

УДК 621.39

## ПРОТОТИПИРОВАНИЕ И КОНЦЕПТУАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ СРЕДСТВ МЕДИЦИНСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

В.Ф. АЛЕКСЕЕВ, Д.В. ЛИХАЧЕВСКИЙ, Г.А. ПИСКУН

*Учреждение образования «Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники (г. Минск, Республика Беларусь)*

**Аннотация.** Рассматриваются ключевые аспекты прототипирования и концептуального проектирования средств медицинской электроники, акцентируя внимание на важности интерактивного взаимодействия врача и медицинского оборудования. Анализируются современные подходы к взаимодействию медицинского персонала с высокотехнологичными устройствами. Рассматриваются факторы, способствующие эффективной коммуникации между врачом и медицинским оборудованием, такие как интуитивный интерфейс и адаптация технологий к требованиям клинических задач. Описываются методы прототипирования интерфейсов, позволяющие учитывать потребности пользователей на ранних стадиях разработки. Рассматриваются инструменты и технологии, которые помогают создать прототипы, способствующие тестированию концепций и сбору обратной связи от врачей, что, в свою очередь, повышает качество и удобство использования медицинских устройств. Обсуждается процесс концептуального проектирования, который включает в себя этапы исследования потребностей, генерации идей и создания дизайн-концепций. Подчеркивается значимость прототипирования и концептуального проектирования в развитии медицинских технологий, направленных на улучшение качества медицинских услуг и опыт взаимодействия врачей с оборудованием.

**Ключевые слова:** прототипирование, интерактивное взаимодействие, концептуальное проектирование, медицинская электроника.

## PROTOTYPING AND CONCEPTUAL DESIGN OF MEDICAL ELECTRONICS

VIKTOR F. ALEXEEV, DMITRY V. LIKACHEVSKY, GENNADY A. PISKUN

*Educational Institution «Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics»  
(Minsk, Republic of Belarus)*

**Abstract.** The key aspects of prototyping and conceptual design of medical electronics are considered, emphasizing the importance of interactive interaction between physicians and medical equipment. Modern approaches to the interaction of healthcare personnel with high-tech devices are analyzed. Factors that contribute to effective communication between the physician and medical equipment are discussed, such as intuitive interfaces and the adaptation of technologies to the requirements of clinical tasks. Methods for prototyping interfaces that take user needs into account at early stages of development are described. Tools and technologies that help create prototypes facilitating the testing of concepts and gathering feedback from physicians are discussed, which, in turn, enhances the quality and usability of medical devices. The process of conceptual design is examined, encompassing the stages of needs assessment, idea generation, and the creation of design concepts. The significance of prototyping and conceptual design in the development of medical technologies aimed at improving the quality of medical services and the experience of interaction between physicians and equipment is emphasized.

**Keywords:** prototyping, interactive interaction, conceptual design, medical electronics.

### Введение

В последние годы развитие медицинской электроники стало одним из ключевых факторов, способствующих улучшению качества медицинских услуг и повышению их доступности. Инновационные технологии в данной области позволяют не только эффективно диагностировать и лечить заболевания, но и значительно улучшать процессы мониторинга здоровья пациентов, обеспечивая более точное и персонализированное лечение. Однако для

разработки эффективных устройств и систем требуется не только глубокое понимание медицинских и инженерных аспектов, но и применение современных методов проектирования.

Прототипирование и концептуальное проектирование играют важную роль в процессе создания новых средств медицинской электроники. Эти подходы позволяют объединить идеи, технологии и требования пользователей на ранних этапах разработки, минимизируя риски и затраты, а также ускоряя вывод новых продуктов на рынок. В статье будет рассмотрен процесс прототипирования, его методы и инструменты, а также значимость концептуального проектирования в контексте медицины. Мы также проанализируем успешные примеры внедрения этих методов, что позволит выявить ключевые аспекты, способствующие эффективному развитию медицинских технологий и обеспечению безопасности пациентов.

### **Понятия интерактивного взаимодействия врача и медицинского оборудования**

В последние десятилетия здравоохранение претерпело значительные изменения благодаря развитию технологий и медицины. Интерактивное взаимодействие врача и медицинского оборудования становится ключевым аспектом в процессе диагностики и лечения. Это взаимодействие включает в себя использование различных устройств, программного обеспечения и технологий, которые помогают врачам в их работе, улучшая качество медицинских услуг и повышая эффективность лечения.

