

# **Программный эмулятор ЭЦВМ М-20 (первое поколение советских ЭЦВМ) Общее описание проекта.**

**Автор:**

**Дмитрий Викторович Стефанков**

**Версия 0: 29 ноября 2014 года**

**Версия 19: 6 сентября 2015 года**

## **1. Общие сведения**

Общие сведения могут найдены в литературе, список которой приведен ниже.

Базовая литература для реализации и тестирования эмулятора ЭЦВМ М-20:

[1963 Ляшенко]

[1961 Шура-Бура]

[1962 Шура-Бура, Штаркман]

Исторические сведения можно найти в Интернете - в википедии или на сайте Виртуального Компьютерного Музея (<http://www.computer-museum.ru>).

Техническую документацию можно посмотреть у С.Вакуленко:

<https://code.google.com/p/m20/>

### **Важное замечание.**

Исторические и технические данные о старых ЭВМ утрачиваются очень быстро. Верность их достаточно трудно проверять, особенно из-за утраты первичной технической документации и действующего оборудования.

Проиллюстрируем это на одном примере для М-20. Во всех сегодняшних источниках по М-20 и старых книгах по М-20 (за исключением одного военного учебника – авторы, видимо, аккуратно конспектировали оригинальное техническое описание) сообщается, что емкость МОЗУ составляет 4096 ячеек или слов. В действительности это нет так. В оригинальном техническом описании М-20 (есть в отделе ДСП РГБ) приведена верная цифра.

Дословно цитирую из части 1, страницы 3, абзаца 4:

**«Оперативное запоминающее устройство на ферритовых сердечниках может хранить**

**до 4095 чисел или команд».**

Адресация памяти составляет **4096** слов, а емкость только **4095**.

Слово по адресу 0 – это всегда 0 по чтению и записи.

Данный пример крайне показателен.

Отсюда можно ожидать, что возможно ряд сведений о старых ЭВМ либо неверен, либо содержит соответствующие неточности.

Официальная техническая документация по М-20 (по-прежнему с грифом ДСП):

**«Универсальная автоматическая быстродействующая цифровая вычислительная машина М-20»**, ЦБТИ, 1961-1962, 4 тома

**«Универсальная автоматическая быстродействующая цифровая вычислительная машина М-20»**, 1965, 2 тома

## **2. Цели проекта**

Обеспечить достоверную логическую эмуляцию (моделирование) работы и периферийных устройств для ЭЦВМ М-20 для исполнения новых программ или готовых программ для М-20.

Список моделируемого оборудования для М-20:

- 1) Процессор (ЦПУ включает АУ и УУ);
- 2) внутренняя оперативная память (МОЗУ);
- 3) магнитный барабан (МБ);
- 4) магнитная лента (МЛ);
- 5) читающее устройство с перфокарт (ЧУ);
- 6) устройство вывода на перфокарты (ПФ);
- 7) быстродействующее печатающее устройство (БПУ);
- 8) буферный регистр для печати (БР).

Проект для М-20 является базовым проектом для разработки эмуляторов советских универсальных ЭЦВМ первого и второго поколения.

Проект должен помочь выработать общую методику разработки таких эмуляторов и обеспечить базовую реализацию разных частей ЭВМ, так как советские ЭВМ 1-ого и 2-ого поколения с программной точки зрения достаточно схожи друг с другом (хотя там и было несколько разных ветвей развития).

Базовая среда реализации – среда SIMN.

#### **Примечание 1.**

На начальном этапе большую помощь оказало изучение прототипа эмулятора М-20 от С. Вакуленко.

Прототип эмулятора Вакуленко имеет в своем составе поддержку ЦПУ, МОЗУ и МБ. Этот эмулятор более похож на эмулятор ЭЦВМ типа М-20 без полной поддержки стандартных периферийных устройств для М-20 и без полной эмуляции команд М-20.

В нем есть ошибки и неточности (впрочем у кого их нет!).

Отсутствует документация по работе с эмулятором и нет описания входных и выходных форматов файлов (впрочем, автор предупреждает заранее об этом) .

Нет реализации ИС-2 и СПП. Не пойдет и КТ-1. И так далее.

Но все-таки наличие любой рабочей программы, даже урезанной по своим возможностям – это лучше, чем ее отсутствие или ее неработоспособность.

