гнездами межсегментного соединения (5) при необходимости. Отделение одного сегмента от другого возможно при удалении крышки шарнира или ослаблением крепления стержня в межсегментном соединении, таким образом можно изменить количество сегментов и длину конструкции в целом, или быстро менять компоненты при необходимости.

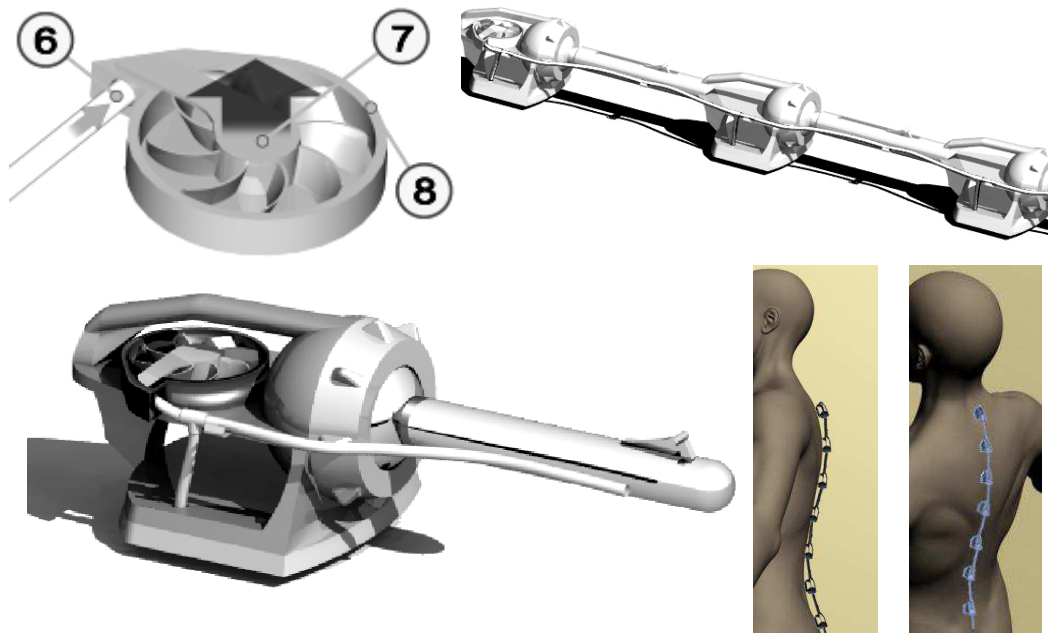


Рисунок 4 – Система вывода воздуха

Для создания области низкого давления, один из первых компонентов оснащается системой вывода воздуха (рис. 4). Система вывода воздуха состоит из системы трубок (6), которые соединяют все компоненты в одну систему; вывод воздуха происходит под влиянием работы вентилятора, форма вентилятора имеет вид раковины с открытым верхом и отверстием для подачи воздуха сбоку.

Компонент оснащен прикрепляемым поддоном (рис. 5), который выполняет функцию фиксации в паре с системой вывода воздуха и не позволяет сегменту скользить по телу пациента. Поддон крепится к корпусу с помощью конструктивных отверстий (9). Материал детали – упругий полимер или металлическая деталь с мягким прорезиненным покрытием. Дополнительно сегменты присоединяются к тканевой основе вспомогательного корсета.

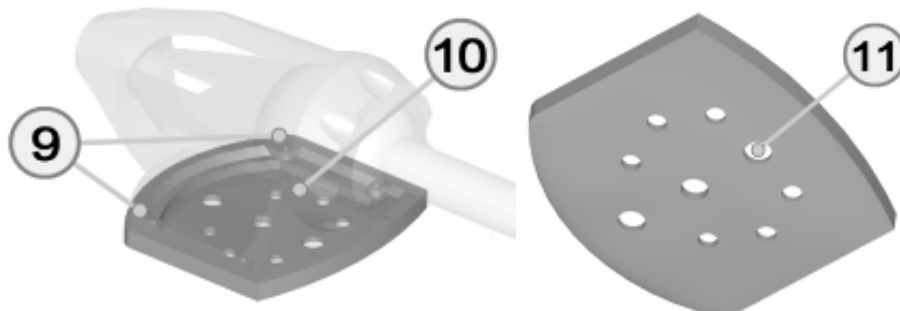


Рисунок 5 – Поддон сегмента



Поддон имеет полое внутреннее пространство (10), в нижней части которого сделаны отверстия (11). Создание области низкого давления во внутреннем пространстве поддона, присоски или отверстия под разностью давлений прижимаются к телу носителя, тем самым фиксируя сегмент в необходимой области тела.

