

**ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ:
ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ
В ПРОГРАММНО-АППАРАТНОМ КОМПЛЕКСЕ**

**А. И. Бутько, М.В. Изоитко,
В.А. Малышкин, И.С. Русецкий**

*Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой,
Новополоцк, Беларусь*

Программно-аппаратный комплекс по промышленной безопасности с применением технологий дополненной реальности (AR) предназначен для изучения структуры нефтеперерабатывающего предприятия и вероятных аварийных ситуаций на его основных установках. Основой аппаратной части комплекса служит макет, который представляет собой уменьшенную копию нефтеперерабатывающего предприятия. Выбранная аппаратная начинка позволяет продемонстрировать симуляции аварийных ситуаций или сценарии, требующие визуализации происходящего на объекте. Визуализация нештатных ситуаций в программно-аппаратном комплексе по промышленной безопасности реализована с применением технологий дополненной реальности.

Ключевые слова: *программно-аппаратный комплекс, промышленная безопасность, макет нефтеперерабатывающего предприятия, аппаратное обеспечение макета на основе микроконтроллера ATmega328 (Arduino Nano), программное обеспечение микроконтроллера, мобильное приложение для управления программно-аппаратным комплексом, мобильное приложение дополненной реальности и проверки знаний.*

Введение. ОАО «Нафтан» – крупнейшее нефтеперерабатывающее предприятие Республики Беларусь. Безопасность, обучение нормам охраны труда и протоколам поведения в экстренных ситуациях являются краеугольными камнями его деятельности. Комплекс интерактивных обучающих программ, разработанных с применением современных информационных технологий, позволяет в безопасной среде детально ознакомиться с типами нештатных ситуаций техногенного характера и отработать навыки реагирования в соответствии с установленными регламентами.

Комплекс по промышленной безопасности, основанный на технологии дополненной реальности, включает как аппаратную, так и программную составляющую, каждая из которых играет свою уникальную роль. Его важнейшими элементами являются макет нефтеперерабатывающего предприятия, аппаратное обеспечение макета, программное обеспечение для микроконтроллера, а также мобильные приложения, предназначенные для управления программно-аппаратным комплексом и проверки знаний с применением AR-технологий. В этом гармоничном единстве технологий и образовательных практик формируется культура безопасности и ответственного отношения к каждому элементу производственного процесса.

Описание программно-аппаратного комплекса. Основой аппаратной части комплекса служит макет, который представляет собой уменьшенную копию крупных технологических объектов нефтеперерабатывающего предприятия, их коммуникационной обвязки и вспомогательной инфраструктуры (рис. 1). С помощью аддитивных технологий воспроизведена модель технологического комплекса глубокой переработки нефти, содержащая пять основных установок: атмосферная трубчатка АТ-8, гидроочистка ГО-2, производство серы методом Клауса, гидрокрекинг «Юникрекинг», установка замедленного коксования.



Рисунок 1. – Макет ОАО «Нафтан»

В системе автоматизированного проектирования – SolidWorks [1] были созданы цифровые 3D-модели крупных технологических объектов нефтеперерабатывающего предприятия. После завершения этапа проектирования эти 3D-модели были распечатаны на 3D-принтере с использованием в качестве филамента белого PLA пластика. Выбор именно этого пластика был обусловлен его низкой усадкой и необходимой прочностью. После того как были созданы прототипы объектов, их поверхность была тщательно подготовлена к процессу окрашивания. Для этого на объекты была нанесена грунтовка, а затем они были окрашены с использованием акриловых красок. Готовые модели были размещены на макете нефтеперерабатывающего завода. Вся компоновка объектов была выполнена с учётом реальных данных о расположении объектов на предприятии, что позволило создать точную и наглядную визуализацию.

Макет оснащён комплексом программного и аппаратного обеспечения, предоставляющего высокий уровень погружения в процесс интерактивного обучения благодаря интегрированному набору звуковых и визуальных специальных эффектов, функционирующих в одном из одиннадцати доступных режимов работы.

