

УДК 528.087: 004.588

РАЗРАБОТКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИМУЛЯТОРОВ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ

П.Ф. ПАРАДНЯ, М.С. МЫСЛИВЕЦ
(Полоцкий государственный университет)

Статья посвящена использованию программных симуляторов в образовательном процессе, отмечаются основные преимущества такого использования. Даны характеристики трех модулей, составляющих виртуальные симуляторы. Авторами разработан учебно-тренировочный симулятор оптических теодолитов для обучения и тестирования знаний в рамках изучения геодезических дисциплин. Его программная реализация выполнена на языке программирования высокого уровня Python. Рассматривается принцип работы созданной базовой версии программы, ориентированной на изучение шкаловых отсчетных устройств теодолитов типа 2Т5К и 2Т30, а также разрабатываемой расширенной версии, предназначенной для моделирования процесса измерений при производстве тахеометрической съемки.

Ключевые слова: образовательный процесс, симулятор, теодолит, отсчётные устройства, Python.

Введение. Одной из основных форм организации учебного процесса при реализации образовательных программ высшей школы являются лабораторные и практические занятия [1]. Они подразумевают освоение и закрепление теоретического материала. Однако, для технических специальностей есть ряд причин, из-за которых снижается эффективность данного вида работы:

- некоторые учебные заведения имеют недостаточное количество оборудования, особенно дорогостоящего, что препятствует его одновременному массовому использованию;
- студенты не успевают освоить приборы и технологии за отведенное для этого на занятиях время.

Решению указанных проблем способствует внедрение в учебный процесс компьютерных программ-симуляторов оборудования, в том числе и геодезического. Это дает уменьшение нагрузки на преподавателей, сокращение затрат на приобретение оборудования, отсутствие износа приборов, возможность их изучения вне учебных занятий. Особую актуальность использование симуляторов приобретает в связи с переходом отдельных учебных заведений на дистанционный режим обучения, что естественным образом затрудняет выполнение практических работ с приборами, а тем более прохождение студентами учебных практик.

В геодезическом производстве в настоящее время используется широкий спектр приборов, начиная от простых оптических теодолитов и нивелиров, и заканчивая дорогостоящими лазерными сканерами и электронными тахеометрами. Для изучения последних разработано достаточное количество симуляторов, таких как Simulator GeoMax, DTM Simulator, Sdr33 PC Emulator, TPS 1200 PC Simulator и др. Однако, для аналоговых оптических приборов достойных внимания симуляторов не выявлено. Поэтому авторами была поставлена задача создания учебно-тренировочного симулятора оптических теодолитов под названием «Countdown ТНЕО».

Основная часть. Использование виртуальных симуляторов позволяет решать следующие задачи [2]:

- Ознакомление обучаемого с внешним видом прибора, внутренним его устройством и режимами работы.
- Отработка навыков выполнения основных операций на виртуальной модели как на реальном приборе.
- Фиксирование ошибочных действий и контроль устранения таковых.
- Оценивание уровня полученных знаний и учёт результатов подготовки обучаемых.

Виртуальные симуляторы обычно состоят из трех модулей – ознакомительного, обучающего и информационно-аналитического. Ознакомительный модуль включает и воспроизводит общие сведения о приборе, внешний вид прибора и элементы управления им с соответствующими названиями, функциональное назначение составных частей прибора, принцип действия и основные характеристики, закрепление полученной теории с помощью тестов. Обучающий модуль позволяет осуществить ряд практических операций: приведение прибора в рабочее состояние, настройка режимов работы, снятие отсчетов с контрольно-измерительных элементов, управление прибором с помощью винтов или других элементов управления, запись полученных данных, а также возможность и их обработка. Информационно-аналитический модуль представляет собой всевозможные средства для внедрения симулятора в процесс образования: размещение программы-симулятора в локальной сети учебного заведения; использование при проведении практических занятий; дополнительная информация по проведению занятий с помощью виртуального симулятора и т.п.

Основной задачей при разработке симулятора является создание максимально подобного виртуального образа прибора и его интерфейса, реалистичное функционирование всех элементов управления, а также их адекватную физическую реакцию на действия обучаемого.

