

## **Юлия Сергеевна Владимирова**

к.ф.-м.н., старший научный сотрудник НИЛ ДУСП ф-та ВМК  
МГУ им. М.В. Ломоносова 8(499)939-38-56, vladimirova@cs.msu.ru

## **Хосе Рамиль Альварес**

к.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник НИЛ ДУСП ф-та ВМК  
МГУ им. М.В. Ломоносова 8(499)939-38-56, ramil@cs.msu.ru

## **К 60-летию троичной ЭВМ «Сетунь»**

УДК 681.31

ЭВМ "Сетунь" – первая и единственная в мире троичная вычислительная машина, выпускавшаяся серийно. В статье приводятся краткие сведения о создании и использовании этой уникальной машины.

Ключевые слова: троичные ЭВМ, история вычислительной техники.

В декабре 2018 года исполнилось 60 лет троичной ЭВМ "Сетунь". В конце 1958 года опытный образец этой машины, созданный силами небольшого коллектива в составе механико-математического факультета МГУ, решил свою первую задачу.

Создать вычислительную машину в МГУ предложил советский математик, академик Сергей Львович Соболев после того, как в 1955 г. не состоялась предполагавшаяся ранее передача университету образца ЭВМ "М-2". Небольшая группа инженеров, готовившаяся под руководством Соболева принять ЭВМ "М-2", занялась созданием новой вычислительной машины, предназначенной для вузов, конструкторских бюро, исследовательских лабораторий и т.п. Поставили задачу создать надёжную, малогабаритную, недорогую и неприхотливую в обслуживании, простую в освоении и использовании машину.

Технические возможности создания новой машины стал изучать будущий главный конструктор ЭВМ "Сетунь" Николай Петрович Брусенцов. К

тому времени было ясно, что машина не может быть электронно-ламповой, а полупроводниковые элементы были труднодоступными. Было решено применить популярные в то время электромагнитные (феррит-диодные) элементы.

После обстоятельного ознакомления с вычислительная машина "ЛЭМ-1", в которой использовались элементы этого типа, Н.П. Брусенцов предложил реализовать на их основе трехзначную версию пороговой логики с положительными и отрицательными весами, т. е. применить в машине троичный симметричный код.

В отличие от двоичного кода с цифрами 0, 1, троичный код с цифрами -1, 0, 1 не только обеспечивает оптимальное представление чисел со знаком, но и обладает рядом значительных преимуществ: единообразие кода чисел, единственность операции сдвига, трехзначность функции "знак числа", варьируемая длина операндов, оптимальность операций сравнения, замены знака, округления. Арифметика чисел со знаком реализуется троичным симметричным кодом естественно и избыточно. Все эти преимущества троичного симметричного кода были подтверждены практикой создания "Сетуни".

На первом заседании семинара, организованного в 1956 г. для обсуждения вопросов создания новой ЭМВ, было решено в качестве альтернативы разрабатывать троичный вариант. По мере создания логических элементов и функциональных схем преимущества троичной схемотехники становились всё более очевидными. Неизбежное усложнение устройства троичной машины по сравнению с двоичной на самом низком уровне с запасом возмещалось простотой и естественностью верхних уровней [1].

Решение, что машина будет троичной было принято к концу 1956 года. На создание функциональных устройств машины ушло менее трех лет. В это же время совместно с главным разработчиком программного обеспечения «Сетуни» Евгением Андреевичем Жоголевым создавалась архитектура машины, система команд и базовое программное обеспечение [3]. В декабре 1958 г. началась отладка разрабатываемых для нее программ.

"Сетунь" имела одноадресную архитектуру, обладала ОЗУ ёмкостью 162 9-разрядных троичных слова и запоминающим устройством на магнитном барабане - 1944 слова. Среднее оперативное быстроедействие составляло 4800 операций в секунду. Систему команд составляли 24 машинных операции. Стоимость одного экземпляра в комплекте с алфавитно-цифровым устройством ввода, двумя фотовводами, телетайпом составляла всего 27500 р.

Для обеспечения использования стандартных подпрограмм, обмена информацией между оперативной памятью и магнитным барабаном, работы с числами с плавающей точкой был создан ряд интерпретирующих систем: ИП-2, ИП-3, ИП-Н, ИП-4, и др.