Основной задачей конструкции является сбор данных в виде координат для определения положения каждого сегмента в пространстве. Такая система, кроме акселерометров, требует процессор, память, постоянный источник питания. Обязательным элементом в соединительной части системы между акселерометрами и центром управления являются мультиплексоры. Размеры мультиплексора компактные, модуль может быть размещен в любом варианте вблизи «центра управления» сегмента.

На рисунке 6 изображен сегмент, который оснащен модулями. Память и процессор исполняют роль «центра управления». В их задачи входят: сбор информации, ее хранение, вычисление простых операций и передача результатов на устройство хранения.

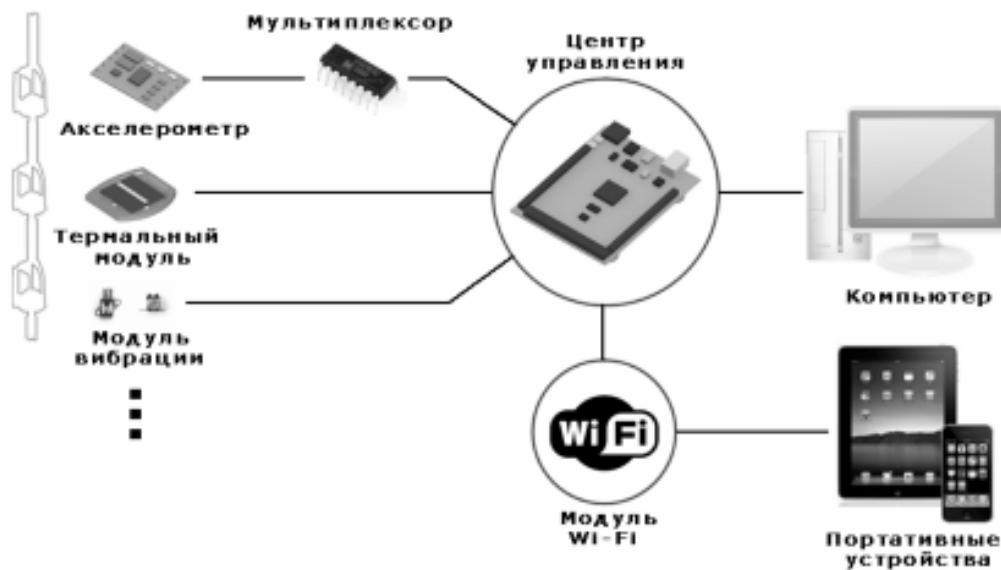


Рисунок 6 – Логическая схема работы «центра управления»

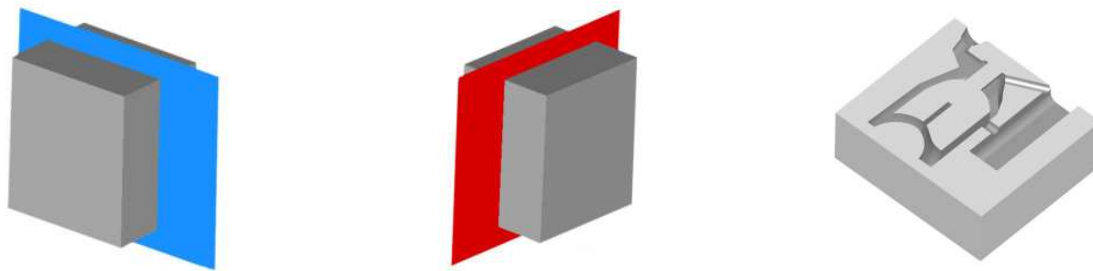
В качестве «центра управления» выбрана плата Arduino – достаточно универсальная и гибкая платформа, которая широко используется в робототехнике и электронике. Данная платформа включает в себя и память, и микропроцессор. Более того, плата имеет все необходимое, в том числе различные порты подключения.

Логическая схема идентификации сегмента в пространстве достаточно проста и имеет три связанных компонента: модули – центр управление – компьютер (рис. 6). Платформа Arduino может крепиться на первый сегмент, как и любой другой модуль, либо на пояс или корсет. «Центр управления» выполняет запись данных и управление модулями, формирует указания и инструкции (программы). Например: производит сигнал предупреждения в случае критичного отклонения осанки от установленной нормы.

Создание заготовок пресс-форм на базе 3D-моделей компонентов корсета.

