



И. Я. ДЕПМАН

МЕРЫ
И
МЕТРИЧЕСКАЯ
СИСТЕМА



УЧПЕДГИЗ · 1954

И. Я. ДЕПМАН

М Е Р Ы
И МЕТРИЧЕСКАЯ
СИСТЕМА

ПОСОБИЕ ДЛЯ УЧИТЕЛЯ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ
УЧЕБНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МИНИСТЕРСТВА ПРОСВЕЩЕНИЯ РСФСР

Москва 1954

Иван Яковлевич Делман. Меры и метрическая система.

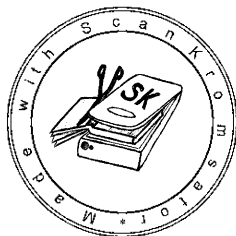
Редактор *С. В. Пазельский.*
Художник *Я. С. Телишевский.*
Технический редактор *С. Т. Шикин.*

* * *

Сдано в набор 30/VII 1954 г. Подписано к печати 1/XII 1954 г. 60×92¹/₁₆. Печ. л. 8. Уч.-изд. л. 7,39. Тираж 50 тыс. экз. А 07767.

* * *

Учпедгиз. Москва, Чистые пруды, 6
Заказ № 5097.
Ивановская типография треста Росполиграфпром.
Типографская, 6.
Цена без переплета 2 р.



Scan AAW



ВВЕДЕНИЕ

Введение метрической системы мер сначала в РСФСР и затем в СССР является одним из важных достижений Великой Октябрьской социалистической революции. Усилия многих лучших русских учёных, доказывавших необходимость реформы старой системы мер, при царском правительстве остались безрезультатными.

Введение метрической системы мер не только создало удобства в быту нашей обширной родины, оно облегчило и работу школы. В дореволюционных учебниках арифметики очень большое место занимала глава «Действия над именованными числами». Учащийся должен был заучивать большое число единичных отношений разных мер, лишённых всякой системы. В настоящее время в учебниках такая глава отсутствует за её ненадобностью. В какой мере от этого облегчается работа ученика и учителя, будет иллюстрировано в дальнейшем. Школа и учитель забыли о былых трудностях, связанных с изучением раздела арифметики «Именованные числа», но, к сожалению, они часто оставляют без должного внимания и ту метрическую систему мер, которая устранила прежние трудности. Такое пренебрежение к изложению основ метрической системы мер влечёт за собой ряд отрицательных явлений. Очень часто учащиеся, а нередко и учитель имеют о метрической системе мер неправильное представление. На вопрос, что называется «метром», очень нередко можно слышать ответ учащегося: это десятиmillionная часть четверти парижского меридиана. С таким ответом иногда соглашается и учитель. Между тем такой ответ уже много десятилетий является неверным. Благодаря нашей Академии наук, благодаря деятельности русских учёных — Д. И. Менделеева, Б. С. Якоби и многих других почти 100 лет тому назад было установлено другое определение метра. Незнание этого является не только фактической ошибкой, но и забвением очень яркой и славной страницы русской науки, указавшей всему миру и в вопросах метрологии—науки о мерах и измерении, как нередко в разных других областях, правильный путь.

Однако наша школа совершенно недостаточно заботится как о том, чтобы сообщить учащимся правильные знания о метрической системе мер, так и о том, чтобы учащиеся получали сведения о мировой роли русской науки в вопросе установления метрической системы мер в её современном значении. Учитель в лучшем случае рассказывает, и то не всегда, о том, что метрическая система возникла во времена французской буржуазной революции; о роли русской науки в вопросах превращения метрической системы в международную и создании новой основы этой системы он не говорит, так как обычно сам об этом почти ничего не знает.

В программе арифметики V класса не только нет темы «Метрическая система мер», но отсутствует даже всякое упоминание об этом вопросе. В начальной школе учащийся знакомится с сантиметром, дециметром, метром, граммом, килограммом, литром как конкретными мерами. О системе этих мер, тем более о преимуществах этой системы перед возможными другими системами, в начальной школе говорить трудно. В программе для средней школы этот вопрос даже не упоминается, и поэтому оканчивающий школу уходит в высшее учебное заведение или на производство лишь с некоторым фактическим знакомством с единицами метрических мер. Часто ещё употребляемые в быту слова «фунт», «пуд», «сажень», «верста», с которыми учащийся не связывает никаких конкретных представлений, ещё более ухудшают представление молодого человека о системе мер вообще и о метрической системе в частности.

Такое положение вещей не может продолжаться. В программе арифметики V класса в тему о десятичных дробях надо включить указание о том, что учащимся надо дать начальные сведения о метрической системе мер, подытоживая те фактические знания по этому вопросу, которые учащийся вынес из начальной школы. В учебник методики математики должен войти параграф, указывающий учителю, что и как он должен дать по этому вопросу. Пока всего этого нет, учитель может лишь во внеклассной работе до некоторой степени восполнить существующий в программах, учебниках и методиках пробел. С этой целью автором настоящей книги была написана небольшая книга для учащихся¹. Настоящая книга, включая большую часть фактических сведений первой книги с разными дополнениями, адресуется учителю и имеет целью не только дать ему фактические знания, но и указания, как он может использовать в своей работе с учащимися эти знания. Ряд дополнений вынесен в приложение, чтобы не прерывать связного рассказа в основной части книги.

¹ И. Де п м а н, Меры и метрическая система, серия „В помощь школьнику“ Государственного издательства детской литературы Министерства просвещения РСФСР, 1953.



1 СООБЩЕНИЕ СВЕДЕНИЙ О МЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ МЕР В КРУЖКОВОЙ РАБОТЕ

При существующем положении вещей, когда в программе арифметики V класса нет ни темы, ни даже упоминания о метрической системе мер, остаётся лишь один путь для устранения этого пробела — дать эти сведения во внеклассной работе, в кружке.

Кружковая работа является существенной частью работы школы. Она по математике ведётся в большинстве школ в старших классах. Учителя часто считают, что учащиеся V—VII классов имеют ещё слишком мало знаний по математике и недостаточное развитие для того, чтобы заниматься в кружке, участие в котором требует некоторой доли самостоятельной работы. В силу такого взгляда пособия для кружковой работы в большей своей части рассматривают материал старших классов школы.

Такое положение вещей не является нормальным уже потому, что к самостоятельной работе надо приучать учащихся именно в V—VII классах. Наблюдения показывают, что в этом возрасте учащиеся легче усваивают навыки работы, являющиеся необходимыми в старших классах, где насаждение этих навыков может оказаться уже запоздалым. К кружковой работе надо приучать учащихся именно в V—VII классах. Это в школе делается в недостаточной мере; одной из причин такого положения вещей является отсутствие указаний учителю в соответствующих руководствах.

Сведения о метрической системе мер являются хорошим материалом для кружковой работы, вполне доступным для учащихся V—VI классов и столь же необходимым для всех учащихся седьмого и дальнейших классов. Доклады в кружках на темы, выходящие за пределы школьной программы, которые нередко имеют место в математических кружках для учащихся старших классов школы, требуют некоторой специальной подготовки участников кружка и доступны не всем учащимся. Доклады на тему о метрической системе мер остаются полностью

в границах школьной программы по математике, увязывая к тому же эти знания со сведениями из истории, физики, географии, даже поэзии. Такое сочетание разных учебных предметов производит на учащихся благотворное влияние и приносит пользу каждому из сочетаемых в кружковой работе предметов школьного курса.

Материал для кружковой работы должен возбуждать интерес у участников этой работы и быть посильным для них. Думается, что сведения, сообщаемые в нашей книге, в руках умелого учителя могут вызывать интерес учащихся. В этом мнении нас убеждают наблюдения в ленинградских школах и десятки писем учителей из самых различных концов СССР. Преподаватели методики ряда педагогических и учительских институтов пишут об использовании нашей детской книги о метрической системе студентами на педагогической практике. Всё это даёт нам смелость рекомендовать сведения о метрической системе широкому кругу учителей для внеклассной работы в школе. Чтобы сделать тему более интересной, в рассказ о мерах и метрической системе включён весьма широко исторический элемент, многочисленные иллюстрации и даже экскурсии в область художественной литературы. Перерисовки в большем масштабе характерных для темы рисунков и декламация отрывков из произведений поэтов могут послужить к оживлению кружковой работы. Об этом надо заботиться, чтобы не превратить работу кружка в урок.

Учитель при организации кружковой работы должен учесть указание академика Алексея Николаевича Крылова. Когда А. Н. Крылову руководством Академии наук СССР было предложено выступить на праздновании юбилея знаменитого нашего механика Сергея Алексеевича Чаплыгина, он представил на усмотрение президиума Академии наук свои соображения по этому вопросу. Среди них были такие пункты:

«г) Даже 20 минут однообразного сплошного чтения утомляет слушателей; поэтому примерно посередине надо вводить некоторое интермеццо — вот почему в проекте приветствия сделана вставочка о том, как в старые годы плутяга «Чертопруд» (что это значит, видно из дальнейшего) справлял закладку плотины на реке Алатыре в имении Бэра (местность, где прошли детские годы А. Н. Крылова).

д) Служение молебна перед иконою богородицы, «рекомой прибавление ума», в старые годы совершалось при всякой закладке — дома, корабля и т. п., только никто не знал, какой богородице молебствие служится».

Если по авторитетному заявлению А. Н. Крылова для академической аудитории «даже 20 минут сплошного чтения утомляет слушателей», то нельзя ожидать в школьном кружке математики от учащихся пятых классов большей выдержки. Нужно на каждом собрании кружка поставить не одно сообщение, а несколько маленьких, и среди них чтение относящихся к теме от-

рывков художественной литературы, показ иллюстративного материала в увеличенном виде или при помощи фонаря и т. п.

Образцом планировки кружкового занятия может служить упомянутое выступление академика А. Н. Крылова. Его доклад на юбилее С. А. Чаплыгина занимает 5 страниц. В середине его А. Н. Крылов пишет:

«Чертопруд, именовавший себя сохранившимся со времён Грозного словом «Размысл», брал за «разум» (при закладке плотины) по 500—1000 рублей, выпивал при этом невероятное количество водки, бормотал затем какие-то таинственные заклинания, в которых только и можно было изредка разобрать слова: «хозяин водяной», «хозяин сей реки», «отсунь, засунь, присунь», выдавал на гербовом листе ручательства на любую сумму и на любой срок, а когда в первую же весну плотину прорывало, то найти в необъятной России «пришлого размысла» было столь же трудно, как изловить в реке того «водяного», которого он заклинал.

Иногда, особенно у благочестивых купцов, не чертопруд заклинал водяного, а поп служил молебн с водосвятием и с выносом иконы и пресвятой богородицы, рекомой прибавление ума»¹.

Вставка такого «интермеццо» в середине серьёзного научного изложения идей С. А. Чаплыгина дала мозгам требуемый ими отдых, и продолжение учёной речи могло быть с полным вниманием выслушано до конца. Этот педагогический приём такого учителя математики, каким являлся А. Н. Крылов, должен быть учтён каждым организатором кружковой работы в школе. Вот почему материал нашей книги разбит на маленькие параграфы, содержание каждого из которых сообщает отдельный докладчик.

Содержание книги для школьников, которой они в основном будут пользоваться, разбито на 12 тем, каждая из которых состоит из трёх выступлений. Это распределение даётся лишь для ориентировки начинающего учителя и не является обязательным. Учитель может распоряжаться книгой и иначе. Опыт кружков и пионерских сборов ленинградских школ, использовавших по собственной инициативе нашу книгу для этих целей, показывает, что такая работа возможна в V классе. Пионеры были весьма польщены тем, что на их сбор приходили учащиеся старших классов и находили здесь для себя интересное. Возбуждение интереса к кружковой работе в V классе решает важнейшую задачу преподавания математики в школе.

Вот примерный план занятий математического кружка V класса по теме «Метрическая система мер».

¹ А. Н. Крылов, акад., Мои воспоминания, изд. Академии наук СССР, 1945, стр. 485 и след.

Возникновение мер

- 1) Естественные меры длины: пядь, шаг, трость, миля.
 - 2) «Странные» меры длины: бука, трубка, сигара, лошадиный башмак, стрела...
 - 3) Меры длины, употреблявшиеся многими историческими народами: локоть, сажень — косая и маховая, ладонь, дюйм, фут, ярд.
- Общая черта всех этих мер — использование частей человеческого тела или результатов некоторых его действий.

Меры древних культурных народов

- 1) Мера «стадий» и его длина.
- 2) Первое измерение меридиана Земли. Объяснить на чертеже идею измерения, выполненного Эратосфеном (для этой части темы может быть привлечён ученик старшего класса).
- 3) Попытки увязать размеры египетских пирамид с размерами Земли. Необоснованность этих попыток.

Меры площадей

- 1) Римская мера земли «югер».
- 2) Чтение рассказа Л. Н. Толстого «Много ли человеку земли нужно?»
- 3) Как египтяне, а также наши предки вычисляли площадь треугольника. Рассказ о знаменитом русском математике М. В. Остроградском.

Основное требование к удобной системе мер

- 1) Необходимость постоянства единичного отношения мер и совпадение его с основанием системы счисления. Вавилонская система мер с единичным отношением 60 и система счисления с основанием 60.
- 2) Метрическая система мер с единичным отношением 10.
- 3) Демонстрация на примере преимущества метрической системы мер перед старой русской системой.

Старые русские меры длины и веса

- 1) Ранние памятники русских мер.
- 2) Происхождение названия «сажень». Рассказ о Тмутарканском камне.
- 3) Старые русские меры веса.

Денежная система русского народа

1) Что значит «гривна»? Рассказ о денежных знаках древней Руси: кожаные деньги, металл в качестве денег, чеканные деньги. Названия: дѣньга, алтын, рубль, копейка, гривенник.

2) Декламация: «Ермило-мельник» Н. А. Некрасова из поэмы «Кому на Руси жить хорошо».

3) Дальнейшая история русских денег.

Надзор за мерами в России

1) Надзор за мерами при Иване Грозном и в следующие столетия; упорядочение мер при Петре I.

2) Мероприятия по упорядочению систем мер после Петра I.

3) Деятельность Д. И. Менделеева.

Возникновение необходимости реформы системы мер в новое время

1) Каким требованиям должна удовлетворять система мер?

2) Декламация из поэмы И. С. Никитина «Кулак».

3) Наука в поисках природной меры длины. Роль учёных братского польского народа.

Разработка основ метрической системы

1) Деятели французской революции устанавливают основы новой системы мер.

2) Измерение дуги меридиана (пояснить чертежом).

3) Основной принцип системы названий метрических мер.

Метрическая система становится международной благодаря усилиям русских учёных

1) Причины, мешавшие проведению в жизнь метрической системы.

2) Русская Академия наук поднимает вопрос об уточнении единиц «метр» и «килограмм».

3) Создание по почину русских учёных международной организации метра.

Метрическая система мер в России и СССР

1) Ранняя пропаганда передовыми русскими учёными метрической системы мер (Н. И. Лобачевский, Д. М. Перевощиков, Ф. И. Петрушевский, Д. И. Менделеев, А. В. Гадолин).

2) Декрет 14 сентября 1918 года.

3) Работы советских учёных во главе с академиком А. А. Лебедевым над новым уточнением определения метра. Научно-исследовательский институт метрологии имени Д. И. Менделеева.

Задача Д. И. Менделеева

1) Разные системы счисления и выражение числа в двоичной и троичной системе.

2) Решение задачи о наиболее выгоднейшей системе гирь при условии, что гири кладутся только на одну чашку весов.

3) То же при условии, что гири кладутся на обе чашки весов.

Некоторые сведения, сообщаемые в нашей книге, должны войти в классное преподавание. Таков, например, способ выражения числа десятичной системы счисления в системе счисления с иным основанием. Выполнение устно этого преобразования по указанной в книге схеме является хорошим средством обучения устному выполнению деления. Таким же хорошим упражнением в устном счёте является перевод мер из старой русской системы в метрическую по правилам, даваемым в последней главе книги. Эти приёмы перевода должны показываться и на кружковых занятиях, сопровождаемые демонстрацией единиц мер как старой, так и метрической системы. Попутно должны внедряться правильное произношение и правильная запись названий мер метрической системы, чтобы положить конец употреблению школьниками того ресторанно-буфетного жаргона (100 «грамм», 200 «грамм»), который можно слышать временами в школе.

Занятия по теме «Метрическая система мер» могут и должны бороться за правильность и чистоту речи и за правильную запись, отучить от произношения фраз в роде «десять га», «сто га» или записей, встречающихся даже в диссертациях по методике математики: «трактор вспахал двадцать га». Учитель сделает хорошо, если в связи с этим покажет учащимся соответственный ОСТ-516, который даёт указания о правильной записи названий и обозначений.

ОСТы (Общесоюзные стандарты) представляют плакаты, изданные Всесоюзным комитетом по стандартизации при Госплане.

ОСТ-516 даёт сокращённые обозначения и определения единиц метрической системы, ОСТ-2690—буквенные обозначения геометрических элементов на технических чертежах, ОСТ-573—основные математические обозначения, ОСТ-2932 — обозначения основных величин механики.

Учитель должен обратить внимание учащихся на то, что вопрос об обозначениях является весьма важным. Это выразилось, между прочим, в том, что на ОСТах дважды на странице, по бокам, читаем:

«Несоблюдение обязательных стандартов карается лишением свободы до 2 лет (постановление ЦИК СССР от 23/XI-1929 года; ст. 128-б Уголовного кодекса РСФСР)».

ВОПРОСЫ ОБ ИЗМЕРЕНИИ ВЕЛИЧИН В ШКОЛЬНОМ КУРСЕ МАТЕМАТИКИ

Общепринятое определение измерения, даваемое как в руководствах по метрологии (например, М. Ф. М а л и к о в, Основы метрологии, 1949), так и во втором издании Большой советской энциклопедии (т. 17), называет измерением процесс или операцию сравнения данного количества некоторой величины с единицей измерения (определённым количеством) этой величины. В руководствах метрологии, в согласии с этим определением, приводится лишь описание процесса измерения.

Рассмотрение вопросов об измерении величин в школе, в особенности V—VI классах, не может идти дальше трактовки вопроса в смысле приведённого определения. Поэтому в нашей книге не затрагиваются ни философские вопросы, связанные с понятием измерения величин, ни математические вопросы, выходящие за пределы школьного курса. Первые рассмотрены в диссертации на степень доктора философских наук М. Э. Омеляновского «Философские основы теории измерения» (1943), вторые — в книге: Г. Лебег, Об измерении величин, перевод под редакцией А. Н. Колмогорова, Учпедгиз, 1938. Последняя книга Комитетом по делам высшей школы допущена в качестве пособия для физико-математических факультетов педагогических институтов. Она должна быть настольной книгой учителя математики. Кроме того, внимание учителя обращается на трактовку вопроса об измерении Н. И. Лобачевским в его «Конспектах по преподаванию чистой математики в Казанском университете» (Материалы для биографии Н. И. Лобачевского, собрал и редактировал Л. Б. Модзалевский, изд. Академии наук СССР, 1948) и в «Геометрии» 1823 года (Н. И. Лобачевский, Полное собрание сочинений, том второй, 1949; текст Лобачевского и комментарии к нему В. Ф. Кагана).

II. ВОЗНИКНОВЕНИЕ МЕР

МЕРЫ ДЛИНЫ

Без меры и лаптя не сплетешь.

Русская пословица.

Нельзя представить себе жизнь человека, который не производил бы какие-нибудь, хотя бы самые простые, измерения. Уже для первобытного человека, строившего себе жилище, изго-

товлявшего простейшие орудия и посуду, применение мер длины, веса и объёмов было необходимо¹.

Первым счётным прибором человека были пальцы рук и ног. Те же пальцы руки, ноги и размеры некоторых других частей тела² и движений их³ послужили образцами первых мер длины. Очевидно, потребовалось много веков, чтобы выработались основные навыки приближённого измерения протяжённости предметов и расстояний. Некоторые из этих первобытных приёмов сохранились до настоящего времени, а другие дали основания возникновению мер, в дальнейшем уточнённых, употреблявшихся ещё в недалёком прошлом (дюйм, локоть, сажень).

Небольшие расстояния мы и в настоящее время нередко определяем шагами. Оказывается, что эта мера у человека довольно постоянная, если он шагает без мысли о том, что делает это для измерения. Поэтому рекомендуется при определении расстояния шагами занять чем-либо внимание; например, распевать песенку. Для счёта шагов имеется особый прибор — педометр. Он представляет собой механизм вроде карманных часов. При каждом шаге — стуке ноги о землю — стрелка педометра проходит по одному делению, и на циферблате педометра можно прочесть число сделанных шагов от начального момента, когда стрелки были поставлены на нулевое деление. Произведённые таким образом измерения расстояний или съёмки небольших участков земли дают достаточно удовлетворительные по своей точности результаты.

Для измерения полей шаг оказался слишком малой мерой. Возникли новые меры: двойной шаг или трость, а затем — двойная трость. В Риме для измерения больших расстояний вошла в употребление мера, равная тысяче двойных шагов, или тростей; отсюда произошло название русской меры расстояний — м и л я — от латинского слова mille, milia — тысяча, тысячи. Большие расстояния измерялись переходами (за определённый период времени), привалами, днями и передвижения. В рассказе Джека Лондона индеец на вопрос о расстоянии до некоторого места отвечает: «Едешь 10 снов, 20 снов, 40 снов» (т. е. суток).

«Печенегия отстояла от хазар на пять дней пути, от алан — на шесть дней, от Руси на один день, от мадьяр на четыре дня

¹ Многие авторы, в том числе профессора восточного факультета Петербургского университета И. Н. Березин и И. П. Минаев, в конце прошлого века утверждали, что жители некоторых районов Средней Азии не имеют никакого представления о мерах и деньгах, производя торговлю исключительно меновую. М. Р. Рахимов (1953) показывает, что меры сыпучих тел и веса у населения указанных мест существовали. См. М. Р. Рахимов, Меры сыпучих тел у таджиков бассейна реки Хингов, Институт истории, археологии и этнографии Академии наук Таджикской ССР. Сборник статей по истории и филологии народов Средней Азии, Сталинабад, 1953.

² Ладонь, пядь, сустав пальца.

³ Шаг, размах рук.

и от болгар дунайских — на полдня пути», — читаем в старинном источнике («Очерки истории СССР», ч. 1, «Период феодализма IX—XV веков». Академия наук СССР, 1953, стр. 196).

По сообщению Н. М. Пржевальского, кочующие монголы определяют расстояния только в верблюжьих или лошадиных переходах, не зная иных, более точных мер. Единственное уточнение их заключается в прибавлении слов: «при хорошей езде», «при плохой езде».

В старинных русских договорных грамотах о пожаловании земли можно встретить такое определение размеров даруемого участка: «От такого-то места во все стороны на бычачий рёв», т. е. на такое расстояние, с которого ещё можно слышать рёв быка.

В этнографической литературе известны другие аналогичные меры расстояний: «коровий крик» — у индусских племён (корова у них — священное животное), «петушиный крик» — у дьяков. У последних расстояние измеряется ещё по промежутку времени, нужному человеку для прохождения его. Такова мера «пока закипает котёл воды». Это напоминает меру времени и проходимого за это время расстояния — «отче наш» у отсталых крестьянок нашей дореволюционной деревни: яйца варились до тех пор, пока хозяйки проборматовали механически молитву «отче наш».

В Сибири была в употреблении мера расстояния б у к а: это расстояние, на котором человек перестаёт видеть отдельно рога быка.

Пишущий настоящий очерк в детстве был удивлён, когда его земляки, эстонские моряки, сказали ему, что до конца плавания остаётся ещё три т р у б к и: так называлось у моряков расстояние, проходимое судном при нормальной скорости за время, пока курится набитая табаком трубка, которую моряк не выпускает изо рта.

В Испании такой же мерой расстояния служит с и г а р а, в Японии — л о ш а д и н ы й б а ш м а к, т. е. путь, проходимый лошастью, пока изнашивается привязываемая к её ногам соломенная подошва, заменяющая в Японии подкову.

У многих народов была мера расстояния с т р е л а — дальность полёта стрелы. Наши выражения: *не подпускать на ружейный выстрел*, позднее — *на пушечный выстрел* — напоминают о подобных единицах расстояний.

ЧТО ПРИНЯТЬ ЗА МЕРУ ДЛИНЫ?

Влияние на выбор меры длины оказывала не только величина измеряемых расстояний. Длину верёвки или ткани было неудобно мерить шагами. Для этого оказалась гораздо удобнее встречающаяся у всех древних и новых народов мера л о к о т ь — расстояние от конца пальцев до локтя. Измеряемую ткань или ленту удобно наматывать на такой эталон (материальный обра-

зец меры). Полный оборот ткани около локтя назывался двойным локтем, мерой длины, встречавшейся также у разных народов.

Обхват ствола дерева удобно было мерить раскинутыми руками: расстояние между концами пальцев вытянутых в противоположных направлениях рук есть маховая сажень русских крестьян.



Рис 1. Мера локоть.

Высоту предмета такой саженью измерять было бы неудобно. Отсюда возникла другая мера — косая сажень. Одни исследователи считают, что это расстояние от каблука правой (или левой) ноги до кончиков вытянутой вверх левой (или правой) руки. Косая сажень обычно больше маховой. В сказках о великанах говорят, что у них косая сажень в плечах.

Проф. Б. А. Рыбаков даёт другое объяснение термина «косая сажень».

В грамоте князя Фёдора Борисовича Волоцкого 1502 года имеется место: «А сажень с ноги на руку косая, от земли до земли». Б. А. Рыбаков даёт этим словам такое толкование. «Такая косая сажень определялась верёвкой, один конец которой находился у ступни на земле, а другой конец перекидывался через согнутую в локте руку и опускался снова к земле. Для человека ростом в 182 см подобная косая сажень даёт длину 248 см. Такая мера длины известна в Риме и средневековой Италии в качестве архитектурной меры, носившей название «архитектурной трости» (см. Л. Б. Альберти, Десять книг о зодчестве, Москва, 1936, стр. 757). Конечно, не может быть речи о заимствовании русской народной меры «косая сажень» от западных народов. На независимость происхождения обеих этих мер указывает, между прочим, то обстоятельство, что итальянская архитектурная трость делилась на де-



Рис. 2. Мера палец

сять частей, а русская косая сажень подчинялась обычному в русских мерах длины принципу последовательного деления на два»¹

Делением указанной косой сажени на два и половин её ещё раз на два получаем меру «литовский локоть» в $248 : 4 = 62$ (см.) Такой локоть бытовал на Украине и в соседних с Литвой областях России.

Для измерения меньших расстояний употреблялась ладонь — ширина кисти руки В английских повестях нередко можно встретить описание того, как крестьянин или любитель лошадей определяет высоту лошади числом ладоней.

Ещё меньшей единицей длины является дюйм, который первоначально был длиной сустава большого пальца. На это указывает само название этой меры: *duim* — голландское название большого пальца.

Длина дюйма была уточнена в Англии, где в 1324 году королём Эдвардом II был установлен «законный дюйм», равный длине трёх ячменных зёрен, вынутых из средней части колоса и приставленных одно к другому своими концами. В английском быту и языке до сих пор сохранилась мера



Рис. 3. Мера ладонь

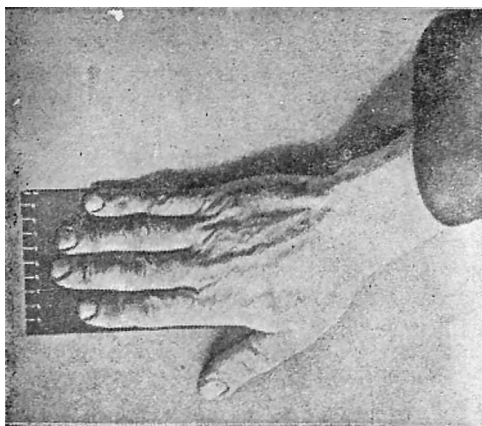


Рис. 4. Мера ладонь, равная четырём пальцам.

«ячменное зерно», равная одной трети дюйма. В русский быт мера дюйм и самое слово вошли при Петре I, когда были установлены отношения русских и английских мер «лучшего ради согласия с европейскими народами в трактатах и контрактах», — как говорит петровский указ.

Одновременно с дюймом была уточнена длина другой меры — фута, употреблявшейся с древних времён многими народами. Фут — это

¹ Б. А. Рыбаков. Русские системы мер длины XI—XV веков. «Советская этнография», 1949, № 1, стр. 67 и след. (Академия наук Союза ССР).

средняя длина ступни человека (английское слово foot — ступня). Длина фута была уточнена через установление длины меры штока, которая определена как «длина ступней 16



Рис. 5. Происхождение меры фут

человек, выходящих от заутрени в воскресенье». Повидимому, имелось в виду при обмере ступней случайно взятых шестнадцати лиц разного роста получить более постоянную величину — среднюю длину ступни, деля длину штока на 16 равных частей.



Рис. 6. Происхождение меры длины ярд.

В XVI веке математик Клавий, один из главных участников создания нашего (грегорианского) календаря, определяет геометрический фут как ширину 64 ячменных зёрен. Такое определение длины фута представляет большое уточнение этой меры, так как ширина зерна гораздо более постоянна и определённа, чем его длина. Большое число зёрен (64), укладываемых рядом для получения фута, лучше выравнивает отклонения отдельных зёрен от средней величины.

Как иногда случайная длина могла быть принята за меру, видно из рисунка.

За основную в английском обиходе меру длины — ярд — ука-

зом короля Генриха I (1101 год) было установлено расстояние от носа короля до конца среднего пальца вытянутой его руки. Длина ярда в настоящее время равна 0,9144 метра.

Впрочем, нужно отметить, что документальных свидетельств об упомянутом здесь происхождении ярда не сохранилось. По другому преданию прообразом длины ярда явилась длина меча Генриха I.

История мер и метрологии знает и другие ещё более курьёзные попытки «обосновать» систему мер. В Италии в средние века, например, существовала система мер длины, основанная на размерах... «тела Христова». Можно представить, какой простор представлялся при этом духовенству, естественному толкователю и судьё в вопросах такой системы мер¹.

МЕРЫ, НЕ ТРЕБОВАВШИЕ ЭТАЛОНОВ

Приведённые примеры мер основаны на размерах частей человеческого тела. Возникли эти меры в трудовой деятельности человека, в борьбе его за существование. С развитием общества, появлением частной собственности, обмена продуктами производства и разделения труда первоначальные примитивные способы измерения перестали удовлетворять требованиям человека. Уточнялись меры, совершенствовались способы измерения. Очевидно,

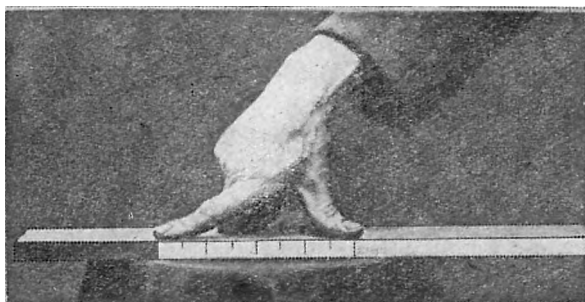


Рис. 7. Измерение длины пядью, или „четвертями“.

что первый период истории мер, в течение которого человек не нуждался в других материальных образцах мер (эталонах), кроме частей своего тела, продолжался очень долго. До нашего времени сохранились выражения: *считай по пальцам; другого на свою меру не меряй*.

И теперь иногда мы применяем первобытные способы измерения. Если, например, нужно купить клеёнку или бумагу для сто-

¹ Данные об этой и других подобных «системах» мер приводит итальянский историк науки Дж. Уццелли в трудах конгресса по истории наук 1903 года. См. «Бюллетень» Дарбу за 1905 год, стр. 72. (Bulletin des sciences mathématiques par Darboux et Tannery).

ла, то, весьма вероятно, мы не станем точно измерять размеры стола, а сделаем это пядью, одной из первобытных мер длины, определяемой расстоянием между концами пальцев, большого и указательного или среднего.

Различали: пядь малую (расстояние между концами раздвинутых большого и первого пальцев) и пядь великую (расстояние между концами раздвинутых большого пальца и мизинца). Длина малой пяди в среднем 19 см, великой пяди — 22—23 см.

Человек на ранней ступени развития понял значение более точных измерений и необходимость их. В раннем сборнике поучений сыну восточного царя «Кабус-Намэ»¹ читаем:

«Если ты будешь землемером и измерителем, будь силен в расчётах, берегись, и часу не проводи без повторения их, ибо наука математика — наука свирепая... И когда будешь измерять... не говори, что это измерю, а остальное прикину, ибо в измерении может получиться большая разница» и т. д.

ОБ ОДНОЙ ЗАМЕЧАТЕЛЬНОЙ МЕРЕ ДЛИНЫ ДРЕВНИХ НАРОДОВ

Из сказанного мы уже знаем, что за меру расстояния принимались и расстояния, проходимые в определённый промежуток времени. Эта идея привела к возникновению одной меры длины, которая в древности имела очень большое распространение у разных народов.

Вавилоняне ввели в употребление меру длины, получившую впоследствии греческое название: стадий². Стадий равнялся расстоянию, которое человек проходит спокойным шагом за промежуток времени от появления первого луча солнца, при восходе его, до того момента, когда весь солнечный диск целиком окажется над горизонтом. Из астрономии известно, что такой «выход» солнца продолжается 2 минуты. За это время человек может пройти при средней скорости от 185 до 195 метров. Это расстояние и называлось стадием.

Стадий как единица расстояния употреблялся, кроме вавилонян, и египтянами, греками, и другими народами. Римский стадий был равен 185 метрам, греческий олимпийский — 192 метрам.

Длина вавилонского стадия, который делился на 360 локтей, считается равной приблизительно 194 метрам, длина вавилонского локтя приближённо равна 54 сантиметрам.

Великий греческий историк Геродот (V век до нашего летоисчисления) утверждает, что египетский локоть был равен локтю на греческом острове Самосе. В той и другой местности Геродот проживал подолгу, поэтому слова его заслуживают доверия.

¹ Смотри прекрасное издание Академии наук СССР «Кабус-Намэ», Москва, 1953, стр. 151.

² Стадион, во множественном числе стадиа; латинская транскрипция — стадиум.

