

К ИСТОРИИ ПРОГРАММИРУЕМЫХ КАЛЬКУЛЯТОРОВ СССР

Владимир Юрьевич Архипов

Музей компьютеров Боровска, Боровск, Российская Федерация, a1408787@gmail.com

Аннотация – В статье освещена история развития программируемых калькуляторов, производившихся в СССР. Затронуты вопросы архитектуры и технических параметров, программного обеспечения (делового и игрового), недокументированных ошибок (еггология). Произведено сравнение с большими ЭВМ. Доклад основан на материалах «Музея компьютеров Боровска».

Ключевые слова – программируемый калькулятор, Гарвардская архитектура, «Клуб электронных игр», еггология.

I. ВВЕДЕНИЕ

История программируемых калькуляторов (ПК) началась в 60-е годы XX века. В 1965 г. фирма *Olivetti* выпустила настольное программируемое вычислительное устройство Programma 101. Хотя само словосочетание ПК появилось позже, однако по формальным признакам – наличию перезаписываемой памяти для чисел и программы устройство явно принадлежало к ним. Само же словосочетание ПК появилось позже, когда в 1965 г. НР выпустил модель 9100А. Первоначально его назвали «персональным компьютером», но затем переименовали в ПК для увеличения продаж, потому что службы закупки предприятий и организаций, как правило, могли сами покупать «калькуляторы», а для покупки «компьютера» нужно было одобрение руководства. Так маркетинг закрепил термин «программируемый калькулятор», хотя, по сути, он был и есть сильно облегченный вариант персонального компьютера.

Естественно, вместе с «железом» стало развиваться программное обеспечение. У советских калькуляторов операционной системы не было. Сначала писали прямо в программную часть памяти машинные коды в шестнадцатеричном формате, потом был Бейсик. Как и у «взрослых» компьютеров, базовые программы различных функций сразу прошивались на производстве. Советские ПК снабжались книжечкой с руководством по эксплуатации с нехитрыми инженерными, бухгалтерскими, статистическими, математическими программами. «Прикладные» программы для себя вначале каждый писал сам, потом лучшие стали публиковать журналы «Техника – молодежи», «Наука и жизнь», ряд других. Стали выходить и сборники с описаниями. Это сильно упростило жизнь энтузиастам ПК, не являвшимся программистами.

II. ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ

Первыми советскими калькуляторами были настольные «Искра-123» (рис. 1) и «Электроника-70».

К первой был в 1970 году выпущен МИЭМом учебник по программированию, микросхемы серии 172 для «Искр» разработали в 1968 году, начало их производства можно датировать 1969 годом. Что удивительно – «Искры», эти монстры, на которых электроника не размещалась на одной плате, и они вставлялись в слоты, как в современных компьютерах, индикаторы были газоразрядные, выпускались как минимум до 1979 г.



Рис. 1. Калькулятор «Искра-123»

По тем временам это были мощные машины. «Электроника» имела 23 регистра и 186 шагов программы, «Искра» – соответственно 5 и 70.

Учитывая тот факт, что на Западе первый полноценный ПК появился в 1968 г., то технологический разрыв между СССР и Западом в этой сфере практически отсутствовал.

Калькуляторы первоначально использовались для научно-технических и бухгалтерских расчётов, для автоматизации управления производственными процессами, автоматических измерений и контроля. Потом, как и у «больших» компьютеров, появились игровые программы. Некоторые модели допускали подключение периферии: внешней памяти, измерительных и печатающих устройств и ряда других.

Что надо подчеркнуть отдельно – память у первых ПК была энергозависимой. Написав и отладив вечером программу, ее надо было записать на бумагу, чтобы утром ввести снова. Или не выключать «компьютер».

В первых ПК память делилась на две независимые части (как в гарвардской архитектуре компьютера, рис. 2):

- программную – содержала список команд для процессора,
- данные, содержащие числовую информацию.

В поздних версиях появилась единая память для программы и данных, по концепции фон Неймана.

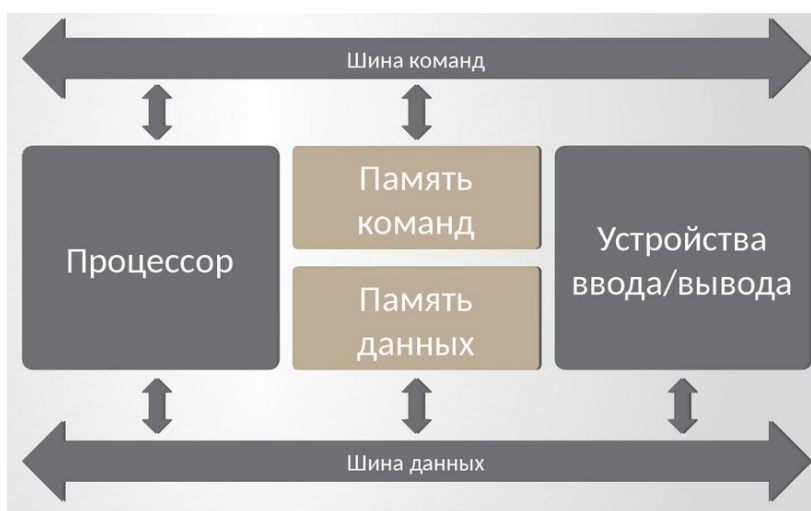


Рис. 2. Гарвардская архитектура компьютера

Программная память (ОЗУ программ) содержала шаги программы в машинных кодах. Поддерживались все стандартные возможности процедурных языков:

- линейная последовательность операторов (максимум, в зависимости от модели, 60-105 шагов),
- простое ветвление, операнд сравнивался с 0 – соответственно получалось 4 варианта сравнения,
- цикл до 4 вложений,
- подпрограммы с глубиной обращения до 5 у старших моделей,
- встроенные функции – *sin*, *log* и другие (их макропрограммы хранились в ПЗУ),
- также ряд, весьма небольшой, и других возможностей.

Адресуемые регистры памяти (ОЗУ). В них хранились числа. Количество 9-15 в зависимости от модели. Разрядность – 8 мантисса, 2 порядок.

Стек – тоже оперативная память для чисел. Организована как магазин у револьвера, можно поднимать число, вводя новое, прокрутить «барабан» или производить действия с одним или двумя числами из операционного блока – *X* или *Y*. Только *X* выводился на дисплей, его можно было записать в адресуемые ячейки. Такая организация памяти применялась для вычислений по обратной бескобочной записи, предложенной в 1920-х гг. польским математиком Яном Лукасевичем. Для вычислений по ней нужно меньше операторов, что при небольшой программной памяти имеет важное значение. Добавлю от себя – привыкаешь к ней быстро, работать удобно.

ПК мог работать в трех режимах:

- калькулятора, на нем можно было считать,
- программирования,
- выполнения программы – целиком или по шагам.

Естественно, при весьма скромных технических характеристиках все ПК были однозадачными – можно было запустить только одну программу.

Как всё это устроено и работает, довольно невнятно описывалось в «мануалах». Помогали книги, излагавшие вопрос намного более детально и на конкретных примерах. А также, скажу честно – многое приходилось узнавать экспериментально.

Одна из классических книг – «Справочник по расчетам на микрокалькуляторах» В.П. Дьяконова 1985 года издания (рис. 3). В нем детально описано решение многих стандартных математических и инженерных задач.

Первоначально калькуляторы, как и вся ранняя вычислительная техника, задумывались в помощь инженеру и бухгалтеру. А потом что с большими, что со средними и малыми машинами происходили «фазовые переходы» – программисты втихаря (вначале) писали игрушки (рис. 4). Счастливые обладатели ПК – тоже...

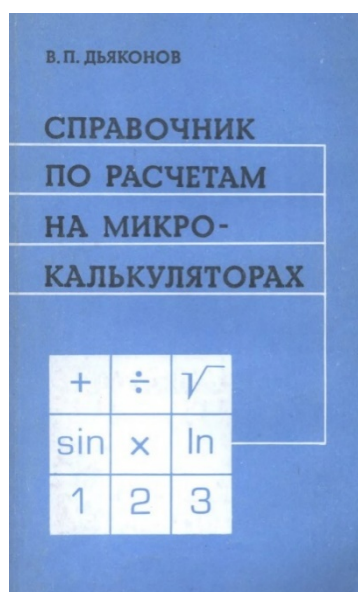


Рис. 3. В.П. Дьяконов «Справочник по расчетам на микрокалькуляторах»



Рис. 4. Я.К. Трохименко, Ф.Д. Любич «Микрокалькулятор, Ваш ход!»