Далее сформулируем примерный список требований к эмуляторам:

- 1) логическая достоверность программной эмуляции аппаратной реализации ЭЦВМ;
- 2) нет цели полностью эмулировать ЭЦВМ – нужно обеспечить эмуляцию в объеме, достаточном для запуска готовых или разрабатываемых программ;
- 3) обязательно сохранять исторические черты ЭЦВМ, которые возможно кажутся сегодня анахронизмом, но их реализация позволяет сохранить историческую достоверность и позволяет увидеть трудности и сложности работы на ЭЦВМ прошлых лет(например, ввод и вывод только в числах);
- 4) можно реализовать альтернативные возможности (см п.3), но только как альтернативные, иначе задачи исторической реконструкции не будут решены верно;
- 5) тестовые и контрольные задачи для проверки достоверности работы;
- 6) готовые образы ПО и данных (на ПФК,ПФЛ,МБ,МЛ) для демонстрации работы ЭЦВМ;
- 7) документация по эмулятору и по работе с ним (с примерами!);

### **3. Этапы реализации**

#### **1. Базовая реализация**

Реализовать эмуляцию частей оборудования М-20, приведенных выше.

Разработать методику для проверки достоверности реализации.  
Разработать тестовый набор программ для проверки достоверности работы различных частей М-20.  
Подготовить готовые образы ПО на ПФК, МБ, МЛ.

## 2. Запуск ИС-2 и СПП

Найти и подготовить к запуску ИС-2 (редакция 1961 года).  
Найти и подготовить к запуску ИС-2 (редакция 1965 года).  
Разработать тестовый набор программ для проверки достоверности работы ИС-2 на М-20.  
Подготовить готовые образы ПО на ПФК, МБ, МЛ.

## 3. Кросс-ПО

Разработать дизассемблер для М-20.  
Разработать автокод для М-20.  
Разработать кросс-компиляторы для следующих ЯП: Фортран, Алгол, Бейсик, АЛМО.  
Разработать тестовый набор программ для проверки достоверности работы кросс-ПО.  
Подготовить готовые образы ПО на ПФК, МБ, МЛ.

## 4. Запуск ПО для М-20

Найти готовые программы для М-20 и попробовать запустить их (желательно обеспечить возможность сверки результатов).  
Разработать демонстрационные программы для иллюстрации работы на М-20.  
Подготовить готовые образы ПО на ПФК, МБ, МЛ.

# 4. Текущее состояние эмулятора для М-20

**Состояние на 3 ноября 2014 г. (этап 1 – базовая реализация).**

Сборка эмулятора Вакуленко.

**Состояние на 23 ноября 2014 г. (этап 1 – базовая реализация).**

Реализован весь список моделируемого оборудования для М-20:

- 1) Процессор (ЦПУ - АУ и УУ);
- 2) внутренняя оперативная память (МОЗУ);
- 3) магнитный барабан (МБ);
- 4) магнитная лента (МЛ);
- 5) читающее устройство с перфокарт (ЧУ);

- 6) устройство вывода на перфокарты (ПФ);
- 7) быстродействующее печатающее устройство (БПУ);
- 8) буферный регистр для печати (БР).

Эмулятор имеет четкое логическое разделение между своими модулями.

Набраны все базовые тесты из [1963 Ляшенко], есть дополнительные тестовые примеры.

Эмулятор не проходит примерно 10 тестов из 150 тестовых примеров. Также нет уверенности в точной реализации различных операций АЛУ (исправленная реализация АЛУ перенесена из эмулятора Вакуленко). Исправления в модуль ЦПУ внесены, поэтому проходят практически все тесты, но есть проблемы.

Возможно в модуле ЦПУ надо перейти к табличной реализации функций.

Начать разработку унифицированных групп тестовых и контрольных задач для автоматической проверки достоверности работы частей ЭЦВМ в эмуляторе.

#### **Состояние на 27 декабря 2014 г. (этап 1 – базовая реализация).**

Исправлены ошибки в реализации периферии ЭЦВМ М-20. Проходят все тесты из [1963 Ляшенко]. Однако реализация машинной арифметики не соответствует пока реальной ЭЦВМ М-20, что выяснилось на тестовых прогонах, например, при использовании СП 010 (перевод чисел из двоичной системы счисления в десятичную).

