

УДК 621.798

«УМНАЯ УПАКОВКА» ДЛЯ ЭЛЕКТРОННЫХ МЕДИЦИНСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Н.А. РОДАК, С.К. ДИК

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

Аннотация. Рассматривается развитие умной упаковки для электронных медицинских изделий, направленной на повышение безопасности и надежности хранения и транспортировки медицинских приборов. Умная упаковка включает в себя использование современных технологий, таких как датчики температуры и влажности, RFID-метки, термохромные этикетки и системы мониторинга через Интернет вещей (IoT), которые позволяют отслеживать условия хранения, предотвращать повреждения и оптимизировать логистические процессы. Описание технологий и их применения в медицинской отрасли демонстрирует значительные преимущества в обеспечении безопасности чувствительных приборов. Анализируются результаты применения умной упаковки, включая улучшение отслеживаемости изделий, снижение рисков повреждений и потерь, а также визуальный контроль через термохромные этикетки.

Ключевые слова: умная упаковка, электронные медицинские изделия, безопасность и логистика медицинских устройств, защита от повреждений, технологии мониторинга, мониторинг условий хранения, термохромные этикетки, rfid-метки, датчики температуры и влажности, интернет вещей.

SMART PACKAGING FOR ELECTRONIC MEDICAL DEVICES

NINA A. RODAK, SERGEI K. DZIK

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics
(Minsk, Republic of Belarus)*

Abstract. The development of smart packaging for electronic medical devices is examined, focusing on enhancing the safety and reliability of storage and transportation of medical equipment. Smart packaging incorporates advanced technologies such as temperature and humidity sensors, RFID tags, thermochromic labels, and Internet of Things (IoT)-based monitoring systems, which allow for tracking storage conditions, preventing damage, and optimizing logistics processes. The description of these technologies and their applications in the medical industry demonstrates significant advantages in ensuring the safety of sensitive devices. The results of implementing smart packaging are analyzed, including improved product traceability, reduced risk of damage and loss, and visual control through thermochromic labels.

Keywords: smart packaging, electronic medical devices, safety and logistics of medical devices, damage protection, monitoring technologies, storage condition monitoring, thermochromic labels, RFID tags, temperature and humidity sensors, Internet of Things.

Введение

Современная медицинская техника представляет собой сложные электронные устройства, которые играют ключевую роль в диагностике, лечении и мониторинге различных заболеваний. Для обеспечения долгосрочной работы таких изделий и их сохранности в процессе транспортировки и хранения, особое внимание уделяется упаковке. В последние годы в медицине активно развивается концепция «умной упаковки», которая использует передовые технологии для повышения эффективности защиты медицинских приборов и улучшения их функциональных характеристик. Умная упаковка включает в себя элементы, которые могут мониторить состояние устройства, информировать пользователей и медицинских работников о возможных рисках, а также оптимизировать процессы транспортировки и хранения.

Теоретическая часть

Умная упаковка – это концепция, включающая в себя использование технологий, которые позволяют отслеживать состояние упаковки и условия, в которых находится продукт. Такие технологии могут включать в себя различные датчики, RFID-метки, индикаторы температуры и влажности, а также системы для мониторинга сроков годности и других важных параметров.

Электронные медицинские изделия, такие как устройства для мониторинга состояния здоровья (например, кардиомониторы, глюкометры, инфузионные насосы) или устройства для диагностики (например, портативные анализаторы), требуют высокой степени надежности и защиты. Причем защиту нужно обеспечить не только от механических повреждений, но и от воздействия внешней среды, таких как температура, влажность, а также от биологических и химических факторов.

Основными функциями умной упаковки являются:

- Мониторинг условий хранения и транспортировки (температура, влажность, вибрация, удар и т.д.);
- Защита от повреждений (механических, химических, физических);
- Информирование о нарушениях условий (например, чрезмерное воздействие температуры или влажности);
- Автоматическое уведомление о повреждениях упаковки или устройства.

