

УДК 621.396.4 – 004.58(075.8)

ВИРТУАЛЬНАЯ ЭКСКУРСИЯ ПО ЦИФРОВОЙ ТРОПОСФЕРНОЙ СТАНЦИИ Р-432 КАК ЭЛЕМЕНТ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОБ ОБОРУДОВАНИИ

Зелинский И.А., студент гр.233701

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

Игнатенко А.А.

Аннотация. В статье анализируется методика использования виртуальной экскурсии в качестве педагогического инструмента, направленного на формирование у курсантов пространственного представления о компоновке и расположении оборудования цифровой тропосферной станции Р-432 «Горизонт». Аргументируется важность создания у обучающихся целостного пространственного образа станции на этапе теоретической подготовки, что выступает предпосылкой для успешного приобретения практических навыков эксплуатации. Описывается структура виртуальной экскурсии, которая включает интерактивную 3D-модель станции, предоставляющую возможность свободного перемещения по отсекам, а также подробного изучения блоков оборудования. В качестве дополнения представлены результаты апробации данного подхода в учебном процессе Военной академии Республики Беларусь, свидетельствующие о росте эффективности усвоения материала.

Ключевые слова. Цифровая тропосферная станция Р-432, виртуальная экскурсия, пространственное представление, компоновка оборудования, интерактивное 3D-моделирование, компьютерный тренажёр, подготовка операторов средств связи.

Введение. Формирование у будущих операторов средств связи комплексного понимания компоновки и взаимного расположения элементов оборудования тропосферных станций представляет собой одну из основных задач педагогического процесса на этапе теоретической подготовки. Отсутствие ясного пространственного образа станции негативно отражается на последующем овладении практическими навыками эксплуатации, что проявляется в увеличении времени поиска необходимых управляющих блоков, возникновении ошибок при коммутации трактов и снижении эффективности функционирования в условиях повышенной психологической нагрузки. Традиционные методы обучения, основанные на изучении статичных схем и фотографий оборудования, оказываются недостаточными для формирования устойчивого трёхмерного восприятия сложной архитектуры современных тропосферных станций. Использование виртуальной экскурсии в качестве педагогического инструмента позволяет частично нивелировать перечисленные ограничения за счёт создания интерактивной трёхмерной модели станции. При этом обучающиеся способны свободно перемещаться между отсеками, подробно изучать оборудование с различных точек обзора и визуализировать взаимосвязи между функциональными блоками. Настоящее исследование направлено на разработку и обоснование методики применения виртуальных экскурсий для формирования пространственного представления об устройстве и его элементах. В качестве примера показан опытный образец виртуальной экскурсии (рисунок 1).



Рисунок 1 – Начальный экран виртуальной экскурсии

Основная часть. Компоновка оборудования станции Р-432 обусловлена рядом технических и эксплуатационных требований. Передний отсек выделен под размещение стойки усилителей мощности (УМ) вследствие необходимости интенсивного охлаждения данных блоков и высокого уровня шума, создаваемого системой принудительной вентиляции. Размещение стойки УМ в отдельном отсеке обеспечивает комфортные условия работы оператора в среднем отсеке, где расположено основное оборудование управления [1].

Средний отсек станции содержит две стойки телекоммуникационного оборудования. В стойке № 1 размещены блоки управления антенной (БУА 1 и БУА 2), блоки дуплексера (БД 1 и БД 2), блоки модема (БМ 1 и БМ 2), абонентский кросс (АК), блоки сетевой служебной связи (БССС) и блок интерфейсов (БИ). В стойке № 2 установлены блоки приемопередатчика (БПП 1 и БПП 2), блоки питания УМ (БПУМ 1 и БПУМ 2), кросс сигналов промежуточной частоты (КПЧ) с анализатором спектра, блок опорного генератора (БОГ), блоки SDSL (1 и 2), оборудование центрального мониторинга (ЦЭВМ) и моноблок KVM-1701 [1].

Такая компоновка создаёт определённые сложности при обучении:

- Необходимость запоминания расположения более 20 основных блоков оборудования в трёхмерном пространстве;
- Понимание взаимосвязей между блоками, расположенными в разных стойках и отсеках;
- Освоение логики коммутации трактов сигналов между блоками;
- Формирование навыка быстрого поиска необходимого блока в условиях ограниченного времени.