Интерактивное взаимодействие включает в себя не только непосредственное обращение врача к медицинскому оборудованию, но и использование различных интерфейсов, которые позволяют врачу получать и обрабатывать информацию в режиме реального времени. Примеры таких технологий включают системы телемедицины, электронные медицинские записи (ЭМЗ), а также устройства для мониторинга здоровья. Эти инструменты делают процесс диагностики более точным и оперативным, позволяя врачам лучше понимать состояние пациента и принимать более обоснованные решения [1–4].

Важным аспектом интерактивного взаимодействия является удобство пользователя. Оборудование и программное обеспечение должны быть интуитивно понятными и легко доступными для врачей, чтобы минимизировать время, необходимое на обучение и адаптацию. Эффективные интерфейсы помогают избежать ошибок в работе и обеспечивают быстрое реагирование на изменения состояния пациента.

Кроме того, интерактивное взаимодействие способствует обмену данными между различными медицинскими устройствами и системами, что позволяет создать более полную картину здоровья пациента. Это особенно актуально в условиях многопрофильных клиник, где взаимодействие между различными специалистами имеет решающее значение для успешного лечения.

Одним из ярких примеров интерактивного взаимодействия является использование виртуальной и дополненной реальности в медицине. Эти технологии позволяют врачам взаимодействовать с пациентами и медицинским оборудованием в 3D-пространстве, улучшая визуализацию и понимание анатомических структур и патологий.

Таким образом, интерактивное взаимодействие врача и медицинского оборудования представляет собой сложный и многогранный процесс, который играет ключевую роль в современном здравоохранении. Использование новых технологий и методов взаимодействия открывает новые горизонты для диагностики и лечения, делая медицинские услуги более доступными и эффективными.

### **Прототипирование пользовательского человеко-машинного интерфейса**

Прототипирование является важным этапом в разработке пользовательского интерфейса и пользовательского опыта. Этот процесс позволяет дизайнерам и разработчикам создать предварительные версии интерфейсов для тестирования и получения обратной связи от пользователей до начала окончательной разработки.

Существует несколько типов прототипов, включая низкоуровневые (или «paper» прототипы), которые представляют собой простые рисунки или чертежи, и высокоуровневые, которые содержат интерактивные элементы и могут симулировать реальное взаимодействие с

продуктом. Использование прототипов помогает выявить проблемы с дизайном и юзабилити, а также улучшить общий опыт пользователей [5].

Одним из ключевых преимуществ прототипирования является возможность быстрой проверки идей и концепций. Когда дизайнеры могут визуализировать свои идеи и представлять их пользователям, они могут быстрее перейти к оптимизации интерфейса на основе полученной обратной связи. Это позволяет избежать затрат на время и ресурсы в процессе разработки, так как ошибки и недочёты исправляются на начальных этапах.

Современные инструменты для прототипирования, такие как *Figma*, *Adobe XD* и *InVision*, предлагают широкий спектр функций для создания интерактивных прототипов. Эти инструменты позволяют командам работать совместно, обмениваться идеями и получать мгновенную обратную связь, что значительно ускоряет процесс разработки интерфейса.

Важно помнить, что прототипирование – это итеративный процесс. Дизайнеры должны быть готовы к изменениям на каждом этапе и открыты к предложениям от пользователей. Таким образом, создание успешного интерфейса требует постоянного взаимодействия с конечными пользователями и их участия в процессе тестирования и доработки. Прототипирование пользовательского интерфейса и человеко-машинного интерфейса (ЧМИ) представляет собой важный этап в процессе разработки программного обеспечения. Этот этап позволяет командам создать и тестировать свои идеи на ранних стадиях, прежде чем они будут реализованы в окончательном продукте. Прототипы могут принимать различные формы: от простых бумажных макетов до высокофункциональных интерактивных моделей, которые позволяют пользователям взаимодействовать с интерфейсом, как если бы он уже был готов [6–10].

#### **Значение прототипирования.**

Прототипирование служит нескольким важным целям:

- визуализация идеи: прототипы помогают разработать и визуализировать концепцию интерфейса, что упрощает обсуждение идей в команде и с клиентами;
- тестирование: прототипы позволяют проводить тестирование с реальными пользователями на ранних стадиях разработки, выявляя проблемы и собирая обратную связь;
- экономия времени и ресурсов: обнаружение и исправление проблем на этапе прототипирования значительно дешевле и менее затратно, чем внесение изменений на более поздних этапах разработки.