Первая компактная модель «Электроника БЗ-21» (рис. 5) производилась с начала 1977 года, имела 60 шагов программы, 9 адресуемых ячеек памяти, из которых 2 используются под операционный блок, и целых 6! ячеек стека (в дальнейшем их было 4) плюс регистр возврата. Что интересно в этой модели – при глубине подпрограмм в 5 вложенных циклов не было. Циклов не было вообще! В следующих моделях они появились. Впрочем, и на иностранных ПЦ циклы были не у всех. БЗ-21 и БЗ-34 (родоначальник следующего семейства) отличались стильным дизайном и веселыми разноцветными кнопками.



Рис. 5. ПК Электроника БЗ-21

Однако самое интересное у них было в «мозгах». Разработчики то ли сэкономили на их разработке, то ли ошиблись. Благодаря этому машинки имели весьма забавные дополнительные недокументированные возможности. Например, некоторые числа, больше 10 в 100 степени (а «досчитать» можно было до 10 в 1000 степени!) имели свойства программы, на некоторые нельзя было смотреть на экране (ПК зависал), но можно было обрабатывать в памяти и много еще чего интересного... С программной памятью также было много чудес. Одна только боковая ветка в ее конце чего стоила!

Естественно, многочисленные энтузиасты по всей стране искали это «золото». Оно позволяло расширить довольно скромные возможности ПК. «Штабом» по изысканию стала рубрика «Клуб электронных игр» в журнале «Техника молодежи» (рис. 6). Руководил с 1985 г. по 1988 г. ею талантливый писатель и отличный организатор Михаил Пухов. Программы публиковали многие журналы – «Радио», «Наука и жизнь», но именно Пухову удалось создать оригинальный контент, в котором сочетались фрагменты научно-фантастических рассказов и программы для ПК с пояснениями. Рубрика Пухова в то время была самым оперативным и общедоступным каналом обмена информацией между любителями игр.



Сегодня в гостях у «Клуба любителей фантастики» — наш новый раздел «Клуб электронных игр» [см. стр. 56]. Поэтому предлагаем текст адресован в первую очередь тем любителям научной фантастики, кто уже изучил статьи раздела «Для всех профессий» и умеет обращаться с программируемыми микрокалькуляторами «Электроника БЗ-34», «Электроника МК-54», «Электроника МК-56».

МИХАИЛ ПУХОВ

ИСТИННАЯ ПРАВДА

«Громадный метеорит врезался с космической скоростью в наш звездолет и пробил его насквозь, оставив в обшивке дыру размером с человеческую голову. Воздух со свистом хлынул наружу».

«Пилот наконец решился и нажатием кнопки отправил в реактор последние остатки топлива. На космонавтов обрушилась десятикратная перегрузка. Тысячетонная громадина корабля дрогнула и медленно двинулась вверх. Люди были спасены».

Подобными эпизодами изобилуют поступающие в редакцию «ТМ» рассказы начинающих фантастов. Рецензировать такие произведения затруднительно. Интуитивно ясно, конечно, что после столкновения с «громадным метеоритом» от звездолета ничего не останется, а «последних остатков топлива» не хватит, чтобы даже при «десятикратной перегрузке» обеспечить взлет «тысячетонной громадины корабля» со сколько-нибудь приличной планеты. Но какими аргументами подкрепить интуитивные соображения? Не будешь же каждый раз проделывать громоздкие вычисления по соответствующим формулам — рассказов в отделе фантастики приходит ежедневно около десяти. Где взять время для этих проверок?

учил материалы рубрики «Для всех профессий», разберется в ней без труда. Вот эта программа:

```
00. ИПД 01. Fx<0 02. 09 03. † 04. ИП8 05. †
06. XY 07. ПП 08. 90 09. ИПА 10. Fx≠0 11. 43
12. Fx<0 13. 33 14. 2 15. × 16. † 17. ИП4 18. ИПЗ
19. — 20. × 21. ИПВ 22. Fx² 23. + 24. F√ 25. ИПВ
26. — 27. ÷ 28. † 29. ИП8 30. × 31. БП 32. 90
33. ИПД 34. Fx≠ 0 35. 86 36. ИПЗ 37. Fx² 38. F√
39. ИП7 40. — 41. Fx<0 42. 87 43. ИПВ 44. ИПА
45. С/П 46. П1 47. П2 48. Fx≠ 0 49. 43 50. ÷ 51. П8
52. ИП5 53. ИПД 54. + 55. † 56. ИПВ 57. × 58. ПЗ
59. ИП4 60. — 61. ИП2 62. × 63. ИПВ 64. + 65. ПВ
66. FVx 67. + 68. 2 69. ÷ 70. ИП2 71. × 72. ИПА
73. + 74. ПА 75. ИПС 76. ИП2 77. ИПО 78. × 79. —
80. ПС 81. ИПД 82. ИП1 83. — 84. ПД. 85. В/О
86. ИП6 87. ИП9 88. С/П 89. Сx 90. П1 91. XY 92. П2
93. Fx<0 94. 50 95. ИПЗ 96. БП 97. 59
```

Подробная инструкция к этой программе (условно она называется «Лунолет-1») и описание увлекательной компьютерной игры, в которую можно играть с ее помощью, приведены на стр. 56. Но вернемся к проверке поступающих в редакцию материалов.

Надо сказать, что, помимо многочисленных писем,

Рис. 6. Журнал «Техника – молодежи», рубрика «Клуб электронных игр»

Пухов придумал знаменитый термин «еггология». Он считал неправильным ситуации «ошибок» валить в одну кучу под названием ЕГГОГ (так на экране высвечивалось сообщение об ошибке *error*, рис. 7). Все «ошибки» изучались и использовались. Находки сразу шли в дело. В мае 1986 г. я сделал открытие по псевдографике, позвонил Пухову, а в июне мое письмо уже напечатали (рис. 8). Необыкновенная скорость!



Рис. 7. Тот самый ЕГГОГ!

О графике. Разработанные для математических расчётов, калькуляторы семейства БЗ-34 выводили на экран только цифры и Е, Г, О, С, L, —, которые использовались как служебные и обозначающие шестнадцатеричные числа. «В базе» они использовались лишь в виде служебных сочетаний. Однако, за счет недокументированных возможностей были разработаны варианты отдельных букв, а также их сочетаний, в том числе и с цифрами (например, ГО-ГО-ГО, 4ОС, СО4I). Это позволяло делать для игровых программ более привлекательный интерфейс.

3С

клуб, очень здорово! Но посвятите хотя бы один номер тому, как самому придумывать игры. Составить программу решения уравнения легко, а игру никак... Научите составлять игры!»

Что ж, пожелания законные, давайте придумаем игру вместе. По глубокому убеждению администрации, главное — это название. Назовем ее, скажем, «Многоступенчатая ракета». Ясно же, что на лунолете класса «Кон-Тики» далеко не улетит, даже взлететь с Земли вряд ли удастся. Поставим задачу так: количество ступеней произвольно, после команды на отделение ступени действует следующая. Желательно, чтобы программа в обращении не была сложнее «Лунолета-3», который и возьмем за основу. Неплохо было бы сохранить и видеосообщения. Договоримся все постоянные и переменные величины оставить в прежних регистрах. Только теперь в регистре Д разместится запас топлива первой ступени, а в регистре Б, ясное дело, — ее «сухая» масса плюс полная масса всех последующих ступеней, включая полезную нагрузку.

Посмотрим, какие внутренние резервы есть у нашего «Лунолета-3». Команды, записанные по адресам 12—18, никакой роли не играют, просто повышают сервисность программы, рассчитывая и переводя в регистр У круговую скорость на данной высоте. Это семь команд. Можно ли уместить сюда «многоступенчатый блок»?

Возьмем простейший случай. Пусть при зажигании двигателя каждой ступени полная масса ракеты распределяется поровну между следующими компонентами: 1) масса топлива нижней ступени; 2) масса ее конструкции; 3) масса всех последующих ступеней, включая полезную нагрузку. Легко видеть, что после команды на отделение ступени необходимо проделать следующие операции:

1) разделить оставшуюся массу ракеты (содержимое регистра Б) на 3;
2) полученное число записать в регистры 5 и Д;

3) вернуться на начало программы. Наиболее простая последовательность команд, реализующая данный алгоритм, такова (адреса условные): 01.ИП5 02.3 03.÷ 04.П5 05.ПД 06.БП 07.00. Уложились ровно в семь команд! Блок сконструирован, но куда его вставить? И каким образом, не усложняя работы с программой, отдавать команду на отделение ступеней???