Тестовых примеров стало больше. Большинство работает верно.

Добавлена поддержка кодовых страниц (CP-1251 и CP-866) для русского языка.

#### **Состояние на 17 января 2015 г. (этап 2 – Запуск ИС-2).**

Реализация машинной арифметики стала более или менее соответствовать ожидаемым результатам. ИС-2 редакции 1961 и 1965 годов запускается успешно. Несколько СП введены и успешно запускаются (т.е. проходят тесты с ожидаемыми результатами).

Для каждой СП приходится готовить тесты и это крайне трудоемкий процесс.

#### **Состояние на 28 февраля 2015 г. (этап 3,4 – Кросс-ПО, Запуск ПО для М-20).**

Встроенный дизассемблер есть. Автокод для М-20 реализован. У автокода нет промышленного качества, но может успешно транслировать большинство программ.

Про трансляторы пока придется забыть. Образы МЛ, МБ и ПФК есть.

Демонстрационные и учебные примеры есть.

Несколько реальных программ для М-20 удалось найти. Но либо из-за ошибок в них самих (неверные к/с, ошибки или опечатки авторов при наборе текста) или из-за возможных неточностей реализации операций М-20 в эмуляторе, ни одна из программ не просчиталась до конца, чтобы можно было сравнить результаты просчетов на реальной ЭЦВМ М-20 и эмуляторе М-20.

По этому вопросу продолжим искать реальные программы для М-20.

Поддержаны в эмуляторе и автокоде все 8-разрядные русские кодировки: CP866 OEM, CP1251 ANSI, KOI8-R, UTF-8.

Вместе с А.В. Ионовым попробовали сделать другую реализацию арифметических операций. Не все получилось. Возможно, позже удастся вернуться к этому вопросу. На сегодняшний день разработка эмулятора М-20 завершена.

Не удалось достичь всех целей, но первый полный эмулятор М-20 все-таки появился. Ниже приводится текущий список реализованного (и еще нет) для эмулятора М-20.

#### **Состояние на 10 марта 2015 г. (этап 3,4 – Кросс-ПО, Запуск ПО для М-20).**

Неожиданно удалось найти в РГБ книгу [1963 ЛВИКА]. Содержит комплексный тест (КТ-1 или КТ-2). Очень хотелось проверить насколько реализация эмулятора соответствует реальному оборудованию. Описание тестов и их прохождение приведено в отдельной таблице. До конца пройти тесты не удалось. Часть найденных ошибок и неточностей исправлена. Возможно, что главная причина – ошибки в реализации арифметики на границах разрядных сеток.

А.В. Ионов предполагает, что ему удастся поправить нашу реализацию. Надеюсь, что результаты его работы мы увидим еще в этом столетии.

А в целом, эмулятор получился. Большая часть тестов все-таки пройдена.

**Таблица списка реализации эмулятора М-20.**

<b>Оборудование/свойство/Возможность</b>	<b>Статус (состояние)</b>
Процессор (ЦПУ включает АУ и УУ)	Реализовано. В рабочем состоянии.
Внутренняя оперативная память (МОЗУ)	Реализовано. В рабочем состоянии.
Магнитный барабан (МБ)	Реализовано. В рабочем состоянии.
Магнитная лента (МЛ)	Реализовано. В рабочем состоянии.
Читающее устройство с перфокарт (ЧУ)	Реализовано. В рабочем состоянии.
Устройство вывода на перфокарты (ПФ)	Реализовано. В рабочем состоянии.
Быстродействующее печатающее устройство (БПУ)	Реализовано. В рабочем состоянии.
Буферный регистр для печати (БР)	Реализовано. В рабочем состоянии.
Поддержка русских кодировок для сообщений (cp866, cp1251, koi8r, utf8)	Реализовано. Успешно работает.
Улучшенные отладочные возможности: печать состояния регистров, печать состояния ячеек памяти и другие	Реализовано. Исключительно полезно.
Профилирование запуска программы (время и число исполнений каждой машинной инструкции)	Реализовано. Полезно и любопытно.
Готовые образы ПО на ПФК, МБ, МЛ	Реализовано. И можно сгенерировать еще больше.

