

СЗТУ

**Русская метрология
XI-XIX вв.**

Письменные лекции

**Санкт-Петербург
2002г.**

Система древнерусских мер длины сложилась уже к XI веку. Основные меры были следующие:

- **верста** (от слова «верстать» - распределять).
- **сажень** (от слова «сягать» - достигать).
- **локоть** (длина локтя, т.е. расстояние от локтевого сгиба до конца вытянутого среднего пальца руки).
- **пядь** (от слова «пять»).

На камне в 1068 г. было высечено:

«...В лето 6576 (1068 г. от р.Х.) ... Глеб князь мерил море по льду от Тмутаракани до Корчево 10000 и 4000 сажен ...».

В описании хождения тумена Даниила:

«... от тоя церкви до гроба Лазарева сажень 12 ...». В «Потерике» Киево-Печерского монастыря: *« ... 10 локтей ...».*

Итак, древнерусская система мер длины имела следующий вид:

1 верста = 750 сажням = 2250 локтям = 4500 пядям.

Также к этому времени сложились меры площади, объема, веса и времени. Меры площади нужны были для определения размеров земельных участков, меры объема и веса – в торговле.

Дошли до нас названия мер площади:

- **дом** (семья)
- **соха**
- **обжа**

«... три обжи – соха, а обжа – 1 человек на 1 лошади орет (пашет) ..., а кто на 3 лошадях и сам третий орет, - ино то соха ...».

Первичными мерами объема являлись обычные для хозяйственной практики сосуды и другие вместилища:

1 кадь = 2 половникам = 4 четвертям = 8 осьминам.

Для мер жидкости: **бочка, ведро, корчага**. Так, **корчага = 1,5 ÷ 1³/₄ ведра (ведро вмещало ≈ 30 фунтов чистой воды).**

Использовались также более крупные меры: *«... князь Владимир створи праздник велик, варе 300 провар меду».*

Из мер веса того времени упоминаются:

- **берковец**
- **пуд**
- **гривна**
- **гривенка**
- **золотник**
- **почка**
- **пирог**

Появились весы с гирьками и безмены. В быту применялись солнечные, песочные, масляные часы. Летопись: *«... 6602 (1094) апреля 27, в 6 час ночи преставился епископ Владимирский Стефан ...».* *«... 6868 февраля 3, в 3 час ночи явился облак акы кровав и свет яко заря ...».* *«... бысть осьмый час дни ...».*

Для поддержания единства фактических значений установленных мер (разных экземпляров одной и той же меры) в Киевской Руси служили образцовые меры, которые находились обычно в распоряжении князей и предоставлялись ими для единовременного пользования в торговле, строительстве и др. Примером может служить «золотой пояс» великого князя Святослава Ярославича (1072-1076 гг.):

«... Се мера и основание».

Для непосредственных измерений применяли в качестве рабочих деревянные меры. Многочисленные археологические находки древних гирь и мер длины, остатки древних весов и мер объема позволяют судить о состоянии метрологического дела в то время. Устав князя Всеволода: меры *«блюсти без пакости, ни умаливати, ни умноживати и на всякий год взвешивати ...»*.

В XIII – первой половине XV в. Русь находилась в состоянии феодальной раздробленности и татаро-монгольского ига. В это время появились геометрические меры земельных площадей. Так «крутая» десятина – определялась как квадрат, каждая из сторон которого равнялась десятой доле версты (50 сажень), откуда и происходит наименование «десятина». Появился ряд местных мер объема:

-новгородская коробья = 4 четверткам = 16 четверикам;

-псковская зобница = 2 позобеньям = 4 четверткам;

-вятская куница = 3 московким четвертям;

-старорусский луб (мера объема для соли в г. Старая Русса).

«...В Новгороде хлеб дорог бысть ... по две коробы на полтину» (1446 г.);

«...А дару ... дьякону – четверка ржи, повару с конюхом – коробья ржи, ... приставам новгородским – полкоробья ржи».

«... по 7 зобниц ржи на полтину...».

«... Владыце Новгородскому ... идет по полтрети бочки ржи, а по три горсти льну, а по полуполтя мяса (т.е. четверть туши)...».

С конца XIV в. начинают употребляться и угловые меры. Найден древний угломер (транспортир).

В начале XV в. на Руси появились механические часы. *«...В лето 6912 (1404 г.) князь великий замысли часник и постави е на своем дворе за церковью. Сей часник наречеса часомерье; на всякий же час ударяет молоток в колокол ... сотворено есть человеческой хитростью, преизмечтано и преухищрено ...».*

Феодальная раздробленность Руси привела к появлению различных специфических местных мер, отличающихся как значением, так и наименованиями. Но даже в эту эпоху князья стремились, как правило, иметь официальные установленные меры. На них ставили «печати» (клейма), удостоверяющие их законность.

