

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина), г. Санкт-Петербург, Россия*

***Аннотация.** Рассматривается применение концепции цифрового двойника для создания лабораторных работ курсу «Цифровые измерительные приборы». Приводится пример виртуальной лабораторной работы по исследованию метрологических характеристик цифрового частотомера, созданной на основе среды графического программирования LabView. В результате выполнения работы студент приобретает навыки работы с конкретным прибором и экспериментального определения его метрологических характеристик.*

Ключевые слова: виртуальная лабораторная работа; цифровой двойник; цифровой частотомер; метрологические характеристики; среда графического программирования LabView

Эффективная подготовка специалистов в технических ВУЗах невозможна без применения лабораторных практикумов. Применение телекоммуникационных технологий позволяет создавать и применять в учебном процессе лабораторные практикумы на основе виртуальных лабораторных работ (ВЛР). В общем случае под ВЛР понимается программное обеспечение, которое позволяет моделировать ситуации, проводить опыты или отрабатывать навыки у обучаемых без контакта с реальными объектами [1]. Применение ВЛР позволяет проводить лабораторные практикумы при традиционном очном, смешанном, а также дистанционном обучении.

Рабочие программы ряда специальных дисциплин подготовки бакалавров по направлению «Приборостроение» по профилю «Информационно-измерительные системы и технологии» СПбГЭТУ «ЛЭТИ» включают лабораторные практикумы, в ходе выполнения которых студенты приобретают умения и навыки проведения измерительного эксперимента с помощью различных средств измерений (СИ), освоение стандартных методик экспериментального определения метрологических характеристик (МХ) СИ. На кафедре ИИСТ СПбГЭТУ в течение ряда лет проводилась разработка и внедрение в учебный процесс лабораторных практикумов на основе ВЛР для этих дисциплин в [2, 3].

В настоящее время при компьютерном моделировании широко используется концепция «цифрового двойника». В широком смысле цифровой двойник – это цифровая (виртуальная) модель физических объектов, систем, процессов или людей. Рассмотрим применение этой концепции для создания ВЛР для специальных дисциплин данного профиля подготовки специалистов.

При выполнении ВЛР рабочим местом студента является персональный компьютер, поэтому основная проблема при создании ВЛР – это адекватное представление реального СИ в виде виртуальной модели на экране и имитация работы с ним. В своей профессиональной деятельности выпускники должны уметь применять важнейшую разновидность СИ – измерительные приборы (ИП). Поэтому лабораторные практикумы включают ВЛР, тематика которых посвящена вопросам применения и исследования МХ ИП разного вида. При выборе разновидности цифрового двойника для ИП наилучшим образом подходит экземпляр – виртуальная копия физического объекта, в которой заключена вся существующая информация о нем: 3D-модель, технические параметры, проектные данные, условия эксплуатации и многое другое [4].

В качестве примера реализации данного подхода к созданию ВЛР приведем созданную ВЛР «Исследование метрологических характеристик цифрового частотомера» по курсу «Цифровые измерительные устройства». В данной ВЛР имитируется метод прямых измерений при определении МХ частотомера. Этот метод заключается в измерении частотомером заданного значения частоты, воспроизводимой образцовым генератором. В качестве прототипа цифрового частотомера выбран INSTEK GFC-8010H. Данный частотомер является высокоточным микропроцессорным ИП, использующим комбинированный метод измерения. В качестве источника образцовой частоты выбран генератор INSTEK SPG-2120. Данные СИ используется в учебной лаборатории кафедры ИИСТ СПбГЭТУ.

Определим основные требованиями к цифровым двойникам СИ при создании ВЛР:

1. Частотомер и генератор образцовой частоты представляются в виде 3D-моделей на экране, при этом их лицевые панели идентичны панелям реальных СИ.
2. В модели частотомера необходимо реализовать функцию преобразования реального частотомера и предусмотреть задание характеристик систематической и случайной погрешностей.
3. Управление ходом проведения виртуального эксперимента осуществляется путем воздействия мышью на расположенные на лицевой панели органы управления моделей СИ.

Рассмотрим реализацию вышеприведенных требований в данной ВЛР. Идентичность оригиналов и виртуальных моделей СИ при их виртуальном представлении на экране реализована путем использования цветных фотографий лицевых панелей реальных СИ.

При программной реализации ВЛР выбрана среда графического программирования LabView, позволяющая:

- управлять процессом измерения путем воздействия мышью на органы управления цифрового двойника СИ в интерактивном режиме;
- использовать для обработки и анализа полученных экспериментальных данных набор функциональных библиотек (общего назначения и специализированных);
- взаимодействовать с оператором в ходе проведения виртуальных экспериментов с помощью продуманного и простого в программировании графического интерфейса.
- проводить ВЛР как в компьютерном классе, так и при дистанционном обучении при использовании технологии клиент-сервер и применении сетевого протокола ТСР/ІР.

При проведении виртуальных экспериментов используется удобный интерактивный графический пользовательский интерфейс. В ходе выполнения ВЛР обучаемый может воздействовать на органы управления (кнопки, переключатели) частотомера и образцового генератора и тем самым имитировать применение реальных СИ. На цифровом табло образцового генератора отображаются задаваемые значения измеряемой частоты, а на цифровом отсчетном устройстве частотомера – результаты измерений.

В процессе выполнения ВЛР имитируются оригинальные методики определения следующих МХ частотомера:

- предельные значения абсолютной основной погрешности;
- среднее значение абсолютной основной погрешности;

– СКО основной абсолютной погрешности.

В результате выполнения ВЛР студент приобретает навыки работы с данным цифровым частотомером и овладевает методиками экспериментального определения его метрологических характеристик.

Апробация данной ВЛР в учебном процессе СПбГЭТУ показала целесообразность применения данного подхода к созданию лабораторных практикумов по специальным дисциплинам по направлению подготовки «Приборостроение».

Список литературы:

1. Трухин А.В. Виды виртуальных компьютерных лабораторий // Информационные технологии в высшем образовании. 2005. С. 58–67.
2. Поливанов В.В. Применение имитационного моделирования для создания лабораторных практикумов по направлению «Приборостроение» / Современное образование: содержание, технологии, качество XXIII Междунар. науч.-метод. конф.: – СПб.: Изд-во «СПбГЭТУ ЛЭТИ», 2017. Т.2. С. 180–182.
3. Поливанов В.В. Разработка и применение виртуальных тренажеров при дистанционном обучении / Современное образование: содержание, технологии, качество: XXV Междунар. науч.-метод. конф.: – СПб.: Изд-во «СПбГЭТУ ЛЭТИ», 2019. С. 266–268.
4. Алексеев В.В. Цифровые двойники и виртуальные средства измерения / В. В. Алексеев, А. В. Царева. / Приборы. 2021. – № 11. С. 14–25.

V. V. Polivanov

Using the digital twin concept to create virtual lab works for the “Digital measuring instrument” course

Saint Petersburg Electrotechnical University, Russia

Abstract. The using of the digital twin concept to create lab works for the “Digital Measuring Instruments” course is considered. An example of virtual lab work on studying the metrological characteristics of a digital frequency meter, created on the basis of the LabView graphical programming environment, is given. As a result of completing the lab work the student acquires skills in working with a specific instrument and experimentally determining its metrological characteristics.

Keywords: virtual lab work; digital twin; digital frequency meter; metrological characteristics; graphical programming environment LabView