Обратим внимание на блок-схему, на то место, где производится проверка на перерасход топлива. Если вы внимательно следите за «топливными ресурсами», она бесполезна. Что, если команду с перерасходом сделать сигналом на отделение ступени? Значит, надо сделать так, чтобы при перерасходе управление перешло на только что сконструированный «блок многоступенчатости»!

Тот, кто хочет внести необходимые исправления сам, может «приглушить звук». Для остальных сообщаем алго-

ритм преобразования «Лунолета-3» в «Многоступенчатую ракету»:

1) Выбросить из программы команды по адресам 12—18;

2) Команды по адресам 19—26 «сдвинуть» вверх. Теперь они будут занимать адреса 12—19.

3) Вписать на адреса 20—21 команды 20. Fx<0 21. 29.

4) Вписать на адреса 22—28 только что сконструированный «блок многоступенчатости».

Ракета построена. Вводите видеосообщения, нужные вам исходные данные, заливайте в баки горячее, определите себе цели полета — и в путь! Только администрация настоятельно рекомендует: внимательно следите за содержанием регистра Б. Ведь это масса всех пока еще бездействующих ступеней, включая полезную нагрузку. Не забывайте, что в нее входит и вы сами! И если команда ИП5 на очередном останове выдаст на индикатор, скажем, число 100, администрация обоснованно опасается, что вам, увь, уже ничто не поможет...

«Недавно просматривал ваш журнал № 10 за 1985 год, в частности рубрику «Клуб электронных игр», и возникло желание спросить: почему сообщение микрокалькуляторов типа БЗ-34 и МК-54 по ошибке ERROR на страницах вашего (зпрочем, не только вашего) журнала печатается в виде ЕГГОГ? — справедливо недоумевает А. Федоренко из Новосибирска. — Если это результат стремления избежать дополнительных трудностей при наборе, то оправданно ли такое стремление, в результате которого вместо осмысленного и понятного (по крайней мере, переводимого) слова появляется какой-то птичий набор?»

Отвечаем по существу. Для нас и наших читателей ЕГГОГ в первую очередь это: 1) условное обозначение чисел с порядками между 100 и 200 (см. № 1 с. г.), которые можно, например, записывать в регистры, отдавать по ним команды косвенной адресации (об этом еще расскажем) и т. д.; 2) своеобразное «прикрытие», пользуясь которым можно вызывать в регистр Х и подвергать различным операциям числа, которые иначе вызвать не удастся, скажем Тьму (№ 3); 3) универсальное «сырье», из которого можно получать такие полезные продукты, как символы Е, Г, С, L и —. Даже язык как-то не поворачивается назвать столь бесценное сокровище «ошибкой», пусть даже на английском языке...

Кстати, насчет символов Е, Г и т. д. «Почему вы написали, что после адреса 99 идут (в БЗ-34) адреса А0...А9, В0...В9, С0...С9, Д0...Д9, Е0...Е9, 0...9? — просит разъяснений заинтересовавшийся проблемой 160-шагового цикла А. Коротков из Тулы. — У меня они идут в следующем порядке: —0...—9, L0...L9, С0...С9, Г0...Г9, Е0...Е9, 0...9. А «темная зона» начинается с адреса С3, а не С1, как сказано у вас».

Охотно даем разъяснения. Во-пер-

вых, символы —, L и Г есть соответственно коды букв А, В и Д, так что никакого противоречия в первом обнаруженном факте нет. Кстати, странички нашего клуба (или стены?) пронумерованы именно этими кодами. Второе замечание справедливо — «темная зона» начинается не с адреса С1 (что было бы странно!), а с адреса С0. При переходе же на адрес С2 она сплошь заполняет индикатор.

Наконец, сообщение, которое, несомненно, порадует всех любителей, если можно так выразиться, «компьютерной грамматики». Буквально накануне отправки номера в производство администрация КЭИ получила сенсационную телефонограмму следующего содержания:

«Извещаю, что мною получен простой способ формирования на БЗ-34 любых комбинаций из цифр и символов Е, Г, С, L, —, не начинающихся с 0. Для этого нужно ввести в ПМК следующую программу: 00.КИП0 01.БП 02.7 03.П9 04.КИП9 05.КИПЕ 06.ИП9 07.ХУ 08.ХУ 09.ВП 10.ВП 11.12./—/ 13.FL0 14.03 15.С/П».

(Е по адресу 05 означает стрелку вверх. — М. П.)

После ввода программы нужно сформировать и ввести в регистры 1, 2 и т. д. вплоть до 8 необходимые символы в том же порядке, в каком они входят в состав необходимого слова. Например, если вы хотите получить на индикаторе «слово» ГО-ГО-ГО, нужно ввести букву Г в регистры 1, 4 и 7, обнулить регистры 2, 5 и 8, ввести символ «—» в регистры 3 и 6. В регистр 0 заносится число букв в слове, не считая замыкающих его нулей, плюс один. В нашем случае 8. Теперь В/О С/П. Через десяток секунд на индикаторе появляется заказанное вами слово (с точностью до положения десятичной точки, но она легко переносится с помощью команды ВП).

Сообщаю также, что мною сконструирован инструмент для программного получения символов Е, Г, С, L и —. Вот соответствующая программа: 00.† 01.Сх 02.ХУ 03.ХУ 04.ВП 05.С/П. (По адресу 00 вписана стрелка вверх.) Если подать на ее вход цифру 9, после окончания получим —. Если —, то L. Букву Е лучше не вводить — она дает «пустышку», а это символ весьма опасный.

В. Архипов».

Администрация КЭИ объявляет Владимиру Архипову благодарность и в этой связи дает следующее задание:

1) Получить максимальное число осмысленных слов и прислать их.

2) Придумать, каким образом, несмотря на категорическое утверждение нашего постоянного корреспондента, можно зафиксировать на индикаторе и записать в адресуемые регистры, скажем, названия программ «ОС-1», «ОС-2», «ОС-3».

Михаил ПУХОВ

Рис. 8. «Техника — молодежи» 1986 г., № 6. Благодарность автору

Сам я пришел к ПК в 1985 году. Перед этим в 1982 году я поступил в МИЭМ на ФПМ, однако в 1983 сняли бронь с большинства московских вузов и я, в числе прочих счастливицев, два года отслужил солдатом. Вернулся в альма матер, учиться стало легче, чем на первом курсе, появилось некоторое свободное время и деньги. Купил Электронику БЗ-34, это был первый и единственный мой ПК. Может быть, ностальгия по такой простенькой, но ПЕРВОЙ СВОЕЙ вычислительной технике аукнулась через много лет в виде моего музея компьютеров Боровска.

Интересно сравнить первые компьютеры с ПК (таблица 1). К сожалению, в таблице не хватает данных, и автор будет благодарен за любые уточнения.

Таблица 1
Сравнительные характеристики вычислительной техники

МОДЕЛЬ	ГОД ВЫПУСКА	РАЗРЯДНОСТЬ, ДАННЫЕ/АДРЕС	ЧАСТОТА	ОЗУ	КОЛИЧЕСТВО КОМАНД
ENIAC, США	1945	20	100 КГц	4 000 БАЙТ	н/д
МЭСМ, СССР	1951	17/20	5 КГц	1 787 БАЙТ	11
М-1, СССР	1951	25	15-20 ОП/СЕК	1 600 БАЙТ	н/д
SINCLAIR ZX80, ВЕЛИКОБРИТАНИЯ	1980	8/16	3,5 МГц	1 КБ	158
ИСКРА 123	1972	н/д	н/д	460 БАЙТ	64
ЭЛЕКТРОНИКА-70, СССР	1970	н/д	н/д	475 БАЙТ	н/д
ЭЛЕКТРОНИКА БЗ-21, СССР	1977	4	100 КГц	960 БАЙТ	51
ЭЛЕКТРОНИКА БК-0010, СССР	1983	16/16	3 МГц	32 КБ	64
ЭЛЕКТРОНИКА МК 52, СССР	1985	4	100 КГц	1 330 БАЙТ	65
ЭЛЕКТРОНИКА МК 85, СССР	1986	16	2 МГц	2 КБ	72

Таблица демонстрирует весьма продвинутое по тем временам возможности ПК.