Примером может служить грамота князя Михаила:

«а иным мерам в городе ... не быти, опричь моее меры печатныя». Вопросы надзора за отсутствием злоупотреблений отражались и в международных договорах того времени. Примером может служить договор Полоцка с Ригой и Ливонией 1405-1407 гг.: *«... Весу Полоцкому быть Ризьского полупудом болши. Про то же сперва Рижяином послати свои колокола к Полоцку на свою истраву (за свой счет) ... Также весы у Ризе держат ползолотником болши во дного рубля ...».* Весовщики должны были целовать крест (давать клятвенное обещание) в том, что они будут взвешивать товары правильно, без обмана.

XV век – эпоха объединения Руси вокруг Московского княжества в условиях ослабевающего монголо-татарского ига, в условиях роста международных связей. В XVI-XVII вв. крепнет Московское государство. Увеличиваются земельные площади, расширяется внешняя и внутренняя торговля, возрастает добыча полезных ископаемых. Все это отразилось и на метрологии. Государственная политика была направлена на упорядочение мер и измерений. Двинская грамота Ивана Грозного о новых мерах (осьминах) от 21.12.1550 г. является исторически важным документом, дающим представление о системе мероприятий по порядку передачи значений единиц измерений от образцовых мер к рабочим.

Грамота эта была адресована к местным выборным людям. Вместе с грамотой им посылалась «мера медяная новая» (осьмина), предписывалось изготовить копии с

этой меры («спуски новые деревянные») и заклеить все меры («на всех учинити по пятну»).

Иван Грозный: *«А таковы если меры послал во все свои города ровны».*

Таможенный устав 1653 г.: *«Хлебным мерам и всяким весом и саженом и аршином на Москве и в городах быти равным и учинити вес против фунтов. А хлебные меры учинить в одно кружало с железными обручьями и мерить хлеб с верхом».*

Появились различные специальные руководства:

по землемерному делу (сошные мудрости); Торговая книга; Устав ратных, пушечных и других дел.

Этими руководствами пользовались приказы Московского государства и непосредственные исполнители в своей практической работе.

В XV-XVII вв. несколько увеличилось число принятых мер. Появились новые меры:

-аршин

-вершок.

К этому времени уточнились соотношение между мерами:

мера	значение	
	в русских мерах	в метрических мерах
верста	1000 сажень	2,16 км
сажень	3 аршина	2,16 м
аршин	4 четверти	72 см
локоть	10 ² / ₃ вершка	48 см
пядь	4 вершка	18 см
вершок	-	4,5 см

Торговая книга:

«Коли мерят аршинами и саженьями, считати: аршин 16 вершков, сажень 3 аршина, локоть 10 вершков и ²/₃ вершка, 2 аршина будет 3 локтя».

Система мер земельных площадей, действовавших в XV-XVII вв., была следующая:

-соха 500-1200 четвертей

-выть 12-16 четвертей

-десятина 2 четверти

-четверть 2 осьмины

-полчетверти

(осьмина) 2 полосьмины

пол-полчетверти 2 четверика

пол-пол-полчетверти

(четверик) 2 полчетверика

полчетверик 2 пол-полчетверика

пол-полчетверик 2 малых четверика

пол-пол-полчетверик

(малый четверик) 2 полмалых четверика

полмалый четверик -

«... К Архангельскому монастырю отделити из черных земель то же число четвертей или десятин, сколько отойдет их монастырские под город и к городу».
(1583 г.)

Правительственное распоряжение конца XVII в.: «... *то дикое поле ... измерить в десятины и положить в четверти ... по 100 четьи человеку в поле...*».

Также использовались другие меры, например – **копна - урожайная мера**, носившая субъективный характер.

Меры сыпучих тел и жидкости представляли собой уже достаточно стройную систему.

Так в царской грамоте от 15 февраля 1621 г. сказано: «*с нашего с дворцового ведра спуск ... в двенадцать кружек*».

Указ 1667 г.: «*Питье немцам продавать и менять русским людям на товары, как было преже сего, бочками А буде учнут... питье продавать в ведра и в стопы и в чарки ... те товары и питье ... имать без отдачи...*»

В это время система мер веса развивалась, пополнялась новыми мерами. Применялись следующие меры:

- **ласт** («в ласту приходит 90 пудов московских, а в ином меньше».)
- **контарь** («контарь» (центнер) – два с половиною пуда».)
- **пуд**
- **безмен** («в безмене весит пол-3-я фунта»)
- **ансырь** («нынешний» ансырь – фунт в 96 золотников»)
- **гривна, фунт, литра.**

В связи с развитием мореходства широко стали использоваться угловые меры.

Градус (1/360 часть окружности) была известна на Руси еще до XVI в. «Астрономия с немецких переводов»:

«*Рига стоит на 56 граде 36 минуте... Стокхольм, свитский город, стоит на 59 граде 50 минуте...*».

В это время астрономические явления, например, суточное движение Луны и Солнца, выражались в секундах и долях секунды: «*Месяц идет на всякий день 13 град, 10 минут 35 секунд ... Солнце идет на всякий день 59 минутен 8 секунден и 1/2 секунды*».