Основой программно-аппаратной части комплекса является Arduino Nano на базе микроконтроллера ATmega328, к которому подключаются различные исполнительные устройства: светодиоды для освещения и имитации огня, аудио проигрыватель и Bluetooth-модуль для управления с мобильного телефона. Программное обеспечение для микроконтроллера [2] написано на языке C и осуществляет взаимодействие с внешним

оборудованием. Программа получает команды от мобильного приложения и выполняет соответствующие действия.

Мобильное приложение служит основным интерфейсом управления программно-аппаратным комплексом (рис. 2). Оно позволяет включать и выключать подсветку, моделировать аварийные ситуации на различных производственных участках и демонстрировать возможности всего комплекса. Приложение разработано для операционной системы Android в среде разработки Android Studio [3] с использованием языка программирования Kotlin.

Мобильное приложение поддерживает 11 режимов управления, включая 5 режимов для автономного управления процессами в нормальных условиях и 5 режимов для моделирования аварийных ситуаций на каждом производстве. В приложении также предусмотрен демонстрационный режим, который сочетает световые и звуковые эффекты. Интенсивность и последовательность включения эффектов изменяются, чтобы показать возможности системы в условиях симуляции аварийных ситуаций или сценариев, требующих визуализации текущих событий на объекте.



Рисунок 2. – Основной экран мобильного приложения для управления программно-аппаратным комплексом

AR-технологии играют важную роль, позволяя визуализировать нештатные ситуации в режиме реального времени. Это помогает лучше понять потенциальные риски и принимать обоснованные решения для их устранения. Визуализация нештатных ситуаций в программно-аппаратном комплексе для обеспечения промышленной безопасности осуществляется с использованием технологий дополненной реальности. Мобильное приложение распознает объекты нефтехимического предприятия, показывает анимированные сценарии аварий на различных производствах и проводит проверку знаний пользователей в случае возникновения техногенных инцидентов (рис.3).

Приложение дополненной реальности разработано с использованием платформы Unity [4] на языке программирования C# [5] и предназначено для интерактивного обучения и тестирования пользователей.

Рисунок 3. – Мобильное приложение дополненной реальности



Мобильное приложение дополненной реальности включает несколько AR-панелей, которые функционируют по единой логике. Эти панели используют камеру устройства для распознавания объектов нефтехимического предприятия, демонстрируют анимированные сценарии аварий на разных участках производства и предлагают пользователям пройти тесты.

Чтобы выявить возможную индустриальную чрезвычайную ситуацию, нужно направить камеру портативного устройства на объекты, включенные в схему нефтеперерабатывающего завода. При точном распознавании объекта на дисплее портативного гаджета активизируется мультипликационный сюжет, демонстрирующий последовательность инцидента. После этого пользователь получает выбор между несколькими потенциальными стратегиями поведения, среди которых ему нужно определить оптимальную. Образовательная сессия признается удачной, если все потенциальные угрозы, определенные в плане, выявлены и для каждой из них определен соответствующий метод реагирования.

Заключение. Программно-аппаратный комплекс по промышленной безопасности, разработанный для нефтеперерабатывающего предприятия, представляет собой интегрированное решение, которое сочетает в себе передовые технологии для изучения структуры предприятия и моделирования возможных аварийных ситуаций с использованием дополненной реальности.

Разработка программно-аппаратного комплекса с использованием современных технологий – это новый шаг к повышению уровня обучения нормам безопасности и визуализации процессов. Интеграция CAD, аддитивных технологий, смарт-решений и дополненной реальности создает мощный инструмент для визуализации нештатных ситуаций на промышленном объекте.

Разработанный программно-аппаратный комплекс по промышленной безопасности с применением технологий дополненной реальности внедрен в центр безопасности МЧС г. Новополюцка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Solidworks [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.solidworks.com>. – Дата доступа: 01.10.2024.

2. Arduino IDE [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.arduino.cc/en/software>. – Дата доступа: 01.10.2024.
3. Android Studio [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.developer.android.com/studio?hl=ru>. – Дата доступа: 01.10.2024.
4. Платформа Unity [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://unity.com/ru>. – Дата доступа: 01.10.2024.
5. C# [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/dotnet/csharp/>. – Дата доступа: 01.10.2024.