Учебно-тренировочный симулятор «Countdown THEO» предназначен для обучения работе с оптическими теодолитами. Основная сфера применения данного программного продукта – процесс подготовки специалистов геодезического профиля. Данный симулятор помогает в изучении отсчетных устройств оптических теодолитов, что является основным навыком при работе с ними. Базовая версия программы «Countdown THEO» предназначена для работы с теодолитами типа 2Т5К и 2Т30. Функционал программы включает два режима: режим отображения введенных отсчетов на шкалах микроскопа теодолита и режим обучения. На рисунке 1 представлено окно программного интерфейса, где в левой части выводятся технические характеристики прибора, а в правой – поля для ввода значений отсчетов и визуализированное поле зрения отсчетного устройства. Для отображения в поле зрения микроскопа желаемых отсчетов по горизонтальному и вертикальному кругам, необходимо ввести их значения в соответствующие поля ввода. Первое поле предназначено для ввода градусов, второе – для угловых минут. После нажатия на кнопку «Показать отсчет», на изображении поля зрения микроскопа теодолита появятся отсчеты.

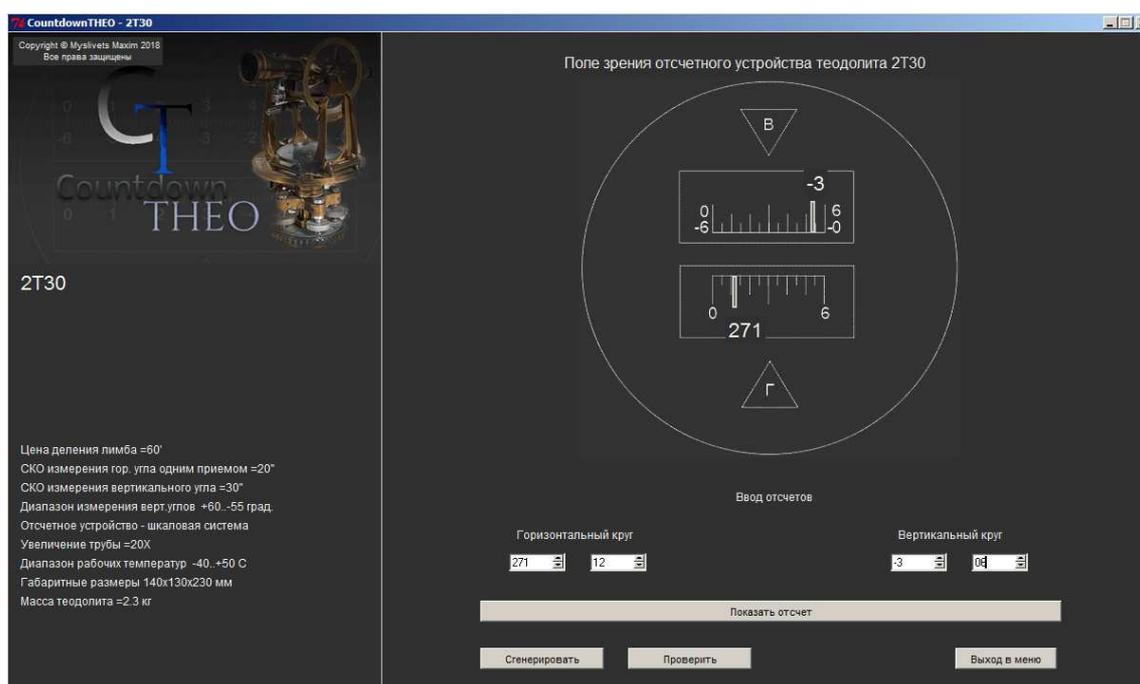


Рисунок 1. – Окно программного интерфейса

При использовании режима обучения необходимо нажать на кнопку «Сгенерировать», после чего в визуализированном поле отсчетного устройства прибора появятся случайные величины отсчетов. Далее обучаемый должен ввести в поля ввода значения градусов и минут, которые он видит, и кликнуть по кнопке «Проверить». Проверка запрограммирована с допустимой погрешностью в 0,5 цены деления шкалы. Если допущена ошибка, превышающая допустимую, то выводится информационное окно с сообщением об этом и верными значениями отсчетов. При правильном ответе в информационном окне выводится фраза «Верно!».

Для разработки данного виртуального симулятора использовался язык программирования высокого уровня Python [3]. Одним из главных достоинств этого языка является, прежде всего, его простой синтаксис, что определяет быстрое обучение и простоту восприятия кода. Кроме того его стандартная библиотека включает большой набор полезных функций, а в глобальной сети Интернет есть множество пользовательских библиотек, ориентированных на различные направления деятельности.

