



## Компьютерный тренажер-эмулятор учебной цифровой вычислительной машины

*О.Е. Молчанов, А.С. Васильев, Т.И. Белая*

*Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского*

**Аннотация:** в работе рассмотрена проблема приближения теоретических знаний, обучающихся к практическим навыкам и умениям путем модернизации и оснащения учебных лабораторий в ВУЗе. Выделены основные подходы для решения поставленной задачи. Проанализированы их достоинства и недостатки. На основании проделанного анализа предложен вариант обеспечения учебной лаборатории компьютерным тренажером-эмулятором. Разработан и реализован тренажер-эмулятор учебной ЭВМ. Состав устройств и принципы функционирования разработанного эмулятора УЦВМ соответствует составу основных устройств и принципу программного управления функционирования реальных ЦВМ. Эмулятор обладает развитой системой индикации состояния элементов и узлов, малой скоростью работы, что в целом повышает наглядность его работы и эффективность использования в учебном процессе. Объем памяти и система команд УЦВМ позволяет реализовать на эмуляторе простейшие программы, иллюстрирующие основные приемы техники программирования.

**Ключевые слова:** компьютерный тренажер, учебная цифровая вычислительная машина, виртуальный тренажер, виртуальная лаборатория, тренажер-эмулятор, требования к тренажерам-эмуляторам, автоматизированный обучающий комплекс.

Одним из направлений развития высшей школы в настоящее время является задача максимального приближения теоретических знаний, обучаемых к практическому применению. При этом время профессиональной адаптации выпускника-специалиста и вхождение его в производственный процесс должно быть минимальным (Приказ Минобрнауки России от 12 марта 2015 года № 219 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 09.03.02 информационные системы и технологии (уровень бакалавриата)»). Для решения поставленной задачи используют два основных подхода [1]:

*использование реальных лабораторных установок и стендов* в процессе отработки практических умений и навыков. Данный подход является наиболее эффективным решением поставленной задачи, так как позволяет будущим специалистам проверить свои теоретические знания на практике и преодолеть психологический дискомфорт при освоении новой

---

техники [2, 3]. Следует отметить, что достоинствами данного подхода являются: *знакомство с реальной техникой, используемой на производстве; возможность проведения различных натуральных экспериментов; высокая степень наглядности отображения реальных процессов; программная и конструктивная адекватность; доведение до автоматизма профессиональных навыков.* К недостаткам следует отнести: *стареющая элементная база; ограниченность парка лабораторных установок; высокая стоимость лабораторного оборудования; высокая стоимость эксплуатации оборудования;*

***использование виртуальных компьютерных тренажеров*** - компьютерные тренажеры предназначены для отработки практических умений и навыков, а также развития творческих способностей, профессиональной интуиции и умения работать в команде. Кроме этого, компьютерные тренажеры используются для отработки умений и навыков решения задач. В этом случае они обеспечивают получение обучающимися краткой информации по теории, тренировку на различных уровнях самостоятельности, контроль и самоконтроль [4, 5 - 8]. К достоинствам данного подхода относят: *неограниченное (в разумных пределах) время функционирования тренажеров; возможность тиражирования программы под реальное количество обучающихся; возможность индивидуального обучения; возможность контроля занятия и оценки результатов выполнения задания; возможность дистанционного обучения.* К недостаткам данного подхода следует отнести: *высокая стоимость разработки тренажера; очень часто система работает по принципу черного ящика; высокие требования к производительности аппаратных средств.*

Для повышения эффективности процесса обучения и приближения теоретических знаний к практическим умениям и навыкам на кафедре была разработана аппаратная модель универсальной цифровой вычислительной

---

машины в «разрезе», которая была реализована на интегральных микросхемах и позволяла наглядно обучать принципам построения и функционирования любого вычислительного средства с программным управлением [2, 5]. Данная установка более четырех десятилетий использовалась в учебном процессе, но в настоящее время потеряла свою работоспособность и восстановлению не подлежит. Поэтому встал вопрос о сохранении «обучающего потенциала» установки и разработки ее новой модели в виде аппаратно-программного эмулятора на основе современных компьютерных технологий. Требования к тренажеру-эмулятору состоят в следующем: *наглядность архитектуры; наглядность отображения программного управления вычислительным процессом; реализация дополнительных механизмов программного управления; простота управления; наличие системы индикации; отображение состояния и работу машины в «разрезе».*

В соответствии с этими требованиями был разработан компьютерный тренажер-эмулятор «Учебная ЦВМ», который выполняет две основные функции – обработку информации и управление этой обработкой [5, 9, 10].

На левой вертикальной панели (рис.1) изображена структурная схема устройства управления, на средней вертикальной панели - структура запоминающего устройства, на правой вертикальной панели изображена структура арифметического и выходного устройства УЦВМ. Все элементы и узлы на структурных схемах содержат индикаторы [5, 10].