До нас дошёл целый ряд эталонов египетских локтей, как высеченных на камне, так и в виде палочек. Длина египетского локтя — 52,7 сантиметра. Вавилонский локоть имел, как указано, приблизительно ту же длину. Можно думать, что общность длины локтя у народов древности есть следствие того, что на достигнутом этими народами уровне развития мера локоть уже не была непосредственно от человеческой руки, длина которой слишком переменна, а выводилась из стадия, определяемого по продолжительности восхода солнца.

Знание, хотя и приближённое, длины единиц мер древних народов даёт возможность установить некоторые интересные факты.

Длина земного меридиана, как определяющая размеры земного шара, всегда интересовала учёных. Длину эту измеряли неоднократно. Самая ранняя попытка такого измерения была сделана около 200-го года до нашего летосчисления греческим географом и математиком Эратосфеном. Он вычислил длину меридиана Земли, которая оказалась равной 250 000 стадиям. Если длину египетского локтя принять равной 52,7 сантиметра, то по Эратосфену длина меридиана приблизительно равна:

$$0,527 \times 250\,000 \times 360 = 47\,400\,000 \text{ метрам (вместо } 40\,000\,000).$$

Эратосфен, по наблюдениям положения солнца в один и тот же полдень в двух египетских городах, лежащих почти на одном меридиане, определил, что дуга меридиана между городами равна

$$7 \frac{1}{5} \text{ градуса, т. е. } \frac{1}{50} \text{ части меридиана. Умножив расстояние}$$

между городами на 50, он получил длину меридиана. Так как приближённое расстояние между названными городами, которым воспользовался Эратосфен, было на 15% больше действительного, то результат вычислений оказался также больше действительной длины меридиана. На результат повлияло и то обстоятельство, что упомянутые города, вопреки предположению Эратосфена, не лежат точно на одном меридиане.

Отметим, что речь идёт о том же Эратосфене, имя которого мы встречаем в учебнике арифметики («решето Эратосфена» для составления таблицы простых чисел).

Из данных, обычно лишь приближённых, о древних мерах и способах измерения нередко делались необоснованные выводы. Так, например, написано много книг о «математике великих пирамид Египта». Пирамиды — это памятники над могилами египетских царей, огромные каменные постройки. Некоторые из существующих в настоящее время пирамид были возведены более чем за три тысячи лет до начала нашего летосчисления. Измеряя в настоящее время то или иное расстояние на пирамидах и производя над полученным числом разные, соответственно подобранные, арифметические действия, некоторые авторы прошлого и настоящего времени, кончая современным французским математиком академиком Монтелем, находили значения природных величин (скорости распространения света, длину маятника, отбивающего

секунды, числа π — отношения длины окружности к её диаметру — и других).

Утверждалось, что сторона основания большой пирамиды первоначально была равна $\frac{1}{500}$ части градуса меридиана Земли, и в этом видели предвосхищение египтянами идеи метрической системы.

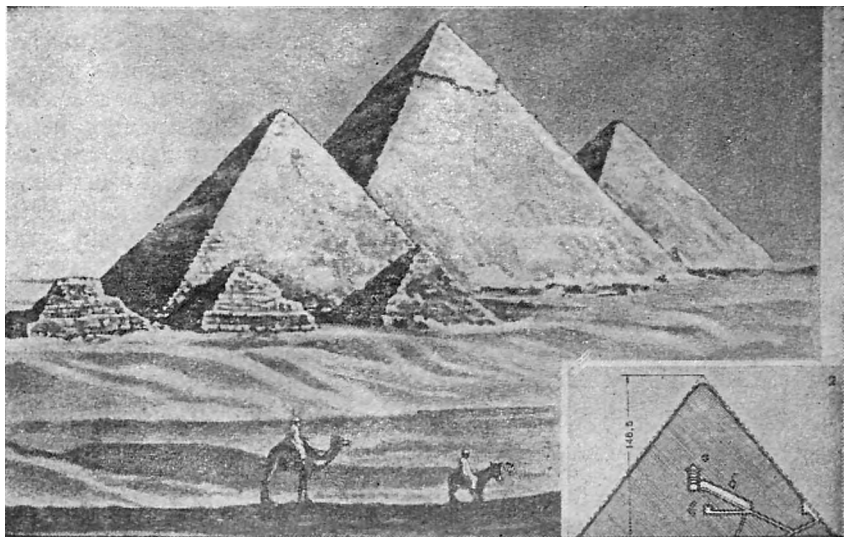


Рис. 8. Египетские пирамиды; цифрой 2 обозначены помещения внутри пирамиды; высота 146,5 метра.

Подобные утверждения не имеют никакого значения, так как совпадение результата действий над значением измеряемой величины с той или иной природной величиной получается после ряда соответственно выбранных действий. Всегда можно выбрать такую последовательность действий, что от данного результата измерения можно прийти к какому угодно произвольно взятому числу. Поэтому «математика великих пирамид», о которой были в разное время статьи и заметки и в наших журналах, не заслуживает никакого внимания или доверия.

МЕРЫ ПЛОЩАДЕЙ

Исчисление расстояния по промежутку времени, необходимому для его прохождения, было использовано и для измерения величины площади.

В рассказе Л. Н. Толстого «Много ли человеку земли нужно?» башкиры продают кулаку Пахому землю по цене «тысяча рублей

за день». Под этим подразумевался участок земли, который можно обойти за день. Толстой рассказывает, как жадный Пахом побежал так быстро, что к концу дня упал мёртвым¹.

Способ измерения площадей по длине обхода предполагает, что равные по площади фигуры имеют и равные границы (периметры) и что равные периметры охватывают равные площади. Это предположение неверно, однако это неверное правило применяли не только башкиры, но и другие народы. Римские писатели (Гораций и др.) упрекают своих современников в том, что они придерживаются этого ложного взгляда. На основании сведений школьного курса математики можно доказать, что из всех прямоугольников, имеющих равные площади, квадрат имеет наименьший периметр, что равносильно утверждению: из прямоугольников, имеющих равные периметры, квадрат имеет наибольшую площадь. Если бы Пахом в рассказе Толстого вздумал вырезать себе участок земли в виде прямоугольного поля, он захватил бы наибольшее количество земли, обходя квадратный участок. Из всех фигур, имеющих равные периметры, наибольшую площадь имеет круг; он же из всех фигур, имеющих равные площади, имеет наименьший периметр.

В Риме мерою полей служила ещё единица *югер*. Слово это происходит от латинского слова «югум» — *ярмо*, т. е. деревянная рама, которую надевали на шеи пары волов. Югер означал участок земли, вспахиваемый за день плугом, в который впряжена пара волов. В главе о старых русских мерах мы узнаем, что аналогичный приём измерения земли существовал и у славян.

Вавилоняне, египтяне и греки вычисляли площади фигур по правилам, сходным с нашими правилами или близким к ним. Так, например, египтяне определяли площадь треугольника умножением половины основания на боковую сторону, а не на высоту, как учит наша геометрия. Однако треугольники, которые встречаются в египетских текстах, бывают или прямоугольные — тогда египетское правило даёт точный результат, — или почти прямоугольные, и тогда египетское правило даёт приближённый, но достаточно точный для практики ответ. Правило вычисления площадей, аналогичное египетскому, встречается и в русских рукописных математических руководствах XVI—XVII веков. Знаменитый русский математик М. В. Остроградский (1801—1861) рассказывает, что он ещё в середине XIX века встречал на Украине «землемеров», вычислявших величину треугольного поля египетским способом. Этот способ удовлетворял внутренним потребностям тогдашнего хозяйства, не нуждавшегося в большой точности.

¹ Рассказ Толстого имел тенденцию внушить читателю смирение, так как удел-де всех — могила, участок земли «семь футов на четыре». Известно, что А. П. Чехов отозвался на рассказ Толстого следующим образом: «Много ли человеку земли нужно? — Много! Вся земля! Площади «семь футов на четыре» достаточно не человеку, а трупу!»

МЕРЫ ВЕСА (МАССЫ)

С развитием обмена продуктов в обществе возникла необходимость в измерениях количеств разных веществ.

Для одних веществ количество их можно было определить по объёму. Так, например, сыпучие тела и жидкости можно было мерить, наполняя ими сосуды определённой вместимости. Однако к другим веществам такой способ измерения не применим. Древесную массу, строительные материалы, волокнистые вещества и многие другие продукты нельзя или неудобно измерять таким образом. В связи с этими затруднениями человек изобрёл способ измерения количеств веществ по тяжести или весу при помощи рычажных весов. Рычажными весами определяется коли-

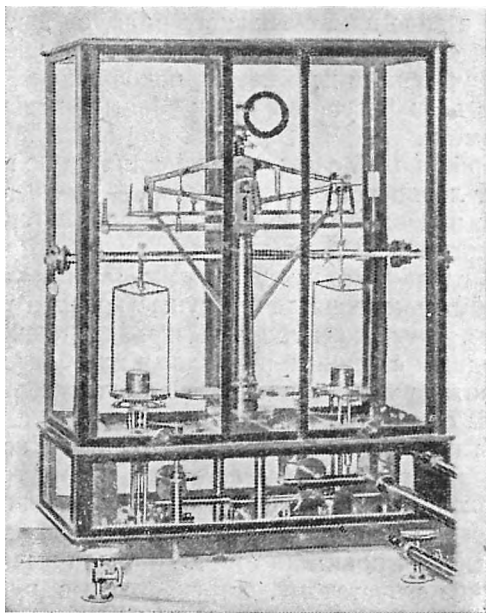


Рис. 2. Весы для точного взвешивания.

чество вещества, или масса взвешиваемого предмета. В этом параграфе у нас речь идёт, собственно, о мерах массы. Однако в быту эти меры называются мерами веса, что будем делать и мы в этой книге.

Какой народ и когда впервые ввёл в употребление весы, мы не знаем. Весьма вероятно, что изобретение их было сделано многими народами независимо друг от друга.

До нас дошёл целый ряд изображений рычажных весов в памятниках древних обитателей Египта, относящихся ко второму ты-

сячелетию, и очень много сцен применения весов в греческих картинах первого тысячелетия до начала нашего летосчисления.

В вавилонских памятниках изображения весов встречаются редко; помещённый снимок принадлежит к немногим из таких.

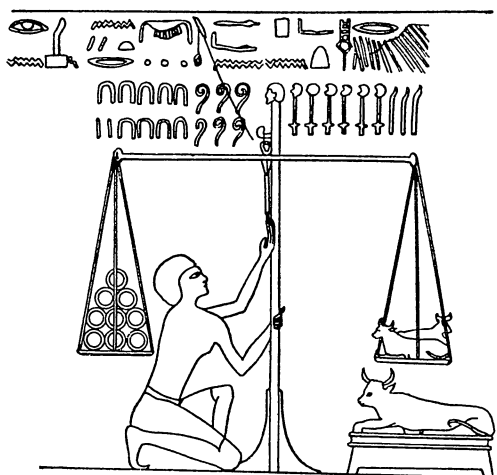


Рис. 10а. Древнеегипетское изображение весов.

Вавилонянам уже в третьем тысячелетии до нашего летосчисления было известно применение рычага, как показывают дошедшие до нас изображения. Знание применения рычага лежит в основе конструкции весов.

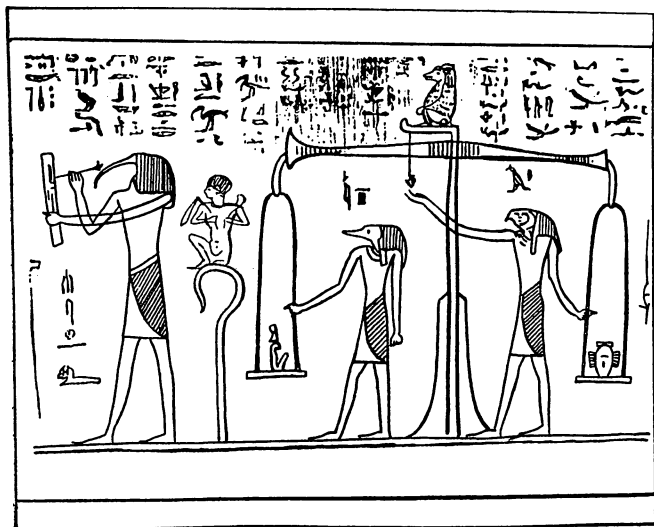


Рис. 10б. Египетское изображение весов и взвешивания.

Для взвешивания тел на рычажных весах нужно иметь меры веса в виде образцовых гирь или эталонов. Зёрна растений, которые были использованы для получения некоторых мер длины, со-



Рис. 11. Изображение весов в вавилонских памятниках.

служили человеку службу и при выборе единиц веса (массы). Человек заметил, что вес зерна обладает постоянством, тем более средний вес его, определяемый на основании взвешивания большого числа зёрен. Единица аптекарского веса до последнего времени называлась *граном*, что значит *зерно*.

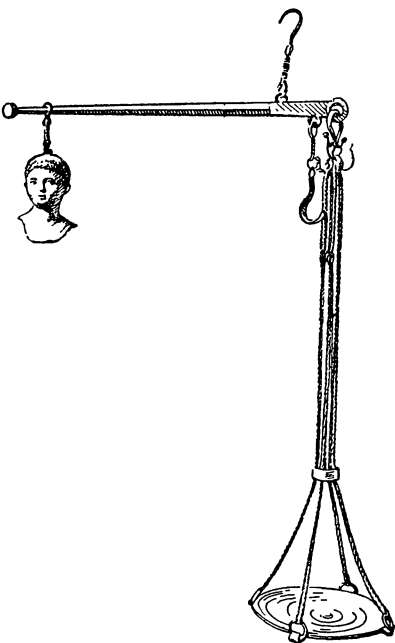


Рис. 12. Римские весы; хранятся в Эрмитаже. Найдены при раскопках в Помпее в 1846 году.

Единицей веса драгоценных камней является *карат* — вес семени одного из видов бобов¹.

Отметим, что стоимости драгоценных камней одного и того же качества не пропорциональны весу их: стоимости таких камней (одного и того же качества) относятся как квадраты их весов; камень весом в два карата в среднем в четыре раза дороже камня того же качества, весящего один карат.

Слово «карат» употребляется ещё в другом значении, именно, для обозначения степени чистоты металла. Стопроцентный (чистый) металл (золото, серебро и т. д.), называется 24-каратным; 18-каратный металл содержит 75% драгоценного металла и 25% лигатуры и т. д.

¹ 1 карат приближённо равен 0,2 грамма.

Позднее за единицу веса стали принимать вес воды, наполняющей сосуд определённого объёма.

Образцовые гири, как и образцовые меры длины, у древних народов хранились или в храмах (Египет), или в правительственных учреждениях (Рим). Копии с них выставлялись в местах публичных собраний, как это делалось и делается до настоящего времени. В Риме, в Капитолии — так называется холм, на котором находились высшие правительственные и религиозные учреждения римского государства, — имелись доступные для обозрения и сравнения эталоны мер. В стену здания английского парламента были вделаны единицы мер длины, а в настоящее время такие же образцы мер длины выставлены на Трафальгарском сквере (площадь в Лондоне, где происходят собрания и митинги).

Образцы старых французских мер длины были изображены на стене находящегося в Париже дворца Шатле. В стену здания министерства юстиции в Париже в настоящее время вделаны эталоны мер длины метрической системы.

Здесь следует сказать о судьбе старой английской единицы длины и пожаре, её уничтожившем, о котором пишет не кто иной, как величайший английский писатель Диккенс¹.

Для неграмотного крестьянского населения Англии налоговые и долговые обязательства фиксировались на так называемых бирках. Это — деревянные палочки, на которых соответственными надрезами обозначалась сумма обязательства. Палочка раскалывалась на две части, одна оставалась на руках у должника, другая хранилась в казначействе. При ликвидации долга сопоставлением палочек устанавливалась личность плательщика и сумма долга.

В тридцатые годы XIX века было решено ликвидировать прежние обязательства и «документы» на них в виде бирок. Их перевезли в здание парламента, но вместо того, чтобы раздать их на топливо бедноте этого района Лондона, власти решили их келейно сжечь в печах палаты лордов. Однако бирок было так много и они представляли такой высокий теплотворный материал, что от накаливания печки зажглось здание парламента и вместе с ним погиб вделанный в стену здания прототип меры длины. Постройка нового (современного) здания парламента обошлась в 20 миллионов золотых рублей, восстановить же точно прежнюю единицу длины оказалось гораздо труднее. Лишь в конце XIX века это было сделано трудами целой группы учёных, потрудившихся в течение многих лет, при участии ближайшего помощника Д. И. Менделеева по нашей Главной палате мер и весов профессора Ф. И. Блумбаха. По окончании работ англичане соблазнили Ф. И. Блумбаха перейти на английскую службу. По рассказу са-

¹ См. английское издание полного собрания сочинений Ч. Диккенса «An adress on Administrative Reform». Цитируется в разных математических книгах, например: Roy Dudisch, The nature of Number, 1953.

мого Ф. И. Блумбаха (умершего в 1949 году в звании почётного члена Академии наук Латвийской ССР в Риге), Д. И. Менделеев, которому Блумбах сообщил о своём отказе от предложения англичан, был очень этим доволен и сказал ему: «Ты, Блумбах, был и остался русским латышом, но если бы ты принял предложение англичан, то был бы...» последовало весьма крепкое слово.

III. ПОПЫТКИ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ МЕР У ДРЕВНИХ НАРОДОВ

ОСНОВНОЕ УСЛОВИЕ УДОБСТВА СИСТЕМЫ МЕР

Приведённые на предыдущих страницах сведения о возникновении мер и способах измерения относятся почти ко всем народам на первоначальном этапе их развития. У всех народов необходимость в мерах и измерениях вызывалась одинаковыми причинами, и основные шаги в удовлетворении возникших потребностей были аналогичными. Поэтому на этой стадии развития почти не приходится говорить о заимствовании мер одним народом у другого. Лишь на более высоких ступенях развития, при возникновении международной торговли появляется необходимость в единообразных мерах или установлении соотношения между мерами разных народов. Всё же у некоторых древних народов можно видеть попытки регулирования существующих первоначальных мер и приведения их в некоторую систему. Наибольшего развития эти попытки получили у народов, носящих название шумеро-вавилонских.

К югу от Кавказа, на равнине между реками Тигр и Евфрат, ныне занимаемой государствами Ирак, уже в четвёртом тысячелетии до нашего летосчисления, следовательно, 5—6 тысяч лет назад, началось развитие культуры, достигшей сравнительно высокого уровня.

Шумеро-вавилонские государства близки к нам территориально. Они соприкасались с Кавказом, а временами охватывали части Закавказья. Древняя Армения в течение нескольких веков входила в состав государств, являвшихся преемниками шумеро-вавилонян, составляя временами существенную часть их. Из всех советских народов армяне имеют самую древнюю математику, первые по времени памятники которой имели общие корни с вавилонской.

Первоначально у шумеров была десятичная нумерация. Позднее из неё развивалась рядом с десятичной нумерация с основанием 60. Параллельно с этим шумеро-вавилоняне создали систему мер, в которой единичным отношением мер служило также число 60 (иногда делитель или кратное его).

Выбор одинаковых оснований для системы счисления и системы мер даёт большие удобства и был, конечно, подсказан практи-

кой. Эти удобства можно иллюстрировать примерами вычислений в старой русской и в метрической системах мер. Основным преимуществом последней перед всеми другими существующими системами мер и является совпадение основания десятичной системы счисления и единичного отношения мер. Вследствие этого совпадения оснований обеих систем в нашей арифметике уже нет утомительного раздела старых учебников арифметики о составных именованных числах, о их преобразованиях. По подсчёту одного из главных деятелей превращения метрической системы в международную, нашего знаменитого академика Б. С. Якоби (1801—1874), от замены прежней системы мер метрической преподавание арифметики в школе выиграло ровно третью часть времени, отводившегося в старой школе на арифметику.

Отметим здесь курьёз. Французский автор Лейзенн в своём учебнике арифметики (Leysenne, *Traité d'arithmétique*, 4-е издание, Париж, 1897, стр. IV) утверждает, что лёгкость метрической системы влечёт за собой ослабление дисциплины и этим замедляет рост у учащихся способности мыслить математически. Думается, что ни один учитель не согласится с мнением французского автора. В курсе математики достаточно вопросов, дисциплинирующих мыслительные способности учащихся, и нет необходимости создавать нарочитую трудность там, где без неё можно обойтись. Оставлять в курсе математики учение о старых мерах или какой угодно другой раздел ради одних только соображений о дисциплинировании ума учащихся нет никакой надобности, так как в математике достаточно материала полезного и необходимого, выполняющего эту задачу. Отметим, что против введения алгебры в курс школы некогда делалось то же возражение. Указывалось, что алгебра, облегчая решение арифметических задач при помощи уравнений, подрывает развитие способности мышления учащихся, что алгебра есть «арифметика для лентяев!» В настоящее время никто такой точки зрения не разделяет.

СРАВНЕНИЕ ВЫЧИСЛЕНИЙ В РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМАХ МЕР

Для иллюстрации того, насколько метрическая система упрощает вычисления, приведём решение одинаковых по смыслу примеров в старой русской системе и в метрической системе мер.

Пример 1.

Вопрос. Сколько раз 22 пуда 11 фунтов 1 золотник содержатся в 155 пудах 37 фунтах 2 лотах 1 золотнике?¹ Аналогичный вопрос в метрической системе: Сколько раз 85 килограммов 537 граммов содержатся в 5 центнерах 98 килограммах 759 граммах?

Поставленный вопрос решается делением. Делимое и делитель нужно раздробить в наименьшие содержащиеся в них единицы.

¹ Пуд равен 40 фунтам, фунт — 32 лотам, лот — 3 золотникам.

В русской системе мер нужно выполнить следующие выкладки:

$$22 \times 40 = 880 \text{ (фунтов),}$$

$$880 + 11 = 891 \text{ (фунт)}$$

$$\begin{array}{r} \times 891 \\ \hline \end{array}$$

$$5346$$

$$8019$$

$$\hline 85536$$

$$+ 1$$

$$\hline 85537 \text{ (золотников),}$$

$$155 \times 40 = 6200 \text{ (фунтов),}$$

$$6200 + 37 = 6237 \text{ (фунтов),}$$

$$\begin{array}{r} \times 6237 \\ \hline \end{array}$$

$$12474$$

$$18711$$

$$\hline 199584$$

$$+ 2$$

$$\hline 199586 \text{ (лотов),}$$

$$199586 \times 3 = 598758 \text{ (золотников),}$$

$$598758 + 1 = 598759 \text{ (золотников),}$$

$$598759 : 85537 = 7.$$

О т в е т. 7 раз.

Решение в метрической системе:

$$85 \text{ кг } 537 \text{ г} = 85537 \text{ г,}$$

$$5 \text{ ц } 98 \text{ кг } 759 \text{ г} = 598759 \text{ г,}$$

$$598759 : 85537 = 7.$$

В последнем решении первые две строки нет надобности писать, так как в метрической системе составное именованное число, состоящее из центнеров, килограммов и граммов, можно сразу писать в граммах.

Пример 2.

Найти вес чугунной линейки в 1 фут 2 дюйма длины, 2 дюйма ширины и 4 линии толщины, если удельный вес чугуна равен 7¹.

Решение.

$$1 \text{ фут } 2 \text{ дюйма} = 14 \text{ дюймам,}$$

$$4 \text{ линии} = 0,4 \text{ дюйма.}$$

Объём линейки:

$$14 \times 2 \times 0,4 = 11,2 \text{ куб. дюйма.}$$

¹ Фут равен 12 дюймам, дюйм — 10 линиям.

Вес воды того же объёма: $3,84 \times 11,2 = 43,008$ золотника.
(Для вычисления веса нужно было знать, что вес 1 кубического дюйма воды равен 3,84 золотника.)

Вес линейки:

$43,008 \times 7 = 301,056$ золотника = 3 фунтам 13,056 золотника.

Аналогичный вопрос в метрических мерах:

Найти вес чугунной линейки длиной в 3 дециметра 5 сантиметров, шириною в 4 сантиметра и толщиной в 7 миллиметров.

Решение.

$$35 \times 4 \times 0,7 = 98 \text{ куб. сантиметрам.}$$

Число 98 выражает вместе с тем в граммах вес воды того же объёма, как линейка.

Вес линейки: $98 \times 7 = 686$ грамм.

Эти примеры показывают, в какой мере упрощаются вычисления в том случае, когда отношение единиц мер совпадает с основанием системы счисления.

БАВИЛОНСКАЯ СИСТЕМА МЕР

Удобство, вытекающее из совпадения оснований системы счисления и системы мер, понимали вавилоняне. Меры времени и углов у них построены полностью на основании 60:

$$\begin{aligned} 1 \text{ час} &= 60 \text{ минутам,} \\ 1 \text{ минута} &= 60 \text{ секундам,} \\ 1 \text{ секунда} &= 60 \text{ терциям и т. д.} \end{aligned}$$

Все преобразования результатов, выражаемых в часах, минутах, секундах, делаются в шестидесятиричных дробях совершенно так же, как мы преобразовываем данные, выраженные в метрической системе, в десятичных дробях. В качестве систем счисления и мер число 60 удобнее, чем 10, так как от 10 только половинные и пятые доли, т. е. $\frac{1}{2}$ и $\frac{1}{5}$, выражаются целым числом;

от 60 же целыми числами выражаются доли: $\frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{1}{4}, \frac{1}{5}, \frac{1}{6},$
 $\frac{1}{10}, \frac{1}{12}, \frac{1}{15}, \frac{1}{30}.$

Нельзя отрицать значительной высоты метрологической, как и математической культуры вавилонян для своего времени. Это признаёт уже первый русский перевод «Начал» Евклида 1739 года. Говоря о происхождении математики, предисловие «Начал» указывает: «математичесствовали ассирияне и халдеи». Вот их система мер.

Меры длины

$$\begin{aligned} 1 \text{ миля} &= 30 \text{ двойным стадиям,} \\ 1 \text{ двойной стадий} &= 60 \times 12 \text{ локтям.} \\ 1 \text{ локоть} &= 30 \text{ пальцам} \approx 54 \text{ сантиметрам.} \end{aligned}$$



Рис. 13 Статуя вавилонского царя Гудеа.



Рис. 14. Масштабная линейка, вырезанная на доске, лежащей на коленях фигуры.

В восьмидесятих годах прошлого века археологами в местности Телло (Ирак) была найдена статуя из синего камня диорита, с аккуратно отрезанной головой, изображающая царя Гудеа, правившего в древнем вавилонском городе Уре около 2000 лет до начала нашего летосчисления. На коленях царя доска, на которой вырезана масштабная линейка (изображённая на отдельном чертеже). Длина масштаба 265 мм, что приблизительно равняется половине вавилонского царского локтя. Линейка разделена, как это видно и на снимке, на 16 равных частей, из которых вторая, считая от правой руки, разделена на 6, четвёртая — на 5, шестая — на 4, восьмая — на 3 и десятая — на 2 равные части.

Каждая шестая часть второго подразделения линейки на краях линейки разделена ещё на 2 и на 3 равные части. Таким образом, на масштабе имеются двенадцатые и восемнадцатые доли основных подразделений масштаба, и наименьшие деления масштаба доходят до миллиметра.

Меры веса

1 талант = 60 минам,
1 мина = 60 сиклям,
1 сикль = 180 зёрнам \approx 10 граммам.

Единицами площадей и объёмов у вавилонян служили квадраты и кубы, стороною или ребром которых являлись единицы длины. Иногда, впрочем, у вавилонян единицей объёма служил объём квадратной пластинки, толщина которой составляла одну двенадцатую часть единицы длины, служащей стороною квадрата.

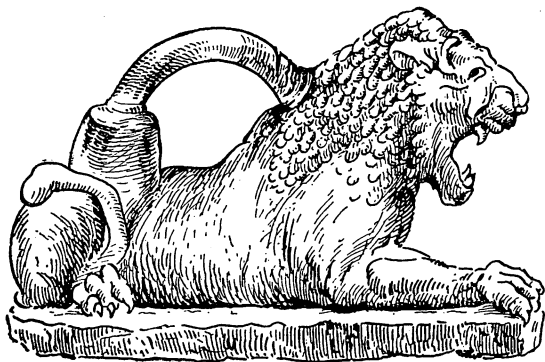


Рис. 15а. Вавилонская бронзовая гиря

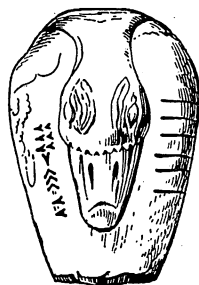


Рис. 15б. Вавилонская гиря в виде утки, полость которой служила мерой жидкостей.

Нужно отметить, что в народном обиходе у вавилонян сохранились более ранние меры, носящие названия некоторых конкретных величин и не связанные с шестидесятиричным счислением. Так, например, для измерения полей существовали народные меры:

1 грядка — основная мера,
1 поле = 100 грядкам,
1 колодец = 18 полям.

В современных мерах грядка приблизительно равна 35,25 квадратного метра.

Название меры «колодец» объясняется тем, что такой участок поливался из общего колодца. Поливка поля в Вавилоне, в сухой и жаркой стране, являлась необходимым условием земледелия.

СИСТЕМА МЕР ДРУГИХ ДРЕВНИХ НАРОДОВ

Меры других народов Ближнего и Среднего Востока в большинстве случаев обнаруживают сходство с вавилонской системой.

Египетские меры нам хорошо известны по большому числу дошедших до нас эталонов. На острове Элефантина (на реке Ниле против нынешнего города Ассуана) сохранился так на-

зывается н и л о м е р — система сообщающихся сосудов, показывающих изменение высоты воды в Ниле.

Знание высоты воды в Ниле было необходимо для возможности предвидения наводнений и предсказания ожидаемого урожая по высоте уровня воды во время разлива. В стене в помещении элевантинского ниломера высечен локоть в 52,7 сантиметра. Система мер длины в Египте была следующая:

1 ладонь=4 пальцам ($\approx 2,2$ см),

1 локоть=6 ладоням (рукам).

Для истории учения о мерах (метрологии) интересен факт, что в Египте существовали два локтя:

локоть народный=6 ладоням=24 пальцам,

локоть царский=7 ладоням=28 пальцам.

Этот факт установил уже Ньютон, который, как считают историки, выяснил не только величины употреблявшихся егип-

тянами единиц мер, но и тот факт, что строители пирамид применяли разные системы мер для внешних и внутренних частей пирамид: внешние размеры пирамид определялись по короткому, или народному, локтю, внутреннее помещение пирамиды, где устанавливался гроб фараона, по царскому, или священному локтю¹.

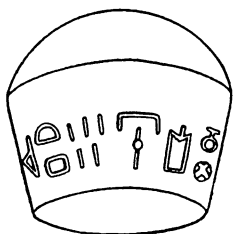


Рис. 16. Египетская гирия
в 5 единиц (кэт), вес
около 45 г.

Эталоны локтя, дошедшие до нас, имеют длину около 525 миллиметров; это царские локти. Кирпичи пирамид имеют стандартную длину — 450 миллиметров;

это народный локоть. Таким образом, в Египте существовали две меры под названием «локоть». Это давало возможность использовать меры для той эксплуатации народных масс, которая получила распространение у всех народов в феодальный период, когда владелец земли получал плату большими мерами, сам же платил меньшими.

Эталоны греческих и римских мер имеются в большом числе в наших музеях (в Государственном Эрмитаже в Ленинграде и Музее изящных искусств в Москве). Помещённые в нашей книге снимки дают о них представление.

В истории мер римская система мер имеет большее значение, чем греческая. В единичных отношениях мер у римлян чаще других чисел фигурирует число 12. Это частое употребление числа 12 в качестве единичного отношения объясняется тем, что при таком единичном отношении $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$ и $\frac{1}{6}$ части большей меры выражались целым числом меньших мер.

Если бы римляне имели систему счисления с основанием 12

¹ Encyclopaedia Britannica, т. XXII, слова Weights и Measures.

ЕГИПЕТСКИЙ ЛОКОТЬ XVII ВЕКА ДО НАШЕГО ЛЕТОСЧИСЛЕНИЯ

Поперечный разрез эталона локтя — трапеция; в четырёх поло-
сках — надписи и деления четырёх граней.

В первой полосе помещены деления локтя на 28 «пальцев» и
части их.

На второй полосе даются числовые обозначения долей пальца,
на третьей — названия частей локтя, на четвёртой — иероглифы имён
божеств, которым был посвящён каждый из пальцев локтя и тут же
похоронная надпись в честь лица, которому, очевидно, был посвящён
заготовленный локоть.

В первой грани эталона «пальцы» (деления), считая справа налево,
разделены: первый пополам, второй на три равные части, третий — на
четыре и т. д. до 15-го деления, который разделён на 16 равных частей.

На следующей полосе (грани) записаны соответствующие делениям
дроби $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$... до $\frac{1}{16}$; особый знак употреблялся для $\frac{1}{2}$,
остальные доли обозначались единообразно: знак дроби, в виде чечеви-
цы, под ним знаменатели: III, IIII,.... $\Omega = 10$, $I\Omega = 11$ и т. д.

В 16-м делении поставлен знак локтя, перед которым две чёрточки,
под ним — три чёрточки. Это означало, что с 16-м делением оканчивает-
ся $\frac{2}{3}$ народного локтя, состоявшего из 24 пальцев.

На следующей грани счёт пальцев идёт слева направо, причём
для изображения чисел употребляется изображение руки (на чертеже
ясно видно обозначение шести: рука и один вытянутый палец).

и если бы все единичные отношения их мер были равны 12, то
их система мер была бы выдержанной.



Рис. 17. Греческая свинцовая
гира в 2 унции; буква β означала
2 (Эрмитаж).



Рис. 18. Греческая гира из
южной России.

Значение для общей истории мер имело то обстоятельство,
что римская власть принудительно ввела единую систему своих

мер в самых отдалённых областях, подчинённых Риму. Так как в некоторые периоды римская власть распространялась на большую часть известных в то время стран, то римляне оказали положительное влияние на эволюцию систем мер многих покорённых народов, хотя их собственная система мер и не была совершенной.



Рис. 19. Керманский камень — гирия в музее Института востоковедения Академии наук СССР. Ленинград.

На трёх боковых сторонах гири надписи одного и того же содержания на языках древнеперсидском, эламском¹ и вавилонском.