IV. ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сейчас, когда у большинства есть компьютер, все пользуются смартфонами, а программирование начинают преподавать чуть ли не с детского сада, интерес к таким примитивным устройствам может показаться странным. Но уже в 1980-х годах, на которые пришелся пик популярности ПК, сформировалась большая прослойка людей с соответствующим образованием и интересами. Вычислительная же техника была представлена лишь большими машинами в институтах, госучреждениях или конструкторских бюро. Причем ее не хватало даже для государственных нужд. Что уж тут говорить про домашнюю вычислительную технику! Ее практически не существовало. Были счастливые обладатели единичных импортных машин. Некоторым удавалось добыть советскую ДВК. Люди с руками и возможностью достать детали мастерили «РК-76» или клоны «Спектрума». Этот вакуум и заполнили ПК, дав возможность многим людям заняться программированием. И причем не только по работе, а и в личных целях, например, написать игру или рассчитать биоритмы. При этом надо учесть высокую стоимость ПК – 350 рублей в 1979 г. – две средние зарплаты того времени! Да и купить их не всегда можно было в условиях дефицита. Поэтому нередко ПК одалживали у более обеспеченных знакомых, иногда буквально «на ночь».

В 1986 г. началась другая эпоха – эпоха КПК. Вышел в продажу микрокомпьютер (а опытные образцы были все еще ПК!) «Электроника МК 85». По меркам того времени – супермикрокомпьютер: 16-битный, встроенный Бэйсик, 2К ОЗУ (до 150 операторов Бэйсика), 26 адресуемых регистров... По имеющейся информации – аналогов в мире у него не было.

В музее компьютеров Боровска собрана большая коллекция советских ПК, начиная с БЗ-21. У нас вы можете не только посмотреть на них, но и попробовать поработать. Ну, и, конечно же, мы с радостью примем в дар любую технику, литературу и просто информацию по теме вычислительной техники и программирования!

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трохименко Я.К., Любич Ф.Д. Микрокалькулятор, Ваш ход! М.: Радио и связь, 1985. 223 с.
2. Дьяконов В.П. Справочник по расчетам на микрокалькуляторах. М.: Наука, 1985. 224 с.
3. Кузнецов Е.Ю. и др. Микрокалькуляторы: технические и конструктивные характеристики. М.: Радио и связь, 1984. 127 с. (Массовая библиотека инженера «Электроника». Вып. 40.)

ПРИМЕНЕНИЕ АНАЛОГОВЫХ РАСЧЕТНЫХ УСТРОЙСТВ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА, НОТ И РАЦИОНАЛИЗАЦИИ В ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЕ XX ВЕКА

Галина Алексеевна Базанчук¹, Сергей Витальевич Кураков²

¹МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация, bga@bmstu.ru

²МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация, kurakov@bmstu.ru

Аннотация – В докладе рассказывается о малоизвестной истории применения специальных логарифмических линеек в области организации производства в Российской империи, а затем СССР. Используя архивные источники и системную коллекцию математических инструментов музея МГТУ им. Н.Э. Баумана, будет рассказано об изучении и адаптации зарубежного опыта в области научной организации труда, о вкладе отечественных ученых и инженеров в создание и построение современной школы рациональной и технологичной обработки металлов резанием применительно к экономике машиностроительных предприятий.

Ключевые слова – система Тейлора, С.Ф. Глебов, обработка металлов резанием и НОТ, счетная линейка, организация производства.

I. ВВЕДЕНИЕ

В вопросах изучения истории вычислительной техники большое внимание уделяется аналоговым расчетно-графическим устройствам наподобие логарифмических линеек, механических вычислителей и прочих инструментов до цифровой эры. Сегодня эти приборы вызывают интерес в обществе у различных групп исследователей, ученых, студентов и школьников. Понимание принципов применения математических законов на практике, изучение архитектуры современных ЭВМ и знакомство с различными языками программирования проще и нагляднее начинать с логики именно этих аналоговых устройств. Но мы хотим подготовить читателя не только к знакомству с редкими и узкоспециализированными счетными линейками.

Когда речь заходит о цифровой технике и информатике, все мы понимаем, что с самого момента рождения этой замечательной области человеческих знаний в ней всё подчинено логике, четко структурировано и взаимосвязано: появление новой элементной базы приводит к созданию новых цифровых конструкций и, наоборот, разработки в soft-сфере меняют прикладные, привычные нам технологии. Иными словами, эта область науки уже традиционно *рациональна*.

В начале XX века мировая экономика познакомилась с тейлоризмом – системе менеджмента, основанной на научной организации труда. Как и любая революционная экономическая модель, система Тейлора резко повысила производительность труда во всех инженерно-технических и смежных областях. Результаты ошеломили и капиталистов, и социалистов – началась «гонка за прибылью», развитие и оптимизация производств, поиск выгодных и оптимальных режимов и пр. Но вот научные мужи и существующие теории, построенные на рационализме, разумном осмыслении законов мироздания, ньютоновой физике и механике, не были готовы к такому повороту событий.

Тейлор принес в систему организации производства эмпиризм – поставил во главу угла опыт, который приносит прибыль. Формулы Тейлора с большим количеством коэффициентов, корней, дробей с нецелыми и отрицательными степенями были больше похожи на стихи хулигана-футуриста В.В. Маяковского, чем на научные данные. Поначалу, мир учёных с иронией принял математические выкладки американского изобретателя, «мол, пусть играет в свои игры, а потом придет очередь науки...» Однако проходило время, формулы уточнялись, совершенствовались, а самое главное – не только не опровергались, а, наоборот, подтверждались растущим благосостоянием фабрикантов, заводчиков и, что совсем неожиданно, некоторой части профессионального рабочего класса.

Многие инженеры оказались более прагматичными, чем воинствующие рационалисты-теоретики. В научной прессе начала XX века «пробивалось» понимание, что у науки нет пока всех ответов на запросы общества. А, следовательно, с классическим утверждением Иоганна Кеплера, что «любое явление природы может считаться вполне изученным только тогда, когда оно может быть выражено полной математической формулой, причем в идеале эта формула должна иметь чисто аналитический характер, опираясь на более общие законы природы» в начале XX века пришлось повременить. Особенно заметно это было в секторе механической обработки металлов резанием – научная область, в которую пришел со своим 25-летним практическим опытом Ф.У. Тейлор и... потребовались вычислительные устройства, которые сначала были полосками бумаги со шкалами, потом механическими счетчиками, а вскоре в очередь на машинное время первых ЭВМ за месяц записывались практики-экспериментаторы.

Обслуживание и расчет эмпирических зависимостей требовало все новых и новых мощностей вычислительной техники, в начале аналоговой, а затем и цифровой. Поэтому, позволим себе напомнить читателю, эмпиризм, как научное явление, оказал огромное влияние на развитие мировой вычислительной техники.

II. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В конце XIX века американский инженер Фредерик Уинслоу Тейлор начинает свои всемирно известные исследования по научной организации труда (НОТ). Его принципы научного менеджмента станут краеугольным камнем методов управления производством в первой половине XX века; во многих ситуациях система Тейлора применяется и по сей день. Согласно Тейлору, любой квалифицированный и неквалифицированный труд можно было проанализировать, систематизировать, нормализовать и рационализировать, увеличив тем самым производительность труда.

Показательно, что система Ф.У. Тейлора прежде всего нашла свое применение в таком сегменте машиностроения как механическая обработка металлов резанием – в точении, сверлении, фрезеровании, долблении и т. д., хотя оптимизация рабочих процессов по Тейлору выполнялась также в литье, обработке металлов давлением, прокате и других областях технической деятельности. «Прибыль предпринимателя находится на кончике резца его рабочего» - именно такой слоган появился в начале XX века и предопределил развитие отрасли механической обработки по научному пути эмпиризма и тейлоризма. Однако, работа с эмпирическими формулами «наивыгоднейшего» резания требовала использования расчетно-аналитических устройств и средств вычисления, так как самые простые расчеты отнимали у исследователей чересчур долгое время, что делало практическое применение системы Тейлора в заводской обстановке затруднительным и даже просто невозможным.