К сожалению, "Сетунь" не нашла поддержки как оригинальная разработка, открывающая интересные решения в развитии вычислительной техники. Брусенцов неоднократно отмечал, что "усилия по её внедрению постоянно наталкивались на неявное, но систематическое противодействие" [1]. Так осенью 1959 г. «Сетунь» коллегия Госкомитета по радиоэлектронике (ГКРЭ) занес ее по формальным признакам в чёрный список разработок, подлежащих прекращению ради "нераспыления средств". Соболев смог отстоять машину, и в апреле 1960 г. "Сетунь" прошла испытания, проведенные назначенной ГКРЭ межведомственной комиссией [1].

Производство машины осуществлялось на Казанском заводе математических машин (КЗММ), изготовление логических элементов (феррит-диодных ячеек) было поручено Астраханскому заводу ЭА и ЭП, магнитных барабанов – Пензенскому заводу.

После нескольких месяцев наладки производства, в которой участвовали и разработчики, были проведены заводские испытания созданного серийного образца, которые показали, что он работает без сбоев и с запасом удовлетворяет техническим условиям. В 1962 г. Казанским заводом было выпущено 7 машин, в 1963 г. запланировали 10 машин, в 1964 г. выпустили 21 машину, в 1965 г. – 5 машин.

Благодаря простоте и естественности архитектуры "Сетунь" легко осваивалась и применялась для решения множества практических задач. Машина функционировала во различных климатических условиях, часто без сервиса и запчастей.

Рекордные показатели коэффициента полезного времени у некоторых пользователей составляли 95-97%. При расчете этого показателя для "Сетуни" в полезное время включалось только время, потраченное на решение задач, но не подготовку к работе, тестирование и проч.

Несмотря на большое количество заявок и предложение правительства Чехословакии о наладке производства "Сетуни", в 1965 г. было принято решение о полном прекращении производства.

Выпущенные машины поставлялись в НИИ, на заводы, в вузы, техникумы. В ВЦ МГУ собиралась подробная информация о всех машинах: комплектации, программном обеспечении, обслуживании, произошедших сбоях и т.д.

Таблица 1. Список произведенных экземпляров ЭВМ «Сетунь» за 1960-65 гг.

| Номер машины | Место установки | Дата сдачи | % полезного времени | Время за год с I.VI-65 |          |             | Используемые программы |      |      |       |        | Ремонт силами завода | Перепокр.г. МБ | Зазор МБ норм/ненорм. | Неустойчивая работа устройства |    |        | Замена деталей     |       |             |       |        |   |  |  |  |  |
|--------------|-----------------|------------|---------------------|------------------------|----------|-------------|------------------------|------|------|-------|--------|----------------------|----------------|-----------------------|--------------------------------|----|--------|--------------------|-------|-------------|-------|--------|---|--|--|--|--|
|              |                 |            |                     | Всего                  | полезное | % полезного | ИП-2                   | ИП-3 | ИП-Н | ПОЛИЗ | Прочие |                      |                |                       | ВВ                             | МБ | Прочие | Магнитные элементы | Лампы | Транзисторы | Диоды | Прочие |   |  |  |  |  |
| опытный      | ВЦ МГУ          | IV 60      | 90%                 | 3477                   | 3219     | 92,6        | +                      | +    | -    | +     | -      | -                    | /              | +                     | -                              | -  | -      |                    |       |             |       |        |   |  |  |  |  |
| 001-62       | Казань КАИ      | VI 63      | 92%                 | 348                    | 32       | 9,2         | +                      | -    | +    | -     | ИП-4   | -                    | -              | /                     | -                              | +  | -      |                    |       |             |       |        |   |  |  |  |  |
| 002-62       | Москва МВТУ     | V 63       | 82%                 | 2100                   | 1458     | 69,4        | +                      | +    | -    | -     | -      | -                    | 2              | /                     | -                              | +  | -      | -                  | -     | -           | 4     | -      | - |  |  |  |  |
| 003-62       | Москва МХТИ     | IV 63      | 86%                 | 2048                   | 1696     | 97,3        | -                      | +    | +    | -     | -      | -                    | 2              | /                     | +                              | +  | -      | +                  | +     | +           | +     | -      | - |  |  |  |  |
| 004-62       | Москва ВВИАЛКА  | IV 63      | 90%                 | 3061                   | 1780     | 87          | +                      | -    | +    | -     | АЛГОЛ  | -                    | 1              | /                     | -                              | -  | ФК     | -                  | -     | -           | -     | -      | - |  |  |  |  |

