

РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНЫХ РАБОЧИХ МЕСТ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ НА ПРИМЕРЕ ОБЪЁМНОГО МОНТАЖА¹³⁸

Войт Н.Н.¹³⁹, Кириллов С.Ю.¹⁴⁰, Бочков С.И.¹⁴¹

Аннотация: Виртуальные тренажёры являются весьма эффективным способом компьютеризации учебного процесса отработки навыков соблюдения технологического процесса на промышленных рабочих местах, а также исключительных и аварийных ситуаций. В статье описано применение виртуальных миров и тренажёров в условиях крупных промышленных предприятий, показана схема организации виртуальных рабочих мест. Решение проблемы формализации объектов сборки и монтажа показано на примере рабочего места объёмного монтажа.

Ключевые слова: виртуальный тренажёр; моделирование; жгутовой монтаж.

DEVELOPMENT OF RADIO MOUNTING VIRTUAL WORKPLACES ON EXAMPLE OF WIRE HARNESS

Voit N.N., Kirillov S.Yu., Bochkov S.I.

Abstract: Virtual simulators are quite effective way of computerization of studying process which involves working out of technological process skills on industrial workplaces and emergency situations. In the article virtual worlds and large enterprise virtual simulators applications is described, virtual workplaces organization scheme is given. Mounting objects formalization problem is solved on the example of wire harness mounting workplace.

Keywords: virtual simulator; modelling; wire harness.

¹³⁸ Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Ульяновской области в рамках научного проекта № 18-47-730032. Исследования поддержаны грантом Министерства образования и науки Российской Федерации, проект № 2.1615.2017/4.6.

¹³⁹ Ульяновск, УлГТУ, e-mail: n.voit@ido.ulstu.ru.

¹⁴⁰ Ульяновск, УлГТУ, e-mail: kirillovsyu@gmail.com.

¹⁴¹ Ульяновск, УлГТУ, e-mail: bochkovsi@ido.ulstu.ru.

Введение

Виртуальные миры являются одним из развивающихся направлений исследований и разработок в теории и практике автоматизированных систем обучения. Виртуальные тренажёры наиболее эффективны в плане сокращения финансовых затрат на расходные материалы, оборудование и сопровождение, а также масштабируемости и безопасного обучения принятию решений в аварийных ситуациях [1].

Виртуальные тренажёры позволяют полностью «погрузиться» в обучающее пространство, приближенное к реальности [2]. В работе [5] реализовано моделирование технологических процессов при монтаже, сборке, регулировке и наладке промышленных компонентов. При этом виртуальные тренажёры снабжены экспертной системой для оценки и последующей оптимизации действий обучающегося.

Виртуальные тренажёры также применяются для отработки нестандартных и чрезвычайных ситуаций с целью обучения высококвалифицированных специалистов и сокращения несчастных случаев на производстве. В работе [10] описан процесс создания и внедрения виртуальной производственной среды в тяжёлой промышленности. В программном комплексе предусмотрены возможности включения и выключения соответствующего оборудования, звуковые эффекты, отражающие реальный уровень производственного шума. Для работника отмечена необходимость использования средств индивидуальной защиты с описанием особенностей их применения. На виртуальной производственной площадке отмечены места несчастных случаев, произошедших на реальных участках производства. Использование программного комплекса показало высокую эффективность для осознания всеми категориями работников степени опасности работы на этих участках и воспитания у них ответственности за безопасный труд.

Общая информация

Организационная схема виртуальных рабочих мест представлена на рис. 1.

Каждое виртуальное рабочее место состоит из набора сущностей, соответствующих объектам материального мира для той или иной рабочей специальности, и списка компетенций в соответствии с конкретным разрядом выбранного рабочего места [8]. Имеются справочные материалы, включающие в себя документацию на собираемое изделие, отраслевые стандарты, стандарты предприятия и технические условия, распространяющиеся на изделие и его компоненты. Эти связи показаны в информационной модели на рис. 1.