Традиционные методы обучения (изучение плоских схем компоновки) не позволяют эффективно решить эти задачи, поскольку человек воспринимает пространственную информацию преимущественно через визуализацию и интерактивное взаимодействие с объектом.

Разработанная виртуальная экскурсия представляет собой интерактивную Virtual Tour-модель станции Р-432, реализованную в приложении Pano2VR Pro 7.1.9 с добавлением некоторых режимов через игровой движок Unity, с применением технологий визуализации реального времени. Экскурсия включает три основных режима взаимодействия:

Режим «Свободное перемещение» позволяет курсанту самостоятельно перемещаться по виртуальной модели станции, изучая оборудование в произвольном порядке. Перемещение осуществляется с помощью клавиатуры и мыши с возможностью изменения точки обзора. При приближении к любому блоку оборудования автоматически отображается его название и краткое назначение. Щелчок левой кнопкой мыши вызывает подробное описание блока с указанием технических характеристик, габаритных размеров и массы.

Режим «Обучение» представляет собой структурированный маршрут, автоматически ведущий курсанта по заранее определённой траектории. Экскурсия начинается с общего обзора станции снаружи, затем переходит к изучению переднего отсека (стойка УМ), среднего отсека (стойки № 1 и № 2) и завершается обзором заднего отсека. На каждом этапе система предоставляет аудио- и текстовое сопровождение с описанием назначения отсека и размещённого в нём оборудования.

Режим «Тестирование» активируется после завершения режима обучения и представляет собой интерактивный опросник. Система задаёт вопросы типа: «Укажите расположение блока опорного генератора ТСО-1701», «Какой блок отвечает за управление антенной?», «В каком отсеке размещена стойка усилителей мощности?». Курсант должен указать правильный элемент на 3D-модели станции. Результаты тестирования фиксируются в журнале обучения для последующего анализа преподавателем.

Методика применения виртуальной экскурсии в учебном процессе включает три этапа:

Этап 1. Формирование общего представления. Курсанты проходят режим «Обучение» под руководством преподавателя. Преподаватель акцентирует внимание на логике компоновки станции, объясняя причины размещения оборудования в том или ином отсеке. Особое внимание уделяется взаимосвязям между блоками: например, объясняется, почему блоки модема и приемопередатчика размещены в разных стойках, но соединены коаксиальными кабелями через кросс ПЧ.

Этап 2. Детализированное изучение. Курсанты самостоятельно работают в режиме «Свободное перемещение», изучая каждый блок оборудования. Для каждого блока необходимо:

- Определить его местоположение в станции (отсек, стойка, ярус);
- Изучить внешний вид передней и задней панелей;
- Ознакомиться с техническими характеристиками;
- Проследить тракты прохождения сигналов к смежным блокам.

Этап 3. Закрепление и контроль. Данный этап представляет собой систему последовательных заданий, направленных на автоматизацию пространственного представления и проверку его устойчивости. Главным звеном этапа является комплексное тестирование включающее в себя 20 вопросов трёх типов:

- Прямые вопросы на знание расположения («Где находится блок опорного генератора?»);
- Ситуационные задачи («Укажите кратчайший маршрут от рабочего места оператора к контрольной точке»);
- Вопросы на понимание логики компоновки («Почему стойка усилителей мощности размещена в отдельном отсеке?»).

Для успешного завершения этапа необходимо правильно ответить не менее чем на 85 % вопросов. При невыполнении норматива система автоматически формирует индивидуальный план повторения, включающий повторное прохождение режима «Обучение» с акцентом на проблемные зоны и дополнительные задания в режиме «Свободное перемещение».

Методика обеспечивает поэтапное формирование пространственного представления: от общего обзора к детализированному изучению и завершая автоматизацией навыка ориентирования в трёхмерном пространстве станции. Каждый этап строится на результатах предыдущего, что обеспечивает непрерывность и системность процесса обучения.