Тестовый набор программ для проверки достоверности работы различных частей М-20	Реализовано. Постоянно используется для проверки.
ИС-2 1961 года	Реализовано. Но пока не работает.
ИС-2 1963 года	Реализовано. Успешно работает.
ИС-2 1965 года	Реализовано. Успешно работает. (Не предоставляется для эмулятора М-20, так как предназначена ЭЦВМ типа М-20)
СПП 1961 года	Частично реализовано. Успешно работает. Кроме СП 37.
Тестовый набор программ для проверки достоверности работы ИС-2 и СПП на М-20	Реализовано. Постоянно используется для проверки.
Дизассемблер для М-20	Реализован как встроенный. Пока достаточно.
Автокод для М-20	Реализовано. Успешно созданы рабочие программы при помощи автокода. (Найти оригинальные автокоды для М-20 пока не удалось).
Кросс-компиляторы для следующих ЯП: Фортран, Алгол, Бейсик, АЛМО	Не реализовано. (И лучше найти оригинальное ПО)
Реальные большие программы для М-20	Удалось найти несколько. Но пока мало удачных полных запусков.
Демонстрационные программы для иллюстрации работы на М-20	Реализовано. Программы успешно запускаются на эмуляторе М-20.

## 5. Комплексный тест (КТ-1 или КТ-2)

Найден в книге [1963 ЛВИКА]. Примерно соответствует заводским тестам М-20 (если верить описанию). Текст составлен в МГУ и предоставлен ЛВИКА.

Набор тестов занял два дня. Проверка заняла два дня. Необходимые изменения и исправления вносились в эмулятор в ходе прохождения тестов.

Сами тесты и результаты их прохождения можно найти в соответствующих каталогах.

Тесты являются зацикленными (т.е. бесконечными), поэтому в командных файлах запусках стоят ограничения на число проходов с использованием точек останова

(breakpoint в SIMH).

Тесты запускаются либо с перфокарт, либо с магнитного барабана 1.

Общий объем тестов – 123 перфокарты.

Выбор теста и задание их параметров осуществляется через регистры клавиатурного ввода.

**Таблица комплексного теста для эмулятора М-20.**

Название части КТ	Контрольная сумма	Краткое описание	Способ запуска	Выполнение части КТ (теста)
Программа запись тестов на МБ-1	Есть. Сходится.	Тесты должны быть в памяти ЭЦВМ. Программа записывает их нужным образом на магнитный барабан №1.	С перфокарт	Успешно работает
Полный комплексный тест	Есть. Не сходится.	Предназначен для проверки всех цепей машины М-20.	С перфокарт С МБ-1	Частично пройден успешно (большая часть тестов пройдена)
Тест питания и “шапка”	Есть. Сходится.	Управление КТ. Исполнение теста питания перед каждым тестом.	С перфокарт С МБ-1	Успешно работает
Тест № 1	Есть. Не сходится.	Проверка цепей анализа на “0” (“нет 0”).	С перфокарт С МБ-1	Не пройден. (При выборе реализации арифметики по Шуре-Буре и Штаркмане проходим большую часть теста).
Тест № 2	Есть. Не сходится.	Проверка цепей выработки признака w.	С перфокарт С МБ-1	Успешно пройден (надо



				проверить команды циклического сложения и вычитания)
Тест № 3	Есть. Сходится.	Проверка СМА на переменном коде.	С перфокарт С МБ-1	Успешно пройден
Тест № 4	Есть. Не сходится.	Проверка операций управления.	С перфокарт С МБ-1	Успешно пройден
Тест № 5	Есть. Сходится.	Проверка операций умножения	С перфокарт С МБ-1	Не пройден
Тест № 6	Есть. Не сходится.	Сводный тест. Проверка арифметических и логических операций.	С перфокарт С МБ-1	Не пройден
Тест № 7	Есть. Сходится.	Проверка СМЧ на переменном коде.	С перфокарт С МБ-1	Успешно пройден
Тест № 10	Есть. Сходится.	Проверка СМП на переменном коде.	С перфокарт С МБ-1	Успешно пройден
Тест № 11	Есть. Сходится.	Тест МЗУ-1. Проверка МЗУ (барабан, лента, печать, перфорация) на переменном коде.	С перфокарт С МБ-1	Успешно пройден
Тест № 12	Есть. Сходится.	Тест МЗУ-2. Проверка МБ в режиме записи групп одинаковых кодов – “1” и “0”.	С перфокарт С МБ-1	Успешно пройден
Тест № 13	Есть. Не сходится.	Тест МЗУ-3. Проверка всех режимов при обращении к	С перфокарт С МБ-1	Успешно пройден