Крупной угловой единицей явился **румб**.

Русские поморы использовали **астролябии и ветромеры**.

Распространились механические часы. В XVII в. они имелись в царских дворцах и даже в домах бояр и высшего духовенства.

В XVI-XVII вв. общая организация надзора за мерами и весами и за отсутствием злоупотреблений была возложена на центральные учреждения. Выборные люди следили за пользованием только официально установленными мерами.

Двинская грамота 1550 г.: «... *чтоб все люди, купцы и продавцы, всякое жито мерили в те пятенные (клейменные) новые деревянные меры ..., а в старые бы меры ... ничего не мерили...*».

Штраф налагали за использование неверных и неклеяемых мер жидкостей: «*кто что ... учнут купити и продавати не в государеву питейную меру...*». Выборные люди обходили рынки и торговые заведения, где проверяли правильность мер и наличие клейма на них.

Но в Московском государстве XV-XVII вв. единство мер еще не было достигнуто. Однако уже само наличие единой системы мер, обязательной для применения на всей громадной территории страны, представляло весьма существенный факт.

Немец-опричник Г. Штаден: «*Нынешний великий князь достиг того, что по всей Русской земле, по всей его державе – одна вера, один вес, одна мера*».

Это некоторое преувеличение, но система русских мер оказалась практически целесообразной и дожила до метрической реформы 1918 г.

Метрологическая реформа Петра I.

Осуществление поставленной Петром I задачи «прорубить окно в Европу», повлекло за собой чрезвычайное расширение культурных, научных, производственных и торговых связей с Западом и отразилось на метрологии как петровской, так и послепетровской эпохи. Развитие системы русских мер получило ряд особенностей:

- значительно увеличилось число малых мер;
- произошло сближение русских мер длины с английскими;
- было введено несколько английских мер площади и объема;
- были введены новые единицы, предназначенные для неизмерявшихся ранее величин (механических, тепловых, электрических, магнитных).

Были открыты специальные учебные заведения:

- навигационная школа в Москве (1701г.).
- инженерная школа в Москве (1711г.).
- артиллерийская школа в Петербурге (1711г.).
- морская академия в Петербурге (1715г.)
- горные школы и пр.

Во многих руководствах того времени стали приводиться таблицы мер длины, объема и веса, указания об использовании угловых мер и угломерных приборов для целей практической астрономии, топографии и навигации.

Еще в конце XVII века Петром I был организован ввоз различных измерительных приборов (оптических, угломерных и др.). Появились ремонтно-юстировочные мастерские, а затем и мастерские для изготовления измерительных приборов.

На многих заводах были организованы контрольно-измерительные лаборатории, оснащенные мерами длины, веса и весоизмерительными приборами.

При Академии наук была открыта «инструментальная палата» - мастерская, в которой изготовляли компасы, астролыбии, квадраты, нивелиры, а также «барометренная палата» - мастерская, изготовлявшая барометры, микроскопы, термометры и пр.

Однако в XVIII в., как и ранее, объединенного метрологического руководства в стране не существовало – выполнение основных метрологических функций не было еще сконцентрировано в каком-либо одном ведомстве или учреждении.

Коммерц-коллегия ведала вопросами внедрения мер в практику торговли и метрологического обслуживания этой сферы.

Адмиралтейств-коллегия руководила процессом использования угловых мер, а также угломерных приборов и компасов.

Берг-коллегия ведала измерительным хозяйством горных заводов, рудников и монетных дворов

Академия наук, хранившая копии эталонов туаза и фута, образцовые меры аптекарского веса и пр., решала задачу воспроизведения и использования угловых единиц, единиц времени, температуры и атмосферного давления.

Между тем в XVIII в. фактически не было единых общеобязательных эталонов, кроме эталона фунта 1747г.

Однако правительство и руководящие ведомственные органы уделяли внимание не только состоянию образцового и рабочего измерительного хозяйства, но и методике выполнения измерений в торговле, промышленности и в других областях (пробирное и монетное дело, измерения, связанные с изучением территории России и пр.).

Развитие системы единиц измерений.

В XVIII в. система единиц (мер) длины увеличилась введением английских мер:

- **фута;**
- **дюйма;**
- **линии.**

Совокупность русских мер длины стала выражаться следующим образом:

сажень = 7 английским футам.

аршин = 28 английским дюймам.

англ. фут = 12 дюймам.

англ. дюйм = 10 линиям.

В «Атласе реки Дона, Азовского и Черного морей» адмирала К. Крютса (1703 г.):

«...Река Камышенко до Перекони 7000 сажень длиной. Всякая сажень по 7 футов, а всякий фут по 12 дюймов...».

Французский метролог Сежей указывал в 1834 г.: *«...Петр Великий ... пожелал, чтобы сажень была равна 7 английским футам, так что аршин оказался равным 711 мм и стал короче, чем старый...».*

При Петре I в системе единиц площади прочно утвердились квадратные меры. В «Генеральной геометрии» Н.Г. Курчанова:

«квадратный фут содержит 144 квад. дюйма, а сажень 49 квад. футов ...».