Имея большой, 26-летний опыт работы по управлению американскими предприятиями Тейлор пишет о решении этой проблемы: «Почти сейчас же после того, как нам удалось установить эмпирические формулы, соответствующие результатам серии опытов, мы почувствовали важность и в то же время трудность пользования этими нашими выводами в повседневной практике. Первое математическое решение задачи было дано Синклером, который употребил год или более на эту работу при моем участии. Это решение было получено с помощью кривых, нанесенных на обыкновенной бумаге с квадратными клетками. Кривые позволили с большим трудом и чрезвычайно медленно выработать серию таблиц, которыми можно было пользоваться в большинстве случаев, встречающихся на практике. Этот метод, однако, требовал столько времени и труда, что было мало надежды на его распространение на практике. Когда Синклер оставил эту задачу, Ганнт (*Генри Лоренс Гант или Гантт, англ. Henry Laurence Gantt, - соратник Фредерика Тейлора. В русской научной прессе начала XX века печатался с ошибкой в фамилии, два «н» - вместо двух «т»* – здесь и далее прим. авт.) посвятил почти целый год дальнейшей разработке вопроса. В этот период времени мы заменили кривые, нанесенные на обыкновенной бумаге с квадратными клетками, кривыми на бумаге с логарифмической сеткой. После того, как мы начали наши опыты в мастерских Bethlehem Steel Co, Ганнт и я снова принялись за разработку математической стороны этого вопроса и применили для этого специальную счетную линейку вместе с диаграммами, посредством которых достигалось более быстрое решение. Именно в этот период работы к нам присоединился Барт. Он вместе со мной и Ганнтом разработал счетную линейку, благодаря которой задача разрешалась сразу (без ошибочных попыток) и чрезвычайно быстро» [1, § 1190-1193; 2].

В Российской империи ученые и инженеры познакомились с новой системой организации труда в начале XX века. Например, начало публикации книги Ф.У. Тейлора «Об искусстве обработки металлов резанием» в номерах «Бюллетеня Политехнического Общества, состоящего при Императорском Техническом Училище» пришлось на 1906/1907, окончание – на 1907/1908 годы. Как и за рубежом, так и в России, сразу определились сторонники и противники американской системы, а критики, новаторы и изобретатели получили мощную методическую подпитку своей деятельности. В целом, наше научно-техническое общество увидело потенциал идей Тейлора в развитии отечественного производства и тон обсуждения и применения новой системы был положительным и конструктивным.

Основополагающий труд Тейлора в системе научного менеджмента на русский язык перевел инженер-механик Рувим Вениаминович (Бейнасович-Вениаминович) Поляков, выпускник ИМТУ 1902 года, преподаватель механической технологии и машиностроительного черчения в ИМТУ, секретарь Инженерно-механического отделения Политехнического общества. Вероятно, ему же будет принадлежать первое упоминание в России об аналогово-расчетных устройствах, применяемых в американской системе организации производства [3] – статья Р.В. Полякова «Счетные линейки Тейлора и Барта (*Carl Georg Lange Barth – норвежско-американский математик, механик и инженер,*

консультант и партнер Ф.У. Тейлора)» вышла в «Бюллетенях Политехнического Общества» № 5 за 1908 год.

Линейка Тейлора. О логарифмической линейке системы Тейлора подробно рассказано в брошюре «Процесс резания как единая эмпирическая формула» [4], автором которой является инженер и преподаватель МВТУ в 1917-1925 гг. Сергей Федорович Глебов. Там же приводятся и основные формулы, по которым происходили расчеты американского изобретателя и его коллег. Прежде всего, Тейлор изготавливал свои линейки отдельно для каждого станка и для каждого типоразмера резца. Таким образом, линеек приходилось делать столько, сколько было станков, а если одинаковым станкам давались разные скорости контр-приводов (напомним, что источником вращения шпинделя станка в то время была трансмиссия и ремённая передача, а установок с электрическими моторами было еще очень мало), то для таких станков снова были необходимы отдельные линейки. Если на одном станке применялись резцы разных размеров или марок, то каждый резец также требовал линейку с другой шкалой. Впрочем, здесь Тейлор несколько упростил задачу: он готовил не новую линейку, а отдельные сменные вкладные планки, пользуясь одним и тем же корпусом линейки для нескольких станков; но это конструктивное упрощение касалось, в сущности, только изготовления деревянных корпусов, а не делений на шкалах, которых требовалось множество.

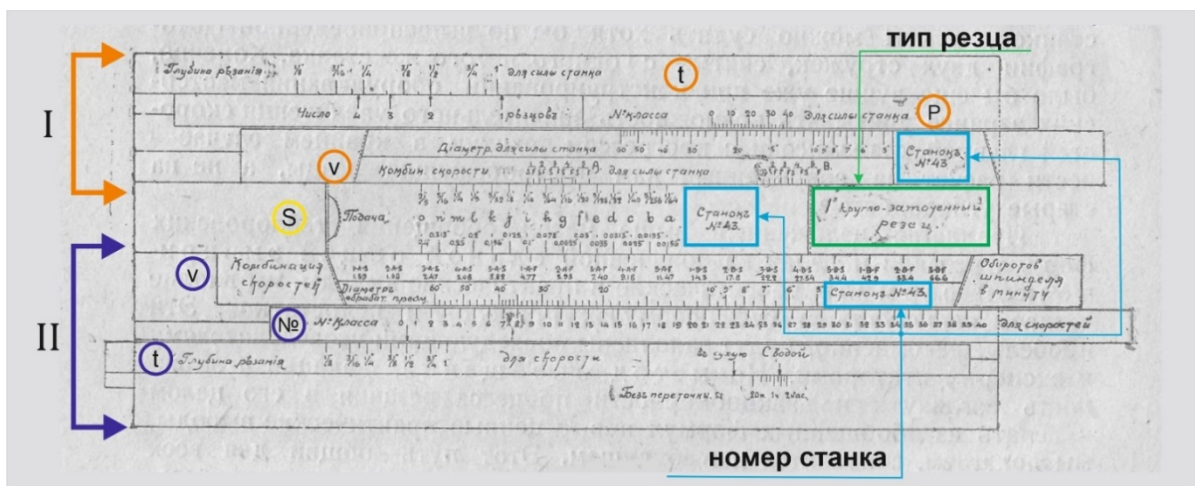


Рис. 1. Схема линейки системы Тейлора из брошюры С.Ф. Глебова [4]. Верхняя (I) и нижняя (II) части линейки рассчитывают разные эмпирические формулы; полученные результаты сравнивают с помощью центральной неподвижной шкалы подач «S»

«Тейлор должен был бы готовить также отдельные линейки для стали и отдельные для чугуна, если бы он хотел получать с помощью этих линеек достаточно точные решения; но Тейлор пренебрег точностью и строил свои линейки для металла, по свойствам занимающего среднее место между сталью и чугуном, не пригодное поэтому ни для стали, ни для чугуна в отдельности» [4, с. 22].

Созданная Тейлором линейка (рис. 1) заключала в себе, в сущности, две самостоятельных линейки, каждая из которых выражала формулу различного типа и назначения. Одна из этих двух линеек, шкалы которой расположены в верхней половине линейки Тейлора, предназначена для определения комбинации скорости («V»), подачи («S») и глубины резания («t»), оптимальной с точки зрения наименьшего давления на резец, т.е. с точки зрения наилучшего использования силы (мощности) станка («P»). Вторая линейка составляет нижнюю часть линейки Тейлора и имеет задачей определение комбинации тех же элементов, но уже с точки зрения не силы станка, а стойкости резца, точнее, определение нормальной скорости резания («V»), свойственной резцу при данных условиях резания («t», «P»). Связующим для этих двух линеек элементом, общим для них обеих, является неподвижная центральная шкала подач («S»), масштаб которой подобран таким образом, что он удовлетворяет одновременно и формуле, выражающей давление на резец, и формуле, выражающей типовую (нормализованную) скорость резания (рис. 1).

И хотя рассмотренная линейка действительно могла быть применена только к одному определенному станку, но этого вовсе нельзя сказать о формулах резания Тейлора. Изобретатель сделал попытку конкретизации своих формул, он наносил не все деления шкалы, а выбирал только те, которые могут пригодиться для данного станка, опуская все остальные. Например, вместо того, чтобы нанести всю шкалу подач или скоростей, Тейлор наносил деления, соответствующие только тем режимам резания, которые следовали из конструкции определенного станка. Благодаря упрощениям, результат при вычислениях получался довольно неточным (до 50% в обе стороны по мнению С.Ф. Глебова).

Однако целью применения этого расчетного устройства было не определение точных законов резания, а возможность указывать рабочему нормализованные условия работы [2, § 52, 134] на конкретном оборудовании, хотя бы и не самые выгодные с точки зрения производительности, но приближающиеся к ним.

«В виду своих недостатков, линейки системы Тейлора того типа, какой опубликован в «Искусстве резать металлы» в настоящее время имеют исторический интерес» – заключает С.Ф. Глебов в 1923 году [4, с. 26]. Закономерно, что почти сразу по времени в конструкцию этих аналоговых счетных устройств пришлось вносить усовершенствования – именно так поступил Гантт, который совместно с Гудом (*Hood*) создал более универсальную линейку.