«Я, Дарий, великий царь, царь царей, царь провинций, царь этой земли, сын Гистаспа, Ахаменид». Вес гири 2222,425 г, что составляет $4 \frac{1}{9}$ мины.

В шестидесятых годах прошлого столетия камень находился в часовне на могиле некоего «святого» близ города Кермана в Иране и служил предметом поклонения. В 1905 году получен Россией в подарок от персидского инспектора почт. В 1906 году камень был послан в Тегеран по просьбе больного шаха, но камень больному не помог. Шах умер, и камень в 1908 году был возвращён в Азиатский музей Академии наук.

¹ Э л а м — современный Хузистан — страна к востоку от Персидского залива, процветавшая в третьем тысячелетии до нашего летоисчисления.

IV. СТАРЫЕ РУССКИЕ МЕРЫ

НАЧАЛО ГОСУДАРСТВЕННОГО НАДЗОРА ЗА МЕРАМИ В РОССИИ

Русский народ создал свою собственную систему мер в отдалённом прошлом, о котором не сохранилось письменных памятников. Памятники X века говорят уже не только о существовании системы мер в Киевской Руси, но и о государственном надзоре за правильностью их. Надзор этот был возложен на духовенство. В одном из уставов Владимира Святославовича (X в.) говорится: «... еже искони установлено есть и поручено есть епископам градские и везде всякие мерила и спуды и весы... блюсти без пакости, ни умножити, ни умалити...» (издана установлена и поручено епископам наблюдать за правильностью мер, не допускать ни умаления, ни увеличения их). Вызвана была эта необходимость надзора потребностями как внутреннего рынка, так и торговли с зарубежными странами Запада (Византия, Рим, позднее германские города) и Востока (Средняя Азия, Персия и др.), откуда приезжали с товарами купцы. На церковной площади происходили базары, в церквях стояли лари для хранения договоров по торговым сделкам, при церквях находились верные весы и меры, в подвалах церквей хранились товары. Взвешивания производились в присутствии представителей духовенства, получавших за это пошлину в пользу церкви.

Об обширности торговых сношений Руси со странами Западной Европы говорят очень многие свидетельства.

Арабский писатель X века Ибрагим-ибн-Якуб сообщает, что через Краков и Прагу ездят «русы и славяне с товарами». Польский летописец Галл-Аноним говорит, что в XI веке через Польшу на Русь проходили западные купцы. На торговые связи Руси с Германией в X—XI веках указывают ранние таможенные уставы (например, Раффельштеттенский устав 903 года), в котором устанавливались пошлины для русских купцов, провозивших через Чехию в область среднего Дуная воск и рабов. Важнейшим центром торговли Германии с Русью XI века был город Регенбург¹, с давних пор служивший одним из исходных пунктов торговых караванов в славянские земли. В Регенбурге даже образовалась особая корпорация купцов, торговавших с Русью, так называемых «русариев». Русь привлекала немецких купцов роскошью и обилием товаров как русского, так восточного и византийского происхождения.

В записи второй половины XII века (около 1178—1180 гг.) одного регенбургского монастыря рассказывается, что уроженец

¹ Город в Нижней Баварии, на Дунае.

Регенсбурга Гартвиг, проживавший в стране Русской, в Киеве, пожертвовал монастырю 18 фунтов серебра.

Это говорит о том, что между Регенсбургом и Киевом имели место регулярные торговые сношения. В льготной грамоте города Эннса (на среднем Дунае) упоминаются повозки, совершавшие рейсы между Эннсом и Русью.

В трактате учёного монаха Теофила «О различных ремеслах», написанном в Падеборне (Германия) в X веке, среди европейских и азиатских стран, славящихся своими изделиями, на втором месте после Византии поставлена Русь, о которой сказано, что она известна изобретением многообразных изделий из эмали и поделок с чернью. «Если ты внимательно изучишь (трактат),— писал Теофил в предисловии,—то найдёшь тогда, что то, что в родах и смешениях разных красок имеет Греция, то в тщательности эмалей или разнообразии черни открыла Русия» («Очерки истории СССР», ч. 1, «Период феодализма IX—XV веков», изд. Академии наук СССР, 1953, стр. 261).

Эти исторические документы и многие другие рисуют нам картину оживлённых торговых сношений Руси с Западом в IX и X веках. Ещё более оживлённой была торговля Руси с Востоком, о чём свидетельствует, между прочим, унификация ряда мер и денежных единиц русского народа с народами восточными.

Новгородский князь Всеволод Мстиславович в грамоте 1134—1135 годов наблюдение за верностью мер поручает церкви Ивана Предтечи на Опоках, к которой принадлежали новгородские купцы, торговавшие воском с заграницей. Эта церковь со временем сделалась как бы законодателем о мерах: в старых памятниках упоминается, рядом с московским локтем, локоть «еваньский или иваньской».

При раскопках на торговой площади Новгорода была найдена деревянная линейка с надписью: «святого еваньско...». Это, очевидно, есть эталон «иваньского локтя». В подвалах Иваньской церкви хранились проверенные эталоны длины и веса «скалвы вошени, пуд медовый и гривенка рублевая и локоть еваньский» («Очерки истории СССР», ч. 1, Академия наук СССР, стр. 149).

Археологическая экспедиция Института истории материальной культуры Академии наук СССР при раскопках старого Новгорода в 1953 году в слое X века нашла клад среднеазиатских монет и наборы гирь, которые позволят уточнить весовую систему того времени. Эта находка указывает на древнюю связь новгородцев со Средней Азией и объясняет совпадение ряда мер и денежных единиц русского и среднеазиатских народов, о чём будет речь в дальнейшем.

Прежде чем рассказать о дальнейших многочисленных мероприятиях русских правительств по упорядочению системы мер, познакомимся сначала с главнейшими старыми русскими мерами.



Рис. 20. Золотая монета — гиря («Златник») Владимира. XI век.

«Златник» Владимира (XI век), весом в 1 золотник, на лицевой стороне монеты — изображение великого князя в головном уборе с жезлом в руке и круговая надпись: «Владимир а се его злато» или «Владимир на столе».

На оборотной стороне — поясное изображение с надписью «Иисус Христос».

На лицевой стороне серебряной монеты — изображение почти такое же, как и на золотой монете, и те же надписи (вместо «злато» — «сребро»).

На оборотной стороне — окончание надписи с лицевой стороны и особый знак.

(И. И. Толстой, Древнейшая русская монета Великого княжества Киевского, 1882.)

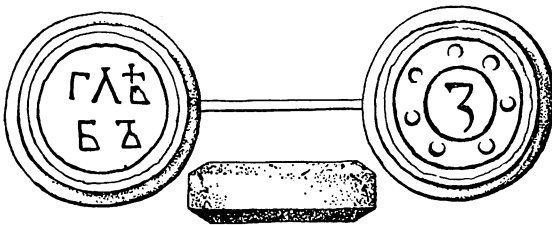


Рис. 21. Медная гирька князя Глеба для проверки веса монет.

Медная гирька князя Глеба (XII век), найденная в киевских пещерах при обвале стен.

На одной стороне вырезано имя «Глеб», на другой буква З, в славянской нумерации цифра 7; вокруг неё 7 точек. Вес гирьки 516 $\frac{1}{2}$ долей. Вероятно, эта гирька времён княжения Глеба Юрьевича в Киеве 1170—1172 годов. Назначение гирьки, повидимому, служить для проверки веса монет. Известна серебряная монета времён Ярослава (XI век) весом в 74 доли. Этот вес, повторённый 7 раз, даёт 518 долей, т. е. почти вес гири Глеба. Значение числа 7 при проверке веса монет соответствует законам Владимира и Ярослава («Русская Правда», § 5, стр. 17), в которых число 7 является множителем при уплате судье: 7 вёдер солоду, 7 уборков пшена, 7 голвяжень соли, 7 хлебов, 7 кун, 7 лукоч овса и т. д.

Обычай проверять вес монет при помощи гири был весьма распространён и на Востоке, и на Руси.

На основании этой гирьки петербургский академик Круг впервые в 1805 году в научной литературе высказал утверждение о существовании у русских монет до монгольского ига (Zur Münzkunde Russlands, Петербург, 1805).

РУССКИЕ МЕРЫ ДЛИНЫ

Древнейшими из них являются локоть и сажень. Точной первоначальной длины той и другой меры мы не знаем. Путешествовавший по России в 1554 году англичанин свидетельствует, что русский локоть равнялся половине английского ярда. Согласно «Торговой книге», составленной для русских купцов на рубеже XVI и XVII веков, три локтя были равны двум аршинам.

Первое упоминание сажени встречается в старинных памятниках 1017 года и приписывается киевскому монаху Нестору («летописцу»).

В разных книгах приводятся объяснения, что слово «сажень» английского происхождения (fathom). Однако нет надобности искать корень слова «сажень» (произносится: сажѣнь или сáжень) в иностранных языках. По «Толковому словарю живого великорусского языка» Владимира Даля слово «сажень» имело форму «сяжень». Глагол «сягать» означает доставать до чего-либо, откуда выражения: *рука не сягает; разум сягает, да воля не владает* и т. д. Формы «досягаемый», «недосягаемый» от глагола «сягать» употребляются и в современном языке. Отсюда естественное объяснение слова «сажень», или «сяжень»: досягаемое (рукой, например, при косой сажени) расстояние.

Что касается длины сажени, то некоторые письменные памятники как будто давали основание думать, что старинная сажень состояла не из трёх аршин, а трёх локтей и составляла лишь $\frac{2}{3}$ позднейшей сажени. Сторонники такого взгляда ссылались на одну из древнейших надписей на русском языке, надпись на так называемом Тмутараканском камне.



Рис. 22. Надпись на Тмутараканском камне, 1068 г. (Государственный Эрмитаж).

В 1792 году отряд черноморских казаков, прибывших в станицу Тамань на берегу Керченского пролива, обнаружил в развалинах бывшей турецкой крепости, взятой русскими в 1787 году, камень с надписями, имеющий более сажени длины и свыше 50 пудов весом. После неоднократных перемещений камень

этот в 1851 году был перевезён в Петербург и помещён в средневековом отделении Эрмитажа.

Очень крупные археологи и языковеды высказывались как за, так и против подлинности надписей Тмутараканского камня. Нас интересует надпись на камне лишь с метрологической точки зрения.

Она гласит:

«В лето 6576... Глеб князь мерил море по лёду от Тьмутораканя до Кърчева (Корчева — Керчи) 10000 и 4000 сяжен».

Надпись относится к князю Глебу Святославовичу, который в 1066 году по приглашению тмутараканцев явился к ним, однако в 1069 году уже оказывается новгородским князем.

Ширина пролива в 14000 саженей даёт приблизительную современную ширину пролива в $18\frac{2}{3}$ версты, если считать старинные сажени трёхлокотными и локоть равным $\frac{2}{3}$ аршина.

Согласно новейшим исследованиям, существование трёхлокотной сажени не подтверждается. В различные периоды употреблялись разной длины сажени, делившиеся не на 3, а на 2, 4, 8 частей, и измерение Глеба в 1068 году могло быть произведено такой короткой саженью.

В более поздние времена установилась мера расстояний верста, приравненная 500 саженям. В древних памятниках верста называется и поприщем и приравнивается иногда 750 саженям. Это также может быть объяснено существованием в древности более короткой сажени. По многим данным, верста имела величину более постоянную, чем сажень. Окончательно верста в 500 саженей установилась только в XVIII веке.

В эпоху раздробленности России (феодальный период), как и в Киевский период, не было единой системы мер. В XVI и XVII веках происходит объединение русских земель вокруг Москвы. С возникновением и ростом общегосударственной торговли и с установлением для казны сборов со всего населения объединённой страны встаёт вопрос о единой системе мер для всего государства. Мера аршин, возникшая при торговле с восточными народами, окончательно входит в употребление. Законы 1649 года («Соборное уложение») устанавливают: «а сажень, чем мерить земли или иное что — делать в 3 аршина, а больше и меньше трёх аршин сажени не делать». Название «аршин» производится от персидского слова «арш» — локоть.

Из всех мер длины в быт русского народа прочнее всех внедрился аршин. Об этом свидетельствует прежде всего большое количество поговорок и оборотов народной речи: *мерить на свой аршин, словно аршин проглотил, видеть на аршин под землю, аршинный товар* (красный товар), *семь аршин говядины да три фунта лент* (о бессмыслице), *аршин на кафтан, два на заплаты* (вычинка дороже вещи), *я тебя на аршин смеряю*

(прибью палкою) и т. д., и т. д. С другой стороны, деление аршина на 16 вершков, или 4 пяди, является показателем того, что эти меры в очень раннюю эпоху вошли в употребление. Очевидно, что чаще всего на практике употреблялись половинные доли основной меры, затем половина от половины — четверть, или четъ, затем полчети, или восьмая. Деление аршина на 16 вершков отвечает требованию, чтобы $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$ доли выразились в целых числах вершков. Такая двоичная система деления основной единицы ясно выражена ещё в старой русской системе мер полей и некоторых других величин.

Очевидно, что меры с двоичным делением возникли ранее мер с иными единичными отношениями.

В XVIII веке усилия правительства были направлены главным образом на уточнение существующих мер. Пётр I указом установил равенство трёхаршинной сажени семи английским футам. Прежняя русская система мер, дополненная новыми мерами, получает окончательный вид:

миля	= 7	верстам,
верста	= 500	сажням \approx 1,0668 километра,
сажень	= 3	аршинам = 7 футам \approx 2,1336 метра,
аршин	= 4	четвертям = 16 вершкам = 28 дюймам \approx \approx 71,12 сантиметра,
четверть	= 4	вершкам \approx 17,77 сантиметра,
фут	= 12	дюймам \approx 30,48 сантиметра,
дюйм	= 10	линиям \approx 2,54 сантиметра,
линия	= 10	точкам \approx 2,54 миллиметра.

Последние данные каждой строки дают величину старых единиц длины в метрических мерах.

Знак \approx означает приближённое равенство¹.

МЕРЫ ПЛОЩАДЕЙ

В «Повести временных лет» уже к IX веку отнесено упоминание об единице обложения дым, или рало, или плуг, т. е. об отдельном хозяйстве, облагаемом налогами. Историк прибалтийских славян XII века Гельмольд определяет плуг как «два вола или конь», т. е. как хозяйство, где запахивается количество земли, которое может обрабатываться одним конём («Очерки истории СССР», «Период феодализма IX—XIII веков», изд. Академии наук СССР, 1953, стр. 97).

В «Русской правде», законодательном памятнике, разные списки которого относятся к XI—XIII векам, также употреб-

¹ Отметим попутно, что знак = для обозначения точного равенства двух выражений ввёл английский автор Роберт Рикорд в 1557 году. Свой учебник алгебры, первый на английском языке, он посвящает компании купцов, ведущих торговлю с Москвой и «желает им здоровья и постоянного роста прибылей в их славных поездках».

ляется земельная мера плуг, как хозяйственная единица, с которой платили дань. Есть некоторое основание считать плуг равным 8—9 гектарам. В XVI—XVII веках мерою полей уже служит десятина (равная $1\frac{1}{10}$ гектара) и четверть, равная $\frac{1}{2}$ десятины (поле, на котором высевали четверть хлеба). Десятина местами называлась коробьей.

В «Книге сошного письма», составленной в 1629 году в качестве руководства для учёта налогов с земли, упоминается десятина, равная $80 \times 30 = 2400$ кв. саженьям. Налоговой единицей земли была соха, в Новгороде — обжа, которая имела различные размеры, в зависимости от качества земли и социального положения владельца (служилые, духовенство, крестьяне и т. д.).

Десятина, которая в быту местами имела и другие размеры, делилась, как указано, на 2 четверти (чети), четверть в свою очередь на две осьмины, осьмина — на 2 полуосьмины, полуосьмина — на 2 четверика и так далее по двоичной системе: четверик содержал 2 полчетверика, 4 полполчетверика, 8 полполполчетвериков и т. д.

«Книга сошного письма» даёт ряд примеров вычислений с дробями:

«полполтрети и полполполтрети — итог: полчетверти сохи».

$$\text{Это значит: } \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{3} + \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{3} = \frac{1}{3} \times \frac{1}{4} + \frac{1}{6} \times \frac{1}{4} =$$

$$\left(\frac{1}{3} + \frac{1}{6}\right) \times \frac{1}{4} = \frac{1}{2} \times \frac{1}{4}.$$

В землемерной рукописи XVI или XVII века имеем аналогичную задачу: «полсохи, да четь, да полтрети, да полполтрети, итог в своде соха», то есть:

$$\frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{2 \cdot 3} + \frac{1}{2 \cdot 2 \cdot 3} = 1.$$

МЕРЫ СЫПУЧИХ ТЕЛ

В Киевской Руси была мера зерна кадь, которая вмещала 14 пудов (около 230 кг) ржи и делилась на 2 половника, или 4 четверти, или 8 осьмин. Кадь называлась ещё оковом, так как «орлёную» (проверенную властями и снабжённую печатью) кадь обивали (оковывали) по краям железным обручем, чтобы устранить возможность срезывания края.

К XVIII веку система мер сыпучих тел приняла вид:

четверть = 8 четверикам $\approx 2,0991$ гектолитра,

четверик = 8 гарнцам $\approx 26,239$ литра,

гарнец $\approx 3,279$ литра.

Гарнец указом 1835 года установлен равным 200,15 куб. дюйма или объёму 8 фунтов перегнанной воды при наибольшей её плотности (около 4°C).

МЕРЫ ЖИДКОСТИ

Первоначальные величины древних мер бочка и ведро остаются неустановленными в точности. Есть основание полагать, что ведро вмещало 33 фунта воды, а бочка — 10 вёдер.

Указом 1835 года объём ведра был установлен в 750,5 куб. дюйма или равным объёму 30 фунтов перегнанной воды при её наибольшей плотности.

Система мер жидкости получила вид:

бочка	= 40 вёдрам = 4,9196 гектолитра,
ведро	= 10 штофам \approx 12,299 литра,
штоф	= 2 бутылкам \approx 1,2299 литра,
бутылка	= 2,5 сотки (чарки) \approx 0,3074 литра,
сотка (чарка)	= 2 шкаликам \approx 0,123 литра.

МЕРЫ ВЕСА (МАССЫ)

Древнейшей русской весовой единицей является гривна, или гривенка. В настоящее время можно считать установленным, что нормальный вес гривны был 409,512 грамма, что составило позднее фунт в 96 золотников (малая гривна = $\frac{1}{2}$ фунта)¹. Гривна равна арабской единице веса р о т л ь. Такое приравнение единиц веса произошло в результате оживлённой торговли с Востоком. Происхождение термина г р и в н а неясно. Происхождение слова «пуд» (встречается уже в XII веке) от латинского *pondus*— вес не очень убедительно. Термин «фунт» происходит, повидимому, от немецкого *das Pfund*. Происхождение названия «золотник» не выяснено.

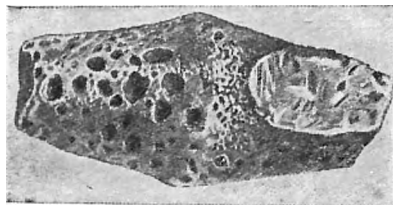


Рис. 23. Гривна черниговская в 36 золотников.

Термин «пуд» употреблялся в смысле «вес» или «тяжесть». Должностные лица, проверявшие веса, назывались «пудовщиками», или «весцами». В одном из рассказов М. Горького в описании амбара кулака читаем: «На одном засове два замка — один другого пудовой (тяжелей)».

К концу XVII века сложилась система русских мер веса в следующем виде:

ласт = 72 пудам,

берковец = 10 пудам,

пуд = 40 большим гривенкам, или фунтам,

пуд = 80 малым гривенкам,

пуд = 16 безменам \approx 16,38 килограмма;

безмен = 5 малым гривенкам = 1,16 пуда \approx 1 килограмму;

¹ И. И. Кауфман, проф., Русский вес, его развитие и происхождение, 2-е дополненное издание, СПб, 1911.

большая гривенка, или фунт = 2 малым гривенкам = 4 малым полугривенкам = 96 золотникам \approx 409,512 грамма, золотник = 24 почкам \approx 4,266 грамма.

Безменом назывались ручные весы с неравным рычагом и подвижною опорною точкой. Метки на безмене показывают сперва доли фунта (четверти, осьмушки), потом целые фунты, до 10; затем по два фунта до 20; далее по пяти фунтов до 40; далее на больших безменах счёт шёл десятками фунтов. «Вес на безмене не точен, поэтому он был в торговле запрещён», — так пишет В. Даль в своём «Толковом словаре живого великорусского языка». Однако в начале нынешнего столетия автор книги в эстонской деревне, где он рос, видел в каждой избе такой безмен как единственный вид употреблявшихся крестьянами весов.

По Далю же, на севере и в Сибири безменом называется вес в $2 \frac{1}{2}$ фунта при купле некоторых товаров: масла, икры, рыбы, хмеля и т. д. Двойной смысл слова «безмен» виден в народных поговорках, приводимых Далем.

«Деньги на безмен, а товар на промен». «Ты с ним на аршин, а он с тобой на безмен». «Безмен не попова душа, не обманет». «Я тебя взвешу на костяной безмен» (*ударю кулаком*) или «на

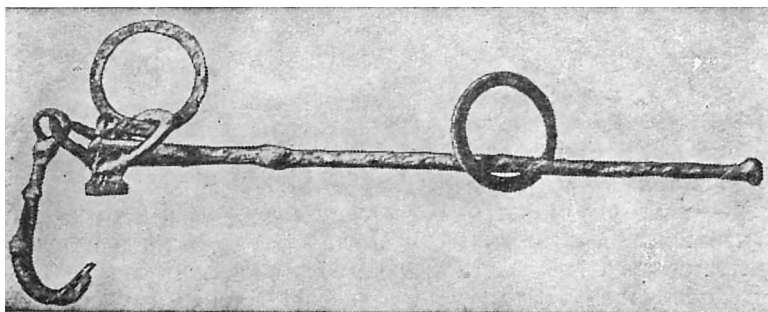


Рис. 24. Железный безмен XIII в., обнаруженный при раскопках В. А. Городцова в Старой Рязани. (Государственный исторический музей).

ременный безмен» (*плетью*). «Кто ни крещён, ни рождён, а правдой живет» (*безмен*). Безменник — кулак, прасол, скупщик льна, масла и щетины, маяк (перекупщик у крестьян шерсти, щетины). «Маяк приехал, так пришла честь и на свиную шерсть».

В XVIII веке был уточнён вес фунта (гривенки) как вес 25,019 куб. дюйма воды при её наибольшей плотности и введено деление фунта на 32 лота, лота — на 3 золотника, золотника — на 96 долей.

Наряду с торговым фунтом, с XVIII века в России употреблялся аптекарский, или нюрнбергский, фунт, равный римской либре (фунту) в 84 золотника. Аптекарский фунт делился по образцу римского:

фунт = 12 унциям,
унция = 8 драхам,
драхма = 3 скрупулам,

скрупул = 20 грамам (зёрнам)
1
(вес грана $\approx \frac{1}{16}$ грамма).

В России аптеки уже к началу XX века, ранее чем в западно-европейских странах, перешли на метрическую систему веса.

ДЕНЕЖНАЯ СИСТЕМА РУССКОГО НАРОДА

Меры веса у многих народов совпадали с денежными единицами. Причина этого совпадения заключается в том, что до употребления чеканных монет денежными единицами служили весовые единицы металла. Названия французской монеты «ливр»

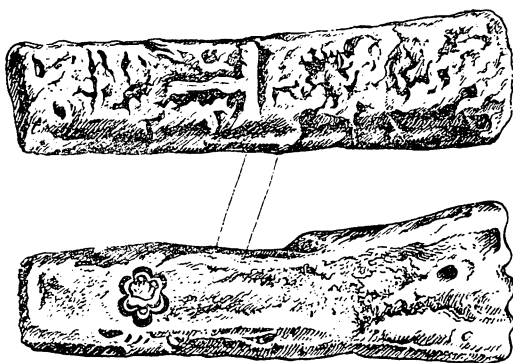


Рис. 25. Рубль тверской в 24 золотника.

(*livre* — название монеты в 25 копеек серебром и в то же время фунт, равный 500 граммам) и английской денежной единицы — «фунт стерлингов» представляют то же явление.

До появления в России металлических денег у русских име-

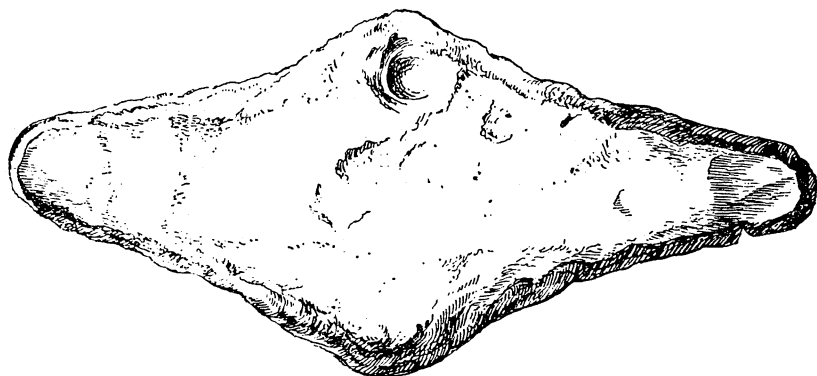


Рис. 26. Гривна черниговская, расплюснутая от руки молотком.

лись в употреблении кожаные деньги, сначала меха, позднее четырёхугольные кусочки кожи с клеймами. По указу Петра I, ещё в 1700 году «в Калуге и в иных городах вместо серебряных денег торгуют кожаными». В качестве металлической денежной единицы уже с X века встречаются «серебряные гривны» весом в весовую гривну. Иностранные серебряные монеты, поступавшие в Россию, перечеканивались в гривны.

Вес первоначальной денежной гривны в точности не известен. Возможно, что гривна в разных местностях имела разный вес. Хотя гривна как денежная единица давно вышла из употребления, однако слово «гривна» в литературе сохранилось



Рис. 27. Гривна новгородская лодкообразная в 48 золотников.

Так, Н. А. Некрасов в поэме «Кому на Руси жить хорошо» рассказывает, как крестьяне поддерживают бедняка Ермила, от которого богач отбивает мельницу:

На всей базарной площади,
У каждого крестьянина,
Как ветром полу левую
Заворогило вдруг!
Крестьянство раскошело,
Несут Ермилу денюжки,
Дают, кто чем богат...

Ермилу брал — не брезговал
И медным пятакон,
Ещё бы стал он брезговать,
Когда тут попадалась
Иная гривна медная
Дороже ста рублей!..

Чеканенные русские монеты известны со времён Владимира Святославовича (X век).

В летописях, относящихся к 1381 году, впервые встречается слово «дѣньга». Слово это происходит от индусского названия серебряной монеты т а н к а, которую греки называли д а н а к а, татары — т е н г а. От татар же идёт слово «алтын», означающее число 6 (алтын равнялся 6 тенгам). Употребляемое в разговорной речи слово «деньгá» есть слово собирательное, означающее «много денег». Первое употребление слова «рубль» относится к XIV веку. Слово это, очевидно, происходит от глагола «рубить». В XIV веке прежнюю большую весовую гривну стали рубить пополам, и серебряный слиток весом в половину гривны, или в гривенку (в 204,756 г или в $\frac{1}{2}$ фунта), и получил название рубля или рублёвой гривенки¹.

¹ И. И. Кауфман, проф., Серебряный рубль в России от его возникновения до конца XIX века, СПб, 1910.

Чеканка монет была в руках частных мастеров. Они стали «портить монету», уменьшая содержание драгоценного металла. На этой почве происходили бунты населения, например, восстание 1447 года в Новгороде («бысть в граде мятеж велик»). Денежники были преданы смерти, создан монетный двор и «весь Новгород уставиша 5 денежников и начаша переливати старые деньги». При Иване III (1462—1505) удельные князья лишаются права выпуска собственных денег: чеканка монет становится правом одного только московского великого князя. Содержание серебра в рубле вместо 48 золотников оказалось уже только $16\frac{2}{3}$ золотника.

В 1535 году, в малолетство Ивана IV, вновь происходили казни денежников за порчу монет. Чеканка денег была окончательно передана денежному двору. В этом же году были выпущены монеты-новгородки, с рисунком всадника с копьем в руках, получившие название копейных денег. Летопись отсюда производит слово «копейка». Однако этот термин встречается и в XV веке для обозначения татарской монеты копейки.

Рядом с копейными деньгами (новгородками) чеканились ещё некоторое время половинного веса «московки» с изображением на них великого князя с мечом в руках — мечевые деньги. Выпуск их к концу XVI столетия прекратился, и остались лишь рубли и их сотые доли — копейки. При Петре I в 1698 году содержание серебра в рубле было снижено до $6\frac{2}{3}$

золотника. Снижения содержания серебра в рубле не одобрял даже такой преданный Петру человек, каким был И. Т. Посошков, автор разных проектов, направленных к укреплению русского государства и власти его царя Петра. Столько же серебра содержали обращавшиеся в большом количестве в России с XVI века ефимки (серебряные монеты-талеры, чеканившиеся в Богемии владельцами серебряных рудников в Иоахимстале).

При Петре I были впервые выпущены серебряные гривенники (в 10 копеек), полтинники (в 50 копеек); кроме того, продолжалась чеканка копеек, равных двум деньгам, и алтынов, равных 3 копейкам или 6 деньгам (откуда их название «алтын»). При Екатерине II содержание серебра в рубле было установлено в 4 золотника 21 долю; этот вес русский серебряный рубль сохранил до 1917 года.

Первые русские бумажные деньги были выпущены в 1769 году. Реальная стоимость бумажного рубля (ассигнационного) с первоначальных 100 копеек серебром к 1810 году дошла до 25 копеек. В 1839 году закон приравнивал серебряный рубль к 3 рублям 50 копейкам ассигнациями.

Червонец XVIII века был золотой монетой стоимостью около 3 рублей или около 10 рублей ассигнациями. В годы нэпа

был в обращении червонец, равный также 10 рублям. «Триста золотых червонцев — ведь это тысяча рублей» (Н. С. Лесков, Обман). У того же Лескова читаем: «Лобанчики — по два рубля семи гривен за штуку». Так называлась монета «французский золотой», на котором было изображение головы. «Барину лобанчиков полшапки поднесли» (Н. А. Некрасов).

В 1897 году в основу русской денежной системы был принят золотой рубль, содержащий 17,424 доли золота. К концу XIX века установился свободный обмен бумажных денег на звонкую монету.

НАДЗОР ЗА МЕРАМИ В РОССИИ В НОВОЕ ВРЕМЯ

С оживлением внутренней и внешней торговли надзор за мерами от духовенства перешёл к специальным органам гражданской власти — к Приказу большой казны. В 1550 году рассылаются «медные печатные вёдра», при Иване Грозном предписывается взвешивать товары только у пудовщиков. «Новоторговый устав» 1667 года разрешает иметь в домах лишь «малые» весы (которые поднимают только до десяти пудов), добавляя: «однако на этих малых весах никому ничего ни продавать, ни покупать». Иноземным купцам строго предписывалось «весить всякие заморские и русские товары в таможах». За неверные, «воровские», весы и гири товары купцов отписывались «на великого государя бесповоротно», а сами торговцы с их семьями подвергались ссылке. В конце XVII века применение «неорлённых» мер запрещалось под страхом смертной казни. В 1685 году, по жалобе иностранных купцов на неправильность гири, по которой с них взимали пошлину золотом, были в Приказе большой казны в присутствии жалобщиков взвешены «100 золотых, добрых и правдивых», изготовлена «заорлённая» гиря и послана «к Архангельскому городу» для произведения расчётов с иностранными купцами. В Москве существовала Померная изба с образцами мер.



Рис 28 Русская гиря 1632 года.

Злоупотребление мерами имело место не только в торговле. Меры и веса оказались средством для эксплуатации.

В России в княжеских, боярских и монастырских владениях с древних времён употреблялись свои дворовые меры, во владениях великого князя — казённые. Однако в XVI и XVII

веках усердно вводились единые государственные, или таможенные, меры. Дворовые и казённые меры были значительно меньше таможенных, иногда составляя только половину последних. Владельцы земель выдавали довольствие служилым людям своими меньшими мерами и извлекали этим дополнительную прибыль. Сохранились жалобы стрелецких войск XVII века на применение при выдачах уменьшённых мер (жалобы иверских стрельцов 1622 года, новгородских 1672 года).

Развитие производительных сил страны и приобретение промышленностью фабричного характера при Петре I привлекли внимание правительства к дальнейшему упорядочению поверочного дела: бургомистрам поручается надзор за мерами (1700 г.), контролёрам адмиралтейств и верфей вменяется в обязанность

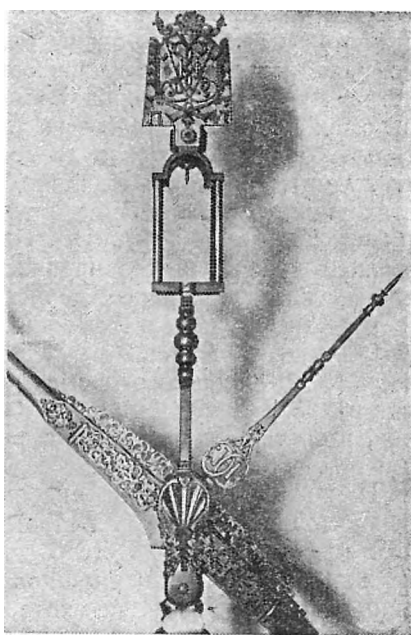
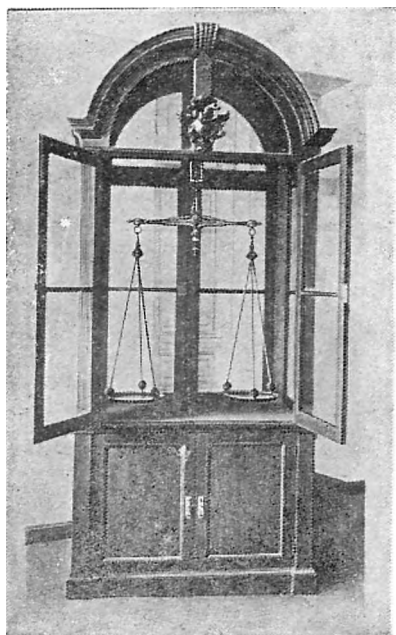


Рис. 29—30. Весы Сестрорецкого завода, 1747 года.