Конструкция сегмента должна быть не только простой и функциональной, но и легко поддаваться воспроизведению – серийному производству. Сегмент и другие детали конструкции будут изготавливаться при помощи многоразовых форм для литья (рис. 7). Формы для литья не только легко воспроизводимы и заменяемы, но и позволяют экономить материал на создание изделий. С технической точки зрения, форма должна соответствовать заданным требованиям, а именно:

- форма должна быть достаточно прочной и соответствовать технике безопасности;
- полученная деталь должна легко изыматься из формы, не разрушая ее;
- отверстия впуска жидкого металла должны располагаться в наивысшей точке;
- обязательное наличие системы вывода внутренних газов.



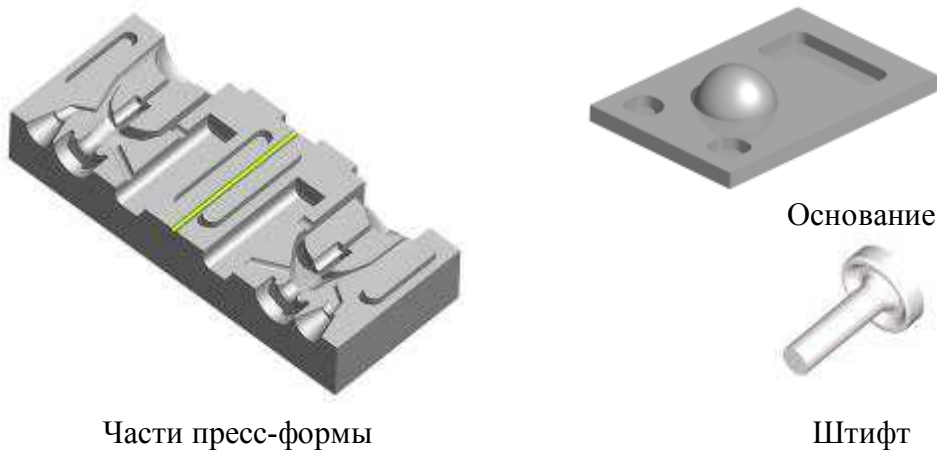
Лицевая часть плоскости

Обратная часть плоскости

Полученная пресс-форма

Рисунок 7 – Технология построения пресс-формы

Полученная видоизмененная заготовка будет разделена на 3 части: основание, стенки и штифт. Места разреза рассчитываются исходя их формы детали таким образом, чтобы деталь могла быть извлечена из формы без повреждений детали или самой формы. В данном случае сегмент является достаточно сложной деталью и форма для ее изготовления будет разделена на 4 части (рис. 8).



Части пресс-формы

Основание

Штифт

Рисунок 8 – Результат моделирования пресс-формы

Создание пресс-формы предполагается в программе Delcam PowerShape, как и сам сегмент. В свою очередь программа из того же семейства под названием Delcam FeatureCAM осуществит подбор материала и создаст программные указания для компьютеризированного станка с ЧПУ, который в свою очередь создаст из заготовок все части форм для литья. Более простые в строении детали будут созданы прямым путем на токарном станке, без использования литья. Формы изделий предполагают, что детали будут созданы при помощи фрезерования.

Для удобства и ускорения начальных приготовлений, «Мастер установки» собирает необходимые данные-условия, например:

- положение детали;
- определение обрабатываемой части (установка направление вектора Z);
- размер и форма заготовки;
- многоосевое позиционирование и ось вращения детали.

Дополнительно указывается (и устанавливается по умолчанию для последующих проектов) материал заготовки. Программа FeatureCAM предлагает на выбор большое число разнообразных материалов, среди которых пластик, различные металлы и сплавы (рис. 9). В списке присутствует даже обедненный уран, что указывает на то, что программа достаточно гибкая и может быть использована в космической отрасли, медицине и атомной энергетике. Помимо списка, можно указать параметры материала вручную. Выбор материала необходим для определения параметров обработки, скорости



подачі и скорости вращения инструмента, выбор специфических высокопрочных инструментов.

Для создания пресс-формы будет использован алюминий. В качестве металла для литья будет использован силумин, который менее тугоплавкий.

Деталь достаточно сложная и требует обработки с трех сторон. В программе указывается 4-осевое позиционирование. Положение инструментов для каждой из сторон указывается в программе посредством систем координат и установов. В данном проекте обработки указаны 4 установка: три на каждую из сторон и один на ребро заготовки между первым и вторым установками для облегчения доступа инструмента к труднодоступным областям. На практике, станок будет переворачивать деталь в нужное положение по установленной оси.