Академик И.Г. Георги: *«... десятина имеет 2400 квадратных сажень ...».*

Вместе с тем в землемерном деле сохранила свое положение неквадратная мера: **десятина.**

В XVIII в. была усвоена система кубических единиц.

Кубическая сажень содержала в XVIII в. 27 кубических аршин или 343 кубических фута.

М.В. Ломоносов:

«Один гран серы наполняет тяжелым серным запахом камеру в 10 кубических сажень, т.е. 3430 кубических футов...».

В торговой практике и в быту по-прежнему употреблялись особые меры объема сыпучих тел и жидкостей:

- **хлебные меры;**
- **ласт;**
- **четверть;**
- **осьмина;**
- **полосьмина;**
- **четверик;**
- **«винные меры»;**
- **бочка (40 ведер);**
- **ведро;**
- **полведра;**
- **четверть ведра;**
- **«осьмуха»;**
- **«кружка» (1/16 ведра).**

Во второй половине XVIII в. в систему русских мер жидкостей была введена новая мера, значение которой было твердо зафиксировано:

- **бутылка.**

Указом Сената от 16 сентября 1774 г. в ведре должно было содержаться $13\frac{1}{2}$ бутылок, так что бутылка составляла $\frac{3}{40}$ ведра.

В.Н. Татищев:

«... Ведро ...называется осьми вершковое, которого диаголь, т.е. наось от дна до края другой стороны внутри, должно быть 8, а кубических 136 вершков...».

Система единиц веса начала XVIII в. сложилась следующая:

- берковец;
- пуд;
- полпуда;
- четверть пуда;
- ансырь;
- золотник;
- центнер (контарь XVII в.).

Система угловых единиц, основанная на коэффициенте 60, сохранившаяся неизменной в течение тысячелетий, ведя свое начало от древних вавилонян, получила в Европе дальнейшее развитие в части дольных единиц.

«Арифметика» Магницкого:

- градус (1/360 часть окружности) = 60 минутам;
- минута = 60 секундам;
- секунда = 60 терциям

«Каждо колесо (т.е. каждый круг) ... разделяется в 360 градусы, градус же разделяется в 60 минут ..., минута в 60 секунд, а каждо секунд в 60 терций и прочая ... тако даже до 10 крат пределяются».

За терцией в системе угловых единиц следовали **кварты, квинты и сексты**.

На пороге XVIII в. в способах счета и определения времени были проведены важные изменения в соответствии с тем, что было принято в ряде стран Запада. Указом Петра I от 1700 г. начало года было перенесено на 1 января.

Кроме того, был принят порядковый счет лет, соответствующий современному, а не «от сотворения мира». Также было введено деление суток на две равные части по 12 часов неизменной длительности в течение всего года.

Новое деление суток воспроизводили с помощью часоизмерительных устройств, на циферблатах которых были нанесены лишь 12 чисел (как и в настоящее время).

В XVIII веке начали применяться механические единицы (скорости, ускорение, плотности, удельного веса, силы, давления).

Например, значение ускорения свободного падения тел: **$g = 30.20$ фут (париж.)/ c^2** ,

плотность Невской воды: **$\Pi = 69,4$ фунт/кубич. фут,**

сила: *«веревка ... натянута силою в пуд с каждого конца», «сила, вытягивающая веревку ... $p = 3840$ золот»,*

давление атмосферы (760 мм рт. ст.): **$P = 30,0$ англ. дюймов = 28,0 париж. дюймов.**

Появились тепловые единицы, сводившиеся в России XVIII века к одной единице: **градусу**, воспроизводимому шкалой того или иного термометра.

В России в то время были распространены термометры Делиля и Реомюра, отчасти Фаренгейта и Цельсия:

$1^{\circ}C = 1.5^{\circ}$ Делиля = $9/5^{\circ}$ Фаренгейта = $4/5^{\circ}$ Реомюра.

Изучение электричества, связанное с именами Ломоносова, Рихмана, Дюфе, Франклина, Вольта, Кулона и др., ограничилось в XVIII в. областью электростатики и притом имело в основном качественный характер.

Применялись лишь условные единицы в форме произвольных деления дуговой шкалы («градусов») на «электрических указателях».

Из русских исследователей в этой области особенно потрудились Г.В. Рихман. К созданию электрических единиц он пролагал свой путь, используя механические действия электрических зарядов на разные легкие тела:

«самым сильным электричеством, какое я мог возбудить с помощью своего шара, я поднял 1,5 драхмы на 2 лондонских дюйма...».

Как же обстояло дело с обеспечением единства измерений в это время?

В первой половине XVIII в. не было еще общеобязательных единых эталонов, которые возглавили бы всю систему измерительного хозяйства России.