каждое полугодие осматривать меры и весы в магазинах, «дабы упредить в том воровские умыслы» (1722 г.).

Из дальнейших основных мероприятий по урегулированию системы мер и весов нужно отметить следующие.

Исключительно важным событием в истории мер в России является создание в 1736 году комиссии о весах и мерах под председательством графа М. Г. Головкина. Комиссия

УКАЗЪ ЕГО ВЕЛІЧЕСТВА ИМПЕРАТОРА И САМОДЕРЖЦА ВСЕРОССИЙСКОГО

Объявляется во всенародное извѣстіе.

ПО Его Императорского Велічества указу, состоявшемуся въ Правительствующемъ Сенатѣ. Декабря 24 дня, мінувашаго 1724 Года, по доношенію Каморъ Колегіи и главной Полцімеістерской Канцеляріи, и главного Магістрата, велѣно во всѣхъ Губерніяхъ и Провінціяхъ, Городѣхъ и мѣстахъ муку, крупу, солодъ, пшеницу, и всякой молотой и толченой всякого званія хлѣбъ продавать въ вѣсѣ а не намѣру, по чему пудъ надлежитъ умѣренными цѣнами и въ за орлемые вѣсы. И того смотрѣть въ таможенныхъ, и въ Провінціяхъ Магістратамъ неослабно, для того въ мѣрахъ а не иначе въ молотые между крупной и мѣлкой муки противъ вѣсу немалое бывасть различіе и обманъ. И того ради сімъ Его Императорского Велічества указомъ публикуется во всенародное извѣстіе, чтобъ отомъ всякого чіна люди вѣдали, и чінили по вышспісанному неспремѣнно



Печатанъ въ САНКТЪПІТЕРБУРХѢ при Сенатѣ,
Генваря 16 Дня, 1725 Года.

Указ Петра I о мерахъ.

Рис. 31. Указ Петра I о мерахъ.



А. Я. Купфер.

установила образцы русских единиц мер и занялась организацией поверочного дела. Она наметила создание целой сети провинциальных поверочных пунктов. На основании материалов, собранных от русских и иностранных городов, комиссия к 1741 году сочинила регламент, но в связи с воцарением Елизаветы Петровны Головкин был сослан, а дела комиссии переданы в Сенат.

Комиссия 1736 года установила точную длину аршина по сохранившемуся в личном кабинете Петра I полуаршину в 14 английских дюймов. На основании материалов комиссии позднее, в 1747 году, был изготовлен тот «бронзовый золочёный фунт 1747 года», который сохранился до нашего времени. По нему в 1835 году был изготовлен платиновый фунт, являвшийся прототипом нашей системы весов до революции. Он равнялся 0,40951241 килограмма (с точностью до стомиллионной).

После ряда частичных усовершенствований системы мер и весов вышел Закон о мерах и весах 1797 года. Принимая за основу «примерный» фунт Монетного двора, закон предписывал изготовить шаровидные гири весом в 1 и 2 пуда, в 1, 3, 9 и 27 фунтов и в 1, 3, 9, 27 и 81 золотник. Об этой системе мер, являющейся свидетельством весьма передового характера науки о мерах в России в ту отдалённую от нас эпоху, сказано подробно в конце книги

Рост национальной культуры, науки и техники и развитие народного хозяйства России требовали дальнейшего усовершен-

ствования системы мер. Комиссия образцовых мер и весов 1827 года и выполнила в основном этот заказ хозяйства и науки России. В этой комиссии участвовал будущий первый «учёный хранитель Депо образцовых мер и весов» профессор Казанского университета и академик А. Я. Купфер. Он в истории русской науки известен, помимо своих метрологических трудов, как основатель и первый директор Главной физической (метеорологической) обсерватории, а также своими магнитометрическими работами. По своим философским взглядам Купфер, товарищ Н. И. Лобачевского по работе в Казанском университете, принадлежал к прогрессивным русским естествоиспытателям, выступая против шеллингианской философии, которая пропагандировалась в то время в Петербурге профессором медико-хирургической академии Д. Велланским¹.

Разработанная комиссией 1827 года «Система Российских мер и весов» стала законом с 11 октября 1835 года и действовала до введения у нас метрической системы. Тем же законом учреждалось Депо образцовых и иностранных мер и весов, для которого было построено в 1841 году специальное здание в Петропавловской крепости при Монетном дворе.

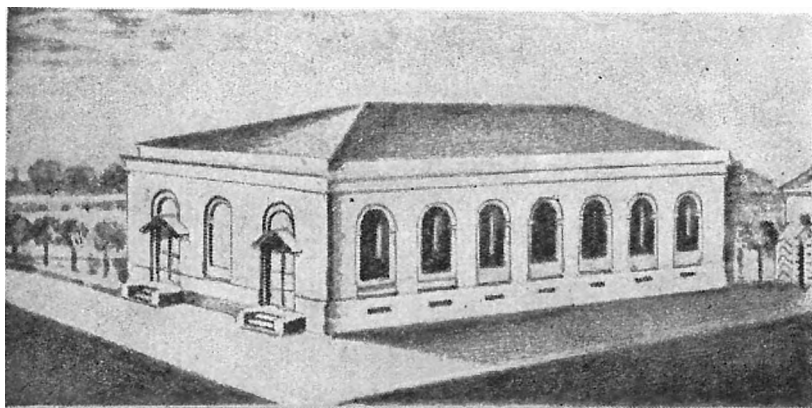
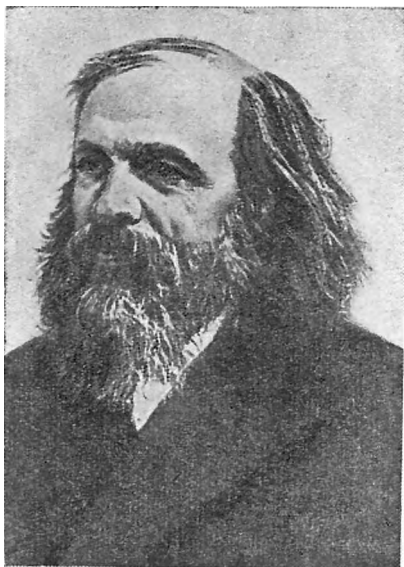


Рис. 32. Первоначальное здание Депо мер в Петропавловской крепости.

Закон о мерах и весах 1842 года закончил продолжавшиеся свыше 100 лет мероприятия правительства по упорядочению системы мер и весов. До 1865 года Депо мер и весов возглавлял академик А. Я. Купфер, с 1865 по 1892 год — профессор В. С. Глухов. Энергией и настойчивостью последнего удалось добиться отделения Депо мер от Монетного двора, постройки специального, приспособленного для точных измерительных работ, здания и увеличения штата бюро... до шести человек!

¹ См. «Вопросы философии», № 1 за 1954 год, стр. 198 и след.



Д. И. Менделеев во время перехода
его на работу в Главную палату
мер и весов.

Д. И. МЕНДЕЛЕЕВ — МЕТРОЛОГ

В 1892 году гениальный русский химик Дмитрий Иванович Менделеев (1834—1907) покинул Петербургский университет после более чем тридцатилетней работы в нём. Причиной выхода Менделеева из университета послужила передача им министру народного просвещения протеста студентов против политики правительства. С того же года Менделеев стал во главе Главной палаты мер и весов, в которую было преобразовано прежнее Депо мер, и оставался на этом посту до своей кончины.

Интерес Д. И. Менделеева к вопросам метрологии возник задолго до 1892 года. Он выступал на первом съезде русских естествоиспытателей и врачей в 1867 году с заявлением о необходимости введения в России метрической системы. Передовые русские учёные поддержали его выступление. Интенсивная работа академика Бориса Семёновича Якоби в пользу проведения в жизнь метрической системы началась после выступления Менделеева. Когда из числа деятелей Международного бюро мер и весов выбыл Б. С. Якоби, оставшиеся члены бюро обратились к русскому правительству с просьбой назначить от России новым членом бюро Д. И. Менделеева. Царское правительство

не исполнило этой просьбы, а назначило академика Г. Вильда, директора Главной физической обсерватории, швейцарца, который, выслужив в России очень высокий чин, не считал нужным сделаться русским подданным.

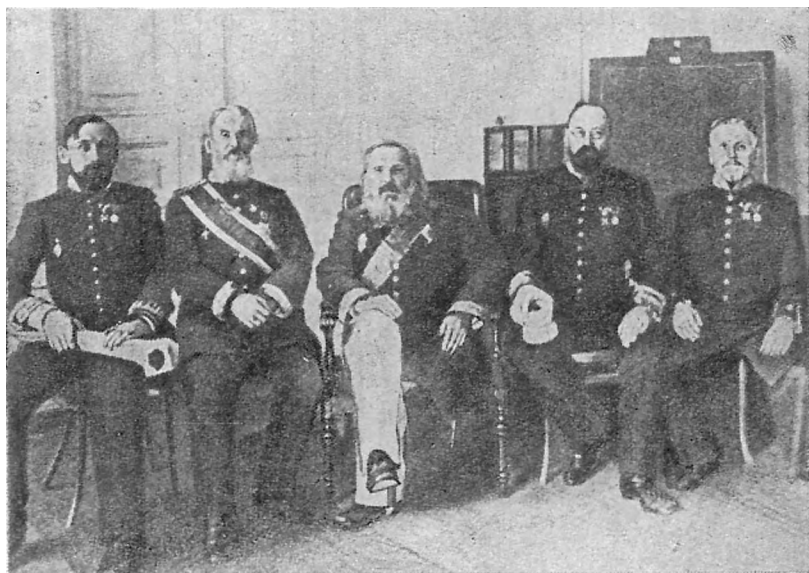
Руководя работой Главной палаты мер и весов, Д. И. Менделеев произвёл полную реорганизацию метрологического дела в России, наладил научно-исследовательскую работу в Палате и решил все вопросы о мерах, которые вызывались ростом капиталистической России. Так, были возобновлены (1893—1896) прототипы русских аршина и фунта и выражены в метрических мерах с исключительной для того времени точностью (килограмм с точностью до тысячных долей миллиграмма). Работа обошлась в 35 000 рублей золотом и была выполнена за 6 лет. Подобная же работа по возобновлению английских прототипов в прошлом столетии продолжалась свыше 20 лет. В 1899 году был издан разработанный Д. И. Менделеевым новый закон о мерах и весах. На новых началах была организована поверка имеющихся в обращении мер, надзора за которыми до Менделеева, по признанию его предшественника профессора В. С. Глухова, фактически не было.

Важнейшим вещественным метрологическим памятником деятельности Д. И. Менделеева в Главной палате мер и весов на все времена остаётся созданная под его наблюдением и по его идее «полусажень П₄». Это, по словам самого Менделеева, «единственный в мире, драгоценный во множестве отношений комбинированный эталон метра, ярда и аршина» из сплава платины (90%) с иридием (10%). Значение этого эталона в том, что он даёт точнейшее соотношение между ярдом, метром и аршином и сохраняет эти отношения для истории.

Вступив в 1893 году в управление только что созданной Главной палатой мер и весов, центрального научно-технического учреждения для сохранения в России единообразия, верности и взаимного соответствия мер и измерительных приборов, применяемых в науке, технике, промышленности и торговле, Менделеев включил в число первоочередных задач возобновление русских прототипов мер длины и веса. По его докладной записке, это «диктуется практической потребностью страны, так как промышленное и торговое положение России требует особого внимания в этом сложном и трудном деле».

При возобновлении прототипов и установлении, в целях подготовки к введению метрической системы, соотношения между аршином и международным метром, сразу обнаружилось, что в Англии не существует точного соотношения между метром и английскими дюймом и футом; последние со времени Петра I точно совпадали с русскими дюймом и футом. Длина метра в Англии по закону принималась равной 39,37079 дюйма, в то время как более точные измерения давали 39,36980 дюйма. Таким образом длина метра в дюймах (английских и русских) в то

время была определена с совершенно недостаточной точностью. По идее Д. И. Менделеева, на платино-иридиевом стержне, длиной 1089,7 мм и весом в 3480 г, была нанесена сложная система штрихов от 10 до 12 микронов шириною. Между штрихами дюймов № 3 и № 39 заключается ярд, между № 7 и № 35 — аршин и между штрихами $\frac{1}{3}$ и $10\frac{1}{3}$ дециметра — метр. Эталон был сличён Д. И. Менделеевым и Ф. И. Блумбахом с имперским ярдом в Лондоне и с международным метром в Париже. Система штрихов на эталоне пополнена по идее Д. И. Менделеева дополнительными в сравнении с другими существующими эталонами, что повышает точность показаний эталона.



Работники Главной палаты мер и весов: Ф. И. Блумбах с эталоном аршина; профессор Н. Г. Егоров; Д. И. Менделеев; Ф. П. Завадский с образцовым фунтом; А. И. Кузнецов—перед отправлением в Сенат для замуровывания образцов мер.

Изготовленная с таким совершенством полусажень 1894 П₄ является шедевром метрологической техники и «хранителем для грядущих веков соотношений между ярдом, аршином и метром»¹.

В первые годы революции Главная палата мер и весов, продолжая традиции Менделеева, провела колоссальную работу по

¹ М. Н. Младенцев, Полусажень П₄, созданная по идее Д. И. Менделеева. Труды института истории науки и техники Академии наук СССР, серия 1, выпуск 9.



Д. И. Менделеев в годы управления
Главной палатой мер и весов.

подготовке введения метрической системы в СССР. После некоторых перестроек и переименований бывшая Главная палата мер и весов в настоящее время существует в виде Всесоюзного научно-исследовательского института метрологии имени Д. И. Менделеева. Кроме него, в СССР имеются два института мер и измерительных приборов (в Москве и в Харькове) и около 200 поверочных управлений в разных городах страны.

Комитет по делам мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР, учреждённый в 1938 году «для обеспечения единообразия, верности и правильного применения мер и измерительных приборов во всех отраслях народного хозяйства СССР», в марте 1953 года реорганизован в Главную палату мер и измерительных приборов СССР Министерства финансов СССР (см. Большую советскую энциклопедию, 2-е изд., том 22).

Как уже было указано, к девяностым годам прошлого столетия штат работников Депо мер состоял из шести человек. Никаких поверочных управлений, кроме Депо, в то время не было. В настоящее время в метрологических институтах работают сотни учёных; и в период 1939—1942 годов поверочными учреждениями СССР произведены испытания и проверка 150 миллионов мер и приборов.

Какой характер имеет деятельность метрологических учреждений в наши дни, читатель узнает из очерка о Московском государственном институте мер и измерительных приборов, появившегося в журнале «Огонёк», № 16 за апрель 1954 года (статья В. Матвеева).

У пределов точности

«...Грузовик осторожно лавирует в густом потоке автомашин. Пропетляв по лабиринту переулков, он пристраивается к очереди перед каменным забором с чугунной решёткой. С автомобилей бережно снимают ящики и несут их в старинный дом. Это Московский государственный институт мер и измерительных приборов. В ящиках — маленькие, как ручные часы, манометры, огромные (в несколько сот килограммов) трансформаторы, весы различных конструкций. Предприятия столицы и области присылают сюда измерительные приборы для того, чтобы установить правильность и единообразие их показаний.

Метр на заводе «Уралмаш» должен в точности равняться ленинградскому; если свердловчане и ленинградцы будут мерить выпускаемую продукцию каждый «на свой аршин», то мотор завода «Электросила» не сядет в приготовленное ему гнездо на уральском экскаваторе. Килограмм, градус, метр во Владивостоке должны соответствовать тем же мерам в Минске, во всей стране, во всём мире. За этим ревностно следит метрологическая служба.

Лаборатория мер длины находится под землёй: нужен абсолютный покой, постоянная температура.

В компаратор — прибор для точнейших линейных измерений — зажата железная линейка. Перекрестие микроскопа наведено на одно из её делений. Приблизьте к линейке руку, и деление поплывёт в сторону: от тепла руки линейка удлинилась!

Стены комнаты опоясаны чёрным жолобом с электрическими лампочками, которые то загораются, то разом гаснут. Излучая тепло, они поддерживают постоянную температуру. Едва она понизится на одну десятую градуса против требуемых двадцати, чёткое реле — термометр — включит обогреватель, который будет гореть до тех пор, пока в лаборатории не станет на одну десятую градуса теплее.

По всей лаборатории установлены массивные каменные тумбы. Они глубоко врыты в землю, чтобы вздрагивающий под ногами пол не покачнул стоящие на них капризные приборы.

В двух деревянных футлярах со стеклянными крышками покоится металлический брусок, похожий (в разрезе) на букву Н. На бруске тончайшим резцом нанесены штрихи, расстояние между



Рис. 33. Главная палата мер и весов, ныне Всесоюзный институт метрологии.

которыми равно одному метру. Брусоч изготовлен из сплава — инвара, — который почти не реагирует на изменение температуры.

Ежегодно с большими предосторожностями его возят в Ленинград на сверку с платиновым метром в хранилище государственных образцов-эталонов. За последние 12 лет московский метр стал короче на 0,65 микрона.

Московский институт — единственное учреждение в СССР, которому принадлежит право аттестовать вновь создаваемые нашей промышленностью измерительные приборы.

Недавно здесь проводились испытания универсального микроскопа. При его помощи с точностью до одного микрона можно измерить любые расстояния на деталях самых сложных конфигураций.

В одном из подвалов находится лаборатория мер массы. Почти всё её оборудование состоит из весов и гирь. Весы стоят на массивных фундаментах. Не только эталонные меры — гири — укрыты стеклянными колпаками, в стеклянные футляры спрятаны и приборы — весы. А весы здесь всякие: маленькие, с чашечками в пятак, и большие, выше человеческого роста.

При сравнении эталонных гирь в один килограмм пользуются весами, которые управляются рычагами из соседней комнаты: присутствие человека в лаборатории помешает точному измерению. На коромысле весов вместо обычной стрелки — зеркальце. В нём наблюдатель видит отражение шкалы, находящейся в нескольких метрах от весов. Гиря в один килограмм взвешивается с точностью до двадцатитысячной доли грамма. При взвешивании замечают краткое положение стрелки и по формуле, при помощи арифмометра, вычисляют вес. Весы настолько чувствительны, что пришлось бы слишком долго ждать, пока коромысло успокоится.

При точных измерениях метрологам приходится считаться с тем, что по мере приближения к центру Земли вес тела увеличивается. Паровоз в Мурманске, например, весит на 270 килограммов больше, чем в Ташкенте: Земля сплюснута у полюсов — и Мурманск ближе к центру Земли, чем Ташкент.

В лаборатории весоизмерительных приборов испытываются весы, предельная нагрузка которых — пять миллиграммов. Внешне они напоминают настольные часы, и лишь когда приглядишься, замечаешь сбоку от циферблата маленький стеклянный шкафчик. В нём на тонкой нити висит чашечка величиною с копейку. На этих весах можно взвесить... чернильную точку. Для этого на чашечку весов кладут маленький клочок бумаги и замечают положение стрелки на циферблате. На бумаге ставят точку. Чаша сначала пошла вниз, а через некоторое время начинает подниматься: чернила высыхают. Но до верхнего положения она так и не доходит: это и есть вес высохшей точки.

В институте не только хранят образцовые меры и испыты-

вают новые приборы, но и проводят научно-исследовательскую работу. В 1952 году доктору технических наук М. К. Жоховскому и инженеру В. Н. Граменицкому была присуждена Сталинская премия за создание ряда образцовых приборов, в том числе и установки для измерения давления до 10 000 атмосфер.

В последнее время инженеров В. Н. Граменицкого и К. И. Хансуварова можно часто встретить в пастеризационном цехе на Московском хладокомбинате имени А. И. Микояна. Они создали прибор для определения веса жидкости в закрытом резервуаре. Мастер цеха Галина Оленева торопит учёных: в приборе большая нужда, пока что количество смеси в танках-цистернах приходится узнавать на глазок.

Центральное помещение института занимает отделение электрических и тепловых измерений. Пол и стены заняты приборами, щитами с рубильниками, а высоковольтный конденсатор висит даже под потолком. В лаборатории тишина, подчёркнутая комариным гудением трансформатора. У электриков есть свой подвал, где хранится рабочий эталон электродвижущей силы — батарея гальванических элементов. Её так берегут, что никому не показывают, и как она выглядит, известно немногим.

Обеспечивая единство мер и точность измерительных приборов, метрологическая служба помогает нашей промышленности создавать новую, могучую технику».

Этот прекрасный очерк даёт ясную картину работы современного метрологического учреждения. Чрезвычайно поучительно сравнить это описание с состоянием метрологического дела в царское время, когда доведение числа работников единственного в России метрологического учреждения до шести человек считалось большим достижением.

V. ДАЛЬНЕЙШЕЕ РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ МЕР В НОВОЕ ВРЕМЯ

НЕДОСТАТКИ СТАРЫХ СИСТЕМ МЕР

С развитием общества росли требования к точности мер и измерений. Товарообмен обогатился разными предметами, требовавшими специальных мер. Усилилась торговля с соседними народами, и в связи с этим вошли в употребление, наряду со своими мерами, чужие. В результате появляются меры с весьма неудобными отношениями. Примерами таких отношений могут служить наши старые меры длины: вершок равнялся $1\frac{3}{4}$ дюйма, а фут — $6\frac{6}{7}$ вершка.

Вопрос о мерах усложнялся ещё тем, что в каждом государстве существовали разные исторически сложившиеся системы

мер и под одним и тем же названием мер понималась в разных местностях зачастую разная величина.

В России в разных местностях почти все меры в старое время имели различные значения. Сажень, например, имела разную длину внутри России, в Польше, в Прибалтике, в Финляндии, на Кавказе. В учебниках арифметики до революции помещали подробные таблицы мер как отечественных, так и зарубежных стран. У нас в весьма распространённом до революции справочнике для строителей инженера Н. И. Липина («Таблицы, формулы и численные данные для сокращения вычислений») мы находим до 100 различных футов, 46 различных миль, 120 различных фунтов и т. д. Имелись футы: рабочий, десятичный, двадцатичный, землемерный, ткацкий, портняжный, старый, новый, архитектурный, инженерный, геометрический, математический. В разделе о фунте находим фунты: большой, малый, старый, новый, обыкновенный, казённый, монетный, торговый, тройский, городской, горный, нюрнбергский, артиллерийский, медицинский, аптекарский, метрический, фунт для мяса, фунт для железа и т. д. Часто одна и та же мера даже в разных губерниях имела разную величину. Так, например, мера хлеба ка т, или ка до в, в Тульской губернии равнялась 4 четвертям, в Калужской и Костромской—3 четвертям, во Владимирской—2 четвертям, в Пермской—4 пудам. Мера полей—десятина—употреблялась: законная, равная $60 \times 40 = 2400$ кв. сажень, казённая, равная $80 \times 30 = 2400$ кв. сажень, хозяйственная, или экономическая (она же дворцовая), равная $80 \times 40 = 3200$ кв. сажень, бахровая, равная $10 \times 80 = 800$ кв. сажень, двадцатая, равная $100 \times 20 = 200$ кв. сажень, наконец, в Астраханской губернии была своя десятина, равная $100 \times 10 = 1000$ кв. сажень. В Средней Азии мера веса ма н, или ба т ма н (последний термин встречается в числе старых русских мер) в XIX веке имел вес: в Хиве 1 пуд 7 фунтов, в Самарканде — 8 пудов, в Ходженте (Ленинабад) — 12 пудов, в Ура-Тюбе — 16 пудов¹.

В Соединённых Штатах Америки и Англии по настоящее время существует подобное положение с мерами. Там, например, мера зерна — бушель — в настоящее время имеет 56 различных значений!

ПРОТИВНИКИ РЕФОРМЫ СИСТЕМЫ МЕР

Казалось бы, что описанная выше неупорядоченность системы мер противоречила здравому смыслу и что ей нужно было положить конец. Однако она продолжалась во Франции до конца XVIII века, а во многих других странах ещё дольше. Бессистемность мер использовалась для ещё большего закабаления бедно-

¹ М. Р. Рахимов, Меры сыпучих тел у таджиков бассейна реки Хингов. Сборник статей по истории и филологии народов Средней Азии, Сталинабад, 1953.

го крестьянства. Во Франции (да и в других странах) одной из привилегий, ведущих начало с древности, было право крупного землевладельца иметь в пределах своих владений собственные меры. Такой владелец, измеряя поступающие ему уплаты от угнетаемого им населения, в буквальном смысле слова своим со собственным аршином и собственным фунтом получил широкую возможность извлекать максимальную прибыль для себя.

К. Маркс («Капитал», т. III, Госполитиздат, 1950, стр. 627—826) различает в феодальном обществе три вида ренты: отработочную, натуральную, или ренту продуктами, и денежную.

Наиболее простым видом ренты является отработочная.

В дальнейшем, на более высоком уровне экономического развития, появляется рента продуктами.

Последним видом земельной докапиталистической ренты является рента денежная¹.

К. Маркс показывает, что феодальные владельцы на некотором уровне развития разделения труда и производства начинают заменять труд крепостных крестьян, который является малопродуктивным и невыгодным, поставкой крестьянами продуктов земледелия и домашнего производства. В этих обстоятельствах право владельца применять свои меры позволяло значительно увеличивать поступления от крестьян. Понятно, что феодалы цепко держались за охрану этих своих прав. Как мы видели в главе о старых русских мерах, нечто подобное этим феодальным правам имело место и в России. Особенно резкую форму приняла борьба между феодальными собственниками и массой населения вокруг вопроса о реформе системы мер во Франции. Острота этой борьбы и привела именно во Франции к созданию новой системы мер.

Попытки введения общегосударственных мер во Франции начались очень давно. Первое подобное мероприятие приписывается королю Хильдериху III и относится к 650 году. Многие короли Франции после этого продолжали попытки введения общегосударственных мер, но феодальные землевладельцы были сильнее центральной власти. От многочисленных попыток регулировать систему мер во Франции остались лишь красивые образцы мер, украшающие ныне музеи. Генеральные штаты (представители отдельных сословий населения) Франции неоднократно вынуждены были затрагивать вопрос о реформе системы мер, так как наказания крестьян депутатам своего округа выставляли требование, чтобы были «единые законы, единые меры» во всём королевстве. Однако старый феодальный строй Франции, заботясь об интересах крупных землевладельцев, не хотел и не мог ввести единые меры.

¹ «Очерки истории СССР», ч. 1, «Период феодализма IX—XV веков», Академия наук СССР, Москва, 1953, стр. 48.

ЗЛОУПОТРЕБЛЕНИЯ МЕРАМИ В ТОРГОВЛЕ

Введение общегосударственных мер и строгий контроль правительства за мерами были нежелательны и купцам, и торговцам «Продашь» и «обманешь» в старые времена считались близкими понятиями.

Среднеазиатский поэт XII века пишет:

Боятся надсмотрщика жулик и лжец,
Чьи гири неверны — мошенник купец.

В составленной в XI веке книге восточной мудрости «Кабус-намэ» среди советов отца сыну имеется и такой «О сын, знай и будь осведомлен, что торговля на базарах не такое ремесло, которое можно было бы назвать добрым искусством...» («Кабус-намэ», изд. Академии наук СССР, 1953, стр. 134).

Русский писатель второй половины XVII века Симеон Полоцкий заявляет, что

«Уин купецкий без греха едва может быти...», и разъясняет:

Ибо они купуют во меру велику,
А егда продавати, ставят не толику.
Иныи, аще меру и праву имеют,
Но неправо мерити вся вещи сумеют.

(т. е. купец едва ли может быть честным, так как покупает на большую меру, а продавая, заменит меру другой; иные же, употребляя правильную меру, сумеют неправильно отмерить покупателю).

Писатель начала XVIII века, автор «Книги о скудности и богатстве» (1724) И. Т. Посошков много раз указывает на зло, которое народу причиняют купцы тем, что «неискусных людей обманом вельми изъянят и в весах обвешивают и в мерах обмеривают и в цене облыгают».

Поэт середины XIX века И. С. Никитин в поэме «Кулак» рисует бытовую сцену обмеривания и последующую за этим расправу.

Кулак Лукич покупает у бабы холст:

— Почём аршин-то? говори.
— По гривне, я тебе сказала;
Вон и другие так берут.
— Не ври! куда ты указала!
Там по три гроша отдают!
— И, шо ты! аль я одурела!
Поди-ко, цену объявил!
Купец четыре мне сулил,
Да я отдать не захотела...
Вон он стоит... — Ха-ха! ну так!
Отдай! и ты не догадалась!
Эх, дура, с кулаком связалась!
Ведь он обмеряет! кулак!
А я на совесть покупаю...

И снова с бабою заспорил,
Голубушкою называл,
Раз десять к чорту посылал,
И напоследок урезонит,
Из-под полы аршин достал,
Раз!.. раз!.. и смирена холстина.
— Гляди вот: двадцать три аршина.—
— Ох-ма! Тут двадцать семь как раз!
— Что, у тебя иль нету глаз?
Аршин казённый, понимаешь!
Вот на ... не видишь, два клейма!
— Да как же так!
— Не доверяешь? —
— Я дома мерила сама.
— Тьфу! провались ты! Я сумею
Без краденой холстины жить!

И кошелёк он развязал,
На гривну бабу обсчитал.

Но нашлась на кулака Лукича расправа. Далее в поэме читаем описание свалки:

Бедняк Лукич посереде,
Мужик с курчавой бородою,
Взбешённый, жилистой рукою
Его за шиворот держал,
И больно бил, и повторял:
— Вот эдак с вами! Эдак с вами!

Кричал народ: «— тряхни его!
Тряхни получше! Ничего!»

Но вдруг столяр рукою смелой
Толпу раздвинул: «Стой! За что?»
«А не обвешивай! За то... —,
Мужик ответил: — «Наше дело!
Я продал шерсть, а он того...
Обвесил — вон-що!»

**

Всё изложенное показывает, что, вопреки мнению некоторых авторов статей о реформе мер, реформа эта не была результатом только научных интересов, хотя последние и играли немаловажную роль в реформе. Основной движущей силой реформы были материальные интересы народных масс, которые страдали от путанности всей системы мер, от права феодальных владельцев вводить свои собственные меры, от отсутствия правительственного контроля за мерами, от фальшивых гирь «мошенника-купца». Об этом красноречиво говорят и наказания крестьян депутатам Генеральных штатов 1789 года, того собрания представителей сословий во Франции, которому суждено было впервые дать ход этим наказаниям. Реформа системы мер в конце XVIII века могла осуществиться лишь благодаря тому, что французскому

крестьянству и молодой буржуазии Франции, одинаково страдавшим от феодальных порядков, удалось убрать с пути прогресса обветшалую государственную организацию и королевскую власть со всеми её изжившими себя органами и средствами эксплуатации, в числе которых была и безобразная система мер.

КАКИМ ТРЕБОВАНИЯМ ДОЛЖНА УДОВЛЕТВОРЯТЬ СИСТЕМА МЕР?

Сообщённые нами сведения о мерах разных народов показывают, что первоначальными мерами служили размеры частей человеческого тела, результаты простых действий человека и вес часто встречающихся предметов. Такие меры были удобны в том отношении, что образцы этих мер (эталоны) были у человека всегда с собою. Неудобство их заключалось в их непостоянстве: они зависели от роста человека и других его личных особенностей.

Каким требованиям должна удовлетворять разумная система мер? Прежде всего требованию, чтобы каждая мера имела вполне определённую величину. Неудобство существования разных мер для измерения ясно. Когда герой рассказа американского писателя О'Генри обнаруживает у себя температуру в 101° и радостно замечает, что «сильный жар прошёл», то читатель может стать в тупик, если не знает, что в Америке и Англии в обиходе употребляются градусы, отличные от наших.

Международная торговля и сношения были бы очень затруднены, если бы каждое государство или, как это часто имело место, чуть ли не каждый город имел свои особые меры. Необходима общая система мер, если не для всего мира, что являлось бы идеалом, то по крайней мере, для большей части мира.

Необходимо, чтобы меры были постоянны. Это требование было бы удовлетворено, если бы основные меры разных величин были взяты непосредственно из природы. В таком случае при надобности можно было бы вновь восстановить ту или иную меру или проверить ставшую сомнительной.

Так как непосредственная проверка меры по природному эталону может оказаться сложной, то необходимо, чтобы для каждой меры существовал образец (эталон), который проверен по природному его значению, засвидетельствован властью и хранится в государственном учреждении, производящем проверку употребляемых в обиходе мер.

Необходимо ещё, чтобы меры разных величин (длины, площадей, объёмов, веса и т. д.) были друг с другом удобным образом связаны. Так, например, было неудобно, когда мерой площади был югер, а не квадрат со стороны, равной единице длины, или когда единицей массы была масса какого-нибудь случайного предмета, а не масса кубического сантиметра воды.

Такая взаимная связь между мерами разных величин, как мы видели уже на примерах, очень упрощает решение вопросов, ставящихся на каждом шагу производством и бытом.

Наконец, имеет очень большое, решающее значение для системы мер выбор так называемых единичных отношений мер. Приведённые нами выше выкладки показывают, насколько упрощаются вычисления, если система мер имеет единичные отношения, совпадающие с основанием системы счисления (десять — основа в метрической системе мер в наше время, шестьдесят — основа в системе мер у вавилонян).

Из нашего рассказа о мерах древних народов видно, что стремление упорядочить систему мер частично осуществлялось этими народами. Дальнейшая история мер в новое время показывает, сколько усилий потребовалось для того, чтобы прийти к системе мер, более или менее отвечающей перечисленным выше требованиям. Такой системой является метрическая система мер.

ПОТРЕБНОСТИ НАУК В РЕФОРМЕ СИСТЕМЫ МЕР

Единицей длины для дореволюционной Франции был королевский фут, равный, согласно новейшим определениям, 0,32484 метра. Парижский туаз, равный 6 футам (1,94904 м), имел эталон в виде железного стержня, вделанного в лестницу дворца Шатле в 1668 году¹. В 1766 году астроном Лакондамин, готовясь к отправлению в экваториальные области Перу для измерения градуса меридиана, заменил обветшавший эталон туаза дворца Шатле уточнённым и лучше сделанным. Одновременно были сделаны 80 копий этого туаза и разосланы по главным городам Франции. Требования практики получили в известной мере удовлетворение.