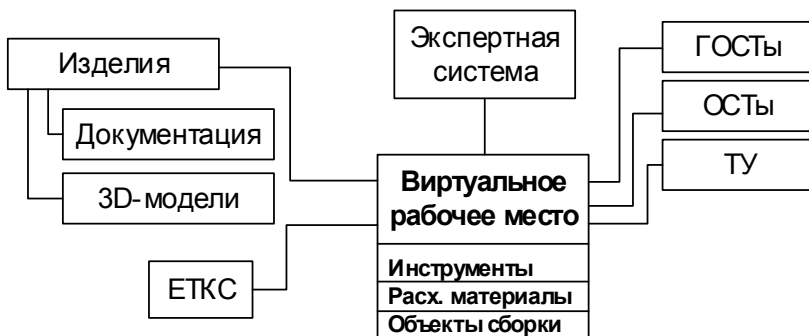


Рис. 1. Организационная схема виртуальных рабочих мест производства радиоаппаратуры и аппаратуры проводной связи

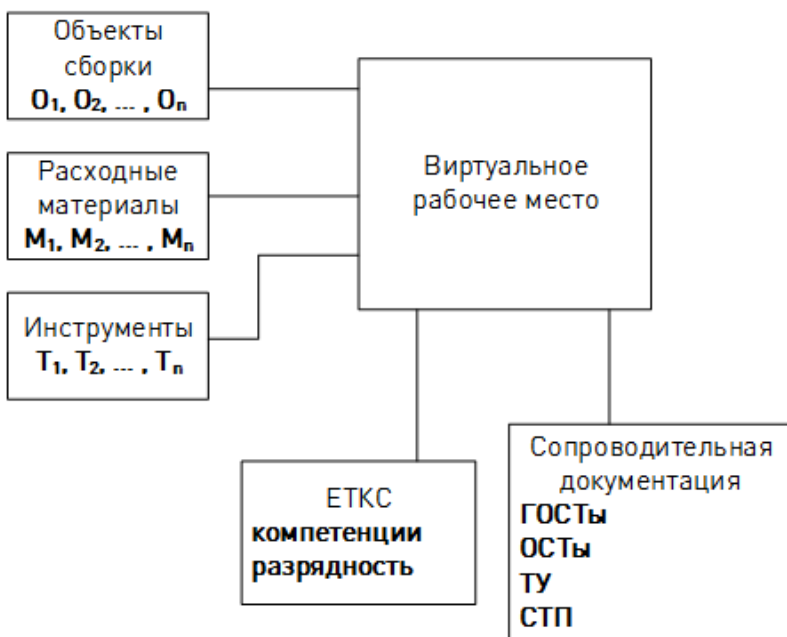


Рис. 2. Информационная модель виртуального рабочего места

В общем виде виртуальное рабочее место R может быть представлено в виде $R = (O, M, T, D)$, где:

O – изделие – объекты сборки (печатные платы, радиоэлементы, жгуты и т. п.), представленные набором параметров;

M – расходные материалы (флюс, припой и т. п.);

T – инструменты;

D – документы и нормативы, устанавливающие требования к выполнению операции.

Технологическая операция в теоретико-множественном представлении может быть описана функцией *operation*: $O \times M \times T \times D \rightarrow O$. В качестве входных данных функция принимает объекты сборки, которые должны быть обработаны с помощью соответствующего инструмента и расходных материалов в соответствии с нормативными требованиями, отображается на множество. Выходными данными являются объекты сборки с модифицированными параметрами.

Таким образом, технологический процесс $TP = (operation_1, operation_2, \dots, operation_n)$ представляет собой множество операций, регламентируемых официальной документацией: государственными и отраслевыми стандартами, а также техническими условиями.

Специфика моделирования технологического процесса объёмного монтажа

В отличие от поверхностного монтажа, монтируемыми объектами в объёмном монтаже являются не радиоэлементы, расставляемые на печатной плате, а провода, объединяемые в жгуты – конструкции из двух и более изолированных проводов, скреплённых в пучок с помощью бандажа из ниток или ленты из электроизоляционного материала [9]. Особые требования предъявляются к проводам и их обмотке, обвязке. Раскладка и разделка проводов производятся на доске-шаблоне.

Экранированные провода в жгуте должны быть проложены согласно технологическому процессу в одном экране, например, по варианту 3.1 или 3.6. Этот факт должен учитываться при проверке целостности жгута и отслеживании действий пользователя в экспертной системе оценки действий [6, 7].

Введены понятия, отображающие различные состояния проводов жгута.

Логический провод (ЛП) соответствует одному проводу согласно документации шаблона. ЛП имеет следующие параметры:

- *Идентификатор* – уникальный номер ЛП.
- *Физический провод* – объект физического провода (см. ниже), в который входит данный ЛП.

- *Точка начала и точка конца* – отверстия на шаблоне, в которых ЛП начинается и заканчивается соответственно.

- *Номера ярлыков* – номера трубочек-"чулков" на концах ЛП. По умолчанию равны 0.

- *Путь* – упорядоченное множество позиций на шаблоне, в т.ч. Точка начала и Точка конца, по которым проходит ЛП.