Линейка Гантта-Гуда. Эта линейка была изготовлена в начале 1910-х гг. с расчетом не на один станок, а в целом на все станки токарной группы. Формулы, положенные в ее основание, несколько отличались от основных формул Тейлора, однако довольно близко отражали его законы. Важное преимущество линейки Гантта-Гуда состояло в том, что она давала отдельные и самостоятельные решения для стали и чугуна.

В этой линейке также механически соединились две линейки (двигающихся вертикально) – но, в отличие от тейлоровских линеек, тут не было формулы скручивающего момента, т.е. вопрос о том, выдержит или не выдержит станок заданную глубину резания, оставался без ответа. Для выбора оптимальной и выгодной комбинации режимов резания с точки зрения стойкости резца применялась левая сторона линейки. Когда комбинация была выбрана – на правой стороне находилось время выполнения всей работы, с прибавлением соответствующего процента (по особой таблице) на ручные операции и затем 10% на отдых, остановки, перерывы, вспомогательные операции и пр.

С.Ф. Глебов аналитически исследовал левую часть линейки Гантта-Гуда [4, с. 27] и пришел к выводу, что она отвечает следующим двум формулам:

а) для стали

$$m = \frac{83,7 * W}{D * 1,1^N * a^{0,42-0,1h} * h^{0,48} * (2,4 - A)} \quad (1)$$

б) для чугуна

$$m = \frac{157 * W}{D * 1,1^N * a^{0,62+0,26h} * h^{0,28(a+1)} * (2,4 - A)} \quad (2)$$

где m – рациональная частота вращения шпинделя станка, число оборотов в минуту; h – глубина резания в дюймах; a – значение подачи в дюймах на один оборот шпинделя; D – диаметр обрабатываемой заготовки в дюймах; A – ширина резца в дюймах; N – номер класса для скорости резания; W – коэффициент, равный 1 при работе всухую и 1,3 при работе с водой.

Повышение производительности от охлаждения водой в линейке Гантта-Гуда было принято в 30% – одинаково и для стали, и для чугуна, как и у Тейлора. Однако, при работе с чугуном на практике удавалось повышать скорость не более 15%.

Не совсем удачной особенностью формул (1) и (2) является тот факт, что ширина резца, точнее, форма лезвия, оказывает своё влияние на выбор рациональной частоты вращения шпинделя независимо от подачи и глубины резания. Если линейка Гантта-Гуда предназначалась для резцов прямолинейных или другого постоянного профиля главной режущей части лезвия – это не влияло на результат. Повышение скорости резания для прямолинейного лезвия при изменении радиуса галтели у его вершины в то время уже было доказано опытами на манчестерских заводах в Англии, так и экспериментами Риппера. Но для лезвия закругленного, с изменяющимся радиусом закругления подобное упрощение давало большую неточность в расчетах [4, с. 28].

Формула правой части линейки Гантта-Гуда имела следующий вид:

$$t = \frac{1,1 * L}{a * m} \quad (3)$$

где t – время в минутах, L – длина прохода резца в направлении подачи в дюймах; a – значение подачи в дюймах на один оборот шпинделя; m – рациональная частота вращения шпинделя станка, число оборотов в минуту.

Когда была получена величина числа оборотов « m », на правой стороне линейки находили длину, которую надо пройти резцом вдоль оси предмета и устанавливали против этой длины выбранное число оборотов, предварительно возвратив выдвижную линейку в ее первоначальное положение; после чего против подачи « a » находили время обработки « t » с поправкой в 10% (3). Для расчета поправок на ручные операции, вспомогательный ход суппорта, остановки и пр. в правой части линейки были нанесены специальные деления, каждое из которых соответствовало поправке в 20%.

Линейки профессора Фридриха. С.Ф. Глебов знакомит нас еще с одной группой линеек, так называемыми «указателями быстрого резания» (*Schnellschnittanzeiger*) Фридриха и Фридриха-Гипплера, опубликованные в работах последних [4, с. 28-32]. Хотя эти счетные приборы имели сравнительно более позднее происхождение, однако, по мнению Глебова, «они представляли значительный регресс по сравнению не только с вышеописанной линейкой Гантта-Гуда, но и с линейками Тейлора даже в их самом несовершенном виде».

В основу линеек Фридриха-Гипплера были положены аналитические расчеты и данные экспериментов инженера Фридриха из Хаймница (*Heimnitz*). Он пытался рассчитать выгодные скорости резания исходя из принципа: «секундная работа резания на единицу поверхности стружки должна оставаться постоянной». Имея величину давления на резец и площадь сечения стружки, Фридрих высчитывал работу сил резания и количество образующейся теплоты. Исходя из коэффициента теплопередачи через лучеспускание и прикосновение (в воздух) он подсчитывает количество теплоты, отводимой из стружки этими путями и выводит формулу (4) «наивыгоднейшей» скорости резания V :

$$V = \frac{e}{k\sqrt{f} + w} \quad (4)$$

где f – площадь сечения стружки, e , k и w – коэффициенты, которые профессор Фридрих подобрал на основании произведенных им экспериментов.

Линейка Фридриха-Гипплера, несмотря на ее недостатки, являет собой попытку рационального подхода к решению сложной многокомпонентной проблемы выбора оптимальных режимов резания. Однако, аналитический метод расчета законов резания в начале XX века не мог учитывать всех тех факторов и особенностей, которые обнаружили последующие поколения ученых и исследователей в области механической обработки металлов. Поэтому расчет профессора Фридриха, при правильной физической гипотезе о необходимости постоянства силы резания в процессе обработки, страдал серьезными недочетами и при повторных экспериментальных исследованиях выдавал результат, близкий к ошибочному. Достаточно сравнить формулу (4) с любой эмпирической формулой, основанной на широко поставленных экспериментальных исследованиях Тейлора и Гантта, чтобы судить о ее практической пригодности.

В формуле Фридриха нет различия между чугуном и сталью; она учитывает только площадь сечения стружки, притом с показателем округленным. Между тем, уже в начале XX века было известно и подтверждено экспериментально, что при одной и той же площади сечения выбор скорости резания значительно зависит от формы этого сечения, от величины отношения подачи и глубины резания, от величины угла в плане (*угол между проекцией главной режущей кромки инструмента на основную плоскость и направлением подачи*) и т.д.

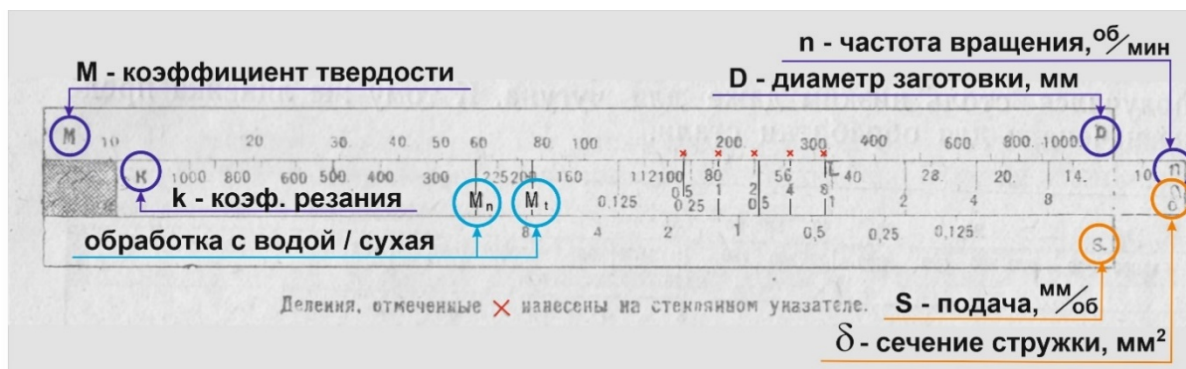


Рис. 2. Схема линейки профессора Фридриха-Гипплера из брошюры С.Ф. Глебова [4]. Несмотря на внешнюю простоту счетного устройства, пользоваться линейкой оказалось сложно из-за совмещения и объединения различных показателей резания на шкалах

Есть замечания и к тепловому расчету. Профессор Фридрих учитывал отвод теплоты в воздух за короткий промежуток времени образования и срезания элемента стружки, но не учитывал во много раз более важного момента – отвода теплоты в силу теплопроводности материала заготовки и, самого главного обстоятельства в теории современных тепловых явлений при резании – распределения образующейся теплоты между стружкой, заготовкой и резцом. Он принимал температуру лезвия равной средней температуре стружки, ссылаясь на то, что стружка тонка и теплота главным образом освобождается внутри нее, между тем весь ключ к решению задачи состоял как раз не в средней температуре стружки, мало изменяющейся даже в больших пределах изменения скорости, а температуре в зоне резания, зависящей от динамики теплоты, от состояния теплового потока и от соотношения температур отдельных точек образующейся стружки. Укажем еще на то, что Фридрих без оговорок считал периметр сечения стружки пропорциональным корню квадратному из площади ее сечения – это справедливо только для конкретной прямоугольной формы стружки, зависящей от формы лезвия, угла в плане и отношения глубины резания к подаче.

