

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

Галина Алексеевна Базанчук<sup>1</sup>, Сергей Витальевич Кураков<sup>2</sup>

<sup>1</sup>МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация, bga@bmstu.ru

<sup>2</sup>МГТУ 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.

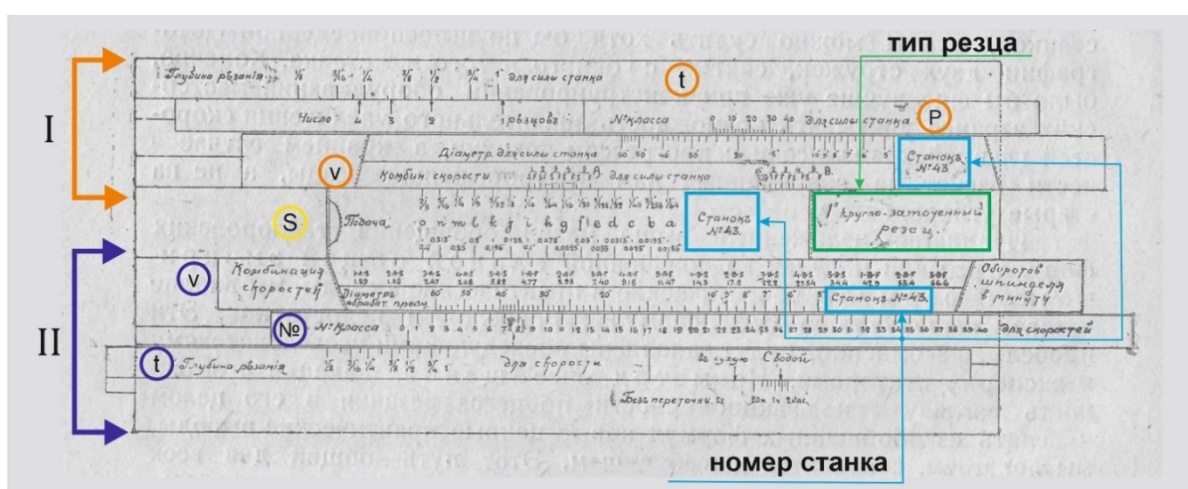


Рис. 1. Схема линейки системы Тейлора из брошюры С.Ф. Глебова [4]. Верхняя (I) и нижняя (II) части линейки рассчитывают разные эмпирические формулы; полученные результаты сравнивают с помощью центральной неподвижной шкалы подач «S»

«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», «V<sub>н</sub>»). 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.

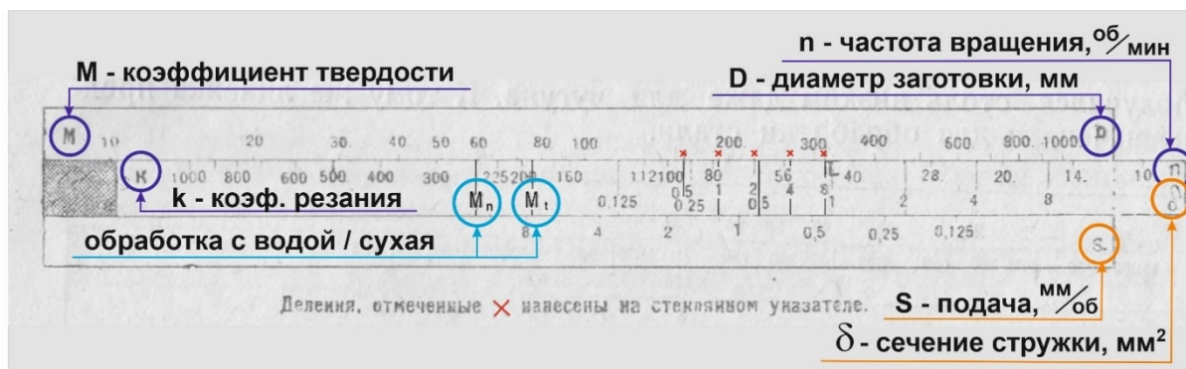


Рис. 2. Схема линейки профессора Фридриха-Гипплера из брошюры С.Ф. Глебова [4]. Несмотря на внешнюю простоту счетного устройства, пользоваться линейкой оказалось сложно из-за совмещения и объединения различных показателей резания на шкалах

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  $\delta$  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].

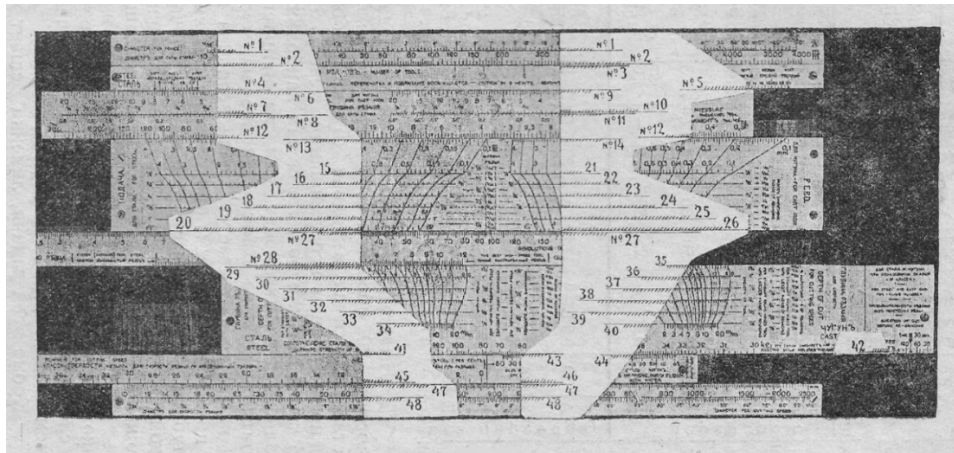


Рис. 3. Специальная счетная линейка системы инженера С.Ф. Глебова для определения условий наиболее выгодного резания металлов. Данное устройство с 48-ю шкалами позволяло получать результат по формулам Тейлора отдельно для стали и чугуна при работе на металлорежущих станках всех типов, 1923 г. [4, с.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