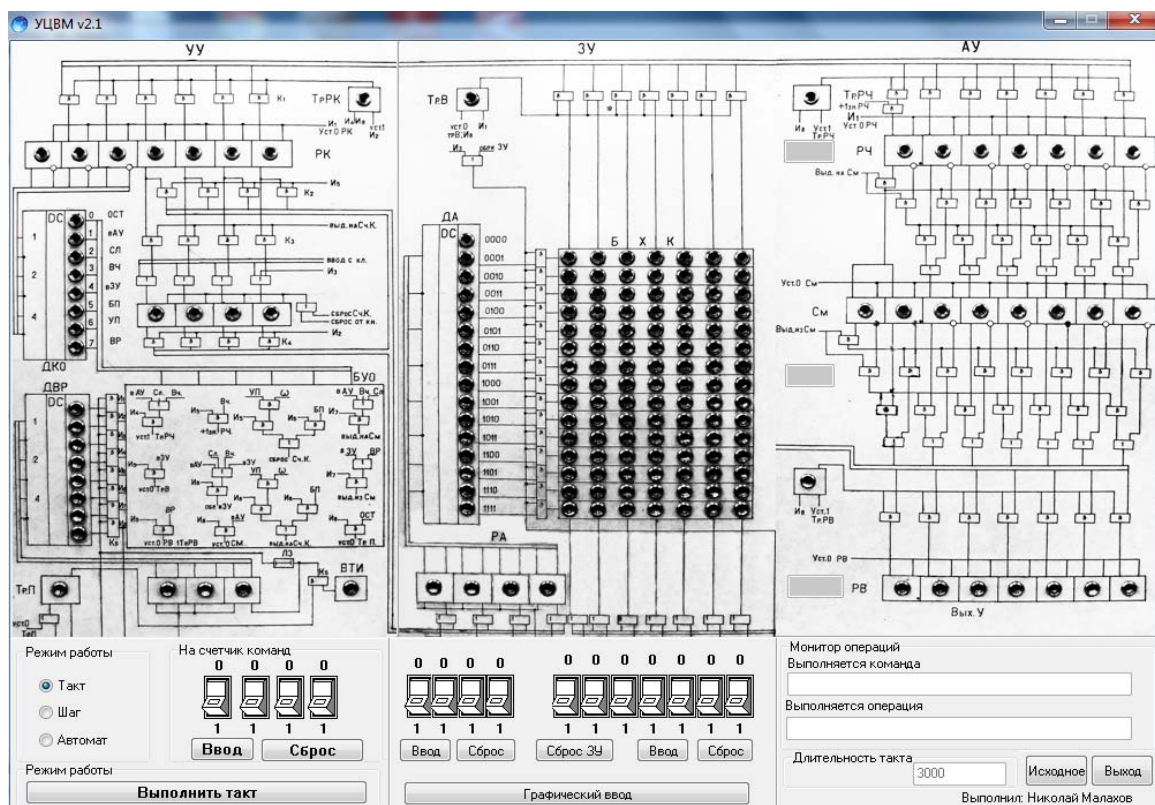


Рис. 1. – Лицевая панель компьютерного тренажера-эмулятора

**Запоминающее устройство УЦВМ** предназначено для хранения кодов команд программы и чисел, и представляет собой адресное ЗУ с произвольным доступом, построенное по одномерной схеме. В состав ЗУ входят: блок хранения кодов (БХК); группа разрядных формирователей; группа усилителей; группа клапанов (К); триггер восстановления (Тр. В); регистр адреса (РА); дешифратор адреса; группа адресных формирователей.

**Арифметическое устройство УЦВМ** предназначено для выполнения двух арифметических операций (сложения и вычитания) и двух посылочных операций - приёма кода в АУ и выдачи кода из него. Операнды, используемые в операциях представляются дробными в форме с фиксированной запятой. В арифметическом устройстве операция сложения и операция вычитания выполняются с использованием модифицированных обратных кодов. Число, являющееся результатом выполнения операции,

выдается из АУ в ЗУ или в выходное устройство в прямом коде. В состав АУ входят: *регистр числа (РЧ); параллельный накапливающий сумматор (См); пять групп клапанов ( $K_1, K_2, K_3, K_4$  и  $K_5$ ); триггер регистра числа (Тр.РЧ).*

**Устройство управления УЦВМ** выполняет две функции:

- 1) формирует адрес очередной команды, извлекаемой из ЗУ и поступающей в УУ для исполнения;
- 2) вырабатывает управляющие сигналы, под воздействием которых происходит извлечение команды из ЗУ и исполнение команды, принятой в УУ.