В связи с этим в 1736г. правительством была образована Комиссия об учреждении весов мер, общей задачей которой явилось установление прочных метрологических основ. Хотя в XVIII в. единство измерений не было еще достигнуто в достаточной степени, однако в отношении этого в России положение обстояло значительно лучше, чем в большинстве стран Запада – потому что была официально установлена единая система мер и осуществлены исходные общеобразовательные образцы мер длины, объема и веса. Даже для такой небольшой страны, как Голландия, применялись меры амстердамские, лейденские, дельфтские, гарлемские и многие другие, а также меры провинций: Утрехтской, Брабантской, Гельдернской, Зеландской, Фландрской.

Ж.П. Ришар «Торг амстердамский»:

«Во всем Российском государстве – единая монета, мера и вес».

При сношениях с Западом возникало многие трудности.

Письмо Петра I князю Куракину (1714 г.):

«... присылали вы роспись подрядным кораблем, которым написана пропорция амстердамскими футами, а я к вам всегда писал, чтоб английскими, о чем зело удивляюсь, для чего сие пренебрегли, ибо убыло в длину более 10 фут, а также и в ширину».

Появление новых областей измерений и расширение сферы применения мер и измерительных приборов.

Важной сферой применения мер длины являлось их использование для картографических целей.

Еще в 1705 г. было точно измерено расстояние от Петербурга до Москвы. Имеются сведения об измерениях в 1723 г. общей длины улиц в Петербурге:

- на Петербургской стороне – 17549,5 сажень;
- на Адмиралтейском острове – 5625 сажень;
- на Выборгской стороне 3900,5 сажень и т.д.

Введенные Петром I фут и дюйм получили значительное применение в новых отраслях хозяйства.

«... Корабль «Штандарт» длина 90 фут, ширина 24 фута, вышина 9 фут голландских...».

«...Галеры... кумпанства Святейшего Патриарха с Рязанским митрополитом, длина 145 футов 6 дюймов, ширина 21 фут...».

Но, однако, расстояние между Якутским и Охотским морями было определено в 1715 г. в днях пути «парусного побега» или «нартенного хода».

XVIII век отмечен значительным прогрессом в отношении средств и методов измерений. Для измерения расстояний стали применять: **железные цепи, мерные веревки, шагомеры**; для глубин – **лоты**.

«... цепь делается длиною от 5 до 10 сажен... каждая сажень разделена на звенья, каждое из оных представляет футу, а иногда полуаршин...».

«...Каменный бывший дом князя Меньшикова ... всего квадратных 7462 сажени...».

Совершенствовалась конструкция весов и гирь, появились отечественные теодолиты, секстаны, астролябии, нивелиры, солнечные часы, термометры, компасы и пр. Значительное распространение получили методические указания метрологического плана.

Надзор за мерами и весами и за отсутствием злоупотреблений.

Наблюдение за мерами и весами и за отсутствием злоупотреблений осуществлялось в городах различными административными органами: бурмистерские палаты, ратуши, магистраты и пр., а в уездах – воеводами, губернаторами и пр.

Наказ 1719 г. воеводам:

«осмотрительно наблюдать, чтоб ... весы и мера везде были правдивые и истинные и никто б чрез оные не был обижен».

Инструкция 1722 г. для обер-полицмейстера:

«смотреть и хранить с прилежанием, дабы была мера и весы прямые и равные за орлом»;

«за лживые меры и весы ... чинить взыскание по законам»;

« за мерами и весами в городе имеет городничий обще с городовым магистром смотрение...».

«Регламент о управлении Адмиралтейства и Верфи»:

« ... Контролер ... должен каждые полгода осматривать весы и меры в магазинах, верны ль они»; «... исправлять и поверять ... все весы по дважды в год».

Доклад генерал-прокурора князя Трубецкого:

«... Вчерашнего числа наутру на Гостин двор, в портовую таможную и во все построенные по обеим сторонам Невы-реки пенечные амбары я ходил и казенные весы ... свидетельствовал».

Контрольные функции были разнообразны – надлежало наблюдать не только за исправностью мер и весов, но и за отсутствием обмеривания и обвешивания и даже за качеством и ценой товаров.

«Устав благочиния»:

«... предписываем иметь недреманное надзирание, чтоб обман и подлог не происходили в качестве, в количестве, в цене, в мере и в весе...».

«Устав воинский» 1716 г.:

«Ежели кто мерою и весом лживо поступит, оный не точию то добро ... имеет возратить втрое, но и сверх того денежный штраф дать, и на теле имеет быть наказан».

Десятичный принцип в русской метрологии XVIII в.

История метрологии XVIII в. содержит интересные материалы относительно первых шагов в области десятичного подразделения мер длины – того принципа, который лег в основу метрической системы мер.

Предложение о переходе на десятичную систему мер было сделано еще в 1730 г. XVIII в.:

«В 1730-м году учинено предложение, чтобы вес и меры учиня в десятичном разделении положить пропорцию от чистой воды или золота, для которого была учинена Комиссия весьма мало в том прилежа, оставили ни чего не учиня».