Tkinter – это одна из стандартных библиотек Python для разработки графического оконного интерфейса. Она позволяет позиционировать элементы интерфейса в окне автоматически, либо по сетке с указанием номера колонки и строки, либо их расположение задается координатами в системе координат окна. Интерфейс данной программы создан с использованием метода `place`, аргументами которого являются ординаты и абсциссы размещаемых объектов [4]. Для удобства формирования интерфейса вся область графического окна разделяется на так называемые фреймы (Frame). Например, для оптического теодолита 2Т30 в программном окне «Countdown THEO» задано 4 фрейма, которые содержат следующие группы объектов: характеристики теодолита; поле зрения отсчетного устройства микроскопа теодолита; ввод отсчетов для вертикального и горизонтального кругов; область построения элементов, показывающих заданный отсчет на шкале отсчетного устройства.

Характеристики теодолита в первом фрейме показаны с помощью виджета Label, используемого для отображения текста или изображения. В свойства виджета входят параметры шрифта, такие как тип, размер, цвет символов, цвет фона и т.п., а также свойство динамического обновления. Поле зрения микроскопа отсчетного устройства теодолита представлено изображением, которое было построено в среде AutoCAD с последующим экспортом в gif-формат с некоторыми цветовыми изменениями для сохранения общей дизайнерской темы программы.

В третьем фрейме размещены поля для ввода отсчетов, которые пользователь хочет увидеть в поле зрения отсчетного устройства микроскопа, а также кнопки «Показать» и «Сгенерировать». Вводить значения углов требуется по формату: градусы – целое число, минуты – дробное (с разделителем «точка»). Поля для ввода отсчетов созданы с помощью виджета Spinbox. Данный виджет позволяет получить на выходе не только поле для ввода числовых данных, но и возможность выбора числа из заданного диапазона. Кнопки во фрейме размещены с помощью метода ttk.Button.

Четвертый фрейм содержит градусные деления (штрихи) лимба с подписями значений, выводимые на фоне изображения шкалы отсчетного устройства.

При создании симулятора использовалась парадигма функционального программирования языка Python. Программа включает три основных пользовательских функции. Функция *btn_CE* (*hg, hm, vm, vg*) принимает значения отсчетов в градусах и минутах, указанные в полях ввода, по горизонтальному (*hg, hm*) и вертикальному (*vm, vg*) кругам и совмещает изображение штриха лимба с изображением шкалы микроскопа. Функция *gen_count* – генерирует случайные величины отсчетов в диапазоне оцифровки лимба теодолита. Функция *gen_prov* (*hg, hm, vm, vg*) – сравнивает сгенерированные отсчеты с введенными пользователем и выводит сообщение о правильности ответа.

В настоящее время ведется работа по расширению функционала симулятора. Разрабатываемый модуль позволит смоделировать процесс измерений при производстве тахеометрической съемки.

Для подготовки исходных данных преподавателем используется текстовый файл, каждая строка которого содержит № точки, X, Y, H с разделителем «запятая». Файл данной структуры может быть получен в результате обработки полевых геодезических измерений в программном комплексе Кредо либо другом программном продукте. Пример данных текстового файла для обработки:

```

ПЗ41,1513.0,2372.2,163.91
I,1662.7,2441.4,168.30
II,1582.6,2542.0,164.42
III,1465.9,2673.5,165.09
ПЗ42,1309.0,2517.8,163.46
I,1432.4,2407.2,161.22
2,1431.5,2297.1,160.21
3,1542.2,2220.1,160.62
4,1556.8,2247.8,160.58