		МБ, МЛ и выводе на печать или перфорацию.		
Тест № 14	Нет	Проверка МОЗУ на переменном коде с долблением.	С перфокарт С МБ-1	Успешно пройден
Тест № 15	Нет	Тест перфорации.	С перфокарт С МБ-1	Успешно пройден
Тест № 16	Нет	Тест печати "8" и "10".	С перфокарт С МБ-1	Успешно пройден

## 6. Проблемы, недостатки, иные трудности

1. Из документации осталось неясным как записывалась контрольная сумма для устройств если а) на МБ записываем 4096 кодов, б) на МЛ в зону записываем число кодов равных числу кодов размера этой зоны.

**(После чтения оригинальной документации с грифом «ДСП» в РГБ возможный ответ найден)**

2. Из документации осталось неясным до конца точное представление десятичной и восьмеричной печати на БПУ и ПФ.

**(После чтения оригинальной документации с грифом «ДСП» в РГБ возможный ответ найден).**

3. Что означает при вызове ССП x0y в признаках адресов?

**(Ответ в книге «Библиотека стандартных программ» 1961 г. на странице 13.)**

4. Версия ИС-2 из [1961 Шура-Бура] дает ошибку при вызове любой ССП. Почему?

**(Есть расхождения по использованию ячеек или может быть эмулятор в чем-то не соответствует реальной машине М-20)**

5. Для листингов программ мало или просто нет проверочных данных.

**(С этим ничего не сделаешь)**

6. Нет контрольных сумм для приведенных машинных кодов. Трудно проверять достоверность исполнения. Данная проблема характерна для всех источников, включая и книгу [1961 Шура-Бура]. Более или менее положение улучшилось после 1965 года (но и там есть неверные контрольные суммы, опечатки и ошибки при наборе).

**(С этим ничего не сделаешь)**

7. Плохое, запутанное, неточное или противоречивое описание реализации арифметических операций для ЭЦВМ М-20 или ЭЦВМ типа М-20.

**(С этим ничего не сделаешь)**

## **7. Краткие итоги**

1. Первый полный эмулятор ЭЦВМ М-20 есть (все-таки первый в мире!).
2. Время реализации достаточно больше (может быть до 3-4 месяцев).
3. Главная проблема – отсутствие оригинальных контрольных задач, тестовых комплектов (это всегда будет головной болью для реализаций советских ЭЦВМ).
4. Это была первая реализация. На ней было получено множество «шишек», но удалось «вжиться» в предметную область и для следующих работ получен важный опыт.
5. Пройдена большая часть тестов из комплексного теста 1963 года.
6. Дело не закончено – оно будет продолжаться как будет время и возможности.

## **8. Список использованной литературы**

В списке литературы присутствуют только те источники, которые есть у автора в твердом или электронном виде. Ссылки на источники, недоступные автору, не могут быть приведены (хотя бы потому, что они не просматривались и не анализировались).

[1963 Ляшенко]

Ляшенко В.Ф.

"Программирование для электронной цифровой вычислительной машины М-20"

1963, Москва, Советское радио

[1967 Ляшенко]

Ляшенко В.Ф.

"Программирование для цифровых вычислительных машин М-20, БЭСМ-3М, БЭСМ-4, М-220"

1967, Москва, Советское радио

[1974 Ляшенко]

Ляшенко В.Ф.

"Программирование для ЦВМ с системой команд типа М-20"

Изд. 2-е. Перераб. и допол.

1974, Москва, Советское радио

[1967 Черепанов, Ширнюк]

Г.И.Черепанов, В.Н.Ширнюк

"Краткое описание электронной цифровой вычислительной машины 'М-20'"

1967, Ленинград, ЛВИКА им. А.Ф.Можайского

[1975 Павлов, Посохов]

Павлов Б.М., Посохов И.Н.

"Математическое обеспечение ЭВМ типа М-20"

Библиотечка программиста.

1975, Москва, Наука

[1962 Наталуха]

Наталуха Р.Г.