Однако, независимо от потребностей практической жизни, в более строгом уточнении основных единиц мер и упорядочении всей системы их были крайне заинтересованы представители всех естественных наук и техники. В течение веков учёные работали над изысканием средств к улучшению системы мер.

«Нет столь малого, от которого не зависело бы крупнейшее», — указывает, говоря о значении точных измерений при изучении явлений природы, Д. И. Менделеев, главный деятель реформы системы мер в России. Это положение признает каждый естествоиспытатель. Ясно, что дело упорядочения системы мер нужно было начинать с установления эталонов мер разных величин. Уже с XVII века этот вопрос горячо обсуждался учёными.

¹ Grand Châtelet — укрепление, защищавшее парижские мосты. Разрушен в 1802 году.

Учёные XVII века считали, что новые единицы мер нужно взять от реальных предметов, сохраняющих постоянную величину¹. Необходимо было, чтобы новые эталоны удовлетворяли требованиям точности, неизменности, возможности восстановления в случае пропажи прежних, чтобы отношения отдельных мер были десятичные и чтобы единицы разных величин были между собой связаны.

Исследования над маятником голландца Гюйгенса, астрономические работы датчанина Рёмера и точные для своего времени определения длины дуги градуса земного меридиана французом Пикаром создали во второй половине XVII века предпосылки для попыток осуществления научной реформы систем мер в интересах опытных наук. Пикар и Рёмер и другие предлагали принять за единицу длины длину маятника, отбивающего секунды, а малоизвестный в науке астроном Мутон рекомендовал в качестве единицы длины морскую милю, равную длине дуги в 1' земного меридиана. Мутону же принадлежит идея построения всей системы мер на десятичной основе. Так как в 1673 году было открыто, что длина секундного маятника зависит от широты места, в котором производится опыт, то от идеи Пикара и Рёмера в первоначальном её виде пришлось отказаться.

В основу реформы, приведшей к метрической системе, легли идеи Мутона.

Так во всех книгах излагается предистория метрической системы. Однако здесь необходима существенная поправка.

Предложение длины маятника в качестве единицы длины впервые было высказано польским учёным XVII века Станиславом Пудловским (1597—1647), профессором Краковского университета. После ранней смерти Пудловского эта идея была разработана его другом Титом Бураттини (1615—1682) и опубликована в подробном изложении в Вильне в 1675 году в книге «Универсальная мера». Бураттини в этой книге вводит термин «метр» для обозначения единицы длины, за которую принимает длину секундного маятника. Книга Бураттини в 1897 году переиздана в Кракове. В настоящее время приоритет польских учёных Пудловского и Бураттини в этом вопросе установлен совершенно неоспоримо и признаётся авторитетнейшими историками точных наук².

¹ См. обращение революционной власти Франции к населению, стр. 68.

² Antonio Favaro, *Il metro proposito come unità di misura nel 1675*. *Annales internationales d'histoire. Congrès de Paris, 1900, 5-e section* Paris, A. Colin, 1901, I т.

Mario Gliozzi, *Precursori del sistema metrico decimale*. *Atti della Reale Accademia di Torino*, 67 (1932), стр. 29—50.

Tadeusz Piech, *Zarys Historii Fizyki w Polsce*, Polska Akademia Umiejetnosci III, Krakow, 1948.

VI. СОЗДАНИЕ МЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

РАЗРАБОТКА ОСНОВ МЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Итак, начинается повесть о метре,
О сантиметре и миллиметре...

В 1789 году в Генеральные штаты поступило большое число проектов реформы системы мер. Только один из этих проектов дошёл до обсуждения в Национальном собрании. Автором этого проекта был епископ князь Талейран, впоследствии министр иностранных дел революционного правительства (Директории), Наполеона и восстановленного на престоле короля Людовика XVIII. В своём предложении «о мерах и весах», представленном в 1790 году, Талейран предлагает принять за единицу длины длину секундного маятника на широте 45° , т. е. он повторяет в общем старую идею учёных XVII века.

Однако в проекте Талейрана содержалось нечто новое, именно предложение: просить английский парламент принять участие в создании новой системы мер. Для этого предлагалось составить комиссию учёных на равных началах из членов Лондонского королевского общества (Английской академии наук) и членов Парижской академии наук и этой комиссии поручить решение вопроса о новой системе мер. В проекте Талейрана, таким образом, вопрос о системе мер получил международный характер.

Талейран горячо ратовал за принятие его проекта. Это, на первый взгляд, не совсем понятно. Талейран — князь по происхождению, крупный князь церкви по общественному положению. Позднее, будучи министром, он всеми презирался как человек, который продавал и предавал всех и всё. Горячие речи его в пользу революционного проекта международной системы мер вызывались надеждой получить заграничный паспорт для участия в предполагаемой комиссии мер и стряхнуть с ног пыль накалявшейся для Талейрана почвы революционной Франции. Позднее, в 1792 году, Талейран действительно получил заграничный паспорт для ведения переговоров с английскими учёными о новой системе мер, а через два месяца, когда обнаружилось предательство Талейрана, он был обвинён и объявлен изгнанным из своей родины. Вернулся он во Францию, когда там революция была уже задушена Наполеоном¹.

Проекты реформы мер, в общем совпадающие с предложением Талейрана, возникли одновременно в Англии и Соединённых Штатах Америки. В той и другой стране в парламенты были представлены проекты, предлагавшие принять за единицу протяжения длину секундного маятника в некотором определённом

¹ О Талейране см. приложение к настоящей книге.

ном месте. Таким образом, те две страны, которые в настоящее время почти единственные не признали ещё обязательной у себя метрическую систему, в 1790 году обе были близки к её принятию. Дальнейшая судьба проектов новой, естественной системы мер оказалась различной во Франции и англо-саксонских странах. Повидимому, в последних из названных стран злоупотребления феодалов мерами не достигли той степени эксплуатации широких масс населения, какая имела место во Франции. Кроме того, что весьма важно, в этих странах отсутствовал тот «революционный порыв», которому приписывал успех завершения реформы системы мер один из активнейших деятелей этой реформы — Делаббр. Революционный дух, воодушевлявший Францию и на реформу системы мер, ярко выражен в обращении правительства к населению.

«Как могут друзья равенства терпеть пестроту и неудобство мер, хранящих ещё память о позорном феодальном рабстве... в то время, как они клялись уничтожить самое наименование тирании, каково бы оно ни было?.. Закон приглашает граждан дать доказательства своей преданности единству и неделимости республики, пользуясь уже теперь (т. е. до окончательной разработки новой системы мер) новыми мерами в своих расчётах и торговых сделках... Для создания истинно философской системы мер, которая была бы достойна просвещённого века, нельзя допускать ничего, что не покоилось бы на прочных основаниях, что не связано теснейшим образом с предметами неизменными, ничего, что могло бы впоследствии зависеть от людей и от событий; надо обратиться к самой природе, почерпнув основу системы мер в её недрах, и суметь найти в ней же способы проверки...»

Эти лозунги, воодушевлявшие деятелей реформы мер, представляют частные положения той просветительной философии XVIII века, общая система которой была изложена в сочинениях французских писателей — Руссо, Монтескьё, Вольтера и других.

Великие достижения точных наук XVII и XVIII веков — установление точных законов механики, физики и астрономии — заставляли искать естественной и точной системы мер. Среди учёных, которые не всегда были в такой мере революционны, как угнетённые старым феодальным строем массы простых людей, достижения точных наук вызвали горячую поддержку реформы системы мер. Кроме того, отдельные учёные, не разделявшие взгляда о том, что можно создать идеальную во всех отношениях систему мер, всё же поддерживали реформу, так как она обещала попутно дать важные для науки результаты, например, уточнить наши сведения о форме и размерах земного шара.

8 мая 1790 года Национальное собрание приняло декрет о реформе системы мер. Он был утверждён королём 22 августа, ещё до ликвидации старого режима. Декрет в основном воспро-

изводит проект Талейрана и поручает Академии наук выполнение необходимых подготовительных работ. Одна комиссия Академии, во главе с крупнейшим математиком конца XVIII века Лагранжем, рекомендует десятичную систему единичных отношений для мер. Другая комиссия (Лаплас, Лагранж, Монж, Борда, Кондорсе) предлагает в качестве единицы длины одну сорокамиллионную долю меридиана. Представленный Национальному собранию доклад Академии подчёркивает, что в проекте нет ничего произвольного, кроме десятичной основы, и нет ничего местного: «Если бы память об этих работах утратилась и сохранились бы лишь одни результаты, то в них не нашлось бы никакого признака, по которому можно было узнать, какая нация задумала план этих работ и осуществила их», — говорилось в докладе. Как видно, комиссия Академии стремилась к тому, чтобы новая система мер не дала повода какой-нибудь нации отвергать систему потому, что она французская. Комиссия стремилась оправдать лозунг: «На все времена, для всех народов», который был позднее провозглашён.

В декрете Национального собрания от 26 марта 1791 года все предложения академического доклада были утверждены. Предстояло силами одной Франции осуществить реформу. Для этого самой трудной предварительной работой было измерение длины дуги меридиана между Дюнкерком (приморский город Северной Франции) и Барселоной, испанским городом на берегу Средиземного моря. Оба города лежат на парижском меридиане и находятся на уровне моря, поэтому дуга этого меридиана имела для измерения определённые преимущества перед другими меридианами.

ИЗМЕРЕНИЕ ДУГИ МЕРИДИАНА

На глобусе мы видим меридианы в виде окружностей, проходящих через полюсы. Тень, отбрасываемая вертикальной палкой в полдень, определяет направление меридиана на земной поверхности. Если мы и отметили направление меридиана, то измерить длину части его непосредственно всё же не удастся. Во-первых, мешают разные неровности поверхности, а, во-вторых, если бы этих неровностей и не было, то всё же точно измерить дугу меридиана приложением аршина или сажени нельзя, так как земная поверхность есть приближённо поверхность шара и меридиан — эллипс, мало отличающийся от окружности. Наука даёт приём измерения длины дуги меридиана без непосредственного прикладывания к ней аршина. Этот приём требует знания числа градусов измеряемой дуги меридиана и вычисления ряда треугольников, почему самый приём называется триангуляцией, или способом треугольников.

Астрономия с большой точностью определяет широту точки на земной поверхности, т. е. число градусов, минут и секунд ду-



Мешен.

ги меридиана от экватора до данной точки. Широты мест содержатся в географических справочниках. Число градусов дуги между двумя точками, находящимися на одном меридиане, равно разности их широт. Сущность триангуляции заключается в следующем. Пусть отрезок AL изображает часть меридиана, которую надо измерить. Выбирают какие-нибудь высокие предметы: B, C, D, E, F, I, K , например верхушки колоколен, специально построенные башенки, притом так, чтобы из каждой такой точки были видны следующие две. Измеряется возможно точно расстояние AB , называемое базисом.

Соединяя мысленно выбранные точки («станции») прямыми, получаем сеть треугольников (по-латыни «триангулус» — треугольник, откуда и появилось слово «триангуляция»). При помощи угломерных приборов, снабжённых зрительными трубами, можно весьма точно измерить углы образовавшихся треугольников; по правилам тригонометрии вычисляются стороны и углы остальных треугольников. Переходя от треугольника к треугольнику, можно, опираясь на длину базиса, найти расстояние между крайними станциями A и K , а на этом основании и длину дуги меридиана AL . Зная, сколько градусов содержит дуга AL , можно по её длине вычислить и длину меридиана.

Измерение дуги меридиана от Дюнкерка до Барселоны ($9^{\circ}40'$ — около 1000 км) представляло чрезвычайно трудоёмкую работу (нужно было измерить 115 треугольников). Руководителями работ по измерению дуги меридиана были академики Мешен и Деламбр. После основательной подготовки необходимых



Деламбр.

для работ приборов — многие из них пришлось изобретать, так как такого размаха работы до того не выполнялись,— 25 июня 1792 года астрономы отправились в экспедицию.

К физическим трудностям работы астрономов присоединились сразу другие.

Франция была охвачена революционными событиями. Местное население, не понимая смысла и цели работ астрономов, не раз принимало их за королевских или иностранных шпионов. Они не раз арестовывались властями на местах или местным населением, имевшим достаточно оснований проявлять бдительность. Мандаты центральных правительственных учреждений, выданные предполагаемым «шпионам», спасали их от более крутых последствий. Мешен, который работал в Испании, подвергся также аресту после того, как Франция объявила войну Испании. Однако и здесь дело ограничилось лишь временным задержанием учёного.

ВРЕМЕННАЯ МЕТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

Работа астрономов с самого начала была рассчитана на несколько лет. Но уже с весны 1792 года революционные круги начали проявлять нетерпение по поводу слишком медленного осуществления реформы системы мер. Продовольственные трудности страны в связи с войнами и революцией население приписывало, между прочим, и отсутствию общегосударственных мер.



Приёр-Дювернуа.

В августе 1793 года была упразднена Академия наук, осуществлявшая реформу мер. Для продолжения работ была создана Временная комиссия мер, в которую вошли почти все члены академической комиссии.

Осенью того же года состав комиссии был обновлён: из неё были удалены все прежние члены её, кроме Лагранжа, и назначены новые, которым предписывалось немедленно сообщить правительству, «в каких людях комиссия имеет необходимую нужду», и изложить свои взгляды «на средства в возможно наискорейшем времени ввести новые меры в употребление для всех граждан».

Было решено не ожидать окончания работ по измерению дуги меридиана, а воспользоваться ранее установленной длиной её и ввести временный метр.

7 апреля 1795 года (18 жерминаля III года республики единой и неделимой) был утверждён закон о новых мерах, которым устанавливается в качестве единицы длины метр, как одна десятимиллионная часть четверти парижского меридиана, заключающейся между северным полюсом и экватором. Для всей республики введён единый эталон: платиновая линейка, на которой начертан метр. Закон называет новые меры республиканскими. Срок введения в обязательное употребление новых мер ставился в зависимость от изготовления достаточного числа их образцов. Гражданам рекомендовалось проявить свою революционность переходом к пользованию новыми мерами до объявления их обязательными. Таким образом возникли

латунные эталоны временного метра, длина которого была определена учёными Борда́ и Бриссо́ном, на основании прежних измерений дуги меридиана, в 443, 443 парижской линии.

Главным деятелем по проведению временного закона о метрической системе в этот период являлся член Законодательного собрания инженер Приёр-Дювернуа. Ему принадлежит и окончательная редакция системы названий новых мер, которая была принята и имеется в употреблении в настоящее время.

Комиссия Парижской академии наук с самого начала работ по разработке новой системы мер установила, что каждая мера новой системы должна быть в 10 раз больше следующей меньшей меры этой же величины. Для каждой величины (длина, масса, площадь, объём) от названия основной единицы этой величины образуются другие названия мер одинаковым образом (за исключением названий «микрон», «центнер», «тонна»); для образования названий мер, больших основной единицы, к названию последней спереди прибавляются греческие слова: «дека» — десять, «гекто» — сто, «кило» — тысяча, «мириа» — десять тысяч; для образования названий мер, меньших основной единицы, к названию основной единицы прибавляются, также спереди, латинские слова: «деци» — десять, «санти» — сто, «милли» — тысяча. Таким образом получилась система:

Меры длины

Основная мера — метр. От него образованы названия мер:

- 1 декаметр = 10 метрам;
- 1 гектометр = 10 декаметрам = 100 метрам;
- 1 километр = 10 гектометрам = 100 декаметрам = 1 000 метрам;
- 1 дециметр = 0,1 метра;
- 1 сантиметр = 0,1 дециметра = 0,01 метра;
- 1 миллиметр = 0,1 сантиметра = 0,01 дециметра = 0,001 метра;
- 1 микрон = 0,001 миллиметра = 0,000 001 метра;
- 1 миллимикрон = 0,001 микрона = 0,000 000 001 метра;
- 1 метр = 10 дециметрам = 100 сантиметрам = 1 000 миллиметрам.

Меры веса (массы)

Основная мера — килограмм, однако основным названием является грамм.

- 1 декаграмм = 10 граммам;
- 1 гектограмм = 10 декаграммам = 100 граммам;
- 1 килограмм = 10 гектограммам = 100 декаграммам = 1 000 граммам;
- 1 дециграмм = 0,1 грамма;
- 1 сантиграмм = 0,1 дециграмма = 0,01 грамма;
- 1 миллиграмм = 0,1 сантиграмма = 0,01 дециграмма = 0,001 грамма;
- 1 грамм = 10 дециграммам = 100 сантиграммам = 1 000 миллиграммам.

Кроме указанных мер веса (массы) и их наименований, употребляются ещё следующие меры:

- 1 центнер = 100 килограммам;
- 1 тонна = 1 000 килограммам.

Меры площадей

- 1 ар = 100 кв. метрам;
- 1 гектар = 100 арам = 10 000 кв. метрам;
- 1 кв. дециметр = 0,01 кв. метра;
- 1 кв. сантиметр = 0,0001 кв. метра;
- 1 кв. миллиметр = 0,000 001 кв. метра.

Меры объёмов

- 1 куб. дециметр = 0,001 куб. метра;
- 1 куб. сантиметр = 0,000 001 куб. метра;
- 1 куб. миллиметр = 0,000 000 001 куб. метра.

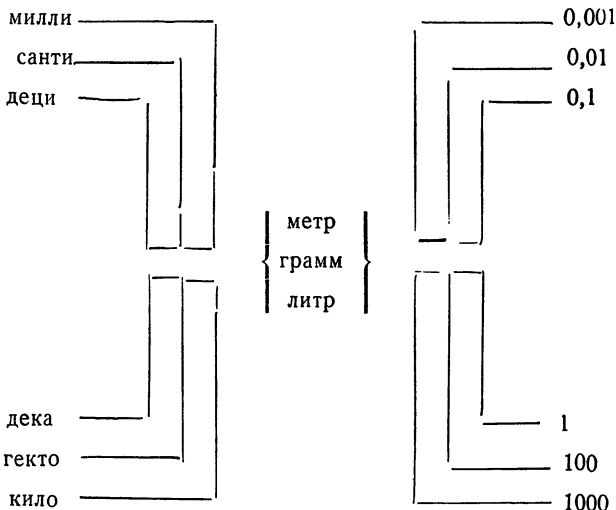
Меры вместимости

Основная мера — литр. От него образованы:

- 1 декалитр = 10 литрам;
- 1 гектолитр = 100 литрам;
- 1 килолитр = 1 000 литрам;
- 1 децилитр = 0,1 литра;
- 1 санлитр = 0,01 литра.

Перечисленные соотношения представляют метрическую систему мер и в настоящее время.

Система названий метрических мер



Одновременно с установлением десятичной метрической системы было предложено деление прямого угла не на 90 равных частей (градусов), а на 100 частей, названных градами. Такое деление принял Н. И. Лобачевский в своей «Геометрии», чем вызвал критику рецензента академика Н. И. Фусса.

Деление угла на градусы ведёт своё начало от вавилонян. Они знали, что шесть правильных треугольников заполняют

плоскость вокруг точки. Угол такого треугольника вавилоняне делили на 60 равных частей, согласно своей системе счисления и системе мер, и продолжали деление дальнейших частей угла на 60 частей; первые шестидесятые доли (наши градусы) они делили на 60 вторых шестидесятых долей (наши секунды), те на 60 третьих шестидесятых долей (наши терции). Такими названиями пользовался ещё греческий астроном Птолемей (I и II века нашего летосчисления), называя доли лептами (лепта — греческое слово «часть») или мойрами.

Термины «минута», «секунда», «терция» появились позднее из латинского языка. Греческое слово «лепта» — мелочь, мелкая доля — по-латыни называется «минута» (*minuta*). По-латыни первые, вторые, третьи лепты назывались соответственно:

minuta prima — первая лепта (доля),
minuta secunda — вторая лепта,
minuta tertia — третья лепта.

Со временем для первой лепты сохранилось в названии только первое слово — *minuta* — долька, для второй — только второе слово — *secunda* — вторая, для третьей лепты — слово *tertia* — терция — третья.

Слово «градус» производят от арабского корня, означающего «ступенька». На употребление такого названия для меры угла навело наблюдение солнца, которое как бы поднимается и опускается на небесном своде по 180 ступенькам полуокружности.

Обозначение градуса символом $^{\circ}$ возникло у Птолемея. Он, называя угол в один градус μ° , для сокращения писал лишь первые две буквы слова μ° . От этого обозначения впоследствии сохранилась лишь вторая буква в виде кружка, который ставится у верхнего края цифры.

Введение в употребление града, как сотой части прямого угла, в качестве угловой единицы, несмотря на неоднократные предложения в старое и новое время, не увенчалось успехом. Одним из препятствий к этому является, повидимому, возникающая в случае введения града необходимость перевычисления всех употребляемых в науке таблиц и создания множества новых измерительных приборов. В отдельных книгах, в том числе в книгах для школьников, деление прямого угла на 100 частей применялось и применяется. Так, например, поступает передовой французский методист Шарль Лезан в своей книге «Введение в математику», много раз издававшейся на русском языке.

В одном из этих изданий редактор (Р. В. Мрочек) помещает в связи с предложением Лезана делить прямой угол на 100 частей своё примечание:

«Вполне соглашаясь с логичностью введения градусов, я в то же время решительно протестую против предложения Лезана. Дети не видят пока надобности в таком искусственном делении, тогда как деление окружности на 360 частей, на минуты и се-

кунды — психологически простой факт, являющийся результатом наблюдений над движением солнца (годовой цикл)».

В этом заявлении всё необоснованно. Никаких наблюдений над годовым циклом солнца ребёнок не делает, деление прямого угла на 100 равных частей для него гораздо более естественно, чем якобы «психологически простой факт деления окружности на 360 частей». Вся аргументация редактора, слывшего в своё время очень радикальным в вопросах методики математики, лишено какого-либо серьёзного основания.

Для названий мер метрической системы установлены сокращённые (стандартные) обозначения — международные и русские, употребление которых обязательно.

СОКРАЩЕННЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ МЕТРИЧЕСКИХ МЕР

Наименования мер	Сокращённые обозначения	
	русские	международные
Килограмм	<i>кг</i>	<i>kg</i>
Тонна	<i>т</i>	<i>t</i>
Центнер	<i>ц</i>	<i>q</i>
Грамм	<i>г</i>	<i>g</i>
Декаграмм	<i>дкг</i>	<i>dkg</i>
Дециграмм	<i>дг</i>	<i>dg</i>
Сантиграмм	<i>сг</i>	<i>cg</i>
Миллиграмм	<i>мг</i>	<i>mg</i>
Метр	<i>м</i>	<i>m</i>
Декаметр	<i>дкм</i>	<i>dkm</i>
Гектометр	<i>гм</i>	<i>hm</i>
Километр	<i>км</i>	<i>km</i>
Дециметр	<i>дм</i>	<i>dm</i>
Сантиметр	<i>см</i>	<i>cm</i>
Миллиметр	<i>мм</i>	<i>mm</i>
Микрон	<i>μ</i>	<i>μ</i>
Миллимикрон	<i>μμ</i> или <i>тμ</i>	<i>μμ</i>
Квадратный метр	<i>кв. м</i> или <i>м²</i>	<i>m²</i>
Кв. километр	<i>кв. км</i> или <i>км²</i>	<i>km²</i>
Ар	<i>а</i>	<i>a</i>
Гектар	<i>га</i>	<i>ha</i>
Кубический метр	<i>куб. м</i> или <i>м³</i>	<i>m³</i>
Куб. сантиметр	<i>куб. см</i> или <i>см³</i>	<i>cm³</i>
Литр	<i>л</i>	<i>l</i>
Декалитр	<i>дкл</i>	<i>dkl</i>
Гектолитр	<i>гл</i>	<i>hl</i>
Децилитр	<i>дл</i>	<i>dl</i>
Сантилитр	<i>сл</i>	<i>cl</i>
Миллилитр	<i>мл</i>	<i>ml</i>

При письме и чтении названий метрических мер нужно соблюдать следующие правила:

1. Все сокращённые названия пишутся без точки в конце. Лишь в том случае, когда такое сокращённое название меры является последним словом предложения, ставится точка.

2. Нельзя прочитать запись «5 га» — «пять га», а нужно говорить: «пять гектаров»;

3. Также нельзя говорить: «пять грамм», «сто грамм», а надо произносить: «пять граммов», «сто граммов» и т. д.

4. Записи

$$\begin{aligned} 1 \text{ кг} &= 1\,000 \text{ г}, \\ 1 \text{ ц} &= 100 \text{ кг}, \\ 1 \text{ гл} &= 100 \text{ л и т. д.} \end{aligned}$$

нельзя читать так:

$$\begin{aligned} 1 \text{ килограмм} &\text{ равен тысяча грамм}, \\ 1 \text{ центнер} &\text{ равен сто килограмм}, \\ 1 \text{ гектолитр} &\text{ равен сто литров и т. д.}, \end{aligned}$$

а надо читать следующим образом:

$$\begin{aligned} 1 \text{ килограмм} &\text{ равен тысяче граммам, или тысяче грамм}, \\ 1 \text{ центнер} &\text{ равен ста килограммам}, \\ 1 \text{ гектолитр} &\text{ равен ста литрам и т. л.} \end{aligned}$$

5. Записи

$$\begin{aligned} 1 \text{ дм} &= 0,1 \text{ м} \\ 1 \text{ мг} &= 0,001 \text{ г} \end{aligned}$$

следует читать:

$$\begin{aligned} 1 \text{ дециметр} &\text{ равен одной десятой метра}, \\ 1 \text{ миллиграмм} &\text{ равен одной тысячной грамма и т. д.} \end{aligned}$$

6. Ударения в названиях метрических мер надо ставить следующим образом: гекта́р, килогра́мм, килó — сокращённое название килогра́мма (кило — греческое *chilioi* — тысяча, без ударения); килогра́ммовая (гиря), киловáтт, киломе́тр, километрóвый, или киломе́тровый, микро́н, миллигра́мм, миллиме́тр, миллиметрóвка — бумага с миллиметрóвой сеткой; миллимикро́н, сантигра́мм, сантим — французская монета, сотая часть франка; сантимéтр, сантимéтровое деление линейки, пятисантимéтровый и т. д.

7. При письме чисел как отвлечённых, так и именованных, надо соблюдать рекомендуемые международной комиссией правила¹:

	Следует писать:	Нельзя писать так:
Числа	1 000 000	1 000.000
	0,000 001 ²	1 миллион 0,000.001
	42,8	42 ³
	1 432,659 87	1.432,659.87
	1/10 или 0,1	10-я или 1/10-я

¹ R. Taton, Unités et étalons principaux. «Unités et mesures». Supplement au № 3176 de «La Nature», декабрь 1949.

² Англо-саксонские народы употребляют для отделения разрядов целых от десятичных долей точку, тройки разрядов отделяют друг от друга запятой. Так поступать не следует, а писать согласно указанному выше правилу.

³ Последнюю цифру числа можно писать выше строки и петитом, если хотят указать, что эта цифра сомнительна.

Следует писать:

Именован- ные числа	}	1 м
		12,3 см
		1 мм
		1 м ²
		1 дм ²
		• • • •
		1 см ³
		4° 27' 35''
		3 ч. 12 м. 30 с.

Нельзя писать так:

1 м.	}	В наших книгах такая запись допускается
12 см 3 мм, или см 12,3		
1 м/м		
1 кв. м.		
1 кв. дм		
1 куб. см.		
4°, 27', 35''		
4° 27 м 35 с		
3 ч. 12' 30''.		

Отметим здесь, что по решению генеральной конференции весов и мер 1948 года градусы температуры по термометру Цельсия рекомендуется писать: 10°C и произносить: «10° Цельсия», а не «10° стоградусной шкалы».

АРХИВНЫЙ МЕТР

Закон 7 апреля 1795 года, установив временный метр, указывает, что работы комиссии 1791 года будут продолжаться. Измерительные работы были закончены лишь к осени 1798 года и дали окончательную длину метра в 3 фута 11,296 линии вместо 3 футов 11,44 линии, каковую длину имел временный метр 1795 года (старинный французский фут равнялся 12 дюймам, дюйм—12 линиям).



Рис. 34. Проект медали с надписью «На все времена, для всех народов».

В это время власть в Париже была уже в руках Директории, министром иностранных дел которой состоял Талейран, докладчик первого проекта реформы системы мер. Он предложил созвать представителей союзных с Францией и нейтральных стран для обсуждения новой системы мер и весов для придания

ей международного характера. В сентябре 1798 года делегаты съехались (среди них известный геометр Маскерони), и 25 мая 1799 года международный конгресс заявил об окончании своих работ по проверке определения длины основных эталонов 22 июня того же года (4 мессидора VII года республики) изготовленные окончательные прототипы метра и килограмма были сданы в Архив Французской республики на хранение, почему эти эталоны получили название архивных.

Через полгода, уже при новом французском правительстве — консульстве, во главе которого стоял Бонапарт, законом 10 декабря 1799 года (19 фримера VIII года республики) был отменён временный метр, введённый в 1795 году, и вместо него единицей длины признан архивный метр. Статья 4-я закона говорит: «Будет изготовлена медаль, чтобы передать памяти потомства время, когда система мер была доведена до совершенства, и операцию, которая послужила ей основой». Надпись на лицевой стороне медали будет: «На все времена, для всех народов», а внизу: «Французская республика, VIII год».

Медаль эта не была выбита. Лишь в 1837 году, когда французское правительство окончательно решило ввести метрическую систему с 1 января 1840 года во всеобщее и обязательное употребление, одно частное лицо заказало проект такой медали, повидимому, оставшийся неосуществлённым.

Законом 10 декабря 1799 года основой метрической системы признан архивный метр, т. е. длина конкретного эталона. Так же был определён килограмм, как вес определённого прототипа. Эти архивные эталоны лишь через 90 лет уступили своё место новым, конкретным же прототипам, получившим название международных.

ПРИЧИНЫ, МЕШАВШИЕ ПРОВЕДЕНИЮ В ЖИЗНЬ МЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Население Франции встретило новые меры без особого энтузиазма. Крестьянство в вопросе о реформе системы мер нуждалось в защите от произвола феодалов и устранения путаницы существующей системы мер. Метрическая система, удовлетворив этим требованиям, вместе с тем ввела новые, идущие в разрез с вековыми привычками, меры и непонятные населению названия их. Сдержанно отнеслись к новой системе мер и господствующие слои населения. Власть к 1799 году перешла в руки крупной буржуазии, которая стремилась к соглашению с остатками прежней знати и церковью. Революционные реформы, в том числе метрическая система, вызывали к себе подозрительное отношение этой буржуазии. Не революция задержала полное проведение в жизнь реформы системы мер, как об этом пишут буржуазные историки, а реакция, которая началась в 1794 году.

Среди лиц, относившихся к новым мерам без восторга, был и Наполеон, вскоре ставший французским императором. Декре-

том 1812 года он, наряду с метрической системой, ввёл «обиходную» систему мер для употребления в торговле. Правда, на другой стороне «обиходных» мер была обозначена их величина в метрических мерах, но население на практике пользовалось лишь «обиходными» мерами.

Восстановление во Франции в 1815 году королевской власти содействовало забвению, наряду с другими достижениями революции, и метрической системы. Революционное происхождение метрической системы равным образом мешало распространению её в других странах. В 1799 году известный берлинский астроном Боде отказывается писать в своём журнале о метрической системе, так как он-де «имеет честь и счастье писать в стране с монархическим правительством». Петербургский академик Н. И. Фусс бракует руководство геометрии Н. И. Лобачевского в 1823 году, между прочим, по той причине, что Лобачевский в своей книге «принимает французский метр за единицу при измерении прямых линий и сотую часть четверти круга, под именем градуса, за единицу при измерении дуг круга».

Академик Фусс пишет далее: «Известно, что сие разделение выдумано было во время французской революции, когда бешенство нации уничтожить всё прежде бывшее распространилось даже до календаря и деления круга; но сия новина нигде принята не была и в самой Франции давно уже оставлена по причине очевидных неудобств». Нужно отметить, что академик Н. И. Фусс в приведённых словах своего отзыва проявляет полное незнакомство с историей вопроса о делении углов.

Уже в 1585 году фламандский инженер Симон Стевин ратовал за введение в употребление десятичного деления всех мер¹. Деление градуса на 100 частей проводилось в первых логарифмических таблицах начала XVII века (Бриггс, Аутрид и др.). Лагранж в бытность директором Берлинской Академии наук и астрономической обсерватории в 1782 году указал на необходимость в астрономических справочниках делить прямой угол на 100 частей, что и было осуществлено в изданных после этого немецких таблицах 1892 года, т. е. к тому времени, когда французские учёные только лишь горячо ратовали за переход к делению прямого угла на 100 частей. Без дальнейшей экскурсии в подробности истории этого вопроса, которая изложена наиболее обстоятельно в работе Р. Мемке, можно сказать, что слова Н. И. Фусса о «бешенстве французской нации», которое якобы ввело деление прямого угла на 100 частей вместо 90, лишены всякого основа-

¹ Этому Симону Стевину буржуазные историки приписывают открытие десятичных дробей, что является ошибочным, так как более 150 лет до опубликования Стевиным брошюры, агитирующей за введение в употребление десятичных дробей, употребление их было введено и разъяснено самаркандским астрономом Гиясэдином Джемшидом ал-Каши. К сожалению, приписывание заслуги открытия десятичных дробей Стевину встречается и в советской литературе, в частности в комментариях к «Геометрии» Н. И. Лобачевского (II том сочинений Лобачевского, стр. 112, 1949).



Б. С. Якоби.

ния.¹ С 1850 года, отчасти благодаря международным выставкам, на которых особенно отчётливо выступало неудобство существования многочисленных национальных систем мер, передовые учёные по почину Б. С. Якоби начинают энергичную агитацию в пользу метрической системы. Особенно плодотворна в этом направлении была деятельность Петербургской Академии наук и её члена Бориса Семёновича Якоби. В семидесятых годах эта деятельность увенчалась действительным превращением метрической системы в международную.

ВИИ. МЕТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА СТАНОВИТСЯ МЕЖДУНАРОДНОЙ БЛАГОДАРЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РУССКИХ УЧЁНЫХ

На всемирной выставке 1867 года в Париже, в организованном там международном комитете мер, весов и монет, русский академик Б. С. Якоби выступал с докладом, в котором сформулировал преимущества метрической системы, как экономически самой выгодной вследствие её десятичной основы.