Но Комиссия не решилась все же провести столь коренную ломку системы русских мер.

Однако десятичный принцип частично применялся в то время: «... сажень ... разделяется на 10 футов, фут на 10 дюймов, дюйм на 10 линий, линия на 10 скрупулов...».

Физические постоянные в русской метрологии XVIII в.

В XVIII в. русскими учеными были предприняты первые попытки определить ряд физических постоянных и частично даже связать с ними различные единицы измерений, чем, как известно, обеспечивается воспроизводимость эталонов в случае их порчи или утраты и уточняется вся метрологическая база.

В 1736 г. была выдвинута идея связать единицы длины с физической постоянной: - длиной земного градуса. Однако, ряд исследований, проведенных Делилем и Фарварсоном, доказали, что длина градуса меридиана зависит от широты. Таким образом, неизвестность точной формы Земли не позволила реализовать эту идею.

Большое значение имело уточнение астрономической единицы (среднего расстояния от Солнца до Земли).

Академик Руновский:

«... расстояние Земли от Солнца 1/5 частью больше, а самое Солнце почти вдвое больше, нежели как прежде полагали ...».

Проводимые в то время исследования позволили уточнить величину ускорения свободного падения и его зависимость от географической широты, обнаружить неравномерность вращения Земли, определить точку замерзания ртути, определить значение коэффициента расширения воздуха: 0, 0018 для 1° ртутного термометра Ломоносова.

Русская метрология эпохи зарождения и распространения метрической системы XIX-начало XX в.

На пороге XIX в. произошло знаменательное в истории метрологии событие: декретом Французского революционного правительства от 10 декабря 1799 г. была легализована и введена во Франции в качестве обязательной метрическая система мер, предназначенная по мысли ее творцов на все времена, для всех народов. Однако, несмотря на свои крупные преимущества, эта система не сразу была внедрена даже во Франции.

В 30-х годах XIX в. во Франции фактически применялись 2 системы мер:

- основанная на туазе;
- основанная на метре.

Лишь законом от 4 июля 1837 г. метрическая система мер в ее первоначальном виде была объявлена обязательной для употребления во Франции с 1 января 1840 г. Только после этого распространение системы за пределы Франции стало скольконибудь реальным.

Для России этот период характеризовался значительно возросшими темпами развития науки, техники, промышленности и торговли. Основывались различные

высшие учебные заведения, научно-исследовательские учреждения, многочисленные научные общества.

Проводился ряд съездов ученых, исследователей и инженеров; увеличилась во много раз добыча полезных ископаемых. Создались новые отрасли промышленности, появились железные дороги и паровой флот, электрические станции. Началась электрификация предприятий, расширилась торговля внутренняя и внешняя. В соответствии с этим развивалась метрология:

- были проведены мероприятия в целях повсеместного распространения единой системы русских мер;
- коренным образом улучшено состояние эталонного и образцового измерительного хозяйства;
- расширена номенклатура мер;
- организовано центральное метрологическое учреждение – Главная палата мер и весов;
- создаются государственные поверочные учреждения.

В 1827 г. была образована Комиссия «для постановления на неизменных началах системы Российских мер и весов». Комиссия собрала образцы различных русских и иностранных мер, выполнив ряд сличений их и др.

В 1830 г. этой Комиссией были созданы единые государственные эталоны мер длины и веса (массы) и первичные образцы мер объема сыпучих тел и жидкостей.

В 1841 г. в Петербурге, на территории Петропавловской крепости было построено здание для центрального метрологического учреждения – Депо образцовых мер и весов, которое с 1842 г. по 1865 г. возглавлял академик А.Я. Купфер. Основными задачами депо являлось:

- хранение созданных эталонов, их копий и образцов различных иностранных мер;
- сличение их с образцами русских мер;
- изготовление и поверка копий эталонов;
- составление сравнительных таблиц русских и иностранных мер;
- поверка образцовых мер, рассылаемых в разные районы государства.

В 1842 г. было издано Положение о весах и мерах, предусматривающее обязательное применение только русских мер во всем государстве.

В последней четверти XIX в. произошли важные события международного метрологического значения, положившие прочное начало объединенной работе метрологов разных стран и распространению метрической системы.

В 1851 г. в Лондоне и в 1855 г. в Париже на международных промышленных выставках жюри эти выставок высказались в пользу введения единообразной системы мер.

В 1855 г. в Париже было учреждено Международное общество по установлению единой десятичной системы мер, весов и монет.

В 1870 г. в Париже по инициативе Петербургской Академии наук была организована Международная комиссия, рассмотревшая вопросы введения метрической системы мер в разных странах и изготовление новых прототипов метрических мер и их копий.