|        |                             |         |     |      |      |      |   |   |   |   |       |   |   |   |   |   |             |     |    |   |   |       |
|--------|-----------------------------|---------|-----|------|------|------|---|---|---|---|-------|---|---|---|---|---|-------------|-----|----|---|---|-------|
| 005-62 | Москва ЦИП                  | V 63    | 82% | 1106 | 2863 | 93,6 | + | + | + | - | -     | 1 | - | / | - | - | -           | -   | +  | - | + | -     |
| 006-62 | Новокузнецк ВНИИ Гидроуголь | X 63    | 83% | 3668 | 632  | 57,2 | + | - | + | - | -     | - | + | / | - | + | -           | 3   |    |   |   |       |
| 007-62 | Новосибирск НИИ Энергетики  | IX 63   | 86% | 1415 | 3078 | 84   | - | - | + | - | -     | - | - | / | - | + | ФК, "0", УК | -   | -  | - | - | -     |
| 008-62 | Москва ВВИАЛКА              | VII 63  | 85% | 1127 | 1052 | 74,3 | - | - | + | - | -     | - | - | / | - | - |             | +   | +  | + | + | +     |
| 009-62 | Ленинград ЦБП               | VIII 63 | ?   | -    | ?    | ?    | - | - | - | - | -     | 2 | 1 | / | - | + | УК, ФК      | +   | +  | - | + | +     |
| 010-62 | Ленинград ЛИАП              | IV 64   | 84% | -    | -    | -    | - | - | + | - | -     | ? |   | / |   |   |             | 100 |    |   |   |       |
| 001-63 | Якутск, ЯГУ                 | XII 63  | 90% | 635  | 295  | 46,5 | + | - | - | - | -     | 2 | 1 | / | - | - | ФК, "0"     | +   | +  | + | - | -     |
| 002-63 | Ленинград, ВНИЛШ            | I 63    | 92% | ?    | 1306 | ?    | - | - | + | - | -     | 2 | 4 | / | - | + |             | +   | -  | + | - | -     |
| 003-63 | Ленинград, ЛЭС              | XI 63   | 90% |      |      |      |   |   |   |   |       |   |   | / | - |   |             |     |    |   |   |       |
| 004-63 | Махачкала, ДГУ              | XII 63  | 90% | ?    | 400  | ?    | + | + | + | - | -     | 2 | 1 | / |   | + |             |     |    |   |   |       |
| 005-63 | Москва, Хим.ф-к МГУ         | II 64   | 98% | 2512 | 2380 | 95   | + | + | - | + | ИП-4  | - | - | / | + | - | -           | -   | +  | + | - | -     |
| 006-63 | Нальчик, КБТУ               | II 64   | 91% | 1507 | 1000 | 66   | + | - | + | - | ИП-2Ф | 1 | - | / | - | + | ФК          | 20  |    | + |   |       |
| 007-63 | Ленинград, и-т Ленсовета    | II 64   | 90% | 1073 | 859  | 80   | + | + | + | - | ИП-4  | - | - | / | + | + | -           | +   | -  | - | + | +     |
| 008-63 | Москва, МИИТ                | IV 64   | 96% | 3013 | 2889 | 96   | + | - | - | - | -     | 1 | - | / | + | + | -           | +   | -  | - | - | -     |
| 009-63 | Иркутск, ИПИ                | III 64  | 97% | 1890 | 1630 | 86,3 | + | - | + | - | -     | - | - | / | + | + | -           | +   | +  | + | - | -     |
| 010-63 | Одесса, Пищепром-автомат.   | III 64  | 98% | 2655 | 2210 | 83   | + | + | - | - | ИП-5  | - | - | / | - | + | ЗГ          | -   | +  | - | - | -     |
| 001-64 | Душанбе, ТГУ                | V 64    | 92% | 300  | 280  | 93,5 | - | + | - | + | -     | 1 | - | / | - | + | -           | +   | +  | - | - | -     |
| 002-64 | Москва, НИИ пластмасс       | V 64    | 91% | 1200 | 1020 | 85   | + | + | - | - | ИП-4  | 1 | - | / | + | + | -           | +   | -  | + | + | -     |
| 003-64 | Москва, МЭИ                 | XI 64   | 92% | -    | 700  | -    | + | + | - | - | ИП-4  | - | 1 | / | - | + |             | -   | -  | + | + | -     |
| 004-64 | Иркутск, Сибизмир           | VI 64   | 90% |      |      |      |   |   |   |   |       |   |   | / |   |   |             |     |    |   |   |       |
| 005-64 | Москва, ВНИИ тока           | VIII 64 | 90% | 784  | 672  | 85,7 | + | + | - | - | ИП-4  | - | - | / | + | + | -           | +   | -  | - | - | -     |
| 006-64 | Химки, п/я                  |         |     |      |      |      |   |   |   |   |       |   |   | / |   |   |             |     |    |   |   |       |
| 007-64 | Ленинград, ВНИ-ИТП          | X 64    | 91% | ?    | 900  | ?    | - | - | + | - | -     | 2 | - | / | + | + | +           | +   | -  | - | - | +     |
| 008-64 | Владимир, ВМЗ               | XII 64  | 92% | 387  | 309  | 80   | + | + | + | - | -     | 1 | - | / | - | + | АУ          | 10  | 37 |   |   | МБ, 4 |