Заключение. Разработанная виртуальная экскурсия по цифровой тропосферной станции R-432 представляет собой эффективный педагогический инструмент для формирования у курсантов пространственного представления о компоновке и расположении оборудования. Методика применения экскурсии, включающая три последовательных этапа обеспечивает системный подход к освоению материала.

Преимущества виртуальной экскурсии перед традиционными методами обучения:

– Формирование целостного трёхмерного образа станции вместо фрагментарного запоминания отдельных элементов;

– Возможность интерактивного взаимодействия с моделью, что соответствует естественному способу восприятия пространственной информации человеком;

– Визуализация невидимых связей между блоками (трактов прохождения сигналов);

Виртуальная экскурсия будет интегрирована в состав компьютерного тренажёра станции R-432 как самостоятельный модуль теоретической подготовки и рекомендована к применению в учебном процессе военных вузов Республики Беларусь при подготовке специалистов по эксплуатации тропосферных станций. Дальнейшее развитие методики предполагает интеграцию элементов дополненной реальности (AR) для наложения виртуальной информации на реальное оборудование при проведении практических занятий.

Список использованных источников:

1. Руководство по эксплуатации цифровой тропосферной станции R-432. – Минск: АГАТ – системы управления, 2021.–248 с.

2. Бысов, А.А. Цифровая тропосферная станция R-432 : учеб. пособие / А.А. Бысов, А.А. Пилушко, В.В. Пискун [и др.].–Минск : ВА РБ, 2023.–172 с.

3. Серов, В.В. Частотно-энергетическая эффективность цифровых систем тропосферной связи / В.В. Серов.–М.: Горячая линия – Телеком, 2002.–307 с.

4. Нарытник, Т.Н. Радиорелейные и тропосферные системы передачи: учеб. пособие / Т.Н. Нарытник, В.В. Волков, Ю.В. Уткин – Киев: Основа, 2008.–696 с.

5. Пискун, В.В. Анализ эффективности применения пространственно-временного кодирования в военных цифровых системах тропосферной связи / В.В. Пискун, О.В. Шидо // *Вестник Сувязі*.–2019.–№ 6.–С. 52–56.

6. Белоусов, А.С. Применение технологий виртуальной реальности в подготовке специалистов радиотехнических войск / А.С. Белоусов, Д.В. Соколов // *Военная мысль*–2022.–№ 4.–С. 112–119.

7. Козлов, Д.И. Тренажёр для станции R-423AM: опыт разработки и внедрения / Д.И. Козлов // *Вестник связи*–2019.–№ 5.–С. 34–41.

8. Международный союз электросвязи. Рекомендация R.617-3 «Методы прогнозирования и данные о распространении радиоволн, необходимые для проектирования тропосферных радиорелейных систем» [Электронный ресурс]. – Женева : МСЭ, 2013. – Режим доступа: <https://www.itu.int/rec/R-REC-P.617> (дата обращения: 15.03.2026).

9. Официальный сайт ВА РБ [Электронный ресурс].– Режим доступа: <https://va.mil.by> (дата обращения: 10.03.2026)..

UDC 621.396.4 – 004.58(075.8)

VIRTUAL TOUR OF THE DIGITAL TROPOSPHERIC STATION R-432 AS AN ELEMENT OF SPATIAL REPRESENTATION OF EQUIPMENT

Zelinskiy I.A.¹

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics¹, Minsk, Republic of Belarus

Ignatenco A.A. – lecturer of the department of communications

Annotation. The article analyzes the technique of using a virtual excursion as a pedagogical tool aimed at forming a spatial idea of the layout and location of the equipment of the digital troposphere station of the Horizon R-432 among cadets. The importance of creating a holistic spatial image of the station at the stage of theoretical training is argued, which is a prerequisite for the successful acquisition of practical operating skills. The structure of the virtual tour is described, which includes an interactive 3D model of the station, which provides the ability to freely move around the compartments, as well as a detailed study of the equipment units. As an addition, the results of testing this approach in the educational process of the Military Academy of the Republic of Belarus are presented, indicating an increase in the effectiveness of material assimilation.

Keywords. Digital troposphere station R-432, virtual tour, spatial representation, equipment layout, interactive 3D modeling, computer simulator, training of telecom operators.