В 1875 г. представителями ряда государств (в том числе России) была подписана Метрическая конвенция, которой предусматривалось изготовление международных и национальных прототипов метра и килограмма и создание международных метрологических учреждений:

- Международного бюро мер и весов – научно-исследовательского метрологического института

- Международного комитета мер и весов, руководящего метрологического органа, состоящего из ученыхпредставителей государств, присоединившихся к конвенции.

Метрическая система мер издавна встречала самое благоприятное отношение в России со стороны ряда ученых.

Профессор астрономии Д.М. Перевощиков:

«метрические меры имеют все желаемые совершенства» (1826 г.).

Э.Х. Ленц употреблял метрические меры в 40-х годах для измерения веса, объема газа, барометрического давления, расхода газа.

В 1867 г. Д.И. Менделеев выступил на съезде русских естествоиспытателей и врачей в пользу введения метрической системы мер в научных исследованиях, учебных руководствах и печатных трудах.

С 70-х годов XIX в. метрические меры начинают доминировать над русскими.

С 1870 г. метрическая система была сделана обязательной для всех изданий Главной физической обсерватории, возглавлявшей в России сеть магнитных и метеорологических станций.

Параллельно метрические меры постепенно внедрялись в практику измерений.

В 1868 г. были изданы «Сравнительные таблицы десятичных и русских мер».

Менделеевский этап развития метрологии начался с назначением Д.И. Менделеева ученым хранителем Депо мер и весов. В 1893 г.

в Петербурге *« для сохранения единообразия, верности и взаимного соответствия мер и весов»* на базе Депо была учреждена Главная палата мер и весов – многолабораторный метрологический институт, который также стал заниматься испытанием и поверкой различных измерительных приборов: термометров, манометров, водомеров, электроизмерительных приборов и пр.

В главную очередь Главная палата изготовила новые эталоны прототипов мер длины и веса. В качестве материала для прототипов был избран сплав платины (90%) и иридием (10%), отличавшийся большой тугоплавкостью, твердостью, упругостью и химической неизменностью.

Именно Д.И. Менделеев смог преобразовать Депо в подлинно метрологическое учреждение, которое сыграло исключительную роль в создании государственной службы мер и весов. Д.И. Менделеев возглавлял Главную палату почти 14 лет (1893-1907 гг.) – до своей смерти. При нем в Главной палате был выполнен ряд работ, целью которых было максимально возможное достижение верности и единства измерений и обработки их результатов: определен ряд физических постоянных (плотность воды и воздуха, географические координаты Главной палаты, её высота над уровнем моря и ускорение свободного падения). Значительно повысился метрологический уровень работ лабораторий, занимавшихся измерениями ряда основных величин (длины, массы, времени). Особенное внимание Д.И. Менделеев уделял лаборатории мер массы, деятельностью которой он непосредственно руководил и в которой сам выполнял значительную часть экспериментальных исследований.

В 1884 г. Русское техническое общество издало брошюру «О метрической системе мер и весов и о её введении в России».

В 1889 г. Россия получила две копии новых (международных) прототипов метра и килограмма, изготовленных взамен прежних «архивных» прототипов.

Положением о мерах и весах от 4 июня 1899 г. было разрешено в факультативном порядке применять метрические меры в торговле, в казенных ведомствах и общественных управлениях.

Некоторые ведомства (Почтовое, Медицинское, Горное и др.) на базе этого Положения частично перешли на метрическую систему мер, продолжая, впрочем, пользоваться также и русскими мерами.

Новое Положение о мерах и весах от 27 июля 1916 г. объявило метрическую систему равноправной с русской системой мер. Первая статья этого положения гласила:

«... В Русской империи применяются меры русские и международные метрические».

Совершенствование системы единиц измерений. Возникновение эталонной службы.

«Положением о мерах и весах» от 4 июня 1899 г. был узаконен в качестве основной меры длины аршин (из-за удобства обращения с ним в торгово-промышленной практике).

Длина аршина была выражена не только через английские меры (28 дюймов), но и через метрические:

1 аршин = 0, 711200 международного метра при температуре $16\frac{2}{3}^{\circ}$ по стоградусному международному водородному термометру.

Было разрешено подразделять сажень по десятичному принципу.

В Лондоне был изготовлен образец полусажени, представлявший собой комбинированную меру, на которой были нанесены аршин, метр и ярд.

Неоднократно на протяжении XIX в. изменялись соотношения между русскими и метрическими мерами длины, что определялось усовершенствованием методики и повышение точности проводимы сличений.

Д.И. Менделеев писал: *«...В Англии ... в 1877 г. узаконено, что 1 метр = 39.37079 английского дюйма (Кларк) и 1 метр = 39.36980 дюйма (Титман). Разности эти достигают до 0,00099 дюйма или до 25 микронов...».*

На основании непосредственных сличений русских и метрических прототипов Д.И. Менделеев дал окончательное значение:

1 м = 3,280084 фута = 39,37028 дюйма.

Метрические меры длины с 1889 г. получили в России эталонную базу в форме двух копий международного прототипа метра, из которых одна штриховая мера находилась в Академии наук, другая – в Депо образцовых мер и весов, а затем в Главной палате.