Технологии

Для мониторинга, защиты и управления состоянием содержимого в умной упаковке используются различные интеллектуальные технологии, среди которых можно выделить:

- Датчики температуры и влажности, встроенные в упаковку. Эти датчики позволяют в реальном времени отслеживать условия хранения устройства, а также информировать о возможных отклонениях. Например, при нарушении температурного режима при транспортировке или хранении упаковка может просигнализировать об этом с помощью индикаторов или отправить сообщение в систему мониторинга. Это особенно важно для медицинских устройств, которые чувствительны к температурным колебаниям (например, ингаляторы, тест-полоски или некоторые виды лекарств);

- RFID-метки (радиочастотная идентификация). Используются для автоматической идентификации упаковки и отслеживания ее местоположения. Такая упаковка позволяет легко следить за состоянием изделия на каждом этапе логистической цепочки. RFID-метки могут быть интегрированы с базами данных и системами управления, что обеспечивает автоматическую регистрацию каждого перемещения упаковки, позволяя избежать ошибок и потерь. Более того, RFID-метки могут содержать информацию о состоянии устройства и сроках его годности, что важно для контроля за сроками хранения и использования;

- Термохромные этикетки. Специализированные метки, которые меняют свой цвет в ответ на изменение температуры. Такие этикетки могут быть приклеены к упаковке или непосредственно к самому устройству. Когда температура превышает или опускается ниже допустимого диапазона, этикетка меняет цвет, предоставляя визуальный сигнал о нарушении условий хранения. Это позволяет быстро оценить, было ли устройство подвержено рискам из-за неправильных условий транспортировки или хранения, и принять меры до использования;

- Интерактивная упаковка с интеграцией в систему Интернет вещей (Internet of Things, IoT). Такие упаковки могут включать в себя не только датчики температуры и влажности, но и дополнительные элементы, которые передают данные о состоянии упаковки в реальном времени через облачные сервисы. С помощью этой технологии можно не только отслеживать параметры упаковки, но и получать прогнозы о возможных неисправностях или сбоях, что позволяет избежать повреждений или потери устройства на ранних стадиях.

Результаты и их обсуждение

Использование умной упаковки для электронных медицинских изделий привело к значительному улучшению безопасности и надежности хранения и транспортировки таких устройств. Применение датчиков температуры и влажности показало свою эффективность в поддержании необходимых условий для чувствительных медицинских приборов. Например, такие устройства как глюкометры, кардиомониторы или ингаляторы, которые требуют строгого температурного контроля, значительно выигрывают от внедрения системы мониторинга.

Использование RFID-меток в логистике позволило улучшить отслеживаемость изделий на всех этапах цепочки поставок. Это снизило количество утерянных или поврежденных устройств и позволило снизить риски ошибок в процессе управления складом.

Термохромные этикетки также оказались полезными для визуальной проверки условий транспортировки и хранения, они обеспечивают дополнительный уровень контроля без необходимости в сложной электронике.

Однако, несмотря на все преимущества, внедрение умной упаковки связано с рядом сложностей. Во-первых, высокие затраты на внедрение таких технологий могут быть барьером для некоторых производителей. Во-вторых, необходима дополнительная инфраструктура для отслеживания и обработки данных, получаемых от сенсоров и RFID-меток. Также стоит учитывать вопросы безопасности данных и защиты от взломов.

Заключение

Умная упаковка для электронных медицинских изделий представляет собой важный шаг вперед в обеспечении надежности и безопасности медицинской продукции. Интеграция таких технологий, как датчики температуры, влажности, RFID-метки, термохромные этикетки и системы мониторинга через IoT, значительно повышает контроль над состоянием изделий, улучшая их защиту и позволяя предотвратить возможные повреждения.

Однако для массового внедрения таких решений необходимо преодолеть ряд экономических и технических препятствий. В будущем можно ожидать, что развитие умной упаковки будет продолжаться, и такие технологии станут стандартом в медицинской индустрии, что принесет значительные преимущества как производителям, так и потребителям медицинских изделий.

Список литературы

1. Будущее фармацевтической упаковки: обзор идей и инноваций 2024 [Электронный ресурс] Дзен. – Режим доступа: <https://dzen.ru/a/Zi-RS4mMNgjSOUxU/> – Дата доступа: 14.11.2024.
2. Революционная технология RFID в медицине [Электронный ресурс] RFIDHY. – 2019 г. – Режим доступа: <https://www.rfidhy.com/ru/rfid-breakthrough-technology-in-medical-applications/> – Дата доступа: 14.11.2024.
3. 30 примеров применения технологий Интернета вещей (IoT) [Электронный ресурс] Софиот. – 2024 г. – Режим доступа: <https://sofiot.ru/blog/poleznye-materialy-iot/30-primerov-primeneniya-tekhnologiy-interneta-veshchey-iot/> – Дата доступа: 14.11.2024.