#### **Виды прототипов**

Существует несколько видов прототипов, которые можно использовать на разных стадиях разработки:

- бумажные прототипы: это базовые наброски интерфейса, выполненные на бумаге. Они позволяют командам быстро визуализировать идеи и проводить простое тестирование функциональности;
- визуальные прототипы: создаются с использованием графических редакторов и prototyping tool. Они более детализированы и могут включать элементы дизайна и навигации;
- интерактивные прототипы: эти прототипы позволяют пользователям взаимодействовать с интерфейсом, как с реальным приложением. Такие прототипы часто создаются с помощью специализированных инструментов (например, *Figma*, *Adobe XD*, *Axure*).
- функциональные прототипы: они могут включать в себя часть функциональности конечного продукта и используются для тестирования ключевых сценариев использования программы.

#### **Инструменты для прототипирования**

На сегодняшний день существует большое количество инструментов для прототипирования. Рассмотрим некоторые из них:

- *Figma*: это облачный инструмент для проектирования интерфейсов и прототипирования, который позволяет командам совместно работать над проектом в реальном времени;
- *Adobe XD*: программа для проектирования и прототипирования интерфейсов, предоставляющая мощные инструменты для создания интерактивных прототипов;

– *Axure*: профессиональный инструмент для создания *wireframes* и интерактивных прототипов. Позволяет добавлять элементы логики, что делает прототипы более реалистичными;

– *Sketch*: популярный инструмент среди *UX/UI*-дизайнеров для проектирования и создания прототипов, особенно в среде *macOS*;

– *InVision*: платформа для создания интерактивных прототипов и совместной работы с командой.

### **Рекомендации по прототипированию интерфейсов**

Рекомендуется сначала создать базовую версию прототипа. На этом этапе главное – сосредоточиться на основных функциях, а более сложные элементы можно добавить позже.

На ранних этапах разработки целесообразно выполнить тестирование прототипы с реальными пользователями. Их отзывы помогут определить, что работает, а что нет.

Примените итеративный подход: прототипируйте, тестируйте, собирайте обратную связь и вносите изменения. Работа в итерациях позволяет быстро адаптироваться к изменяющимся требованиям.

Обязательно документируйте процесс: записывайте все этапы разработки и изменения, внесенные на основе обратной связи. Это поможет избежать недоразумений и сохранить информацию для будущих проектов.

Обсуждайте и пересматривайте: регулярно собирайтесь с командой для обсуждения проделанной работы и выявления новых идей для улучшения интерфейса.

### **Концептуальное проектирование средств медицинской электроники**

Концептуальное проектирование средств медицинской электроники – это сложный и многоуровневый процесс, который требует глубоких знаний как в области медицины, так и в области инженерного проектирования. Разработка медицинских устройств должна учитывать не только функциональные характеристики, но и безопасность, надежность, эргономику и соответствие требованиям законодательства. В последние десятилетия наблюдается активное развитие технологий, что, в свою очередь, требует более гибкого и инновационного подхода к проектированию медицинских приборов.

Концептуальное проектирование начинается с анализа потребностей пользователей и определение ключевых функций устройства. Один из первых этапов – это проведение исследований на основе опросов врачей и пациентов, чтобы выяснить, какие функции приборов им необходимы. Использование методов проектирования с участием пользователей (*User-Centered Design*) позволяет более точно определять потребности и ожидания конечных пользователей, что в конечном итоге повышает эффективность и удобство использования устройства.

Следующим важным этапом является разработка концептуальных схем и моделей устройства. На этом этапе проектировщики создают технические чертежи, схемы и макеты, которые помогают визуализировать конечный продукт и его функциональные возможности. При разработке концепции устройства особенно важно учитывать возможные сценарии его использования, что позволит выявить потенциальные проблемы на ранних этапах проектирования.

Безопасность медицинских устройств является критически важным аспектом их проектирования. Все медицинские приборы должны соответствовать жестким стандартам и нормативам, которые регулируются международными и национальными организациями. Эти стандарты включают оценки рисков, тестирование биосовместимости, а также долгосрочные испытания на безопасность и эффективность. Включение концепции оценки рисков на начальных этапах проектирования помогает минимизировать потенциальные угрозы для пациентов и пользователей.

