

УДК 004

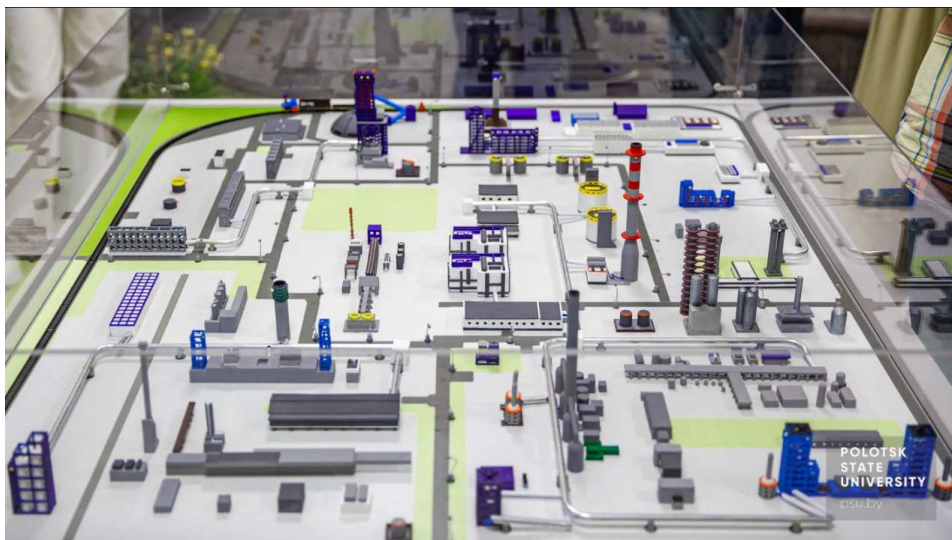
**ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ПО ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ  
С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ**

**А. И. БУТЬКО, М. В. ИЗОИТКО, В. А. МАЛЫШКИН**  
(Представлено: И. С. РУСЕЦКИЙ)

*Программно-аппаратный комплекс по промышленной безопасности с применением технологий дополненной реальности предназначен для изучения структуры нефтеперерабатывающего предприятия и вероятных аварийных ситуаций на его основных установках. Основные компоненты комплекса: макет нефтеперерабатывающего предприятия, аппаратное обеспечение макета, программное обеспечение для микроконтроллера, мобильное приложение для управления программно-аппаратным комплексом, мобильное приложение дополненной реальности и проверки знаний.*

**Введение.** ОАО «Нафтан» – крупнейшее нефтеперерабатывающее предприятие Республики Беларусь. Вопросам безопасности, обучению норм безопасности и правилам поведения в аварийных ситуациях на предприятии уделяется огромное внимание. Комплекс интерактивных обучающих программ, разработанных с помощью информационных технологий, позволяет в безопасной среде изучить виды нештатных ситуаций техногенного происхождения и попрактиковаться в реализации соответствующих регламентов реагирования. Комплекс по промышленной безопасности с применением технологий дополненной реальности имеет аппаратную составляющую и программное обеспечение различного назначения. Основные компоненты комплекса: макет нефтеперерабатывающего предприятия, аппаратное обеспечение макета, программное обеспечение для микроконтроллера, мобильное приложение для управления программно-аппаратным комплексом, мобильное приложение дополненной реальности и проверки знаний.

**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 замедленно-го коксования.



**Рисунок 1. – Макет ОАО «Нафтан»**

Цифровые 3D-модели крупных технологических объектов нефтеперерабатывающего предприятия были разработаны в системе автоматизированного проектирования – SolidWorks [1]. После завершения этапа проектирования 3D-модели были напечатаны на 3D-принтере. В качестве филамента был использован белый PLA пластик. Выбор данного пластика был обусловлен малой усадкой и необходимой прочностью.

После печати модели объектов предприятия были прогрунтованы, покрыты акриловыми красками и размещены на макете нефтеперерабатывающего предприятия.

Макет снабжен программно-аппаратной начинкой, которая обеспечивает глубокую иммерсивность интерактивного изучения предметной области за счет встроенного пакета аудиовизуальных спецэффектов, работающих в одном из одиннадцати возможных режимов.

Ядром программно-аппаратной части служит микроконтроллер Arduino Nano, к которому подключаются исполнительные устройства: светодиоды для освещения, светодиоды для имитации огня, проигрыватель аудиофайлов, Bluetooth-модуль для управления с мобильного телефона. Программное обеспечение для микроконтроллера [3] написано на языке C. Программа совершает взаимодействия с внешним оборудованием. Сама программа является “приемником” команд от мобильного приложения для выполнения соответствующих действий.

Мобильное приложение выполнено и используется как основной интерфейс управления программно-аппаратным комплексом. Оно позволяет выполнять действия по включению/выключению подсветки, моделированию аварий на конкретных производствах, а также показать демонстрации возможностей всего комплекса. Мобильное приложение выполнено для ОС Android в IDE Android Studio [2] на языке программирования Kotlin.

В мобильном приложении реализовано 11 режимов управления, из них 5 для независимого управления производствами независимо друг от друга в штатных ситуациях и 5 при моделировании аварийных ситуаций на каждом производстве. Также предусмотрен демонстрационный режим.

Особую роль играют **AR-технологии**, с помощью которых нештатные ситуации визуализируются в режиме реального времени, что помогает лучше понимать потенциальные риски и принимать обоснованные решения по их ликвидации.

Приложение дополненной реальности создано с помощью платформы Unity [4] на языке C# для интерактивного обучения и тестирования пользователей.

Для обнаружения потенциальной нештатной ситуации техногенного характера нужно навести камеру мобильного устройства на объекты, составляющие модель нефтехимического промышленного предприятия.

В случае правильной идентификации опасности на экране мобильного устройства воспроизводится анимированный трек, визуализирующий возникновение и развитие аварии. Затем предлагается набор нескольких возможных алгоритмов действий, из которых нужно выбрать единственно правильный вариант. Обучающий сеанс считается пройденным успешно, если обнаружены все опасности, предусмотренные сценарием, и для каждой из них определен правильный алгоритм действий.

**Заключение.** Программно-аппаратный комплекс по промышленной безопасности разработан с целью изучения структуры нефтеперерабатывающего предприятия и моделирования с применением технологий дополненной реальности возникновения возможных аварийных ситуаций. При проектировании и реализации программно-аппаратного комплекса использовались различные технологии: CAD-моделирование, аддитивные технологии, смарт-технологии и технологии разработки программируемых мобильных систем, технологии разработки мобильных приложений, технологии дополненной реальности.

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

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Solidworks [Электронный ресурс].— Режим доступа: <https://www.solidworks.com>. — Дата доступа: 01.10.2024.
2. Android Studio [Электронный ресурс].— Режим доступа: <https://www.developer.android.com/studio?hl=ru>. — Дата доступа: 01.10.2024.
3. Arduino IDE [Электронный ресурс].— Режим доступа: <https://www.arduino.cc/en/software>.— Дата доступа: 01.10.2024.
4. Платформа Unity [Электронный ресурс].— Режим доступа: <https://unity.com/ru>.— Дата доступа: 01.10.2024.