Рисунок 9 – Результат 3D имитации обработки пресс-формы

Обработанные области вырезаны согласно запланированной геометрии. Это выполнено с целью ускорения и уменьшения количества используемых инструментов. Вырезанная область выступает в роли пути вывода воздуха и излишков жидкого металла. Данная сложность никак не должна повлиять на качество изготовленного сегмента их этих форм.

После указания всех областей обработки формы и коррекции их параметров, полученная деталь достаточно точно повторяет ту, что была спроектирована в программе Delcam PowerShape (рис. 10).

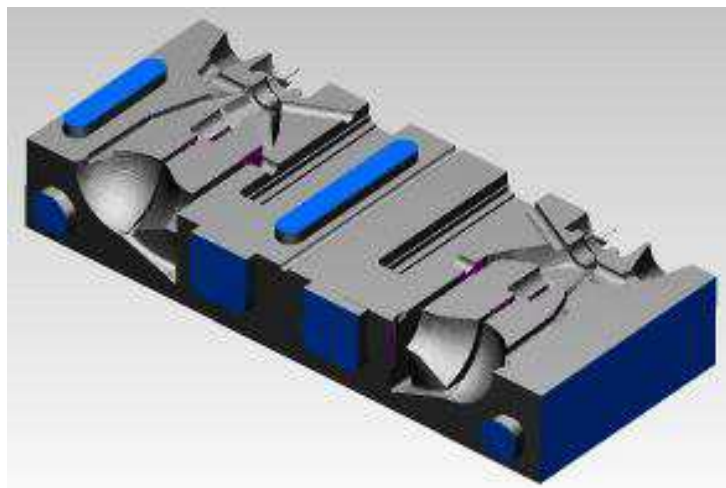


Рисунок 10 – Подготовленная пресс-форма



После обработки пресс-формы ее необходимо разъединить на две части. Граница обозначена небольшой канавкой. Создание основания намного легче: процесс не требует многоосевого позиционирования, количество применяемых инструментов сведен к минимуму, скорость обработки заготовки достаточно высокая.



Рисунок 11 – Стенка пресс-формы и станок с ЧПУ

Согласно расчетам, создание всех форм и компонентов сегмента может занять около 3 часов на станке с ЧПУ (рис. 11). Но данные временные затраты допустимы, так как созданные детали (пресс-формы) будут использованы для многократного воспроизведения сегментов конструкции ортопедического корсета.

Выводы и перспективы использования. В процессе проектирования были выполнены все основные этапы 3D-моделирования в системах Delcam pls. Конструкция имеет характер экспериментального прототипа, но со временем, может пройти определенные этапы технического усовершенствования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Morningstar, M.W., Woggon, D., Lawrence, G. (2004). Scoliosis treatment using a combination of manipulative and rehabilitative therapy: a retrospective case series. – BMC Musculoskelet Disord.
2. A. Marc, C. Douglas, (2003). Adolescent idiopathic scoliosis: natural history and long term treatment effects. – Department of Orthopedic Surgery, University of Kansas Medical Center, Kansas City, KS, USA.
3. P. S Nosov, A. D. Yalansky, V. O. Iakovenko. 3D modelling of rehabilitation corset with use of PowerSHAPE Delcam // Інформаційні технології в освіті, науці та виробництві : Збірник наукових праць. – Вип. 1(2) – Одеса : Наука і техніка. – С. 222-231.
4. П. С. Носов, А. Д. Яланский, В. А. Яковенко. Проектування 3D-моделі реабілітаційного корсету як засобу комп'ютерної діагностики постави // Східно-Європейський журнал передових технологій. – Харків : Технол. центр, 2013. – № 3/2 (63). – С. 30-33.

Носов П.С. 3D-МОДЕЛЮВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ОРТОПЕДИЧНОГО КОРСЕТУ У DELCAM POWERSHAPE-FEATURECAM

У статті запропонована конструкція ортопедичного корсета, підходи в 3D-моделюванні та виготовленні його структурних елементів за допомогою сімейства програмних продуктів Delcam pls з подальшим виготовленням на верстаті з числовим програмним керуванням (ЧПК).

Ключові слова: ортопедичний корсет, 3D-моделювання, сколіоз, системи Delcam pls.

Nosov P.S. 3D STRUCTURAL MODELING OF ORTHOPEDIC CORSETS DELCAM POWERSHAPE-FEATURECAM

The paper proposed the construction of an orthopedic corset, approaches to 3D modeling and manufacturing of its structural elements with the help of a family of software products Delcam pls further production of the machine with numerical control (MNC)

Keywords: orthopedic corset, 3D modeling, scoliosis, the system Delcam pls.