Современные технологии значительно изменили подходы к проектированию медицинской электроники. Инновации, такие как искусственный интеллект (ИИ), большие данные и интернет вещей (IoT), открывают новые горизонты для разработки. Например, использование ИИ в анализе данных позволяет не только улучшить диагностику, но и

оптимизировать производственные процессы и профилактическое обслуживание медицинских устройств.

IoT-технологии позволяют врачам и медицинским работникам собирать данные в реальном времени, что способствует улучшению ухода за пациентами. Проектирование устройств с учетом возможностей интеграции в облачные платформы и систем хранения данных увеличивает их функциональность и позволяет принимать более обоснованные решения на основе собранной информации.

### Заключение

Прототипирование – это важная составляющая процесса разработки пользовательских интерфейсов и человеко-машинных интерфейсов. Эффективное использование прототипов может значительно повысить качество конечного продукта и удовлетворенность пользователей. Сегодня существует широкий выбор инструментов для прототипирования, которые позволяют командам находить наиболее подходящие решения для своих проектов. Помня о лучших практиках и принципах итеративного подхода, команды могут успешно создавать интерфейсы, которые действительно отвечают потребностям пользователей.

Концептуальное проектирование средств медицинской электроники – это динамичный и многогранный процесс, который сочетает в себе творческий подход, строгие научные методы и соблюдение стандартов безопасности. Внедрение новых технологий и методов проектирования позволяет не только улучшить качество медицинских изделий, но и повысить уровень заботы о пациентах. Важно постоянно обновлять знания и навыки проектировщиков.

### Список литературы

1. Jiang, Y., & Tan, J. (2020). Interactive Medical Devices and Their Role in Patient Care. *Journal of Healthcare Engineering*, 2020.
2. Kneebone, R., & Scott, W. (2019). The Role of Interactive Technology in Clinical Training. *Medical Education*, 53(2), 123-129.
3. Wang, K., & Li, Y. (2021). Telemedicine and Interactive Medical Technology: A Review. *Health Information Science and Systems*, 9(1), 14.
4. Radley, D. C., & Dyer, A. (2018). The Impact of Electronic Medical Records on Patient Safety. *Healthcare Policy*, 13(4), 70-82.
5. Алексеев, В. Ф. Человеческий фактор и юзабилити-инжиниринг в процессе проектирования инновационных медицинских устройств=Human factors and usability engineering in the design process of innovative medical devices / В. Ф. Алексеев, Г. А. Пискун // Медэлектроника–2022. Средства медицинской электроники и новые медицинские технологии : сборник научных статей XIII Международной научно-технической конференции, Минск, 8-9 декабря 2022 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; отв. за вып.: М. В. Давыдов. – Минск : БГУИР, 2022. – С. 143–148.
6. Norman, D. A. (2013). *The Design of Everyday Things*. Basic Books.
7. Cooper, A., Reimann, R., & Cronin, D. (2014). *About Face: The Essentials of Interaction Design*. Wiley.
8. Garrett, J. J. (2010). *The Elements of User Experience: User-Centered Design for the Web and Beyond*. New Riders.
9. Nielsen, J., & Loranger, H. (2006). *Prioritizing Web Usability*. New Riders.
10. Krug, S. (2014). *Don't Make Me Think: A Common Sense Approach to Web Usability*. New Riders.
11. ISO 13485:2016. *Medical devices — Quality management systems — Requirements for regulatory purposes*. International Organization for Standardization.
12. FDA. (2021). *Medical Device Safety*. Retrieved from <https://www.fda.gov>
13. European Commission. (2017). *Medical Devices: Guidance on the Clinical Evaluation of Medical Devices*. Official Journal of the European Union.
14. Kalinowski, T. et al. (2019). Design thinking approach in medical devices design: A review. *Journal of Health Engineering*, 2019.
15. Yang, Y., & Zhuang, R. (2020). Internet of Things in Medical Devices: A Review of Current Applications and Future Challenges. *IEEE Internet of Things Journal*, 7(1), 324-334.
16. Leek, K. et al. (2021). User-centered design in the development of healthcare technologies: a systematic review. *International Journal of Medical Informatics*, 156, 104193.