Физический провод (ФП) представляет собой один или несколько логических проводов под общим экраном. ФП имеет следующие параметры:

- *Идентификатор* – уникальный номер ФП.

- *Точка начала и точка конца* – отверстия на шаблоне, в которых ФП начинается и заканчивается соответственно.

- *Путь* – упорядоченное множество позиций на шаблоне, в т.ч. Точка начала и Точка конца, по которым проходит ФП.

- *Тип провода* – марка ФП.

Заземляющий провод (ЗП) состоит из одного или нескольких экранов физических проводов и собственно провода, начинающегося на месте его соединения с экранами проводов и заканчивающегося в точке заземления на шаблоне. ЗП содержит следующие параметры:

- *Идентификатор* – уникальный номер ЗП.

- *Точка начала* – позиция на шаблоне, в которой начинается ЗП.

- *Точка конца* – отверстие на шаблоне, в котором заканчивается ЗП.

- *Путь* – упорядоченное множество позиций на шаблоне, в т.ч. Точка начала и Точка конца, по которым проходит ЗП.

- *Тип провода* – марка ФП.

Объект *Заземление* содержит записи ЗП и соединённых с ними ФП:

- *Идентификатор* – уникальный номер записи.

- *Физический провод* – идентификатор ФП.

- *Заземляющий провод* – идентификатор ЗП, с которым соединён соответствующий ФП.

Неэкранированный провод является как физическим, так и логическим проводом.

Итоговая диаграмма классов показана на рис. 3.



Рис. 3. Диаграмма классов жгутовых проводов

Заключение

Использование виртуальных рабочих мест способствует повышению эффективности обучения и сокращению затрат на расходные материалы.

Описанное теоретико-множественное обоснование рабочих мест, в частности, объёмного монтажа, проведено для адекватной работы экспертной системы оценки действий [3–5].

Внедрение ЭС позволяет сократить сроки повышения квалификации радиомонтажников, слесарей-сборщиков РЭАиП и регулировщиков РЭАиП в среднем на 40%.

Список литературы

1. Learning in virtual worlds: research and applications / edited by Sue Gregory, Mark J. W. Lee, Barney Dalgarno, and Belinda Tynan. (2016).

2. Афанасьев А.Н., Войт Н.Н., Бочков С.И., Уханова М.Е., Ионова И.С.. Разработка и исследование виртуальных рабочих мест в среде OpenSim // Вестник УлГТУ. – 2016. – № 4.

3. Афанасьев А.Н., Бочков С.И. Математическое и алгоритмическое обеспечение рекомендательной системы для виртуальных тренажеров // Ученые записки института социальных и гуманитарных знаний. Выпуск № 1(15), 2017. Материалы VIII Международной научно-практической конференции «Электронная Казань-2017». (Казань, 25–26 апреля, 2016). Казань: ЮНИВЕРСУМ, 2017. С. 112–117.

4. Афанасьев А.Н., Бочков С.И. Разработка экспертной системы оценки действий обучающихся в виртуальных промышленных тренажёрах // Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта (CAD/CAM/PDM – 2017). – М.: ИПУ РАН им. В.А. Трапезникова. – 2017. – С. 382-385.

5. Войт Н.Н., Канев Д.С., Бочков С.И. Разработка экспертной системы оценки действий обучающегося в виртуальных промышленных мирах // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2017. – № 12. – С. 54-62.

6. ГОСТ 23585-79 Монтаж электрической радиоэлектронной аппаратуры и приборов. Технические требования к разделке и соединению экранов проводов (с Изменением № 1).

7. ГОСТ 23587-96 Монтаж электрической радиоэлектронной аппаратуры и приборов. Технические требования к разделке монтажных проводов и креплению жил.

8. Единый тарифно-квалификационный справочник работ и профессий рабочих (ЕТКС). Выпуск № 21 (утв. Постановлением Минтруда РФ от 7 марта 2001 г. № 23)

9. Петров В.П. Выполнение монтажа и сборки средней сложности и сложных узлов, блоков, приборов радиоэлектронной аппаратуры, аппаратуры проводной связи, элементов узлов импульсной и вычислительной техники. – М.: Академия, 2013. – 272 с.

10. Голубева Н.П., Кузьминов А.Л., Ермилов В.В., Белозор М.Ю. Виртуализация производственной среды как эффективный инструмент обучения безопасности труда // Научно-технический прогресс в чёрной металлургии – 2017. Материалы III Международной научной конференции. – Череповец: Череповецкий гос. ун-т. – 2017. – С. 75-80.