Как «указатели», так и счетные линейки Фридриха изготавливались, подобно линейкам Тейлора, отдельно для каждого станка. Рассматриваемое счетное устройство (рис. 2) предназначено для станка с десятью различными числами оборотов « n » от 10 до 225 и мощностью при нормальной работе 4,5 л.с. (около 3,3 кВт), включая вредные сопротивления в исполнительных узлах станка.

Цифровые данные для примера Глебов позаимствовал у Гипплера, где диаметр заготовки был подобран так, чтобы число оборотов шпинделя выражалось тем же числом, что и линейная скорость резания, только меньше на один порядок, а именно:

$$V = \frac{\pi * D * n}{60} = \frac{3,14 * 191}{60} n = 10n$$

где V – скорость резания, мм/с; $D=191$ – диаметр обрабатываемой заготовки, мм; n – частота вращения шпинделя, об/мин.

Положение линейки на рис. 2 показано для случая обработки мягкого чугуна, твердость которого Фридрих характеризовал числом 77. На верхней кромке рамы линейки находим $M=77$ и ставим против этого числа стрелку $M(t)$ (при обработке с водой – $M(n)$) на подвижной части-шибере. На верхней же кромке находим $D=191$ (диаметр заготовки, мм) и против него на шибере определяем соответствующее самое выгодное число оборотов $n=80$ об/мин.

Далее следовал выбор сечения стружки δ и проверка режимов резания по мощности НР (Horse Power) токарного станка. С.Ф. Глебов отмечал, что желание разработчиков обойтись одними и теми же двумя шкалами для расчетов и стойкости резца, и силы (мощности) станка привело к тому, что верхняя шкала линейки Фридриха одновременно выражала твердость материала, диаметр заготовки, линейную скорость резания и значение мощности в лошадиных силах, а нижняя – коэффициент резания, число оборотов, влияние воды, сечение стружки и значение подачи. Все это, несомненно, усложняло расчеты и требовало повышенного внимания пользователя, что делало линейку неудобной и недоступной для обычного рабочего, несмотря на её внешнюю простоту.

Немецкие изобретатели заявляли, что их модернизированные линейки «полностью равноценны (*ebenbürtig*), а имея карманный размер, превосходят тейлоровскую линейку еще и простотой, заменяя устаревшую систему Тейлора», однако, нам кажется, это было несколько самонадеянное утверждение, носящее больше рекламный, чем научный характер.

Линейки инженера Глебова. Преобразовав четыре формулы Тейлора для стойкости резца и крутящего момента и соединив их в единой конструкции аналогово-счетного устройства, С.Ф. Глебов решил задачу получения отдельных результатов для стали и чугуна, пригодные для всех металлорежущих станков (рис. 3). В основу этой работы был положен доклад, прочитанный им в Техническом Совете Отдела Металла ВСНХ 20 июля 1920 года, на котором автор доложил, что «...до сего времени ни одна из установленных Тейлором эмпирических зависимостей не поколеблена позднейшими исследованиями – наоборот, последние вполне подтверждают работы американского организатора. Поэтому в основу наших расчетов мы положили формулы Тейлора, проверяя их, где это было возможно, данными других исследователей» [5, с. 7].

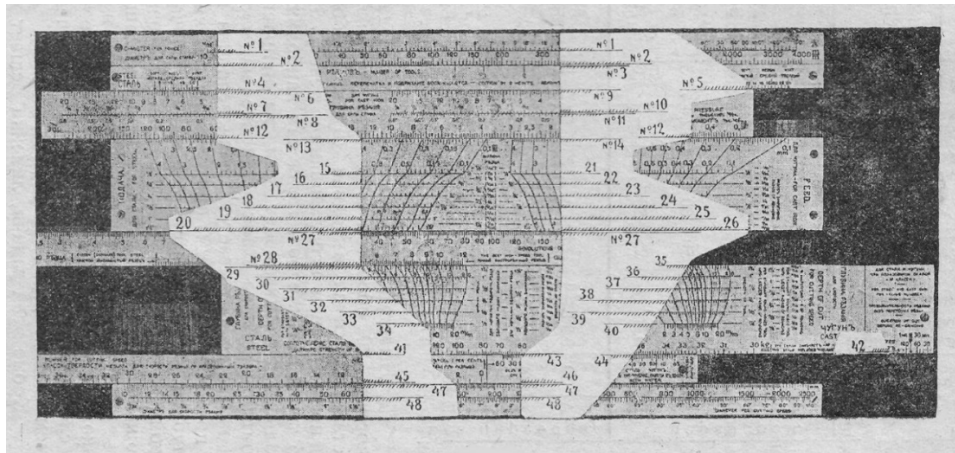


Рис. 3. Специальная счетная линейка системы инженера С.Ф. Глебова для определения условий наиболее выгодного резания металлов. Данное устройство с 48-ю шкалами позволяло получать результат по формулам Тейлора отдельно для стали и чугуна при работе на металлорежущих станках всех типов, 1923 г. [4, с. 35]

Добавим политический нюанс. В 1914 г. В.И. Ленин назвал разработки Тейлора «научной системой выжимания пота», или «системой порабощения человека машиной», отмечая, что «система Тейлора – без ведома и против воли ее авторов – подготавливает то время, когда пролетариат возьмет в свои руки все общественное производство и назначит свои, рабочие, комиссии для правильного распределения и упорядочения всего общественного труда. Крупное производство, машины, железные дороги, телефон – все это дает тысячи возможностей сократить вчетверо рабочее время организованных рабочих, обеспечивая им вчетверо больше благосостояния, чем теперь. И рабочие комиссии при помощи рабочих союзов сумеют применить эти принципы разумного распределения общественной работы, когда она избавлена будет от порабощения ее капиталом» [6].

Отношение В.И. Ленина к тейлоризму резко меняется после Октябрьской революции 1917 года. В 1918 г. на заседании Совнаркома он заявляет, что построить социализм без высокой культуры и производительности труда невозможно, а эти факторы, в свою очередь, невозможны без внедрения тейлоризма. В 1921 г., вопреки ожесточенной критике недругов А. Гастева, прозванного «русским Тейлором», Ленин поддержал его начинания и Советами были выделены крупные средства на создание Центрального Института Труда.



Рис. 4. Счетные линейки системы инженера С.Ф. Глебова различных типов в коллекции музея МГТУ им. Н.Э. Баумана

Актуальные работы С.Ф. Глебова в области оптимизации, рационализации и ускорении расчетов режимов резания действительно оказались как нельзя кстати. Основной перерасчет формул Тейлора и разработку соответствующей счетной линейки Сергей Федорович закончил в ноябре 1916 года. Первые линейки были применены в июле 1917 года на Лысьвенском механическом и Пермском пушечном заводах [4, с. 6]. В разработке надлежащих расчетно-графических средств для применения на практике законов резания имела действительная нужда не только у инженеров и организаторов производств. Средства и методики для расчетов были остро востребованы нормировщиками и учетчиками рабочего времени. Поэтому очень скоро номенклатуру линеек Глебову пришлось расширить, в них появляется шкала расчета рабочего времени технологических операций.

Известны следующие типы линеек системы С.Ф. Глебова, предлагаемых им к реализации в 1920-е гг.: специальная счетная линейка для определения условий наивыгоднейшего резания металлов (рис. 3), упрощенная счетная линейка для наивыгоднейшего резания металлов и специальная счетная линейка для определения времени обработки на металлообрабатывающих станках (находятся в экспозиции музея МГТУ им. Н.Э. Баумана, рис. 4), а также специальная счетная линейка для вычисления времени формовки и отливки в литейных мастерских (на момент написания статьи – нет данных о внешнем виде и функциональном порядке работы).

Среди экспонатов музея МГТУ им. Н.Э. Баумана есть линейки С.Ф. Глебова двух типов из названных выше (рис. 4) – упрощенная и для определения времени механической обработки. Последняя является Памятником науки и техники России (сертификат № 1091, протокол № 21 заседания Экспертного совета от 11.12.2012 г.). Порядок работы с этой счетной линейкой Глебова авторы показывали в статье «Математические этюды в логарифмических тонах» [7, с. 86-87], поэтому мы не будем повторяться, – скажем только, что благодаря методическим указаниям и примерам С.Ф. Глебова мы смогли легко понять и восстановить алгоритм работы с этим аналогово-счетным устройством.