В устройстве управления УЦВМ используется естественный порядок выборки команд. Адрес очередной команды образуется путём прибавления единицы к адресу предыдущей команды. Для нарушения естественного порядка выборки команд используются команды передачи управления: условный и безусловный переходы.

В состав устройства управления входят: *регистр команд (РК); счетчик команд (СчК); дешифратор кода операции (ДКО); блок управления операциями (БУО); временной распределитель (ВР); генератор тактовых импульсов (ГТИ); триггер пуска (ТрП); триггер регистра команд (ТрРК); пять групп клапанов ( $K_1, K_2, K_3, K_4$  и  $K_5$ ).* С устройством управления связан пульт управления, с помощью которого осуществляется пуск машины и занесение на счётчик команд адреса первой команды программы.

**Входное устройство УЦВМ** предназначено для ввода прямых кодов чисел и кодов команд программы в блок хранения кодов ЗУ. В УЦВМ используется входное устройство простейшего типа, состоящее из двух групп ключей. С помощью одной группы ключей набирается двоичный номер ячейки памяти, в которую должен быть введён код. С помощью другой группы ключей набирается двоичный код, вводимый в ячейку памяти. Ввод

набранного кода в заданную ячейку памяти осуществляется при нажатии кнопки «Ввод».

**Выходное устройство УЦВМ** предназначено для вывода из машины прямого кода числа, являющегося результатом выполнения текущей команды. В УЦВМ используется выходное устройство простейшего типа, состоящее из регистра выхода (РВ) и группы клапанов К, используемых для приёма на регистр выхода кода числа из сумматора АУ. Клапаны К открыты при единичном состоянии триггера регистра выхода (ТрРВ).

Состав устройств и принципы функционирования разработанного эмулятора УЦВМ соответствует составу основных устройств и принципу программного управления функционирования реальных ЦВМ. Эмулятор обладает развитой системой индикации состояния элементов и узлов, малой скоростью работы, что в целом повышает наглядность его работы и эффективность использования в учебном процессе. Объем памяти и система команд УЦВМ позволяет реализовать на эмуляторе простейшие программы, иллюстрирующие основные приемы техники программирования.

Разработанный тренажер имеет следующие особенности:

- порядок выполнения машинных операций определяется программой. Программа состоит из совокупности определенного числа команд, в каждой из которых содержатся указания о том, какую операцию и над какими исходными данными требуется выполнить.
  - совокупность действий, совершаемых элементами, узлами и блоками машины при извлечении кода команды из запоминающего устройства и исполнение данной команды, называется циклом работы машины. Цикл работы машины разбивается на такты. В каждом такте выполняется вполне определенное действие;
  - в ЦВМ с естественной выборкой кодов команд из запоминающего устройства и их исполнение осуществляется в порядке номеров ячеек
-



памяти запоминающего устройства, в которых они хранятся. Адрес очередной команды образуется путем увеличения на единицу адреса предыдущей команды. При возникновении необходимости нарушения естественного порядка выполнения команд предусматриваются специальные команды – команды условной и безусловной передачи управления. В этих случаях адрес очередной команды указывается в адресной части команды передачи управления;

- команды, исходные данные и результаты операций в машине представляются в виде цифровых кодов и хранятся в запоминающем устройстве машины. Если цифровой код из ячейки ЗУ поступает в арифметическое устройство, то он интерпретируется машиной как код числа (код операнда). Эта особенность ЦВМ позволяет в процессе решения задачи внутри машины формировать новые команды.

Достоинствами разработанного комплекса являются: *неограниченное время и высокая надежность функционирования тренажера; возможность тиражирования программы для проведения практических занятий с требуемым числом обучающихся; возможность индивидуального обучения с контролем этапов выполнения занятия, тестированием и оценкой результатов выполнения индивидуального задания обучающимися; возможность дистанционного обучения с использованием компьютерных сетей и систем дистанционного обучения; возможность гибкой модернизации эмулятора с учетом предъявляемых к нему новых требований путем изменения или введения в программу необходимых дополнительных команд; отсутствие затрат на обслуживание и поддержание программы в работоспособном состоянии; возможность работы с эмулятором в одном из желаемых режимов: «Такт», «Цикл», «Автомат».*

Таким образом, разработанный эмулятор учебной ЦВМ позволит при проведении лабораторных и практических занятий овладеть практическими

---

навыками по следующим учебным вопросам: двоичная и восьмеричная системы счисления; представление числовых данных в разрядной сетке ЦВМ в естественной форме; образование и использование прямых и специальных кодов чисел при выполнении машинных операций; структура и форматы команд ЦВМ; способы адресации данных в ЦВМ; структура и состав универсальной ЦВМ; организация взаимодействия элементов, узлов и устройств ЦВМ в цикле её работы; программирование в машинных кодах линейных, разветвляющихся и циклических алгоритмов; работа с подпрограммами; особенности работы машины при выполнении команд управления и переполнении разрядной сетки; исследование особенностей построения и реализации алгоритмов машинных операций, определенных системой команд машины.