"Сборник стандартных подпрограмм и блоков,используемых при решении задач на ЭВМ УРАЛ-1 и М-20"

1962, Киев, КВИРУ ПВО

[1961 Шура-Бура]

(ред. М.Р.Шура-Бура)

"Библиотека стандартных программ "

1961, Москва, ЦБТИ

[1963 Агеев, Королев]

М.И.Агеев, В.М.Королев

"Программирование для электронной цифровой машины М-20"

1963, Москва

[1970 Ахашев, Квасов]

В.Л.Ахашев, В.А.Квасов

"Вопросы технической эксплуатации ЦВМ М-20"

1970, Академия ПротивВоздушной Обороны

[1965 Бабенко и др.]

Л.П.Бабенко, Л.И. Довгополая, Г.М.Корниенко, Е.Л.Ющенко

"Система автоматического программирования для машины М-20. Транслятор с адресного

языка. Справочное руководство."

1965, Киев, Наукова Думка

[1965 ИС2 и ЭФ для М-20]

Вопросы математической эксплуатации вычислительных машин. Выпуск 2.

Стандартные подпрограммы для машин типа М-20 №1.

"Интерпретирующая система и элементарные функции"

1965, Москва, ВЦ АН СССР

[1973 Лавров]

С.С.Лавров

"Введение в программирование"

1973, Москва, Наука

[1977 Лавров]

Лавров С.С.

"Введение в программирование" (Издание 2-е, исправленное и дополненное)

1977, Москва, Наука

[1966 Иванов и др.]

Иванов Л. А., Бунакова А. А., Лоскутов Н.Г., Давыденко В. П., Домашев И.П., Саитов В.И., Богатырев Ю.В., Горшков Л.Е.

"Программирование для ЭЦМ оперативно-тактических и инженерно-технических задач"

1966, Ленинград, Военная Краснознаменная Академия Связи

[1965 Гутер и др.]

Гутер Р.С., Овчинский Б.В., Резниковский П.Т.

"Программирование и вычислительная математика. Учебное пособие."

1965, Москва, Наука

[1971 Гутер и др.]

Гутер Р.С., Резниковский П.Т., Резник С.М.

"Программирование и вычислительная математика" (Выпуски 1 и 2)

1971, Москва, Наука

[1967 Прохоров и др.]

Прохоров В.И., Погорелко И.А., Яковлев В.А.

"Основы программирования для электронных цифровых вычислительных машин"

1967, Москва, Высшая Школа

[1971 Исаев и др.]

Исаев И.П., Бирюков И.В., Перова А.А., Матвеевичев  
"Вычислительная техника в инженерных и экономических расчетах"  
1971, Москва, Транспорт

[1963 ЛВИКА]

Тех.редактор Ф.А.Маханова

"Комплексный тест"

1963, Ленинград, Ленинградская Военная Инженерная Академия

## **9. Список разработчиков ЭЦВМ М-20 и программистов**

Список составлен по техническому описанию М-20 (1961 и 1965 гг.)  
и по книге Шуры-Буры 1961 года.

Разработчики М-20:

акад. **С.А. Лебедев** (гл.конструктор)

**Сулим М.К.** (зам. гл.конструктора)

**Кондрашов А.Ф.**

**Левшин В.И.**

**Соловьев А.А.**

**Кутеянцев И.В.**

**Алексеев А.А.**

**Кривоносов Э.И.**

**Тяпкин М.В.**

Разработчики ИС-2 и ССП:

**М.Р. Шура-Бура** (ИС-2, СП 10,33,36,100)

**В.И. Собельман** (СП 00,01,03,06,11,12,13,15,16,27,30,40,42,43,47,50)

**В.В. Ковда** (СП 04,05)

**В.С. Штаркман** (СП 02)

**В.В. Мартынюк** (СП 32,34,35,41,53,54,51,52,55,56,60,61,62)

**Т.А. Шаргина** (СП 37)

**Т.П. Кузнецова** (СП 17,20,45)

**Г.М. Кириллова** (СП 41,53,54,51,52,53,55,56,60,61,62)

**Т.А. Тросман** (СП 07,21,22,23,24,25,26,47)

## **10. Список благодарностей**

Приведен в общем руководстве по проекту.