

УДК 65.011.56

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ В ПРОЦЕССЕ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОТЕЗА ГОЛЕНИ

Лобода. Л.Д., студент гр. ИТб-212, 4 курс

Научный руководитель: Ванеев О.Н., к.н., доцент
Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева

Вольф В.В., студент лечебный факультет, 4 курс
Голиков М.Л., студент лечебный факультет, 4 курс
Кемеровский государственный медицинский университет
г. Кемерово

Современные технологии протезирования требуют высокой точности и индивидуального подхода к каждому пациенту. Традиционные методы проектирования протезов голени отнимают значительное количество времени, так как требуют ручной корректировки размеров и параметров в CAD-системах. Автоматизация этого процесса позволит:

- Сократить время разработки индивидуального протеза;
- Уменьшить вероятность ошибок при изменении параметров модели;
- Обеспечить более точное соответствие анатомическим особенностям пациента;
- Упростить работу инженеров CAD/CAM и ортопедов.

В настоящее время существуют различные CAD/CAM-системы для проектирования ортопедических изделий, такие как Siemens NX, SolidWorks, T-FLEX CAD. Однако они не обладают встроенными средствами автоматического изменения размеров модели на основе параметров пациента. В большинстве случаев изменения выполняются вручную, что увеличивает риск неточностей и затраты времени.

Также существуют специализированные медицинские системы, например, Geomagic Freeform, которые позволяют работать с 3D-сканами конечностей, но не обладают гибкими параметрическими настройками для автоматической генерации протеза. Таким образом, разработка системы, позволяющей автоматически подстраивать модель под заданные параметры, является актуальной задачей.

Для реализации проекта используется следующий стек технологий:

- **Язык программирования:** C#;
- **Графический интерфейс:** Windows Forms;
- **База данных:** SQL Server для хранения информации о пациентах и параметрах протеза;

- **CAD-система:** T-FLEX CAD, поддерживающая параметрическое моделирование;

- **Клиент-серверное взаимодействие:** передача данных от врача к инженеру через серверную базу данных.

Процесс работы программы:

1. Врач-ортопед вводит данные о размере стопы пациента.
2. Данные передаются в базу данных.
3. Инженер CAD/CAM запускает программный модуль, который получает данные из базы и передает их в T-FLEX CAD.
4. Модель протеза перестраивается автоматически, после чего инженер проверяет её корректность.

Система включает следующие основные компоненты:

- **Клиентская часть (Windows Forms-приложение):** используется врачом и инженером для ввода и обработки данных.

- **Серверная часть (SQL Server):** хранит информацию о пациентах и параметрах протезов.

- **Модуль автоматической генерации модели:** получает данные из базы и передает их в T-FLEX CAD для параметрического изменения модели.