На основании вышеизложенного можно сделать следующий вывод: предлагаемый тренажер-эмулятор отвечает всем поставленным требованиям и может эффективно использоваться в учебном процессе при подготовке специалистов.

### Литература

1. Осипова В.А., Даныкина Г.Б. Повышение эффективности обучения операторов технологических процессов на базе компьютерных тренажеров // Системы. Методы. Технологии.2011. № 3 (11).С. 106-114.
2. Аверьянов А.В., Молчанов О.Е., Белая Т.И. Имитационное моделирование процесса функционирования универсальной цифровой вычислительной машины с программным управлением // Научный обозреватель (научно-аналитический журнал).2015. № 3 (51).С. 35-39.
3. Кузнецов Д.Б., Полевщиков И.С., Лясин В.Н. Методика автоматизированного контроля знаний студентов по дисциплине «Теория





- вычислительных процессов»// Инженерный вестник Дона, 2013, №4  
URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2041](http://ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2041).
4. Ong C.M. Dynamic simulation of electric machinery using MatlabSimulink, New Jersey, Prentice Hall PTR, 1998, 626 p.
  5. Белая Т.И., Молчанов О.Е., Казанцев Д.И. Моделирование различных режимов работы ЭВМ на имитационной модели «УЦВМ» // Журнал научных и прикладных исследований. 2015. №5 (май). С.116-118.
  6. Богачева Е.С. Социальные и профессиональные потребности нового качества профессиональной подготовки и проблемы его модернизации // Инженерный вестник Дона, 2011, №2  
URL:[ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2011/426/](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2011/426/).
  7. Fayzrakhmanov R.A., Polevshchikov I. S. Increased of Efficiency in the Automated Training of Fuelling Machine Operators Using Iterative Simulation Learning // World Applied Sciences Journal, 2013. №22 (Special Issue on Techniques and Technologies). pp. 70-75. URL: [idosi.org/wasj/wasj22 \(tt\) 13/12.pdf](http://idosi.org/wasj/wasj22(tt)13/12.pdf).
  8. Файзрахманов Р.А., Полевщиков И. С. Оценка качества выполнения упражнений на компьютерном тренажере перегрузочной машины с использованием нечетких множеств // Инженерный вестник Дона, 2012, № 4 (часть 1) URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y2012/1265](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y2012/1265).
  9. Учебная ЦВМ. Руководство к практическим занятиям.-СПб.: ВИКА имени А.Ф. Можайского, 1980. 78 с.
  10. Основы теории вычислительных машин, часть 3. В.В. Гребнев, Молчанов О.Е. – Л.: ВИКИ имени А.Ф. Можайского, 1979. 125 с.
-

## References

1. Osipova V.A., Danykina G.B. Sistemy. Metody. Tehnologii. 2011. № 3 (11). pp. 106-114.
2. Aver'janov A.V., Molchanov O.E., Belaya T.I. Nauchnyjobozrevatel' (nauchno-analiticheskijzhurnal) .2015. № 3 (51).pp. 35-39.
3. Kuznecov D.B., Polevshnikov I.S., Ljasin V.N. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2013, № 4 URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2041](http://ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2041)
4. Ong C.M. Dynamic simulation of electric machinery using MatlabSimulink, New Jersey, Prentice Hall PTR, 1998, 626 p.
5. Belaya T.I., Molchanov O.E., Kazancev D.I. Zhurnalnauchnyh I prikladnyhissledovanij. 2015. №5 (maj). pp.116-118.
6. Bogacheva E.S. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2011, №2 URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2011/426/](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2011/426/).
7. Fayzrahmanov R.A., Polevshchikov I. S. Increased of Efficiency in the Automated Training of Fuelling Machine Operators Using Iterative Simulation Learning // World Applied Sciences Journal, 2013. №22 (Special Issue on Techniques and Technologies). pp. 70-75. URL: [idosi.org/wasj/wasj22 \(tt\) 13/12.pdf](http://idosi.org/wasj/wasj22(tt)13/12.pdf).
8. Fajzrahmanov R.A., Polevshnikov I. S. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2012, № 4 (part 1) URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y2012/1265](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y2012/1265).
9. Uchebnaja CVM. Rukovodstvo k prakticheskimzanjatijam [Educational COMPUTER. The management to a practical training]. SPb.: VIKА imeni A.F. Mozhajskogo, 1980. 78 p.
10. Osnovyteoriivyчисlitel'nyhmashin, chast' 3 [Bases of the theory of computers, part 3]. V.V. Grebnev, Molchanov O.E. L.: VIKI imeni A.F. Mozhajskogo, 1979. 125 p.