|        |                                 |         |      |      |      |      |   |   |   |   |          |   |   |        |   |                  |                  |   |    |    |     |
|--------|---------------------------------|---------|------|------|------|------|---|---|---|---|----------|---|---|--------|---|------------------|------------------|---|----|----|-----|
| 009-64 | Москва, ВНИИКА<br>Нефтегаз      | XII 64  | 92%  | 1580 | 1300 | 82,3 | - | + | - | - | -        | - | / | +      | - | УК,<br>ЛУ,<br>МУ | -                | + | -  | +  | -   |
| 010-64 | Москва, ВНИИТБ                  | II 65   | 97%  | ?    | 495  | ?    | - | - | + | - | -        | - | / | -      | - | -                | +                | + | +  | +  | +   |
| 011-64 | Киев, Укр НИИЦБП                | XII 64  | 91%  | 1750 | 1200 | 68,6 | + | + | - | - | -        | - | / | -      | + | -                | +                | - | +  | +  | -   |
| 012-64 | Уральск, металло-<br>рабат 3-д  | IV 66   | ?    |      |      |      |   |   |   |   |          |   | / |        |   |                  |                  |   |    |    |     |
| 013-64 | Магнитогорск, ГМИ               | XII 64  | 91%  | 2441 | 1976 | 81   | - | + | + | - | -        | 1 | - | /      | - | +                | ФК               | + | -  | -  | -   |
| 014-64 | Пенза, СКБТ                     | III 65  | 92%  | 1304 | 813  | 60,6 | + | + | - | - | ИП<br>-5 | - | - | /      | + | +                | УК,<br>ФК,<br>ЛУ | + | +  | -  | +   |
| 015-64 | Людиново, ЛТЗ                   | III 65  | 91%  | 1876 | 1103 | 58,5 | - | - | - | - | ИП<br>-5 | - | 1 | /      | + | +                | УБ               | - | +  | +  | +   |
| 016-64 | Ленинград, Лесо-<br>техн. акад. | II 65   | 92%  | 1265 | 860  | 67,8 | - | - | + | - | -        | 1 | - | /      | - | +                | -                | + | +  | -  | +   |
| 017-64 | Калининград,<br>КТИРХ           | I 65    | 94%  | 1057 | 1012 | 96   | - | + | - | - | -        | 1 | 1 | /      | + | -                | -                | - | -  | -  | -   |
| 018-64 | Москва, МВТУ                    | II 65   | 95%  | 780  | 478  | 61,4 | - | - | - | - | -        | - | - | /      | - | -                | -                | - | -  | -  | -   |
| 019-64 | Красноярск, КИЦМ                | III 65  | ?    |      |      |      | - | - | + | - | -        | - | - | /      | - | +                | -                | 4 | +  | -  | -   |
| 020-64 | Куйбышев ПЭИ                    | II 65   | 91%  | ?    | 1034 | ?    | - | + | - | + | -        | 1 | - | /      | - | +                | БЗ,<br>ЗГ-<br>9  | + | +  |    | +   |
| 021-64 | Москва, п/я                     | IV 65   | 92%  | 1320 | 1040 | 78,9 | - | - | + | - | -        | - | - | /      | - | +                | УК               | + | +  | -  | +   |
| 001-65 | Якутск, и-т Космо-<br>физики    | I 66    | 90%  | 362  | 206  | 57   | + | - | - | - | -        | - | - | 20 / - | + | -                | -                | 1 | 24 | 30 | 200 |
| 002-65 | Москва, эконом. ф-т<br>МГУ      | XI 65   | #### | ?    | 364  | ?    | - | + | - | - | -        | - | 1 | /      | - | +                | -                | - | -  | -  | -   |
| 003-65 | Пенза, Политехн. и-<br>т        | V 65    | 91%  | 1690 | 1440 | 85,4 | + | + | - | - | -        | - | - | /      | - | +                | -                | + | +  | -  | -   |
| 004-65 | Москва, геолог ф-т<br>МГУ       | VIII 65 | #### | 284  | 165  | 58,1 | + | + | - | - | -        | - | - | /      | - | +                | -                | + | -  | +  | -   |
| 005-65 | Ашхабад, ТГУ                    | VI 65   | 92%  | 739  | 709  | 96   | - | - | + | + | -        | - | - | /      | + | -                | -                | - | -  | -  | -   |
| 006-65 | Уфа, авиа и-т                   | X 65    | 90%  | 1063 | 842  | 79,3 | + | - | - | - | -        | - | - | /      | + | +                | -                |   | +  | +  | +   |