В 1869 году Петербургская академия наук обратилась к учё-

¹ Литература вопроса: A. Schülke, Zur Dezimalteilung des Winkels, «Zeitschrift für mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht», 27, 1896; R. Mehmkе, Bericht über die Winkelteilung». Jahresbericht d. Deutschen Mathematiker — Vereinigung, 8, 1890.

ным учреждениям всего мира с призывом заняться пересмотром оснований метрической системы для того, чтобы она могла стать международной. Достижения науки, говорилось в обращении, привели к необходимости отказаться от определения метра как десятиmillionной доли четверти меридиана: архивный метр не был равен этой естественной длине в конце XVIII века, он не совпадает и ни с одним из результатов позднейших измерений¹. Эти измерения каждый раз давали отличные друг от друга результаты, доходящие для четверти меридиана до 10 002 286 метров вместо 10 000 000 (наиболее точны результаты Ф. Н. Красовского 1936 года). Но так как немыслимо после каждого более совершенного измерения меридиана менять длину метра, то Петербургская Академия наук предложила принять архивные эталоны за прототипы и изготовить с них возможно точные и устойчивые образцы для разных стран, сделав этим метрическую систему фактически международной.

Это предложение было поддержано рядом других авторитетных научных учреждений. По приглашению французского правительства 8 августа 1870 года, через три недели после вспыхнувшей франко-прусской войны, представители двадцати четырёх государств собрались в Париже на заседание Международной конференции метра. Комиссия в основу своей предстоящей работы положила принципы, высказанные в обращении Петербургской Академии наук и сводящиеся к тому,

что основная единица системы мер должна быть определена посредством материального эталона, который наиболее точно воспроизводит длину архивного метра.

Осада Парижа прервала работы комиссии. В начале 1872 года они были возобновлены в составе представителей уже тридцати стран. Комиссия в новом составе подтвердила указанные выше принципы. Она утвердила эталон метра, изготовленный из сплава 90% платины и 10% иридия, в виде

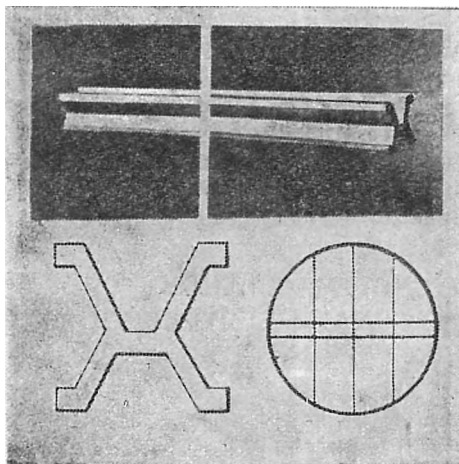


Рис. 35. Международный прототип метра и его поперечный разрез.

¹ По современным уточнённым данным международный метр, как и архивный метр, копией которого является международный эталон, короче одной десятиmillionной доли четверти меридиана приблизительно на 0,2 мм. Международный килограмм на 0,027 г тяжелее кубического дециметра чистой воды при максимальной её плотности.

стержня, поперечный разрез которого напоминает букву X. Принятый в качестве материала эталона сплав обладает большой неизменяемостью и прочностью, а приданная эталону форма сечения обеспечивает стержню наибольшую сопротивляемость изгибу при наименьшем весе. Такой эталон воспроизводит длину архивного метра с точностью до 0,001 миллиметра.

За величину килограмма комиссия приняла архивный килограмм, т. е. массу 1,000028 кубического дециметра воды при 4°C, а не уточнённый вес кубического дециметра воды. При принятии такого определения, помимо разных других соображений, имелось в виду, что взвешивания могут производиться с значительно большей точностью, чем определения объёмов, почему было бы нецелесообразно величину, которая может быть установлена с большей точностью, выводить из данных, обладающих меньшей точностью.

Эволюция степени точности современных способов взвешивания характеризуется следующим примером. В 1905 году, на выставке в Льеже (Бельгия), самые точные весы могли из двух визитных карточек, на которых король написал своё имя, по весу определить ту, на которой имя «Леопольд» было написано нарочно без последней буквы. Иными словами, можно было взвесить букву *d*, написанную заострённым карандашом. В номере бельгийского метрологического журнала за апрель месяц 1953 года сообщается, что построены весы такой чувствительности, которыми можно было взвесить точку над *i*, сделанную очень хорошо заострённым карандашом № 2: была обнаружена разница в весе двух карточек, из которых на одной была написана *i* с точкой, на другой *i* без точки. Чернильная точка оказалась в среднем в 10 раз тяжелее и взвешивалась без особых трудностей.

Международная комиссия метра постановила изготовить необходимое число возможно точных копий архивных эталонов метра и килограмма, один из эталонов той и другой меры признать за международный прототип, а остальные по жребию распределить между государствами-заказчиками как национальные прототипы.

В 1875 году была созвана в Париже дипломатическая конференция метра из представителей двадцати государств, и 20 мая 1875 года была подписана представителями семнадцати государств «конвенция метра для обеспечения международного единства и совершенствования метрической системы». Конвенция учредила Международное бюро мер и весов, подчинённое только постоянному международному комитету и через него генеральной конференции, состоящей из представителей стран, примкнувших к конференции метра.

Генеральная конференция метра, в которой председательствует президент Парижской Академии наук, собирается через каждые шесть лет. Последняя, девятая по счёту, заседала в Севре в октябре 1948 года. Научные и административные постановления генеральной конференции осуществляет М е ж д у н а р о д н ы й

постоянный комитет, который в настоящее время составляется из 18 членов, по возможности из представителей разных стран. Комитет этот собирается через каждые два года.

Международное бюро мер и весов состоит из научных и технических работников и административного персонала. В настоящее время постоянных работников, включая и научный обслуживающий персонал, не более двадцати. По положению эти лица могут быть любой национальности. Директор бюро по положению является членом постоянного комитета. Он избирается постоянным комитетом тайным голосованием. В настоящее время этот пост занимает член Парижской Академии наук А. Перар (A. Régard). Президент постоянного комитета, его секретарь и директор бюро мер и весов должны быть представителями разных стран.

Ведению перечисленных международных органов подлежат все мероприятия, необходимые для распространения и усовершенствования метрической системы. Французское правительство предоставило в распоряжение международных учреждений метрической системы Бретейльский павильон в парке Сен-Клу, в окрестностях Парижа¹. Расходы по содержанию Международного бюро мер и весов, составляющие в настоящее время 175 000 франков золотом в год, покрываются взносами подписавших конвенцию метра государств (в 1948 году их было 33) по развёрстке, основанной на численности их населения (для отдельных государств от 0,5 до 15% общей суммы взносов). В настоящее время максимальный взнос делают СССР и Соединённые Штаты Америки

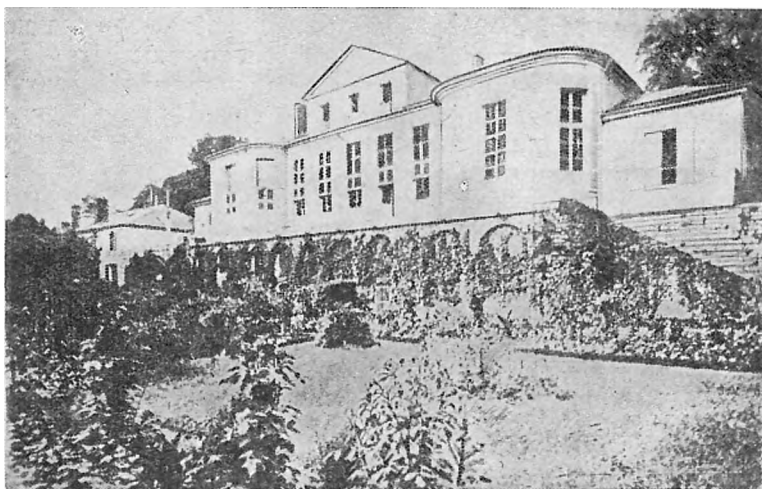


Рис. 36. Бретейльский павильон — помещение международной комиссии мер и весов.

¹ См. приложение.

(около 8000 рублей золотом), минимальный — Дания, Ирландия, Финляндия, Норвегия и Уругвай (около 300 рублей золотом).

К 1889 году были под наблюдением международной комиссии изготовлены 34 эталона метра и 43 эталона килограмма. В этом же году, в столетие французской революции, выдвинувшей лозунг создания системы мер «для всех народов», международным комитетом мер и весов были утверждены международные прототипы, равно как эталоны для государств — участников метрической конвенции. России достались эталоны метра № 28 и № 11 и эталон килограмма № 12. Эталон метра № 28 и эталон килограмма № 12, хранящиеся во Всесоюзном научно-исследовательском институте метрологии имени Д. И. Менделеева в Ленинграде, согласно положению о мерах и весах СССР от 6 июня 1924 года, являются основными эталонами мер длины и веса нашей родины.

28 сентября 1889 года международные прототипы метра и килограмма вместе с двумя контрольными к каждому прототипу были сданы в Бретейльский павильон. Этим актом кончилась роль архивных метра и килограмма; они стали хотя и почтенными, но всё же только историческими памятниками, хранимыми по сегодняшний день в государственном архиве Франции. С этого момента метр и килограмм определяются как длина и вес международных эталонов, хранящихся в Бретейльском павильоне.

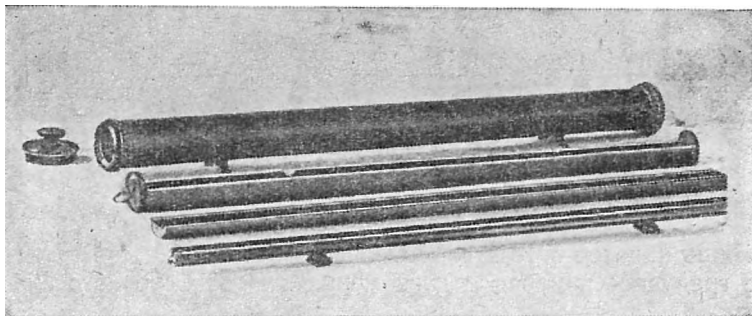


Рис. 37. Прототип метра и футляры, в которых он хранится.

Для практического применения метрической системы мер является безразличным, называем ли мы метром длину $1/40\,000\,000$ доли меридиана, или длину хранящегося в Париже платинового эталона, или, как будет указано в дальнейшем, длину некоторого числа волн определённого луча. Существенны лишь неизменность прототипа, его возможно точная воспроизводимость и десятичные единичные отношения. Научная мысль продолжает работать в направлении наиболее лучшего удовлетворения первым двум требованиям. Усовершенствование методов воспроизведения эталона

сделало возможным отрыв от меридиана. Практические преимущества метрической системы обеспечивают ей в ближайшем будущем полное осуществление по крайней мере второй половины лозунга: «На все времена, для всех народов».

Тот факт, что современное определение метра оторвало метр от $1/40\,000\,000$ доли меридиана, не означает бесполезности колоссальных трудов, затраченных на измерение меридиана французскими учёными.

Измерение дуги меридиана Деламбром и Мешеном имеет большое значение в истории науки о Земле. Для того времени оно было самым большим по охвату дуги меридиана.

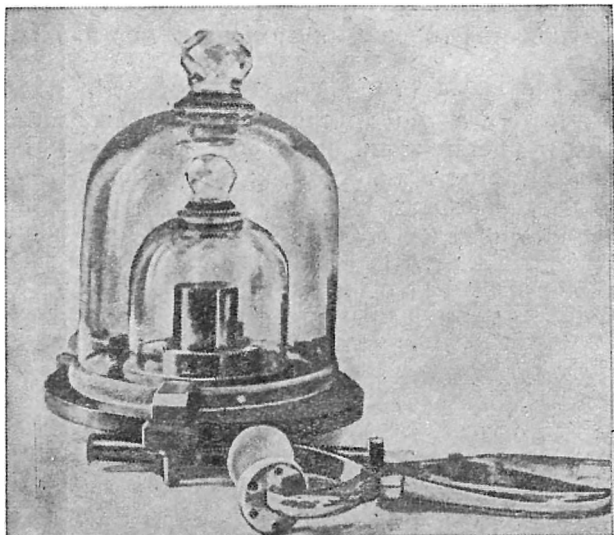


Рис. 38. Прототип килограмма и способ его хранения.

Лишь начатое в 1816 году Василием Яковлевичем Струве русское градусное измерение дуги меридиана от Северного Ледовитого океана до Дуная, простиравшееся на $25\frac{1}{3}$ градуса, в $2\frac{1}{2}$ раза превысило дугу Деламбра и Мешена.

В заключение приведём характеристику старой и новой системы мер, данную академиком А. Н. Крыловым (1863—1945):

«Про английскую систему, или, лучше сказать, бессистемность мер, великий физик Томсон сказал, что она была бы самой нелепой из всех, если бы английская монетная система не была ещё более нелепа¹.

Такова была и старая французская система, да притом ещё в каждой провинции своя.

¹ Об английской системе мер смотри приложение.



А. Н. Крылов

Комиссия, назначенная французским революционным правительством, в которой участвовал Лаплас, разработала изумительную по простоте и удобству систему. Оставалось выбрать основную единицу длины.

Тут сказались хитроумие Лапласа. Ему надо было знать для других его очень важных теоретических работ с возможной точностью размеры и форму Земли.

Лаплас прекрасно понимал, что для системы мер сделают определённой длины стержень, назовут его «метр» и от него производят остальные единицы мер.

Однако Лапласу нужны были истинные размеры и форма меридиана.

Это требовало больших геодезических работ. Кто в тогдaшнее военное время дал бы денег на измерение какого-то там меридиана, хотя бы и парижского, а вот на введение столь превосходно разработанной системы мер деньги всегда найдутся».

Как мы видели, средства действительно были отпущены. Дуга меридиана была измерена, и полученные результаты широко использованы в науке.

**
*

Вернёмся к международным эталонам мер. Как было уже рассказано, копии эталонов, розданные участвующим в метрической конвенции государствам, воспроизводят архивные эталоны с той же точностью, как и международный эталон и его контрольные копии, находящиеся в Бретейльском павильоне. Они хранятся в



В. Я. Струве.

метрологических учреждениях соответственных стран с соблюдением таких же мер предосторожности, как в Бретейльском павильоне. Время от времени они сравниваются с международными эталонами, что и составляет одну из задач Международного бюро мер и весов.

Как употреблённый для изготовления эталонов сплав, так и приданная эталону форма оправдали возлагавшиеся на них надежды учёных. Высокие качества сплава, употреблённого для эталонов, признал Д. И. Менделеев, который в 1894 году приобрёл от фирмы, изготовившей материал для эталонов, остаток сплава для изготовления описанной выше полусажени — эталона тогдашней русской системы мер длины.

Доказательство устойчивости материала эталонов даёт судьба эталона, принадлежавшего Сербии (ныне Югославии).

Сербские эталоны метра и килограмма в 1915 году, во время первой мировой войны, когда австрийские войска приближались к Белграду, были эвакуированы оттуда на муле. Вместо хранения в неизменном покое и при постоянной температуре эталоны подверглись тряске и перемене температуры. В 1920 году было проведено сравнение их с архивными. По сравнению с данными 1889 года было обнаружено изменение длины метра не более чем на 0,0002 миллиметра и килограмма в пределах 0,00001 грамма.

Отметим, что вместо сплава платины и иридия изобретались и другие сплавы, обладающие большою устойчивостью. Таковым является сплав «инвар», употребляющийся при изготовлении эталонов.

Инвар — это сплав 64% железа и 36% никеля. Само название сплава «инвар» [«вариация» — «изменение», «инвар» — сокращение слова «неизменяющееся»] выражает его основное свойство. Инвар по дешевизне своих составных веществ (в сравнении с платиной) находит широкое применение при изготовлении эталонов. Это становится понятным, если иметь в виду, что эталон метра весит в среднем 3300 граммов и что платина в несколько раз дороже золота.

В октябре 1946 года имело место первое после второй мировой войны пленарное заседание Международного комитета мер и весов, происходившее после девятилетнего перерыва. Комиссия произвела традиционный осмотр подвалов, где хранятся эталоны, и удостоверилась в том, что укрепленные своды подвалов охраняли эталоны от повреждений, которые могли бы произвести падавшие поблизости бомбы. Впервые с 1889 года было произведено сравнение международных эталонов с употребляемыми копиями их. Было обнаружено совпадение с точностью до 0,05 *м* для эталона килограмма и с точностью до 0,1 μ ($\pm 1.10^{-7} \text{ м}$) для эталона метра (Science Progress, XXXV, № 139).

Эталон метра № 28, полученный Россией при раздаче копий метра, имел в 1888/89 году длину $1 \text{ м} + 0,47 \mu$. Повторное сличение нашего метра с парижским в 1936 году дало длину $1 \text{ м} + 0,71 \mu$.

Вообще за годы 1920—1935, т. е. спустя 30—45 лет после первоначального сравнения национальных эталонов, была проведена проверка их в 24 случаях. Только один эталон № 4 (Франция) оказался сохранившим полностью свою длину. Для всех других были обнаружены изменения, доходившие у некоторых до 0,7 μ . Однако никакой закономерности в этих изменениях не обнаружилось. По мнению метрологов, наблюдающиеся расхождения длин эталонов объясняются не только возможными молекулярными изменениями в материале эталонов, но и несовершенством методов сравнения металлических эталонов между собою (В. А. Баринов, Современное состояние эталонов длины, Всесоюзный научно-исследовательский институт метрологии, Ленинград, 1941).

ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ МЕЖДУНАРОДНОГО БЮРО МЕР И ВЕСОВ

Лаборатории бюро снабжены метрологическими приборами и установками высшей степени точности для непрерывного сравнения национальных эталонов с международными и для других точных измерений. Кроме этого, бюро выполняет всевозможные задания стран, принявших конвенцию метра, по вопросам термометрии, барометрии, гигрометрии, по определению условий плавления и застывания веществ, по определению свойств сплавов, условий сжижения паров и т. д. Бюро решало вопросы методики геодезических работ, изучало метрологические качества разных

световых волн, определяло ускорение силы тяжести, объём килограмма воды и пр. и пр. Результаты деятельности бюро напечатаны более чем в двадцати томах Трудов бюро и в протоколах Международного комитета.

С 1927 года, по запросу разных стран, бюро изучает электрические и фотометрические единицы в целях установления международных значений таких единиц, каковы: вольт, ом, кандела, люмен. Работы в этом направлении привели к введению во всём мире с 1 января 1948 года общих единиц электрических и световых. Разрабатывается аналогичный вопрос относительно термометрических единиц.

Программа работ Международного бюро мер и весов расширилась чрезвычайно сравнительно с планом этих работ, намеченным при учреждении бюро почти три четверти века тому назад. Пережитые за это время две мировые войны, нарушившие нормальную работу бюро, не лишили народы уверенности в том, что деятельность этого международного учреждения необходима и полезна, что оно работает, согласно старому лозунгу: «На все времена, для всех народов».

**

Из нашего рассказа о превращении метрической системы в международную ясна исключительная роль в этом деле русской науки и её представителя — академика Б. С. Якоби. Эту заслугу России подчеркнул французский министр иностранных дел, открывая в 1889 году в Париже международную конференцию метра признанием, что это важное международное мероприятие было начато по почину Петербургской академии наук и при активнейшем её участии доведено до благополучного конца.

Делегаты Петербургской Академии на этой конференции, среди которых уже не было Б. С. Якоби, имели полное основание констатировать в своём отчёте, что «учёный мир обязан России тем, что реформа метрических прототипов была предпринята в благоприятное к тому время, а Академия наша вправе гордиться тем, что упомянутая реформа проведена на основаниях, ею выработанных с самого начала, и всё время поддерживаемых ею против расхоронившихся иной раз мнений»¹.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРА ПРИ ПОМОЩИ ДЛИНЫ ВОЛНЫ

История метрической системы началась с поисков природной длины для единицы расстояний. В конце XVIII века за такую природную длину метра приняли одну сорокамиллионную долю парижского меридиана. От этого взгляда, законного в конце XVIII века, к концу XIX века осталось только воспоминание

¹ Доклад делегатов России на Международной конференции метра, состоявшейся в сентябре 1889 года в Париже, «Записки Академии наук», том. 61, кн. 2, 1890, стр. 99 и след.

о некогда имевшем место взгляде в вопросах измерения. Метр по почину Петербургской Академии наук стал определяться как длина хранящегося в Париже эталона. Метр стал длиной конкретного предмета.

Наблюдения обнаружили, что и платино-иридиевый эталон не обладает неизменностью. Появилась необходимость увязать длину эталона с какой-нибудь природной, более постоянной величиной. Такая постоянная должна была бы играть роль контрольной величины и дала бы возможность судить, не изменилась ли длина эталона. Изменение эталонов с течением времени вполне мыслимо вследствие происходящих в материале молекулярных процессов, которых современная наука ещё не может ни предвидеть, ни предотвратить.

Ещё Максвелл в середине XIX века указал, что такой устойчивой природной величиной, которая могла бы быть использована для контролирования эталонов длины, является длина световой волны.

Работу сравнения длины метрового эталона с длиной световой волны начал известный физик Майкельсон, счастливо выбравший для этого одну из красных линий кадмия. Оказалось, что в метре укладывается 1 553 163,5 длин волны красной линии кадмия λ_R . Майкельсон по сути дела не метр измерял в длинах волны линии кадмия, а, наоборот, неизвестную длину этой волны измерил в метрах¹. Метод Майкельсона позднее уточнялся, длина международного метра повторно сравнивалась с длиной волны λ_R . В результате подтвердилась уверенность в прекрасной сохранности эталона метра и точность светового (интерференционного) способа измерения длин.

В последние двадцать лет было произведено изучение длины многих национальных эталонов метра все более и более совершенными интерференционными методами. Новую методику для такого сравнения предложил академик А. А. Лебедев в нашем Государственном оптическом институте. Этой методикой в 1942 году советскими физиками (Романова, Варлих, Карташёв и Бартукова) и была определена длина метрового эталона в длинах волны. Среднее значение длины волны λ_R на основании девяти измерений (во Франции, Германии, Японии, Англии и СССР) оказалось равным $6\,438,4696 \pm 0,0009$ ангстрема ($10^{-10} м$), а число таких волн в метре 1 553 164,12. Седьмая генеральная конференция по мерам и весам 1927 года решила принять длину волны красной линии кадмия λ_R равной 6 438,4696 ангстрема *м*. Этим фиксированием длины волны по существу была введена новая единица длины, в то время как до этого метрологи определяли неизвестную им длину волны при помощи эталона метра. Мы вновь вернулись к природной еди-

¹ Работа Майкельсона изложена в переведённой на русский язык книге: А. Майкельсон, Световые волны и их применение.

нице длины, преимуществом которой является большое постоянство и лёгкая воспроизводимость. Вместе с тем метрология даёт новое определение метра:

Метр есть 15 533 164,13 длин волны красной кадмиевой линии в сухом воздухе при температуре в 15°C, при давлении воздуха в 760 мм ртутного столба и нормальном содержании углекислого газа (CO₂) в воздухе 0,03% по объёму, при показателе преломления воздуха, при указанных условиях, равном 1,000 276 47 и при ускорении земной тяжести=980,665 см/сек².

По этому определению длина метра может быть восстановлена в любое время в любом месте, хотя бы погибли все прототипы его. Точность сравнения длин волн между собою значительно выше точности сравнения металлических эталонов длины: длина метра может быть определена с точностью до нескольких 10⁻⁸. Пользование длиной волны для определения метра технически удобнее как по самому процессу сравнения, так и в смысле переноса установки.

Сохранит ли красная линия кадмия за собой роль первичного эталона длины?

Вряд ли. Ряд преимуществ перед кадмием имеет криптон, который при измерениях длины не требует подогревания. Инфракрасная линия криптона позволяет непосредственно измерять эталон в два раза длиннее, чем это возможно кадмиевой линией. Изотоп ртути Hg¹⁹⁸ оказывается ещё более лучшим источником лучей для получения природного эталона длины.

На 1939 год была намечена международная конференция по мерам и весам, которая должна была заняться вопросом об установлении нового определения метра. Начавшаяся наступлением гитлеровской Германии война помешала этому. Первое после войны пленарное заседание Международной комиссии мер и весов было посвящено восстановлению нормальной работы Международного бюро мер. Лишь в наши дни вопрос об установлении и утверждении нового определения метра становится в порядок дня.

Последние сведения о деятельности Международного бюро мер и весов по вопросу об определении длины метра в длине световых волн следующие.

Международное бюро метра в ответ на запросы с разных стран в 1952 году создало Сопроводительную комиссию для определения метра, которая должна была подготовить материал для принятия решения по этому вопросу очередной генеральной конференцией метра в 1954 году.

Мысль Максвелла о выражении длины метра в длинах волн на современном уровне науки подробно рассматривается в книге директора Международного бюро мер и весов А. Перара¹.

¹ A. P é r a r y, La Création du Bureau international des Poids et Mesures et son oeuvre, Paris, 1927.

Признавая преимущества такого определения метра, совещательная комиссия изучает технические условия осуществления перехода на новую точку зрения в этом основном вопросе метрологии. Основной проблемой является выбор между изотопами кадмия, ртути и криптона того, лучи которого наилучшим образом отвечают техническим требованиям. Преимущества в этом отношении имеет зелёный луч изотопа ртути.

Мнение специалистов в настоящее время более благоприятно в пользу определения метра в длинах волны, чем это было первоначально у Перара и у совещательной комиссии К генеральной конференции 1954 года подготовительные работы не могут быть закончены, поэтому решение вопроса о новом определении метра будет возможно лишь на конференции 1960 года (отчёты А. Перара в докладах Парижской Академии наук — *Comptes Rendus, Paris, 237 (1953) № 4 и 5*).

Имеет ли какое-нибудь практическое значение такая точность определения длины метра, к которому стремится современная метрология?

Для современной промышленности, особенно в нашей стране, характерно широчайшее развитие массового производства. Массовое изготовление взаимозаменяемых изделий и частей сложнейших механизмов современного производства требует создания исключительно точных калибров, шаблонов, мерительных скоб и других стандартов. Кооперирование заводов, изготавливающих детали сложных машин, требует самого точного соответствия стандартов, применяемых на заводах. Детали самолёта или сложного заводского агрегата, изготавливаемые на разных заводах, требуют исключительной точности.

Вообще можно сказать, что за последние 20—25 лет точные линейные измерения, в основу которых положена определённая единица длины, не являются уже привилегией только метрологов и геодезистов. Точные, более того, сверхточные линейные измерения вошли широким потоком в современную технику и в промышленность — машиностроение, станкостроение, моторостроение, самолётостроение, приборостроение. Нижняя граница точных непосредственных линейных измерений достигает теперь буквально величин атомного порядка, а верхняя граница (базисы триангуляций I класса) — 25 км.

Современные научные исследования в разных областях требуют точности, превышающей ту, которая достигалась метрологией в последние десятилетия. Упомянутые нами выше определения длин национальных эталонов метра дали в разных странах для определения длины волны красной линии кадмия числа, отличающиеся друг от друга на 0,0018 ангстрема при средней $\pm 0,0009$. Такое отклонение при современных требованиях к метрологической строгости считается недопустимой и может объясняться только неточностью метода сравнения штриховых эталонов между собой, так как сам штрих на эталоне

имеет ширину, приблизительно равную 8μ . Переход на новый, более точный метод определения длины метра является вопросом дня¹. За последние годы вошли окончательно в употребление исключительно концевые эталоны вместо штриховых. Вошли в заводскую практику тонкие оптические средства и приёмы, основанные на применении интерференции световых волн. Были сделаны громадные успехи в технике массового изготовления плоскопараллельных концевых эталонов длины, с идеальными, с точки зрения недавнего прошлого, по стойкости и качеству обработки измерительными поверхностями, притом в самом широком диапазоне размеров, начиная от $0,1\text{ мм}$ и кончая 3000 мм . Метрологи СССР за последние 20—25 лет пришли к выводу, что предельная точность измеренной $0,1\mu$ уже является недостаточной. Микрон и его десятые и сотые доли превратились ныне в реальные величины в цехах многих заводов. Для обеспечения реальности этих величин на практике и воспроизведения самой единицы длины лаборатория должна обращаться с тысячными и даже десятитысячными долями микрона. Всё это привело к убеждению, что длина световой волны является наиболее совершенным природным эталоном длины, которому человечество может доверить хранение единицы длины. И вот мы являемся свидетелями своеобразной диалектики развития.

Первый тезис постановления Международной метрической комиссии 1870 года говорит:

«Основная единица не может быть установлена теоретически, но должна быть определена посредством материальной длины, посредством «прототипа», а Международное бюро мер и весов уже через год после торжественного акта принятия приведённого положения и вручения представителям различных государств платино-иридиевых штриховых метров-прототипов, в 1890 году, приглашает известного физика Майкельсона для экспериментальных работ по определению метра в длинах световых волн. Это было началом практического использования интерференции световых волн для высоко точного определения длины, началом той метрологической практики, которая в настоящее время является единственно применяемой. В широкую практику интерференционные измерения длин волны вошли около 1930 года. Эти измерения стали практикой обширных областей промышленности.

Важнейшая проблема, выдвинутая требованиями машиностроительной промышленности, именно измерения плоскопараллельных концевых мер «большой» длины (от 100 до 500 мм и далее до 1000 мм) интерференционными методами, была раз-

¹ См. очерк Л. Б. Понизовского «Эталон длины», «Природа», 1945, № 2, и доклад В. А. Барина «Измерение длины и проблема перехода на новый эталон длины — длину световой волны», «Труды третьей сессии Академии наук Казахской ССР», 1947, под общей редакцией акад. К. И. Сатпаева, Алма-Ата, 1949, стр. 170 и след.

решена к 1939 году советскими физиками (Государственный оптический институт) и метрологами (Оптическая лаборатория Всесоюзного научно-исследовательского института метрологии имени Д. И. Менделеева). Советские инструментальные заводы («Красный инструментальщик» и «Калибр») в 1930—1936 годы блестяще осваивают технику изготовления плиток высших классов точности. Новые концевые меры длины, опирающиеся фактически уже не на государственный штриховой эталон метра, а на интерференционный эталон — длину световой волны — вошли в измерительную и инструментальную технику точного машиностроения, станкостроения, приборостроения (В. А. Баринов, цитированное сочинение). Предельная погрешность абсолютных интерференционных измерений длины доходит до 0,005 микрона.

На наших глазах таким образом совершается переворот во взглядах на метр.

Международный прототип метра был одновременно и единицей длины и эталоном. Он по сути дела невоспроизводим. В случае утраты его всякий вновь изготовленный эталон будет лишь копией, выполненной в пределах точности измерения.

Длина световой волны, как указано выше, воспроизводима с идеальной точностью. Постановлением VII генеральной конференции мер и весов (1927) для длины волны красного луча кадмия принята величина

$$\lambda_R = 6438,4696 \cdot 10^{-10} \text{ м};$$

длина международного метра в этих единицах выражается равенством:

$$1 \text{ м} = 1\,553\,164,13 \lambda_R.$$

Эти числа совпадают со средним результатом произведённых в последующие десятилетия измерений, среди которых измерения советских физиков по схеме акад. А. А. Лебедева были одними из лучших, с вероятною погрешностью $\pm 2 \cdot 10^{-8} \text{ м}$.

Практическая часть проблемы для выбора максимально неизменного, воспроизводимого и точного эталона длины разрешена. Осталось законно оформить переход на новое определение метра генеральной конференцией мер и весов, что предполагалось в 1939 году. Советские метрологи были подготовлены к этому и представили свои тезисы Международному комитету на сессии его в 1935 году. Как указано, вторая мировая война помешала осуществлению всех предположений. Надо полагать, что генеральная конференция метра 1960 года постановит сохранить единицу длины метр, с которым большинство народов мира уже свыклось, определив абсолютно надёжно длину его в длинах световой волны. Последняя длина и будет новым эталоном длины.



Н. И. Лобачевский.

VIII. МЕТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА МЕР В РОССИИ И СССР

В России передовые учёные с начала XIX века подчёркивали значение метрической системы и выступали за внедрение её в практику. Н. И. Лобачевский в своём руководстве «Геометрия» в 1823 году ввёл некоторые элементы метрической системы. Это обстоятельство послужило одной из причин, почему книга в то время не была напечатана. Она появилась в печати лишь в 1909 году.

Профессор Д. М. Перевошиков, впоследствии член Академии наук, в своей «Ручной математической энциклопедии» (книжка 1, «Арифметика», 1826) даёт очерк о метрических мерах, в котором пишет:

«Для совершенства мер необходимы следующие качества:

- 1) они должны быть постоянны;
- 2) все меры должны зависеть от одной из них;
- 3) их высшие и низшие деления не могут быть произвольны, но надобно принять такие, которые представляли бы наименьшие затруднения при выкладках; наконец,
- 4) названия сих мер, при возможной простоте, должны показывать их отношения к основной мере.

Нетрудно усмотреть, что все меры, употребляемые европейскими народами¹, не имеют сих достоинств, и по свойству своему,

¹ Ни одна страна в то время ещё не пользовалась метрической системой мер; во Франции, как указано выше, она была введена лишь в 1840 году.



Д. М. Перевощиков.

особенно же по бесконечному разнообразию, должны затруднять не только учёных, но даже людей всякого звания.

Меры пространства суть важнейшие. Но кто знает, от какого предмета в природе взяты оные? Например, употребительнейшая из них фут? Слово сие означает человеческую ступню... Прекрасный выбор! Ступня великана и ступня карлика суть футы! Скажут, что тут берётся ступня человека среднего роста. А чем определяется этот средний рост? Теми же футами. Итак, всякий должен согласиться, что надобно было исправить столь важный недостаток. Французский Конвент предписал составить особенный комитет из славнейших ученых Франции: Лапласа, Лагранжа, Монжа, Борда, Лефевра-Жино и прочих. Сии великие умы исполнили желание правительства так, как надобно было ожидать от их обширной учёности».

Дав общие сведения о метрической системе и показав её преимущества, Д. М. Перевощиков заключает свой очерк словами:

«Из сего сказанного можно усмотреть, что метрические меры имеют все желаемые совершенства. Если существуют ещё препятствия для принятия их во всеобщее употребление, то по крайней мере учёные должны уважать сие изобретение, дорожить им и навсегда остаться признательными к трудам мужей, желавших принести истинную пользу для всех народов и для всех времён».