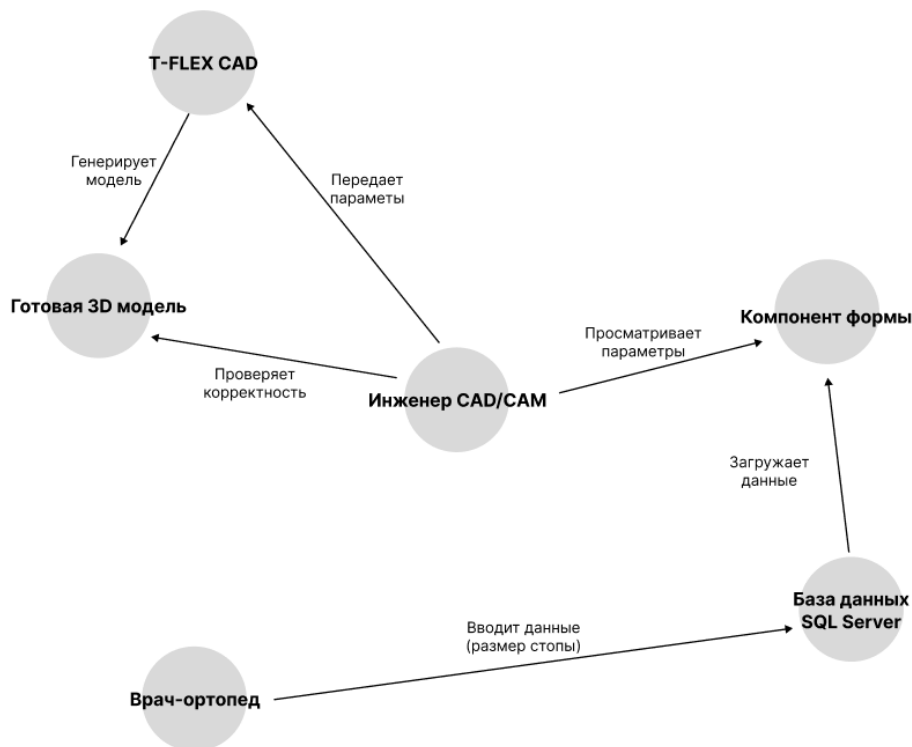


Рис.1. Архитектура системы автоматизации формирования протеза голени.

Схема взаимодействия модулей:

1. Врач вводит данные — передача в SQL Server.
2. Инженер загружает данные из базы — передача в CAD-систему.
3. Автоматическая перестройка модели — проверка инженером.

Автоматическое масштабирование модели реализуется через параметрическое моделирование в T-FLEX CAD. Основной изменяемый параметр – длина стопы. Остальные размеры изменяются пропорционально по заранее заданным коэффициентам.

Система параметризации работает по эталонной модели, разработанной опытными инженерами CAD/CAM. Эта эталонная модель учитывает оптимальные пропорции и структурные особенности протеза, что позволяет обеспечивать надежность и соответствие медицинским требованиям. Благодаря этому любая автоматическая модификация параметров модели происходит в пределах допустимых норм и сохраняет функциональные характеристики конечного изделия.

Пример кода на C# для передачи параметра в T-FLEX CAD:

```
TFlexApplication app = new TFlexApplication();  
app.OpenDocument("model.grb");  
  
TFlexVariable footLength = app.GetVariable("FootLength");  
footLength.Value = 250; // Новая длина стопы в мм  
  
app.Recalculate(); // Пересчет параметров модели  
app.Save();
```

Формулы масштабирования зависят от геометрии протеза. Например, если базовая длина стопы – 240 мм, а высота протеза – 400 мм, то при изменении стопы до 260 мм новая высота рассчитывается по формуле:

$$H_{new} = H_{base} \times \frac{L_{new}}{L_{base}}$$

Где:

- H_{new} – новая высота протеза,
- H_{base} – базовая высота протеза,
- L_{new} – новая длина стопы,
- L_{base} – базовая длина стопы.

Этот алгоритм позволяет автоматически адаптировать модель под нужные параметры без необходимости ручной правки, что значительно ускоряет процесс проектирования.

В данной работе была предложена концепция информационной системы автоматизации формирования протеза голени. Ожидается, что её внедрение позволит сократить время на проектирование и минимизировать ошибки при изменении размеров

модели. Разработка системы на основе параметрического моделирования в T-FLEX CAD, клиент-серверного взаимодействия и базы данных SQL Server обеспечит точную и гибкую подстройку модели под индивидуальные параметры пациента. В дальнейшем планируется реализация и тестирование системы для подтверждения её эффективности.

Список литературы:

1. Изготовление гильзы голени с помощью компьютерных программ [Электронный ресурс]. URL: <https://m-lotos.ru/> / (дата обращения: 25.03.2025).
2. Программы CAD/CAM для ЧПУ [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rapidirect.com/ru/blog/cad-cam-software/> (дата обращения: 25.03.2025).
3. CAM системы для станков с ЧПУ: лучшие бесплатные программы CAD на русском [Электронный ресурс]. URL: <https://vektorus.ru/blog/cam-sistemy-dlya-stankov-s-chpu.html> (дата обращения: 27.03.2025).
4. Программное обеспечение CAM | Программирование ЧПУ | OPEN MIND [Электронный ресурс]. URL: <https://www.openmind-tech.com/ru/cam/> (дата обращения: 27.03.2025).