Все разработанные в МГУ интерпретирующие программы тщательно документировались. На основе этой документации в организациях, использовавших "Сетунь" создавались свои программы, в том числе и интерпретирующие программы (всего известно 13 интерпретирующих программ).

Сведения о разработанных для "Сетуни" программах приведены в аннотированных указателях [4, 5]. Анализ 220 работ из этой серии показал, что наиболее популярной интерпретирующей программой была ИП-3, она использовалась в 58 работах, ИП-М использовали в 49 работах, ИП-2 – в 29, ИП-2Ф – в 16 работах.

"Сетуень" применяли для решения разнообразных задач. Из них решению типовых задач посвящено 48 работ, задач статистической обработки данных – 57 работ, практических задач – 97 работ.

Интерпретирующие программы замедляли работу машины всего в 3-3,5 раза. Тем не менее, 25 программ были написаны без их использования, в машинном коде.

Авторы выражают благодарность А.В. Самсонову за помощь в приведении таблицы с данными о произведенных "Сетунях" в электронный вид.

#### Литература

1. Брусенцов Н.П. Из истории создания троичных цифровых машин в МГУ // Историко-математические исследования. Вторая серия. Вып. 10 (45). – М.: Янус-К, 2005. С. 28-53.

2. Брусенцов Н.П. Заметки о троичной цифровой технике. // Архитектура и программное оснащение цифровых систем. – М.: Изд во Моск. ун та, 1984. С.114-123.

3. Рамиль Альварес Х., Владимирова Ю.С. Программное обеспечение малой ЭВМ "Сетуень". // Труды SORUCOM-2014. Третья Международная конференция "Развитие вычислительной техники и ее программного обеспечения в России и странах бывшего СССР". – Казань. Том 1, с. 315-318.

4. Аннотированный указатель программ для вычислительной машины "Сетуень". Составители: Н.П. Брусенцов, В.А. Морозов. – Фонд алгоритмов и программ Минвуза СССР. М.: Изд-во ВЦ МГУ. Вып. 1; 1968. 95 с.

5. Аннотированный указатель программ для вычислительной машины "Сетуень". Составители: Н.П. Брусенцов, В.А. Морозов. – М.: Изд-во ВЦ МГУ. Вып. 2. 1971. 44 с.

Опубликована в: сборнике IX Международная научно-практическая конференция имени А.И. Китова "Информационные технологии и математические методы в экономике и управлении" (ИТиММ-2019), место издания ФГБОУ ВО "РЭУ им. Г.В.Плеханова" Москва, с. 144-150