В указанном параграфе учебника Д. М. Перевощикова совершенно точно сформулировано то, что нужно говорить и в настоящее время о метрической системе. Мы не встречали в ли-



Ф. И. Петрушевский

тературе начала прошлого века ни у одного автора такой отчётливой оценки метрической системы, какую дал русский учёный.

В 1849 году была издана большая книга Ф. И. Петрушевского «Общая метрология», содержащая на 825 страницах полное описание мер всех стран. Книга эта, премированная Петербургской Академией наук и изданная на её средства, не потеряла интереса и до сих пор и служит полезным справочником.

Автор книги — Фома Иванович Петрушевский — известен как передовой русский учитель и писатель, первый переводчик математических трудов великих греческих математиков Евклида и Архимеда с греческого подлинника на русский язык. Передовые взгляды этого русского учителя выразились и в его взглядах на метрическую систему. Он пишет:

«Французские учёные, занимавшиеся во время революции, по поручению правительства, составлением метрической системы для Франции, имели в виду сделать её всемирною; но это предположение не состоялось по многим причинам, между коими важною была и та, что они преобразовали и меру времени, освящённую тысячелетиями¹... Даже в самой Франции преобразование счёта времени было вскоре оставлено. Но это нисколько не уменьшило достоинства всей остальной системы... Многие го-

¹ Во время французской революции был введён и новый календарь, отменённый вскоре Наполеоном.

сударства Западной Европы и некоторые американские области мало-помалу вводят у себя эту систему.

Мнение тех, которые полагают, что во всей Европе и даже на всём земном шаре могла бы существовать только одна метрическая система, не может назваться нелепым... Переходу на общую систему мер мешают политические расчёты (мнимые или действительные), привычка и невежество со множеством других дельных и неделных причин...»

Эти слова были написаны в годы самой чёрной реакции царствования Николая I. Автору книги тогда же Петербургская Академия наук назначила премию. Какой контраст между взглядами русских учёных Перевошикова, Петрушевского и многих других с приведёнными на стр. 80 словами известного берлинского астронома Боде! Слова Перевошикова и Петрушевского являются яркой иллюстрацией передового характера по крайней мере части русских учёных.

Ф. И. Петрушевский при каждом удобном случае подчёркивал преимущества метрической системы. Так, ещё в изданных Главным правлением училищ в качестве руководства «Начальных основаниях арифметики Лакруа, переведённых с нужными переменами и прибавлениями Ф. Петрушевским» (СПБ, 1817), дав примеры деления составных именованных чисел (сначала чисел, выражающих длины, затем — выражающих рубли и копейки), Петрушевский добавляет примечание:

«Сравнение способов, по порядку предложенных мною, есть без сомнения вернейшее доказательство великого преимущества и удобства, кои бы можно было получить от десятичных мер; и какой бы мы навык ни приобрели в вычислении составных количеств (т. е. именованных чисел в старой системе мер), нельзя однакож не чувствовать преимущества десятичной системы. Пример, выше предложенный, о превращении копеек ясно сие показывает».

В упомянутом примере копейки переводились в рубли в виде десятичной дроби.

В годы от 1860 до 1870, после энергичных выступлений Д. И. Менделеева, кампанию в пользу метрической системы ведут академик Б. С. Якоби, профессор математики А. Ю. Давидов, автор очень распространённых в своё время школьных учебников математики, и академик А. В. Гадолин. К учёным присоединились инженерно-технические круги. Русское техническое общество поручило специальной комиссии, под председательством академика А. В. Гадолина, разработать этот вопрос. В эту комиссию поступило много предложений от учёных и технических организаций, единогласно поддерживавших предложение о переходе на метрическую систему. При этом указывалось, что такой переход легче осуществим в России, чем в других странах: в России у населения есть привычка к десятичному счёту благо-

даря делению рубля, ведра и сажени на сотые доли; основные единицы русской системы мер и метрической системы близки по величине (верста и километр, десятина и гектар, полсажени и метр); наконец, повсеместное употребление в торговле и счетах торговых счетов делает понятным и для народа преимущество десятичной метрической системы, все расчеты в которой могут столь же удобно быть выполнены на счетах.

Изданный в 1899 году закон о мерах и весах, разработанный Д. И. Менделеевым, включал § 11:

«Международные метр и килограмм, их подразделения, а равно и иные метрические меры дозволяется применять в России, наравне с основными российскими мерами, в торговых и иных сделках, контрактах, сметах, подрядах и тому подобных — по взаимному соглашению договаривающихся сторон, а также, в пределах деятельности отдельных казенных ведомств... с разрешения или по распоряжению подлежащих министров...» Этим законом был подготовлен путь к введению метрической системы в России.

Окончательное решение вопрос о метрической системе в России получил уже после Великой Октябрьской социалистической революции.

14 сентября 1918 года Советом Народных Комиссаров, под председательством В. И. Ленина, было издано постановление, в котором предлагалось:

«Положить в основание всех измерений международную метрическую систему мер и весов с десятичными подразделениями и производными.

Принять за основу единицы длины — метр, а за основу единицы веса (массы) — килограмм. За образцы основных единиц метрической системы принять копию международного метра, носящую знак № 28, и копию международного килограмма, носящую знак № 12, изготовленные из иридийной платины, переданные России первой Международной конференцией мер и весов в Париже в 1889 году и хранимые ныне в Главной палате мер и весов в Петрограде».

В первое послереволюционное десятилетие рядом со старыми мерами употреблялись и метрические. Лишь с 1 января 1927 года, когда переход промышленности и транспорта на метрическую систему был подготовлен, метрическая система стала единственно допускаемой в СССР системой мер и весов.

Неоднократно отмечалось в литературе, что ни в одной стране переход на метрическую систему мер не совершился в такой краткий срок, как в обширнейшем многонациональном Союзе Советских Социалистических Республик.



Рис. 39. Уголок Д. И. Менделеева в научно-исследовательском институте метрологии. На столе — личные вещи Менделеева и ваза из синего северского фарфора, поднесённая в 1872 году делегату от России Б. С. Якоби от международной комиссии метра.

IX. ЗАДАЧА Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА О НАИЛУЧШЕЙ СИСТЕМЕ ГИРЬ

ПОСТАНОВКА ВОПРОСА

Лабораторные гири для точных измерений стоят очень дорого. Изготовление их требует очень большого труда самых опытных мастеров. Немало стоит и металл, из которого готовятся гири большой точности. Поэтому представляет практический интерес вопрос: какая система гирь является наивыгоднейшей?

Пусть имеем четыре гири в a , b , c , d граммов. Очевидно, наибольший груз, который при помощи этих гирь можно отвесить, будет равен $a+b+c+d$ граммам. Наивыгоднейшей будет такая система гирь a , b , c , d , при помощи которой при наличии только одного набора гирь можно отвесить любое число граммов, не превышающее числа $a+b+c+d$.

Легко видеть, что не всякая система гирь позволяет это сделать.

Пусть, например, мы имеем гири в 1, 5, 10, 20 граммов. Наибольший груз, который можно отвесить при помощи одного набора таких гирь, будет равен $1+5+10+20=36$ граммам. Но при помощи этих гирь мы не можем отвесить многих грузов, меньших 36 граммов, даже в том случае, если гири класть на обе чашки весов. Например, мы не можем отвесить 2, 3, 7, 8 и так далее граммов. Возникает вопрос: существует ли вообще такая система гирь, при помощи которой можно отвесить любой груз, не превышающий $a+b+c+d$ граммов?

Этот вопрос возник несколько столетий назад. Д. И. Менделеев в бытность директором Главной палаты мер и весов вновь поставил этот вопрос в связи с лабораторной практикой.

Старые авторы решали задачу длинными рассуждениями, основанными на знании алгебры. Решение иногда занимало целую книгу. Однако вопрос решается гораздо проще при помощи самых элементарных сведений из арифметики. Напомним их и дадим затем решение задачи о гирях.

РАЗНЫЕ СИСТЕМЫ СЧИСЛЕНИЯ

Мы пользуемся десятичной системой счисления. По нашей системе счисления в записи числа на первом месте справа стоят единицы, на втором месте — десятки, на третьем месте — сотни, т. е. десятки десятков, на четвертом месте — тысячи, т. е. десятки сотен, и так далее. Единицы, десятки, сотни, тысячи и т. д. называются соответственно единицами первого, второго, третьего и четвертого и т. д. разрядов десятичной системы счисления. В этой системе десять единиц какого-нибудь разряда составляют одну единицу следующего, высшего, стоящего от него влево, разряда: десять единиц первого разряда составляют единицу

второго разряда — десятков; десять единиц второго разряда, т. е. десять десятков, составляют единицу третьего разряда — сотню; десять единиц третьего разряда, т. е. десять сотен, составляют одну тысячу и так далее. Число в десятичной системе, например 5372, можно представить так:

$$5372 = 5 \times 1000 + 3 \times 100 + 7 \times 10 + 2 \times 1,$$

или

$$5372 = 5 \times 10^3 + 3 \times 10^2 + 7 \times 10 + 2 \times 1.$$

Число 10 есть основание нашей системы счисления.

За основание системы счисления можно взять любое другое число r . В такой системе четырёхзначное число N , у которого цифры, стоящие на первом, втором, третьем и четвёртом местах, считая от правой руки, будут a_1, a_2, a_3, a_4 , может быть представлено так:

$$Nr = a_4 \times r^3 + a_3 \times r^2 + a_2 \times r + a_1 \times 1.$$

Если $r = 2$ (двоичная система) или $r = 3$ (троичная система), то соответственная запись четырёхзначного числа будет:

$$\begin{aligned} N_2 &= a_4 \times 2^3 + a_3 \times 2^2 + a_2 \times 2 + a_1 \times 1, \\ N_3 &= a_4 \times 3^3 + a_3 \times 3^2 + a_2 \times 3 + a_1 \times 1. \end{aligned}$$

В числе, написанном по десятичной системе, число единиц любого разряда не может быть больше девяти, так как десять единиц любого разряда дают единицу следующего, высшего разряда. Если число написано в системе с основанием r , то все его цифры $a_1, a_2, a_3, a_4, \dots$ будут меньше r : в двоичной системе они меньше 2, в троичной — меньше 3. Поэтому в десятичной системе счисления для письма всех чисел необходимы цифры: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 и, кроме того, 0. В двоичной системе нужны только 1 и 0, в троичной системе — 1, 2 и 0.

Число, написанное в десятичной системе, можно перевести в систему счисления с любым иным основанием, например в двоичную или троичную. Пусть, например, требуется число десятичной системы 743 написать в двоичной системе. Имеем 743 единицы. Разделив это число на 2, получим частное 371 и остаток 1.

Итак, данное число 743 состоит из 371 единицы второго разряда двоичной системы и 1 единицы первого разряда. Разделив 371 единицу второго разряда на 2 и получив частное 185 и остаток 1, мы находим, что данное число 743 содержит 185 единиц третьего, 1 единицу второго и 1 единицу первого разряда двоичной системы. Из 185 единиц третьего разряда делением на 2 выделим единицы четвёртого разряда, из них единицы пятого разряда и так далее, пока при делении на 2 в частном не получится 0. Остатки при произведённых делениях на 2 дают по порядку цифры, считая остатки справа налево, для числа двоичной системы, получаемого от обращения числа 743 в двоичную систему.

Обращения числа 743 в двоичную систему:

743	2
1	371
	1
	2
	185
	1
	2
	92
	0
	2
	46
	0
	2
	23
	1
	2
	11
	1
	2
	5
	1
	2
	2
	0
	2
	1
	2
	1
	2
	0

Остатки от деления, написанные в порядке, обратном их получению при делении, дают нам результат обращения числа 743 в двоичную систему:

$$743_{10} = 1011100111_2$$

(запись 743_{10} означает: 743 в десятичной системе).

При обращении числа 743 в троичную систему надо его последовательно делить на 3. Имеем:

743	3
2	247
	1
	3
	82
	1
	3
	27
	0
	3
	9
	0
	3
	3
	0
	3
	1
	1
	3
	0

$$743_{10} = 1000112_3.$$

Произведённые нами для обращения числа в двоичную и троичную системы действия можно записать короче, выполняя деления в уме и записывая только частные и остатки.

X	IX	VIII	VII	VI	V	IV	III	II	I		№ частного от деления на 2
0	1	2	5	11	23	46	92	185	371	743	Начиная со второго числа от правой руки частные от деления на 2 в десятичной системе
	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	Остатки от деления на 2. Они же цифры числа в двоичной системе
	X	IX <td style="border-right: 1px solid black; padding: 5px;">VIII <td style="border-right: 1px solid black; padding: 5px;">VII <td style="border-right: 1px solid black; padding: 5px;">VI <td style="border-right: 1px solid black; padding: 5px;">V <td style="border-right: 1px solid black; padding: 5px;">IV <td style="border-right: 1px solid black; padding: 5px;">III <td style="border-right: 1px solid black; padding: 5px;">II <td style="border-right: 1px solid black; padding: 5px;">I <td style="padding: 5px;">Номера разрядов числа в троичной системе</td> </td></td></td></td></td></td></td></td>	VIII <td style="border-right: 1px solid black; padding: 5px;">VII <td style="border-right: 1px solid black; padding: 5px;">VI <td style="border-right: 1px solid black; padding: 5px;">V <td style="border-right: 1px solid black; padding: 5px;">IV <td style="border-right: 1px solid black; padding: 5px;">III <td style="border-right: 1px solid black; padding: 5px;">II <td style="border-right: 1px solid black; padding: 5px;">I <td style="padding: 5px;">Номера разрядов числа в троичной системе</td> </td></td></td></td></td></td></td>	VII <td style="border-right: 1px solid black; padding: 5px;">VI <td style="border-right: 1px solid black; padding: 5px;">V <td style="border-right: 1px solid black; padding: 5px;">IV <td style="border-right: 1px solid black; padding: 5px;">III <td style="border-right: 1px solid black; padding: 5px;">II <td style="border-right: 1px solid black; padding: 5px;">I <td style="padding: 5px;">Номера разрядов числа в троичной системе</td> </td></td></td></td></td></td>	VI <td style="border-right: 1px solid black; padding: 5px;">V <td style="border-right: 1px solid black; padding: 5px;">IV <td style="border-right: 1px solid black; padding: 5px;">III <td style="border-right: 1px solid black; padding: 5px;">II <td style="border-right: 1px solid black; padding: 5px;">I <td style="padding: 5px;">Номера разрядов числа в троичной системе</td> </td></td></td></td></td>	V <td style="border-right: 1px solid black; padding: 5px;">IV <td style="border-right: 1px solid black; padding: 5px;">III <td style="border-right: 1px solid black; padding: 5px;">II <td style="border-right: 1px solid black; padding: 5px;">I <td style="padding: 5px;">Номера разрядов числа в троичной системе</td> </td></td></td></td>	IV <td style="border-right: 1px solid black; padding: 5px;">III <td style="border-right: 1px solid black; padding: 5px;">II <td style="border-right: 1px solid black; padding: 5px;">I <td style="padding: 5px;">Номера разрядов числа в троичной системе</td> </td></td></td>	III <td style="border-right: 1px solid black; padding: 5px;">II <td style="border-right: 1px solid black; padding: 5px;">I <td style="padding: 5px;">Номера разрядов числа в троичной системе</td> </td></td>	II <td style="border-right: 1px solid black; padding: 5px;">I <td style="padding: 5px;">Номера разрядов числа в троичной системе</td> </td>	I <td style="padding: 5px;">Номера разрядов числа в троичной системе</td>	Номера разрядов числа в троичной системе
$743_{10} = 1011100111_2$											

VII	VI	V	IV	III	II	I		№ частного от деления на 3
0	1	3	9	27	82	247	743	Начиная со второго числа справа, частные от деления на 3 в десятичной системе
	1	0	0	0	1	1	2	Остатки от деления на 3, они же цифры числа в троичной системе
VII	VI	V	IV	III	II	I		Номера разрядов числа в троичной системе
								$743_{10} = 1000112_3$

При таком расположении вычислений остатки от делений (третьи строки наших таблиц) дают в порядке их расположения в таблице данное число в новой (двоичной или троичной в нашем примере) системе.

ВЗВЕШИВАНИЕ ПРИ ПОМОЩИ ОДНОГО НАБОРА ГИРЬ

Пусть требуется взвесить груз в 93 грамма.

Всякое число можно обратить в двоичную систему. При этом каждый разряд в двоичной системе будет иметь цифру 1 или 0.

0	1	2	5	11	23	46	93	десятичная система
	1	0	1	1	1	0	1	двоичная система

$$93_{10} = 1011101_2 = 1 \times 2^6 + 0 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2 + 1 \times 1 = 1 \times 64 + 0 \times 32 + 1 \times 16 + 1 \times 8 + 1 \times 4 + 0 \times 2 + 1 \times 1.$$

Отсюда ясно, что если иметь систему гирь:

$$1 \text{ г}, 2 \text{ г}, 4 \text{ г}, 8 \text{ г}, 16 \text{ г}, 32 \text{ г}, 64 \text{ г},$$

то груз в 93 грамма может быть уравновешен гирями:

$$1 + 4 + 8 + 16 + 64.$$

Имея один набор гирь двоичной системы, т. е. гири в $1, 2, 2^2 = 4, 2^3 = 8, 2^4 = 16, 2^5 = 32, 2^6 = 64$ и так далее граммов, мы можем отвесить любой груз, кладя на одну чашку весов груз, на другую — гири. Чтобы найти, какие именно гири надо положить на чашку весов, надо данное число граммов обратить в двоичную систему, что всегда возможно единственным образом, указанным выше способом повторного деления на 2. Цифры числа в двоичной системе в порядке от правой руки к левой показывают, какие гири надо положить на чашку весов для уравновешивания, идя в системе гирь от меньших гирь к бóльшим.

Приведём ещё пример. Пусть надо взвесить груз в 117 граммов.

Обратим число в двоичную систему.

0	1	3	7	14	29	58	117	десятичная система
	1	1	1	0	1	0	1	двоичная система

$$117_{10} = 1110101_2$$

$$117_{10} = 1 \times 2^6 + 1 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2 + 1 \times 1 = 1 \times 64 + 1 \times 32 + 1 \times 16 + 0 \times 8 + 1 \times 4 + 0 \times 2 + 1 \times 1 = 64 + 32 + 16 + 4 + 1.$$

Приведёнными рассуждениями доказано, что всякое целое число может быть представлено в виде суммы чисел: $1, 2, 4 = 2^2, 8 = 2^3, 16 = 2^4, 32 = 2^5, 64 = 2^6, 128 = 2^7$ и так далее; иными словами, всякое целое число можно представить в виде суммы степеней числа 2 или степеней числа 2 и единицы. На этом свойстве числа 2 и основывается возможность уравновесить на весах всякий груз, равный целому числу граммов, гириями двочной системы, кладя гири только на одну чашку весов.

Пусть имеем троичную систему гирь, т. е. гири в $1, 3, 3^2 = 9, 3^3 = 27, 3^4 = 81$ и так далее граммов.

При помощи таких пяти гирь можно на весах уравновесить наибольший груз в $1 + 3 + 9 + 27 + 81 = 121$ грамм.

Можно ли одним набором таких гирь уравновесить любой меньший груз, если класть гири на одну чашку весов?

Пусть имеем груз в 112 граммов.

Выразим число 112 в троичной системе.

0	1	4	12	37	112	десятичная система
1	1	0	1	1		троичная система

$$112_{10} = 11011_3 = 1 \times 3^4 + 1 \times 3^3 + 0 \times 3^2 + 1 \times 3 + 1 \times 1 = 1 \times 81 + 1 \times 27 + 0 \times 9 + 1 \times 3 + 1 \times 1 = 81 + 27 + 3 + 1.$$

Груз в 112 граммов можно уравновесить, кладя на другую чашку весов по одной гире троичной системы, так как сумма весов гирь:

$$1 + 3 + 27 + 81 = 112 \text{ грамм.}$$

Однако не всякое целое число граммов может быть уравновешено таким образом гириями троичной системы; иногда при взвешивании приходится класть гири на обе чашки весов. Так, например, чтобы уравновесить груз в 2 грамма, надо класть на одну чашку груз и гирю в 1 грамм, на другую чашку — гирю в 3 грамма.

ВСЕ ЧИСЛА ТРОИЧНОЙ СИСТЕМЫ МОГУТ БЫТЬ ЗАПИСАНЫ ПРИ ПОМОЩИ ДВУХ ЦИФР: 0 И 1

Числа, написанные по троичной системе, могут содержать цифры 0, 1 и 2. Покажем, что число троичной системы, содержа-

щее цифру 2, всегда может быть записано при помощи цифр 0 и 1.

Пусть имеем число троичной системы 102_3 . В нём имеется 2 единицы первого разряда. Прибавим к этому разряду одну единицу и вычтем из него одну единицу. От этого наше число не изменится по величине. Запишем это преобразование числа надписыванием над цифрой первого разряда прибавляемой и вычитаемой единицы, ставя над первой из них знак $+$ над второй знак $-$. Имеем:

$$\begin{array}{c} + - \\ \underline{1} \\ 102_3 = 102_3 \end{array}$$

2 и 1 дают вместе 3 единицы первого разряда, которые составляют одну единицу второго разряда в троичной системе счисления; эту единицу второго разряда пишем на втором месте справа, на первом же месте пишем оставшуюся отнимаемую единицу со знаком $-$ над ней:

$$102_3 = \begin{array}{c} + - \\ \underline{1} \\ 102_3 \end{array} = \begin{array}{c} - \\ \underline{1} \\ 111_3 \end{array}.$$

Правильность равенства легко проверить:

$$102_3 = 1 \times 3^2 + 0 \times 3 + 2 = 9 + 0 + 2 = 11;$$

$$111_3 = 1 \times 3^2 + 1 \times 3 - 1 = 9 + 3 - 1 = 11.$$

Вычитаемую единицу назовём отрицательной единицей и вводим в употребление отрицательные единицы в различных разрядах чисел, отмечая отрицательные разряды единицы знаком $-$ над цифрой. Такая постановка знака $-$ над цифрой употребляется в логарифмических вычислениях.

Дадим ещё пример «уничтожения» цифры 2 в числе троичной системы.

$$\begin{aligned} 743_{10} &= 1000112_3 = \begin{array}{c} + - \\ \underline{1} \\ 1000112_3 \end{array} = \begin{array}{c} - \\ \underline{1} \\ 1000121_3 \end{array} = \\ &= \begin{array}{c} + - \\ \underline{1} \\ 1000121_3 \end{array} = \begin{array}{c} - \\ \underline{1} \\ 1000211_3 \end{array} = \begin{array}{c} + - \\ \underline{1} \\ 1000211_3 \end{array} = \\ &= \begin{array}{c} - \\ \underline{1} \\ 1001111_3 \end{array}. \end{aligned}$$

Проверка:

$$1000112_3 = 1 \times 3^6 + 0 \times 3^5 + 0 \times 3^4 + 0 \times 3^3 + 1 \times 3^2 + 1 \times 3 + 2 = 729 + 9 + 3 + 2 = 743;$$

$$1001111_3 = 1 \times 3^6 + 0 \times 3^5 + 0 \times 3^4 + 1 \times 3^3 - 1 \times 3^2 - 1 \times 3 - 1 = 729 + 27 - 9 - 3 - 1 = 743.$$

Употребление отрицательных (вычитаемых) разрядных единиц бывает иногда полезно. Всякое число, не кратное 3, при де-

лении на 3 даёт остаток 1 или 2. В последнем случае можно частное увеличить на единицу и тогда остаток будет $\bar{1}$:

$$26 = 3 \cdot 8 + 2 = 3 \cdot 9 + \bar{1};$$

$$29 = 3 \cdot 9 + 2 = 3 \cdot 10 + \bar{1}.$$

Итак, всякое число можно представить в одном из видов:

$$1) n = 3k,$$

$$2) n = 3k + 1,$$

$$3) n = 3k + \bar{1}.$$

Если учитель считает возможным познакомить учащихся с употреблением отрицательных разрядных единиц, то выкладки по набору гирь троичной системы при взвешивании делаются просто. Но можно обойтись без отрицательных единиц, поступая так, как изложено в дальнейшем. Рассмотрение, хотя бы в кружке, вопроса о взвешивании является желательным. Перевод числа из одной системы в другую, рассматриваемый в учебниках арифметики, учащимся кажется формальным преобразованием, не имеющим какого-либо реального применения. Указание учителя на то, что некоторые народы имели или имеют систему счисления с основанием, отличным от 10, также мало убеждает учащихся в необходимости рассматривать этот вопрос. Показ применения двоичной и троичной системы счисления для конкретной задачи может несколько повысить интерес к теоретическому вопросу о переводе чисел из одной системы счисления в другую.

С методической точки зрения желательно показать сначала определение гирь троичной системы при взвешивании сначала без чисел с отрицательными разрядными единицами и затем уже рассмотреть способ, дающий более краткое решение вопроса. Вот как можно при этом избежать введения отрицательных (вычитаемых) разрядных единиц.

Чтобы уравновесить груз в 64 грамма, выразим число 64 в троичной системе:

0	2	7	21	64	десятичная система
2	1	0	1		троичная система

$$64_{10} = 2101_3 = 2 \times 3^3 + 1 \times 3^2 + 0 \times 3 + 1 \times 1 = 2 \times 27 + 1 \times 9 + 0 \times 3 + 1 \times 1.$$

Для уравнивания груза на другую чашку весов надо положить две гири по 27 граммов, 1 гирю в 9 граммов и 1 гирю в 1 грамм. Нельзя ли обойтись и в этом случае одним набором троичных гирь?

$$64 = 2 \times 27 + 1 \times 9 + 1 \times 1.$$

Из последнего равенства можем получить новое:

$$64 + 27 = 2 \times 27 + 1 \times 27 + 1 \times 9 + 1 \times 1,$$

или

$$64 + 27 = 3 \times 27 + 1 \times 9 + 1 \times 1,$$

или

$$64 + 27 = 1 \times 81 + 1 \times 9 + 1 \times 1.$$

Для весов это равенство означает: если на левую чашку положить к грузу гирию в 27 граммов, то на правую для равновесия надо положить по одной гире в 81, 9 и 1 грамм.

Имеем на правой чашке $81 + 9 + 1 = 91$ грамм, на левой — груз в 64 грамма и гирию в 27 граммов, и если бы мы не знали веса груза, мы нашли бы его, вычитая из 91 грамма 27 граммов. Взвешивание можно было выполнить при помощи одного набора троичных гирь, но гири при этом пришлось класть на обе чашки весов. Такое взвешивание можно выполнить для любого груза, весящего целое число граммов.

Пусть имеем груз в 113 граммов. Поступаем так:

0	1	4	12	37	113	десятичная система
1	1	0	1	2		троичная система

$$113_{10} = 11012_3 = 1 \times 3^4 + 1 \times 3^3 + 0 \times 3^2 + 1 \times 3 + 2 \times 1;$$

$$113 = 1 \times 81 + 1 \times 27 + 1 \times 3 + 2 \times 1;$$

$$113 + 1 = 1 \times 81 + 1 \times 27 + 1 \times 3 + 2 \times 1 + 1 \times 1;$$

$$113 + 1 = 1 \times 81 + 1 \times 27 + 1 \times 3 + 3 \times 1;$$

$$113 + 1 = 1 \times 81 + 1 \times 27 + 2 \times 3;$$

$$113 + 1 + 3 = 1 \times 81 + 1 \times 27 + 2 \times 3 + 1 \times 3;$$

$$113 + 1 + 3 = 1 \times 81 + 1 \times 27 + 3 \times 3;$$

$$113 + 1 + 3 = 1 \times 81 + 1 \times 27 + 1 \times 9$$

Последнее равенство показывает, что если на левой чашке будет груз в 113 граммов и гири в 1 грамм и 3 грамма, то для равновесия на правую чашку надо положить гири троичной системы в 9, 27 и 81 грамм: груз в 113 граммов можно было взвесить при помощи одного набора троичных гирь.

Так как указанные выше преобразования можно выполнить для любого числа граммов, то можно утверждать, что любой груз, весящий целое число граммов, может быть отвешен при помощи одного набора гирь троичной системы, если класть гири на обе чашки весов. Троичная система гирь выгоднее, чем двоичная, так как одно и то же число гирь, например 5 гирь, даёт возможность взвешивать грузы в двоичной системе до $1 + 2 + 4 + 8 + 16 = 31$ грамма, в троичной же системе до $1 + 3 + 9 + 27 + 81 = 121$ грамма.

В других системах гирь такое взвешивание при помощи одно-

го набора гирь невозможно, поэтому троичная система гирь является самой выгодной.

При уравнивании груза гирями двоичной системы гири пришлось класть только на правую чашку весов: поэтому вес груза, например 117 граммов, представлялся в виде суммы $117 = 1 + 4 + 16 + 32 + 64 = 1 + 2^2 + 2^4 + 2^5 + 2^6$.

При пользовании гирями троичной системы гири пришлось класть на обе чашки весов и вес груза, например 113 граммов, представлялся равенством: $113 + 1 + 3 = 9 + 27 + 81 = 3^2 + 3^3 + 3^4$.

Это равенство можно переписать так:

$$113 = 3^2 + 3^3 + 3^4 - 1 - 3.$$

Такие равенства можно составить для любого целого числа N . Мы установили предложения (теоремы):

Всякое целое число может быть представлено в виде суммы степеней числа 2 и единицы или в виде суммы и разности степеней числа 3 и единицы.

Эти теоремы выражают особые свойства чисел 2 и 3.

Зная установленные свойства чисел 2 и 3, мы могли бы без приведённых рассуждений сказать, что при помощи одного набора гирь двоичной системы можно отвесить любое целое число граммов, кладя гири только на одну чашку весов, а при помощи одного набора гирь троичной системы — кладя гири на обе чашки. Вместе с тем было бы очевидно, что троичная система гирь выгоднее.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАИБОЛЕЕ УДОБНОЙ СИСТЕМЫ ГИРЬ В РОССИИ

В 1797 году, в то время, когда во Франции вырабатывалась метрическая система мер, в России был издан закон «Об учреждении повсеместно в Российской империи верных весов питейных и хлебных мер». В законе устанавливается, «для избежания всякого обмана», как допустимый вид весов, так и единообразная форма гирь, с подчёркиванием: «применяя непременно лишь как можно менее разнообразных гирь».

Для взвешивания товаров допускались только гири следующих весов: в 1 и 2 пуда, в 1, 3, 9, 27 фунтов и в 1, 3, 9, 27 и 81 золотник.

Как приложение к закону была издана таблица для взвешивания товаров от 1 фунта до 40 фунтов при помощи гирь в 1, 3, 9 и 27 фунтов и для взвешивания товаров от 1 золотника до 96 золотников при помощи гирь в 1, 3, 9, 27 и 81 золотник. Эту таблицу купцы и разносчики должны были всегда иметь при себе.

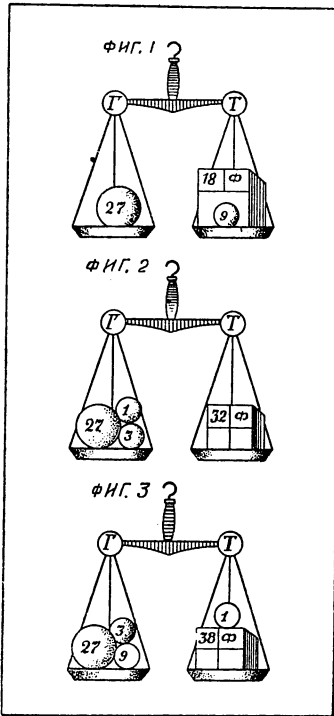
Вот часть этой таблицы, относящаяся к взвешиванию гирями в 1, 3, 9 и 27 фунтов товара весом до 1 пуда, и иллюстрация к ней, помещённая в правительственном издании.

Таблица для развеса гирь с надлежащим толкованием указанных гирь; имеет быть всего 6, а именно: 2-пудовая, 1-пудовая, 27-фунтовая, 9-фунтовая, 3-фунтовая и 1-фунтовая

Товар фунты	Г Гири	Т Гири и товар	Примечание
1	1 — — —	0 — —	<p>Каждое весовое коромысло будет иметь на одном конце коромысла, где навешиваются чашки, букву Г (гири), а на другом Т (товар). Под первую буквою полагается в чашку одни только гири, а под буквой Т—товар и гири для довеса, следующим образом:</p> <p>Пример I, фигура 1-я. (см. стр. 112). Потребно купить 18 фунтов товара. Приискав в 1-й графе число 18 фунтов, отыскать следует против сего гири, показанные в графах под буквою Г, а именно, 27-фунтовую; потом явствует в графах под буквою Т, что следует положить в чашку вместе с товаром 9-фунтовую гирию, к которой уже прибавлять должно столько товара, сколько потребуетсся в покупке. В доказательство сему следующее расчисление: из 27-фунтовой гири вычитаем 9-фунтовую, остаётся 18 фунтов — вес продаваемого товара.</p>
2	3 — — —	1 — —	
3	3 — — —	0 — —	
4	1,3 — —	0 — —	
5	9 — — —	1,3 — —	
6	9 — — —	3 — —	
7	1 — 9 —	3 — —	
8	9 — — —	1 — —	
9	9 — — —	0 — —	
10	1,9 — —	0 — —	
11	3,9 — —	1 — —	
12	3,9 — —	0 — —	
13	1, 3, 9 —	0 — —	
14	27 — — —	1, 3, 9 —	
15	27 — — —	3, 9 — —	
16	1,27 — —	3, 9 — —	
17	27 — — —	1, 9 — —	
18	27 — — —	9 — —	
19	1,27 — —	9 — —	
20	3,27 — —	1, 9 — —	
21	3,27 — —	9 — —	
22	1, 3,27 —	9 — —	
23	27 — — —	1,3 — —	
24	27 — — —	3 — —	
25	1,27 — —	3 — —	
26	27 — — —	1 — —	
27	27 — — —	0 — —	
28	1,27 — —	0 — —	
29	3,27 — —	1 — —	
30	3,27 — —	0 — —	
31	1,3 27 —	0 — —	
32	9,27 — —	1,3 — —	
33	9,27 — —	3 — —	
34	1, 9,27 —	3 — —	
35	9,27 — —	1 — —	
36	9,27 — —	0 — —	
37	1, 9,27 —	0 — —	
38	3, 9,27 —	1 — —	
39	3, 9,27 —	0 — —	
40	1, 3, 9, 27	0 — —	

Пример II, фигура 2-я. Если надобно взвесить 31 фунт, то следует положить в чашку под буквою Г 1-, 3- и 27-фунтовую гирию, а в чашку под буквою Т—один только товар в довес, поелику сложность.