```

Полученный файл импортируется в программу «Countdown ТНЕО», где создается общий список имен точек. Пользователь из данного списка в диалоговом режиме формирует топологию ходов, т.е. для каждого хода вводит имена всех его точек. Написанный для симулятора скрипт сохраняет файл с номерами ходов. Затем по каждому ходу пользователь вводит номера станций, ориентирных точек и пикетов. Пример формирования хода № 1 приведен на рисунке 2.

```

Каталог экспортированных точек:
['ПЗ41', 'I', 'II', 'III', 'ПЗ42', '1', '2', '3', '4', '5', '6', '7', '8', '9', '10',
'11', '12', '13', '14', '15', '16', '17', '18', '19', '20', '21', '22', '23']
Введите точки хода № 1 в порядке их последовательности в ходе:
ПЗ41,I,II,III,ПЗ42
Введите '1', если хотите закончить ввод точек ходов.
Введите '2', если хотите ввести точки следующего хода.
1
Ход № 1 : ['ПЗ41', 'I', 'II', 'III', 'ПЗ42']
Ввод пикетов для хода № 1. Станции ['ПЗ41', 'I', 'II', 'III', 'ПЗ42']
Введите точку обнуления и пикеты для станции ПЗ41:ПЗ42,1,2,3,4,5
Ввод пикетов для хода № 1. Станции ['ПЗ41', 'I', 'II', 'III', 'ПЗ42']
Введите точку обнуления и пикеты для станции I:ПЗ41,6,7,8,9
Ввод пикетов для хода № 1. Станции ['ПЗ41', 'I', 'II', 'III', 'ПЗ42']
Введите точку обнуления и пикеты для станции II:I,10,11,12,13
Ввод пикетов для хода № 1. Станции ['ПЗ41', 'I', 'II', 'III', 'ПЗ42']
Введите точку обнуления и пикеты для станции III:II,14,15,16,17
Ввод пикетов для хода № 1. Станции ['ПЗ41', 'I', 'II', 'III', 'ПЗ42']
Введите точку обнуления и пикеты для станции ПЗ42:III,18,19,20,21,22,23

Произведена запись вида:
№ хода, станция, точка обнуления, пикеты...
в файл st_0_p.txt

Все точки были выбраны в обработку. Нажмите любую клавишу для завершения.

```

Рисунок 2. – Процесс обработки каталога имен и координат экспортированных точек

Обработка полученного файла заключается в вычислении углов и длин линий между необходимыми точками, в которые затем вводятся случайные погрешности на основании сгенерированных нормированных случайных значений, имеющих нормальный закон распределений. В результате смоделированные углы и длины линий записываются в новый файл, который при импорте симулятор «Countdown ТНЕО» преобразует в отсчеты. Роль преподавателя на этом этапе завершена. Далее студенту необходимо последовательно в симуляторе теодолита снимать отсчеты, как при реальной тахеометрической съемке, и записывать их в журнал измерений. Кроме поля зрения отсчетного устройства в данном модуле добавлено поле зрения зрительной трубы, где выводится изображение рейки на фоне сетки нитей для определения необходимого дальнометрического расстояния.

Заключение. Использование симулятора оптических теодолитов «Countdown ТНЕО» в учебных заведениях позволит значительно упростить и сократить процесс изучения студентами соответствующих разделов геодезических дисциплин. Данный виртуальный симулятор позволит не только научиться работать с оптическими теодолитами разных моделей, но и поможет освоить процесс производства тахеометрической съёмки.

Программный продукт «Countdown ТНЕО» в основном ориентирован на использование в образовательных учреждениях при выполнении лабораторных и практических работ, подготовке к экзаменам и в процессе прохождения полевой учебной практики по дисциплинам геодезического цикла. Однако, при определенной доработке он может использоваться для обучения и осуществления контроля уровня геодезической подготовки сотрудников строительных и геодезических организаций. Открытый исходный код программного продукта будет полезен для создания собственных симуляторов и обучающих программ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кодекс Республики Беларусь об образовании – Минск : Национальный центр правовой информации – 2020. – 400 с.
2. Дзюбенко, О.Л. Виртуальные симуляторы в системе высшего военного образования: монография / О.Л. Дзюбенко, М.В. Мищенко, А.О. Коженков. – М. : РУСАЙНС, 2020. – 146 с.
3. Лутц, М. Изучаем Python / М. Лутц ; пер. с англ. – 4-е изд. – СПб. : Символ-Плюс, 2011.–1280 с.
4. Python – Программирование GUI (Tkinter) [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.tutorialspoint.com/python/python_gui_programming.htm. – Дата доступа: 20.10.2018.

Поступила 10.12.2020

DEVELOPMENT AND USE OF SIMULATORS OF SURVEY INSTRUMENTS

P. PARADNYA, M. MYSLIVETS

The article is devoted to the use of software simulators in the educational process, the main advantages of such use are noted. The characteristics of the three modules that make up the virtual simulators are given. The authors have developed an educational and training simulator of optical theodolites for teaching and testing knowledge in the study of geodetic disciplines. Its software implementation is made in the high-level programming language Python. Is given principle of operation of the created basic version of the program, focused on the study of the of reading devices of theodolites of types 2T5K and 2T30, as well as the developed extended version, designed to simulate the measurement process during the production tacheometrie.

Keywords: *educational process, simulator, theodolite, reading devices, Python.*