Линейка инженера-механика И.М. Беспрозванного. Израиль Моисеевич Беспрозванный (1884-1952) – советский учёный и инженер; основоположник современной теории резания металлов, Лауреат Государственной (Сталинской) премии СССР (1943), в 1951 году предложил метод определения стойкости режущего инструмента, установил рациональные параметры режущей части.

В 1905 г. И.М. Беспрозванный поступил на механическое отделение ИМТУ, которое окончил в 1911 г. До 1914 года работал в Соединенных Штатах Америки у Ф. Тейлора [8, с. 54]. По возвращении в Россию работал инженером на Сорновском заводе, затем стал техническим директором завода «Магнето». С 1925 года работал в Оргметалле, где создал лабораторию резания металлов. В 1929 г. был командирован в Германию для изучения вопросов, связанных с испытанием станков и инструментов. Вернувшись, был назначен заведующим лабораторией резания металлов в КрМММИ (Краснознаменный Московский Механико-машиностроительный Институт им. Н.Э. Баумана, в настоящее время – МГТУ им. Н.Э. Баумана), созданной в ИМТУ ещё в 1909 году. В том же году на основе этой лаборатории была организована кафедра «Резание металлов» с «Лабораторией рациональной обработки металлов», которыми Беспрозванный руководил до 1950 года [9, с. 12].



Рис. 5. И.М. Беспрозванный и обложка его брошюры

В 1925 г. И.М. Беспрозванный издал брошюру «Счетная линейка для рационального использования токарных станков» [10]. Авторы проводят системный поиск информации об этом аналоговом расчетном устройстве с привлечением специалистов профильных кафедр МГТУ им. Н.Э. Баумана. Мы надеемся рассказать об нем в других публикациях.

III. ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Растущее повсеместное влияние научного эмпиризма в начале XX века, а затем и плановый, централизованный характер экономики СССР требовал выполнения огромных объемов вычислительных работ. Современный исследователь В.В. Шилов в своей статье «Предпосылки развития вычислительной техники в СССР в довоенный период» указывает, что «уже в 1931 г. Институт техники управления при наркомате Рабоче-крестьянской инспекции определял количество счетных работников в государственном и кооперативном секторах в 550-600 тыс. Их работа требовала широкого внедрения средств механизации, однако ситуация с их производством была далека от желаемой» [11, с. 80-81].

Документы свидетельствуют, что именно учетно-статистические работы были предметом первоочередного внимания партии и правительства СССР. Научные вычисления и инженерные расчеты длительное время оставались на периферии этого внимания, хотя наука, и математика в том числе, постепенно тоже становилась объектом государственного планирования. Например, в июне 1931 г. на Первой Всероссийской конференции по планированию математики затрагивались и проблемы вычислений. Докладчики говорили о необходимости уделить особое внимание подготовке «кадров вычислителей», а вычислительная математика называлась одним из приоритетных направлений. Конференция констатировала крайне низкий уровень как квалификации «работников вычислительного труда», так и используемой ими вычислительной техники [11, с. 81-85].

Мы согласны с трактовкой вопроса ведущим исследователем в области истории вычислительной техники В.В. Шиловым, наши музейные источники и коллекции это подтверждают. Однако, применительно к организации машиностроительного производства в Российской Империи и СССР в первой половине XX века можно добавить следующее:

1. Простые по конструкции аналоговые счетные устройства типа линеек системы Тейлора, Гантта или Глебова были востребованы не только для нормирования, контроля и рационализации производства, хотя в этом и состояла главная идея их изобретателей. Эти устройства очень хорошо обеспечивали безопасность работ, применение правильных, стабильных и щадящих дорогостоящее оборудование режимов резания *неквалифицированными* рабочими кадрами, которых в избытке хватало в Российской Империи и, «по наследству», перешедших в СССР, который стоял в преддверии Индустриализации 1930 - х гг.

2. Начиная с 1930-х годов, в СССР особое внимание уделяется созданию перспективных *многопоточных* процессов в производствах, которые требовали более гибких подходов, более внимательных и точных расчетов. Это подтверждается трудами выдающихся ученых в области «Организация производства» школы ИМТУ-МММИ-МВТУ им. Н.Э. Баумана, таких как Е.М. Альперович, Б.Я. Каценбоген, Э.А. Сател, Л.Я. Шухгалтер, М.А. Саверин, и др. Новые методы потребовали более сложный математический аппарат, который фактически уже не мог обслуживаться обычными логарифмическими расчетами. Однако..., если отбросить идеологическую составляющую, пропаганду и политическую окраску, в середине 1930-х в СССР появилось *стахановское движение*, упрощенно – рационализаторство на нижних уровнях производства, которое буквально волной запросов «потребовало», «возродило» и угасающую систему НОТ, и труды ЦИТ, примирило рационализм с эмпиризмом и, в целом, позволило появиться огромному количеству логарифмических линеек в разных отраслях экономики, науки и техники.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы сердечно благодарят

Валерия Владимировича Шилова, к.т.н., профессора НИУ «Высшая школа экономики» и его коллегу Тимо Лейпяля (*Timo Leipälä*), профессора Университета Турку (Финляндия) за многолетний труд по популяризации истории вычислительной техники и счетных машин, который позволил сотрудникам музея МГТУ им. Н.Э. Баумана систематизировать имеющийся архивный материал, точно определить и атрибутировать ценные исторические экспонаты коллекции математических инструментов, выявить ряд персон из профессорско-преподавательского состава ИМТУ-МВТУ, оставивших заметный след в истории науки и техники России;

Алексея Евгеньевича Древаля, д.т.н., профессора и заведующего кафедрой (с 1991 г. по 2018 г.) «Инструментальная техника и технологии» МГТУ им. Н.Э. Баумана за консультации, энциклопедические знания по истории металлообработки в России и за рубежом и помощь, оказанную авторам при написании этой статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тейлор Ф.У. Об искусстве обработки металлов резанием // Бюллетени Политехнического Общества, состоящего при Императорском Техническом Училище. 1907. № 1-8. Полный комплект за год. М., 1907; Бюллетени Политехнического Общества, состоящего при Императорском Техническом Училище. 1908. № 1-8. Полный комплект за год. М., 1908.
2. Тейлор Ф.У. Искусство резать металлы. Пер. под ред. А.В. Панкина и Л.А. Левенстерна; с предисл. проф. А.Д. Гатцука. 2-е изд. Берлин: Бюро иностранной науки и техники, 1922.
3. Barth, Carl. Slide Rules for the Machine Shop as a Part of the Taylor System of Management // Trans. ASME, 1903. [Электронный ресурс]. / Hagley Digital Archives. Hagley Library Published Collections – Режим доступа: https://digital.hagley.org/PAM_08047376, свободный. – Загл. с экрана. (дата обращения: 02.03.2023 г.).
4. Глебов С.Ф. Процесс резания, как единая эмпирическая формула: (Приложение законов резания металлов к определению условий наивыгоднейшей работы металлообрабатывающих станков). М.: Гос. техн. изд-во, 1923.
5. Глебов С.Ф. Искусство наивыгоднейшей обработки металлов: Как выгоднее вести работу на металлообрабатывающих станках: Пособие для техников, инженеров, [и т.п.]. М.: Изд. автора, 1924.
6. Ленин В.И. Система Тейлора – порабощение человека машиной // В.И. Ленин. Полное собрание сочинений. Издание пятое. Т. 24. М.: Изд-во политической литературы, 1973. С. 369-371.
7. Базанчук Г.А., Кураков С.В. Математические этюды в логарифмических тонах // Станкоинструмент. 2021. № 1 (22). С. 84-96.
8. Резание и инструмент. Сборник статей / Под ред. А.Е. Древаля. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000.
9. 150 лет факультету Машиностроительные технологии МГТУ им. Н.Э. Баумана. Создание и развитие технологических научных школ в России. М.: АРГАМАК-МЕДИА, 2018.
10. Беспрозванный И.М. Счетная линейка для рационального использования токарных станков. М.: ЦИТ ВЦСПС, 1925. 31 с.
11. Шилов В.В. Предпосылки развития вычислительной техники в СССР в довоенный период // История науки и техники. Музейное дело. Периодическая таблица технологий: человеческий фактор: Материалы XIII Международной научно-практической конференции, Москва, 03-05 декабря 2019 года. Выпуск 12. М.: Федеральное государственное бюджетное учреждение культуры «Политехнический музей», 2020. С. 80-85.