Товар фунты	Г Гири	Т Гири и товар	Примечание
----------------	-----------	-------------------	------------



1, 3 и 27-фунтовые гири составляет 31 фунт—вес покупаемого товара.

Пример III, фигура 3-я. Если нужно кому купить 38 фунтов товара, то, сыскав против сего числа гири под буквою Г, а именно: 3-, 9- и 27-фунтовую, и положи их в следующую им чашку, а 1-фунтовую гирию с товаром в довесе, получить должно желаемое количество, ибо в сложности 3, 9 и 27 фунтов составляют 39 фунтов.

Вычитая 1 фунт, остаётся 38 фунтов—вес покупаемого товара.

После сказанного о троичной системе гирь вам ясен смысл и способ составления приведённой таблицы. Наш закон о весах 1797 года осуществлял на практике наиболее экономную систему гирь. Он же свидетельствует о том, что ещё в ту отдалённую эпоху наша наука о мерах (метрология) стояла на высоком научном уровне. Мы не знаем у других народов ни одной попытки применять на практике троичную систему гирь, хотя авторы разных народов доказывали её преимущества.

Высокий научный уровень нашей науки о мерах уже в XVIII веке был обеспечен участием в работе комиссии мер и весов знаменитого нашего математика, члена Петербургской академии Леонарда Эйлера и его учеников — С. Я. Румовского, С. К. Котельникова, М. Е. Головина (племянника М. В. Ломоносова) и других. Найденный недавно в архиве отзыв Л. Эйлера об эталонах российского пуда подтверждает участие знаменитого учёного в практической работе комиссии мер и весов и устанавливает оставшийся до сих пор неотмеченным факт о том, что первый



Л. Эйлер.

наш академик по прикладной математике Иоганн Лейтман, вступивший в Академию наук ранее Эйлера, помимо работ в области теории стрельбы, механики и оптики, занимался и вопросами о русских мерах.

Приводим заключительные строки отзыва Леонарда Эйлера о русских мерах: «А именно покойный профессор Лейтман через своё прилежное исследование ясно доказал, что российский пуд содержит 35 фунтов 2 лота и 2 квинтеля нюрнбергского весу, 35



Рис. 40. Надгробный памятник Л. Эйлеру в Ленинграде.

фунтов 24 лота и $3\frac{4}{5}$ квинтеля киевского (кельнского) весу, 46 фунтов 9 унций и 23 драхмы аптекарского весу)».

Установленная законом 1747 года наиболее экономная система гирь была у нас в употреблении до 1842 года. В торговой практике она в дальнейшем была оставлена, так как употребляемые в магазинах гири как по материалу, так и по точности изготовления дешёвы и их всегда можно иметь несколько наборов.

Наш закон о мерах 1797 года показывает, что во время разработки метрической системы во Франции русская мысль шла своим оригинальным путём, выработав и претворив в жизнь построенную на научной основе систему мер. И в области науки о мерах, как во многих других областях, мы имеем основание гордиться достижениями оригинальной русской мысли.

Х. УПРАЖНЕНИЯ В УСТНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЯХ В СВЯЗИ С ПРОХОЖДЕНИЕМ МЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ В ШКОЛЕ

Привитие учащимся навыков устных вычислений является немаловажной задачей преподавания математики в школе. Эти навыки должны усваиваться учащимися при изучении любой темы курса. Эффективными упражнения в устных вычислениях являются именно тогда, когда они проводятся в связи с очередной темой курса, а не сами по себе, как специально придуманные. Вопрос о соотношениях между старыми русскими и метрическими мерами даёт хороший материал для привития навыков устных вычислений. Здесь учащийся видит пользу применения разных приёмов устных вычислений при решении вопросов, которые имеют для него значение и интерес сами по себе.

ПРОСТЫЕ СООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ РУССКИМИ И МЕТРИЧЕСКИМИ МЕРАМИ

Соотношения между мерами разных систем определяются с различной степенью точности. Различают: 1) предельную метрологическую точность, 2) практическую точность и 3) обиходную точность.

Предельная метрологическая точность, согласно Д. И. Менделееву, допускает для мер веса погрешность одну стомиллионную, для мер длины — одну миллионную, для мер жидких и сыпучих тел — одну стотысячную измеряемой величины. Для надобностей практической жизни эта точность является чрезмерной.

Практическая точность при изготовлении метрических мер и измерительных приборов нашими метрологическими учреждениями составляет вообще одну тысячную, а для мер жидких и сыпучих тел — одну сотую. В житейском обиходе, при ме-

лочной покупке и продаже, достаточно обиходная точность, которая допускает погрешность в несколько процентов, интересуясь главным образом простотою и лёгкостью соотношений.

Соотношения с обиходною точностью позволяют прикинуть приблизительное число единиц в новой системе мер: это число может соответственными поправками быть уточнено до желаемой степени. Приближённые соотношения между мерами обычно выводятся из точных соотношений путём округления получаемых для точных соотношений десятичных дробей. Лучшие приближения получаются при помощи так называемых цепных (непрерывных) дробей. В последующей таблице даны простейшие соотношения между русскими и метрическими мерами и некоторые удобные правила для перевода одних мер в другие.

I. Меры длины

Петр I установил соотношение между русской саженью и английскими мерами: 1 ярд = 3 футам = 3×12 дюймам. Английские учёные неоднократно исследовали соотношение между метром и ярдом. Окончательно это соотношение с той точностью, которая ныне всеми принята, было установлено сотрудником Д. И. Менделеева профессором Ф. И. Блумбахом в Лондоне в 1894—1895 годах с точностью до 0,000 001 метра. С полной метрологической точностью имеем:

1 ярд = 0,914400 метра,

откуда 1 дюйм = 25,4 миллиметра.

Для обиходной точности достаточно принять:

1 дюйм = 25 миллиграмм,

1 дециметр = 4 дюймам.

Погрешность при этом равна $-1,6\%$, т. е. мы имеем приближение с недостатком, отличающееся от истинного результата не более $\frac{1}{63}$ части измеряемой длины.

Из обиходного соотношения дюйма с миллиметром получаем дальнейшие обиходные соотношения:

1 фут (12 дюймов) = 3 дециметрам = 30 сантиметрам,

1 аршин (28 дюймов) = 7 дециметрам = 70 сантиметрам.

(с погрешностью $-1,6\%$).

Поправку в $1,6\%$ для перевода приближённого соотношения между дюймом и миллиметром в соотношение метрологически точное можно сделать на основании равенства.

$$1 \text{ дюйм} = 25,4 \text{ миллиметра} = \left(\frac{100}{4} + \frac{1}{10} \times 4 \right) \text{ миллиметра.}$$

Итак, для перевода n дюймов в миллиметры надо вычислить:

$$n \times \left(\frac{100}{4} + \frac{1}{10} \times 4 \right) = \frac{n \times 100}{4} + \frac{n \times 4}{10}.$$

П р а в и л о. Чтобы точно перевести дюймы в миллиметры, надо к числу дюймов приписать два нуля и результат разделить на четыре; затем в числе дюймов отделить одну цифру справа и результат помножить на четыре; оба полученных числа сложить.

П р и м е р.

Перевести 2 сажени 7 дюймов в миллиметры.

$$2 \text{ саж. } 7 \text{ д.} = 2 \times 7 \text{ фут.} + 7 \text{ д.} = 2 \times 7 \times 12 \text{ д.} + 7 \text{ д.} = 175 \text{ дюймам.}$$

$$\begin{array}{r} 175 \cdot 100 \\ \hline 4 \end{array} \dots \dots \dots 4375$$

$$175 \cdot 4 \dots \dots \dots 70$$

О т в е т. 2 сажени 7 дюймов = 4445 миллиметрам, притом метрологически точно.

Для других мер длины не имеет места такое простое соотношение, дающее метрологическую точность. Из соотношения 1 аршин = 0,7112 метра при помощи цепных дробей устанавливается практически точное соотношение:

$$1 \text{ аршин} = \frac{32}{45} \text{ метра,}$$

$$1 \text{ метр} = \frac{45}{32} \text{ аршина, оба с погрешностью } - 0,013\%.$$

Последнему соотношению можно придать следующую, легко запоминаемую форму:

$$1 \text{ метр} = \frac{3}{2} \times \frac{15}{16} \text{ аршина} = \frac{3}{2} \left(1 - \frac{1}{16} \right) \text{ аршина:}$$

«метр равен полутора аршинам без полутора вершков».

Обиходными соотношениями метра, аршина, сажени, километра и версты являются:

$$1 \text{ метр} = 1 \frac{1}{2} \text{ аршина (с погрешностью } + 6,7\%),$$

$$1 \text{ аршин} = \frac{2}{3} \text{ метра (с погрешностью } - 6,7\%),$$

$$1 \text{ сажень} = 2 \text{ метрам (с погрешностью } - 6,7\%),$$

$$1 \text{ верста} = 1 \text{ километру (с погрешностью } - 6,7\%),$$

Практически точностью дают соотношения:

$$1 \text{ сажень} = \frac{32}{15} \text{ метра} = 2 \times \left(1 + \frac{1}{15} \right) \text{ метра,}$$

$$1 \text{ верста} = \frac{16}{15} \text{ километра} = \left(1 + \frac{1}{15} \right) \text{ километра.}$$

В обоих случаях погрешность — 0,013% и очевидно простое правило перевода числа сажень или вёрст в метры или километры.

С той же погрешностью 0,013% имеем обратное соотношение:

$$1 \text{ метр} = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{1}{16} \right) \text{ сажени,}$$

$$1 \text{ километр} = 1 - \frac{1}{16} \text{ версты,}$$

$$1 \text{ вершок} = \frac{40}{9} \text{ сантиметра} = 4 \left(1 + \frac{1}{9} \right) \text{ сантиметра,}$$

$$1 \text{ сантиметр} = \frac{9}{40} \text{ вершка} = \frac{1}{4} \left(1 - \frac{1}{10} \right) \text{ вершка.}$$

Точное соотношение длины:

$$1 \text{ вершок} = 4,445 \text{ сантиметра,}$$

откуда обиходное соотношение:

$$1 \text{ вершок} = 4,5 \text{ сантиметра (с погрешностью } + 1,2\%)$$

$$1 \text{ метр} = 3 \text{ фута} 3 \text{ дюйма} 3 \text{ линиям.}$$

2. Квадратные меры

Точное соотношение:

$$1 \text{ десятая} = 1,09254 \text{ гектара,}$$

приблизжённое соотношение:

$$1 \text{ десятая} = \frac{12}{11} \text{ гектара} = \left(1 + \frac{1}{11} \right) \text{ гектара,}$$

или

$$11 \text{ десятин} = 12 \text{ гектарам}$$

(с погрешностью — 0,15%).

Отсюда с тою же погрешностью имеем:

$$1 \text{ гектар} = \frac{11}{12} \text{ десятины,}$$

$$1 \text{ ар} = 22 \text{ кв. сажням.}$$

Простейшие другие соотношения квадратных мер:

$$1 \text{ кв. аршин} = \frac{1}{2} \text{ м}^2 \text{ (с погрешностью } - 1,1\%),$$

$$1 \text{ кв. вершок} = 20 \text{ см}^2 \text{ (с погрешностью } + 1,2\%),$$

$$1 \text{ кв. дециметр} = 5 \text{ кв. вершкам (с погрешностью } - 1,2\%).$$

3. Кубические меры

Точное соотношение:

$$1 \text{ куб. сажень} = 9,71268 \text{ м}^3,$$

откуда обиходные соотношения:

$$1 \text{ куб. сажень} = 10 \text{ м}^3 \text{ (с погрешностью } + 3,2\%),$$

$$1 \text{ куб. дюйм} = 16 \text{ см}^3 \text{ (с погрешностью } - 2,4\%).$$

4. Меры веса (массы)

Точное соотношение:

$$1 \text{ фунт} = 0,40951241 \text{ кг}$$

(с точностью до одной стомиллионной).
Обиходное соотношение:

$$1 \text{ фунт} = 400 \text{ граммам} = \frac{4}{10} \text{ килограмма}$$

(с погрешностью—2,3%),

практическое соотношение:

$$1 \text{ фунт} = 409,50 \text{ г} = \frac{43}{105} = 0,4 \left(1 + \frac{1}{42} \right) \text{ кг}$$

(с погрешностью+0,0028%):

$$n \text{ фунтов} = 0,4 n \left(1 + \frac{1}{42} \right) = \frac{4n}{10} + \frac{0,4 n}{42}.$$

П р а в и л о. Чтобы обратить фунты в килограммы приближённо, надо число фунтов помножить на 4 и полученное произведение разделить на десять; чтобы обратить фунты в килограммы практически точно, надо в полученном результате на каждые 42 килограмма прибавить один.

С той же погрешностью имеем:

$$1 \text{ килограмм} = 2,5 \times \left(1 - \frac{1}{43} \right) \text{ фунта},$$

$$1 \text{ пуд} = 16 \times \left(1 + \frac{1}{42} \right) \text{ килограмма}.$$

Обиходную точность имеют соотношения:

1 золотник = 4 граммам (с погрешностью—6,2%), откуда у точнённое соотношение:

$$1 \text{ золотник} = \frac{64}{15} \text{ грамма} = 4 \times \left(1 + \frac{1}{15} \right) \text{ грамма},$$

$$1 \text{ лот} = \frac{64}{5} \text{ грамма} = 13 \times \left(1 - \frac{1}{65} \right) \text{ грамма},$$

$$1 \text{ грамм} = \frac{1}{4} \times \left(1 - \frac{1}{16} \right) \text{ золотника} = 22 \frac{1}{2} \text{ доли}.$$

Все эти соотношения имеют погрешность 0,025%.

5. Меры жидкостей

Соотношения русских и метрических мер жидкостей выводятся из определения основных единиц:

$$1 \text{ литр} = \text{объёму } 1 \text{ килограмма воды при } 4^{\circ}\text{C}$$

$$1 \text{ ведро} = \text{объёму } 30 \text{ фунтов воды при } 16 \frac{2}{3}^{\circ}\text{C}.$$

Отсюда обходимые соотношения:

$$1 \text{ ведро} = 12 \text{ литрам,}$$

обычный стакан равен объёму $\frac{1}{2}$ фунта воды, откуда

$$1 \text{ литр} = 5 \text{ стаканам.}$$

Отметим ещё, что $1 \text{ ведро} = 750 \text{ куб. дюймам, } 1 \text{ литр} = 1000 \text{ куб. сантиметрам.}$

Из данных выше уточнённых соотношений можно вывести удобные практические приёмы перевода числа мер одной системы в меры другой системы, как это было показано для перевода длины, данной в русских мерах, в миллиметры. Так, например, для точного перевода n килограммов в фунты, надо число килограммов n умножить на 2,5 и уменьшить полученное число на $\frac{1}{43}$ часть его.





ПРИЛОЖЕНИЯ

Помещаемые на следующих страницах статьи не входили в план книги. Они являются ответами на вопросы, заданные автору читателями первого издания книги, пожелавшими узнать те или иные подробности по затронутым в тексте книги вопросам.

Допуская, что эти же вопросы могут возникнуть и у некоторых читателей настоящего издания книги, мы помещаем здесь эти небольшие заметки, которые, естественно, при чтении будут опущены теми читателями, у которых текст книги не возбудил соответствующих вопросов.

ТАЛЕЙРАН

В подкрепление характеристики Талейрана на стр. 67 приведём выдержку из книги акад. Е. В. Тарле Талейран, изд. «Молодая гвардия», 1939, стр. 46 и след.

«10 августа 1792 года пала французская монархия после полуторатысячелетнего своего существования.

Наступали такие грозные времена, когда всей ловкости бывшего епископа могло нехватить для того, чтобы спасти свою голову. Конечно, Талейран тотчас же взял на себя поручение составить ноту, извещающую великобританское правительство о провозглашении республики. «Король нечувствительно подкапывался под новую конституцию, в которой ему было отведено такое прекрасное место. С самой скандальной щедростью из рук короля лилось золото и расточались подкупы, чтобы погасить или ослабить пламенный патриотизм, беспокоивший его». С таким праведным революционным гневом изъяснялся в этой ноте князь Талейран, оправдывая низвержение Людовика XVI перед иностранными державами и, прежде всего, перед Англией.

И буквально чуть не в тот же самый день, как он писал эту проникнутую суровым революционным пафосом ноту, Талейран уже предпринял первые шаги для получения возможности немедленно бежать без оглядки за границу. Он явился к Дантону просить заграничный паспорт под предлогом необходимости войти в соглашение с Англией о принятии общих мер длины и веса.

Предлог был до курьёза явственно придуманный и фальшивый. Но не мог же Дантон заподозрить, что эмигрировать в Англию собирается тот самый человек, который пять дней тому назад за полной подписью писал Англии ноту о совершеннейшей необходимости низвержения монархии и о самой безусловной правоте и обоснованности того углубления революции, которое произошло 10 августа. Дантон согласился. Паспорт был окончательно оформлен к 7 сентября, а спустя несколько дней Талейран ступил на английский берег.

Опоздай он немного — и голова его скатилась бы с эшафота ещё в том же 1792 году. Это можно утверждать совершенно категорически: дело в том, что в знаменитом «железном шкафу» короля, вскрытом по приказу революционного правительства, оказались два документа, доказывавшие, что ещё весной 1791 года Талейран тайно предлагал королю свои услуги; дело было сейчас же после смерти Мирабо, и Талейран имел тогда все основания рассчитывать, что именно ему пойдёт приличное вознаграждение, которое за подобные же тайные услуги получал Мирабо. Конечно, Талейран имел в виду обмануть короля. Сделка почему-то расстроилась, но следы остались, хотя и очень слабые (он был крайне осторожен), и, как сказано, обнаружались. 5 декабря 1792 года декретом Конвента было возбуждено обвинение против Талейрана. Присланное им объяснение не помогло, и он официально был объявлен эмигрантом».

БРЕТЕЙЛЬСКИЙ ПАВИЛЬОН

В тексте книги было сказано, что Международное бюро мер и весов и все его учреждения помещаются в так называемом Бретейльском павильоне, находящемся в парке Сен-Клу, в окрестностях Парижа. Павильон был отведён французским правительством в собственность Международной организации метра и является интернациональной областью внутри французской территории.

Бретейльский павильон расположен на опушке парка Сен-Клу, рядом с знаменитой французской национальной Севрской фарфоровой мануфактурой, вдали от городской тряски и железнодорожных линий. История павильона начинается с середины XVII века, когда король Людовик XIV подарил его своему брату Филиппу Орлеанскому. Последний предпринял большие работы по украшению дворца. Парк разбит знаменитым архитектором Ленотром, который в то же время разработал и Версальский парк. Глядя на план парка, созданного Ленотром, невольно вспоминаешь стихи В. Маяковского:

По этой
дороге,
спеша во дворец,
бесчисленные Людовики
трясли

в шелках
золочёных каретц
телес
десятипудовики.

В 1743 году павильон был куплен маркизом Бретейлем и получил своё теперешнее название.

Во время Наполеона I во дворце проживали императрицы Жозефина и Мария-Луиза, сёстры Наполеона и королева Гортензия со своими детьми, среди которых здесь подрастал и будущий Наполеон III. В 1815 году прусский генерал Блюхер занял и опустошил павильон.

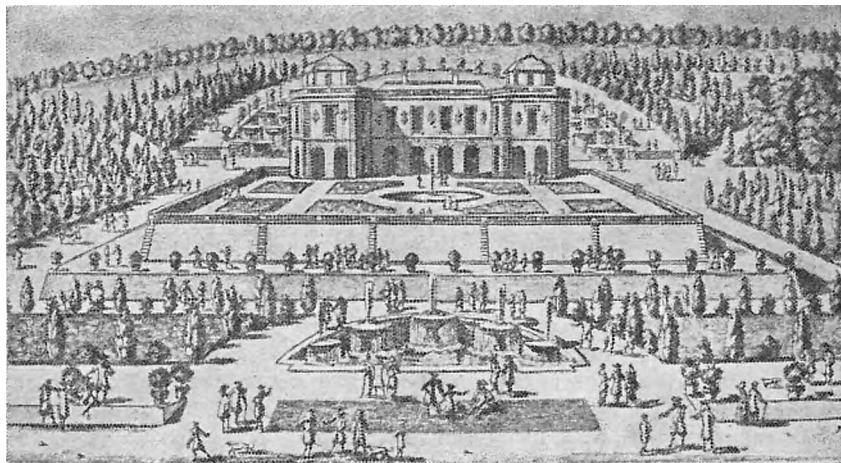


Рис. 41. Бретейльский павильон в конце XVII века.

Покинутый во время реставрации дворец при Наполеоне III служил местом жительства принцесс. Во время франко-прусской войны 1870 года дворец сильно пострадал от французской артиллерии, которая стремилась нейтрализовать германскую батарею, находившуюся в непосредственной близости Бретейльского павильона.

Здание в 1875 году было передано Международному комитету в весьма обветшалом состоянии. Новый владелец произвёл необходимый ремонт и выстроил новое здание, в котором были помещены научные лаборатории бюро. В 1930 году, в связи с расширением деятельности бюро, были построены новые лаборатории.

Во время второй мировой войны от бомбардировок Парижа Бретейльский павильон в общем пострадал немного. Лишь воздушные атаки на автомобильные заводы Рено, находящиеся в этом районе, нанесли некоторые повреждения зданиям, не оказавшие, однако, влияния на научные аппараты.

В подвалах Бретейльского павильона, 8 метров под поверхностью земли, хранятся при постоянной температуре международные эталоны и их копии-свидетели. Вход в этот подвал запирается тремя замками, ключи от которых находятся у трёх различных лиц,

каковыми являются: президент Международного комитета метра, директор Французского государственного архива и директор Международного бюро мер и весов. Директор бюро может вой-

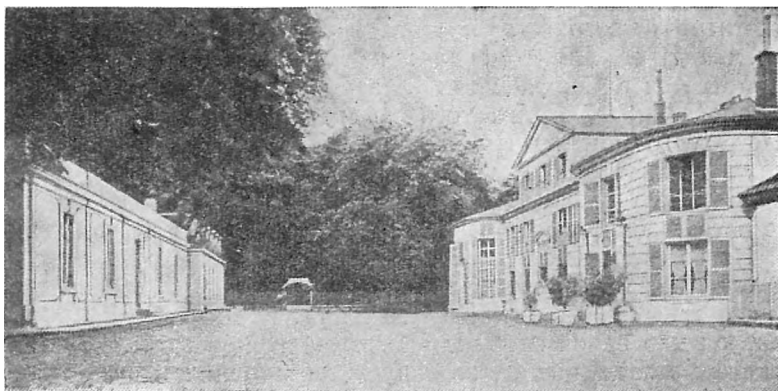


Рис. 42. Бретейльский павильон в настоящее время.

ти в подвал только с разрешения Международного комитета и в присутствии, по меньшей мере, одного его члена.

Этот порядок хранения международных эталонов мер очень напоминает указ Петра I № 11 в Сенатском архиве от 1719 года «О подлежащих государству вещах».

«Государству принадлежащие вещи, а именно государственное яблоко (держава), корона, скипетр, ключ и меч имеют в царской рентереи (казне) в большом сундуке за тремя замками в сохранении быть, к чему камер-президенту, одному камер-советнику и царскому рентмейстеру каждому по одному ключу иметь подлежит, и когда торжественное какое действие случится, то президенту вместе с двумя камер-советниками итти в рентерею и оный сундук отпереть и подлежащие такие вещи вынять и через двух камерных советников к царскому двору отсылать. А после бывшего торжества взять и велеть оные паки в рентереи сохранить» (А. Е. Ферсман, акад., Очерки по истории камня, т. I, изд. Академии наук СССР, Москва, 1954, стр. 123).

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОТИВНИКИ МЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ МЕР

Известно, что Соединённые Штаты Америки и Англия пока не только не ввели у себя метрической системы мер, но принципиально возражают против её введения.

Для советского человека естественно спросить, какие же принципиальные соображения могут быть приведены против метрической системы? На этот вопрос даёт ответ президент американского института весов и мер У. Р. Ингалс в брошюре, издан-

ной в 1946 году названным институтом¹. Приведём подлинные слова этого официального документа по этому вопросу.

«Американский институт весов и мер, организованный в 1916 году, является противником пропаганды в пользу обязательного введения в Соединённых Штатах метрической системы мер. Институт не возражает против употребления этой системы теми, кто найдёт её для себя полезной. Пользование этой системой допускается в Соединённых Штатах законом с 1866 года, в Великобритании — почти с того же времени. Из того, что за истекшее с этого момента время лишь немногие коммерсанты этих стран приняли метрическую систему, можно заключить, что она не представляет преимуществ вне сферы научных лабораторий. Также нет никаких намёков на изменение взглядов в этом вопросе.

Ни со стороны экспортёров, ни со стороны зарубежных покупателей нет явных требований о том, чтобы мы отказались от нашей теперешней системы мер в пользу метрической. Конечно, перевод мер одной системы в меры другой системы представляет некоторые затруднения, но такую же трудность представляет перевод денег и различие языков. Пока народы не перешли на единый язык и на общую денежную систему, мы выиграли бы немного от унификации мер и весов.

Хотя наш институт не против употребления метрической системы мер, однако он не рекомендует распространения её в Соединённых Штатах вне научных лабораторий, так как введение её внесло бы путаницу в производство, коммерцию и быт, где этой путаницы ныне нет. Это убеждение подкрепляется ещё тем обстоятельством, что английская система весов и мер в практическом отношении стоит выше метрической, которая в некоторых областях, например в морском деле, оказалась непрактичной и не применяется в чистом виде даже в самой Франции.

С другой стороны, английская система, подобно английскому языку, оказалась практичной и способной к развитию в необходимых направлениях. Американский институт весов и мер и ставит своей целью выяснение и разъяснение этого».

Все выставленные против введения метрической системы «аргументы» не новы, они приводились в своё время и у нас. Сам автор брошюры признаёт «несчастьем английской системы весов существование двух различных тонн» (малая тонна 2000 фунтов — в США, Канаде, Южной Африке, большая тонна 2240 фунтов — в Англии и Австралии и для некоторых продуктов в США), равно как существование 56 различных бушелей (для яблок по весу 48 фунтов, для пшеницы — 60 фунтов и т. д.).

Все вопросы о мерах и весах решаются в Соединённых Штатах Америки правительствами отдельных штатов и изъяты из

¹ Units of Weights and Measures by Walter Renton Jngalls, President of the American Institute of Measures. Published by the American Institute of Weights and Measures, Нью-Йорк, 1946.

компетенции федерального правительства, поэтому общегосударственное регулирование мер в США юридически невозможно. Существует Национальное бюро стандартов, но оно является лишь совещательным органом. На многочисленной конференции мер и весов, состоявшейся в мае 1953 года (430 делегатов), вопрос о метрической системе не поднимался.

Против метрической системы в 1906 году выступил английский философ Герберт Спенсер брошюрой («Against the metric system» — «Против метрической системы»), чтобы помешать парламенту ввести эту систему в Англии. Выступление Спенсера не блещет ни новизной аргументов, ни обоснованностью их. Автор заявляет, что «десять тысяч человек хотят заставить двадцать миллионов менять свои привычки. Эти десять тысяч суть учёные (притом не все), торговые палаты и некоторые тредьюнионы, двадцать миллионов — мужчины и женщины Англии». Спенсер считает, что реформу системы мер можно предпринять лишь после референдума.

Далее Спенсер воспроизводит возражения астронома Джона Гершеля в 1863 году против выбора длины метра. Метр, говорит Гершель, есть известная доля парижского меридиана, следовательно, мера местная и национальная, а не универсальная. Земная ось могла бы дать более приемлемую единицу длины. Несколько изменённый ярд, приравненный некоторой части длины земной оси, был бы, по мнению Гершеля, более приемлемой единицей длины. К доводам Гершеля Спенсер добавляет критику стоградусного термометра, с которой выступил профессор Хатцен из метеорологического бюро Соединённых Штатов Америки, по словам которого для метеорологии нельзя придумать менее подходящую шкалу термометра, чем стоградусная. Градус этого термометра слишком велик, гораздо больше показаний его приходится писать со знаком минус, чем при пользовании термометром Фаренгейта, употребляемым в Англии и Северной Америке.

Последний довод Спенсера против метрической системы заключается в том, что в английской системе мер ряд единичных отношений является кратными или долями двенадцати, что позволяет в круглых числах выразить $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$ и $\frac{1}{4}$ меры.

Этот довод являлся бы сильным, если бы мыслим был переход человечества на двенадцатиричную систему счисления. Такой переход и введение естественной в таком случае двенадцатиричной системы мер обсуждались при создании метрической системы во Франции, но соответственный проект был оставлен, так как изменение системы счисления является неосуществимым. Таким образом, единственным доводом против введения метрической системы является то, что для этого нужно отказаться от вкоренившихся привычек. «Революционный порыв», о котором неоднократно говорили французские реформаторы системы мер, помог французам преодолеть вековые привычки.

СИСТЕМА МЕР АНГЛИИ И СОЕДИНЕННЫХ
ШТАТОВ АМЕРИКИ

А. Н. Крылов приводит слова знаменитого английского физика В. Томсона о «нелепости» английской системы мер. Иллюстрируем эту нелепость на примере мер ёмкости.

	Англия	США
1 куб. дюйм	16,387 <i>см</i> ³	16,387 <i>см</i> ³
1 куб. фут	28,316 <i>дм</i> ³	28,317 <i>дм</i> ³
1 куб. ярд	764,553 <i>дм</i> ³	764,559 <i>дм</i> ³
1 миним (капля)	0,05919 <i>мл</i>	0,06161 <i>мл</i>
	(миллилитр)	
1 драхма жидкости (60 миним)	3,551 <i>мл</i>	3,696 <i>мл</i>
1 унция жидкости (8 драхм)	28,412 <i>мл</i>	29,573 <i>мл</i>
1 джил=5 унциям	0,142 <i>л</i>	в США 4 унциям 0,118 <i>л</i>
1 пинта=4 джилам	0,568 <i>л</i>	0,473 <i>л</i>
1 кварта=2 пинтам	1,136 <i>л</i>	0,946 <i>л</i>
1 галлон=4 квартам	4,546 <i>л</i>	3,785 <i>л</i>
1 бушель=8 галлонам	36,367 <i>л</i>	35,238 <i>л</i>

Кроме этих мер, употребляемых в публичных расчётах (обратите внимание на странное различие одноимённых мер в Англии и США!), в английском быту употребляются меры, названия которых можно найти лишь в специальных справочниках, и то не всегда, как жалуется директор американского бюро мер и весов.

Приведём некоторые примеры таких мер ёмкости:

1 rehoboom = 2 jerobooms,

1 jeroboom = 2 tappet-hens (хохлатая курица),

1 tappet-hen = 2 magnums (непереводимое слово),

1 magnum = 2 квартам.

Rehoboom и jeroboom — имена библейских сказочных королей, которые поочерёдно били друг друга. Как будто Rehoboom в конце концов взял верх, поэтому, очевидно, мера rehoboom равна двум jerobooms. Достойным сочленом этой компании мер является бутылка определённых размеров, называемая demijohn—полуджон.

Сказать: какое нам дело до всех этих «нелепостей» английского быта и языка,— было бы не совсем верно. Читая старую классическую английскую литературу, мы время от времени наталкиваемся на эти странные термины. Например, ряд их можно встретить в популярном романе Вальтера Скотта «Уэверлей» («Ваверлей»).

СОДЕРЖАНИЕ

	<i>Стр.</i>
Введение	3
I. Сообщение сведений о метрической системе мер в кружковой работе	5
Вопросы об измерении величин в школьном курсе математики	11
II. Возникновение мер	—
Меры длины	—
Что принять за меру длины?	13
Меры, не требовавшие эталонов	17
Об одной замечательной мере длины древних народов	18
Меры площадей	20
Меры веса (массы)	22
III. Попытки создания системы мер у древних народов	26
Основное условие удобства системы мер	—
Сравнение вычислений в различных системах мер	27
Вавилонская система мер	29
Системы мер других древних народов	31
IV. Старые русские меры	35
Начало государственного надзора за мерами в России	—
Русские меры длины	38
Меры площадей	40
Меры сыпучих тел	41
Меры жидкости	42
Меры веса (массы)	—
Денежная система русского народа	44
Надзор за мерами в России в новое время	47
Д. И. Менделеев — метролог	52
Деятельность метрологического учреждения в наши дни	56
V. Дальнейшее развитие систем мер в новое время	59
Недостатки старых систем мер	—
Противники реформы системы мер	60
Злоупотребления мерами в торговле	62
Каким требованиям должна удовлетворять система мер?	64
Потребности наук в реформе системы мер	65
VI. Создание метрической системы	67
Разработка основ метрической системы	—
Измерение дуги меридиана	69
Временная метрическая система	71
Сокращённое обозначение метрических мер	76
Архивный метр	78
Причины, мешавшие проведению в жизнь метрической системы	79
VII. Метрическая система становится международной благодаря деятельности русских учёных	81
Деятельность Международного бюро мер и весов	89
Определение метра при помощи длины волны	90

VIII. Метрическая система мер в России и СССР	96
IX. Задача Д. И. Менделеева о наилучшей системе гирь	102
Постановка вопроса	—
Разные системы счисления	—
Взвешивание при помощи одного набора гирь	105
Все числа трюичной системы могут быть записаны при помощи двух цифр: 0 и 1	106
Использование наиболее удобной системы гирь в России	110
X. Упражнения в устных вычислениях в связи с прохождением метриче- ской системы в школе	114
Простые соотношения между русскими и метрическими мерами	—
<i>Приложения</i>	
Талейран	120
Бретейльский павильон	121
Современные противники метрической системы мер	124
Система мер Англии и Соединённых Штатов Америки	126



Цена 2 руб.