В 1895 г. Главная палата приобрела в Международном Бюро мер и весов копию международного прототипа – уже в форме концевой меры.

К концу XIX в. значительно расширился диапазон единиц измерений длины. Так, в астрономии для измерения расстояний в пределах солнечной системы стал служить радиус (или диаметр) Земли.

Для измерения комических расстояний – **средний радиус земной орбиты: - $149,5 \cdot 10^6$ км, световой год – $9,45 \cdot 10^{15}$ м.**

В оптике, молекулярной физике, спектрографии появился **миллимикрон: - $1 \cdot 10^{-9}$ м, амстрем: - $1 \cdot 10^{-10}$ м**, предложенный в 1868 г. шведским ученым Амстремом.

Положение о мерах и весах от 4 июня 1899 г. узаконило квадратные единицы. Были установлены соотношения:

- 1 кв. верста = 1,13806 км².;
- 1 десятина = 1,09254 га;
- 1 кв. аршин = 0,505805 м²;
- 1 кв. фут = 0,0929030 м² и т.д.

Главная палата опубликовала в 1902 г. «Сравнительные таблицы», что внесло необходимое единство в эти соотношения.

Положение о мерах и весах 1899 г. узаконило следующее соотношение между единицами объема жидкостей:

ведро = 10 штофам (кружкам) = 16 винным бутылкам = 20 пивным (водочным) бутылкам = 100 чаркам = 200 шкаликам.

Кроме того, было предусмотрено изготовление, поверка и клеймение следующих мер:

- **полведра;**
- **четверть ведра;**
- **1/32 ведра;**
- **1/40 ведра.**

Основная мера – **ведро** – была определена, как объем 30 фунтов перегнанной и совершенно очищенной воды (по весу в безвоздушном пространстве) при температуре $16\frac{2}{3}^{\circ}$ по стоградусному международному водородному термометру.

В качестве основных метрических мер объема сыпучих тел было узаконено прежнее соотношение:

четверть = 8 четверикам = 64 гарнцам.

Гарнец был определен как объем, вмещавший 8 фунтов (по весу в безвоздушном пространстве) перегнанной и совершенно очищенной воды при той же температуре, что и для ведра.

В «Сравнительных таблицах» 1902 г. были даны следующие значения четверика и ведра в метрических мерах:

- **четверик = 26,239 л;**
- **ведро = 12,299 л.**

Положением о мерах и весах от 27 июня 1916 г., из метрических мер были узаконены для измерения объемов жидкостей и сыпучих тел: **литр, декалитр, гектолитр**, причем литр был определен, как объем 1 килограмма химически чистой воды при температуре 4° по стоградусному международному водородному термометру, а также кубические: **километр, метр, децилитр, сантиметр, миллиметр (кубические).**

Большой личный вклад внес Д.И. Менделеев при совершенствовании единиц веса, разработав уникальные для того времени средства измерений, что позволило довести точность взвешиваний до 10^{-8} и даже выше. Из мер веса в Положении были узаконены: **пуд, фунт, лот, золотник и доля.**

Номенклатура мер веса пополнилась метрическими мерами от тонны до миллиграмма.

Эталонной базой для этих мер явились две копии международного прототипа килограмма, которые были получены Россией в 1889 г. и одна из которых находилась в Главной палате.

В «Сравнительных таблицах» 1902 г. были указаны в метрических мерах значения самых различных мер веса:

- **пуд = 16,380496 кг;**
- **аптекарский фунт = 358,32336 г;**
- **метрический карат = 0,2 г и пр.**

Система угловых единиц оставалась к концу XVIII в. в основном неизменной: **градус, минута, секунда**. В навигации и гидрографии, наряду с этими единицами, остался **румб**. В тригонометрии основной единицей являлся **радиан**.

Наиболее точно значение градуса воспроизводили с помощью астрономических (угломерных) инструментов Пулковской обсерватории.

Система измерения **времени** по-прежнему включала **год, месяц, сутки, час, минуту и секунду**. Положением о мерах и весах 1889 г. в качестве основной были узаконены сутки, равные 24 ч по среднему солнечному времени, с делением часа на 60 минут и минуты на 60 секунд. Год был определен как интервал времени, в течение которого Солнце при своем движении по эклектике проходит путь от точки весеннего равноденствия до этой же точки. Длительность тропического года была выражена в средних солнечных сутках: **1 год = 365,24219 суток**. Точное воспроизведение единиц времени и точное определение моментов времени осуществляли с помощью астрономических часов обсерватории Академии наук и затем Пулковской обсерватории, опиравшейся в своих данных на наблюдения «часовых звезд».

Номенклатура механических единиц расширилась в XIX в. за счет новых единиц.

В астрономии и физике применялась такая колоссальная единица как **скорость света ($3 \cdot 10^5$ км/с)**, для медленно протекающих явлений, например, при характеристике поднятия и опускания берегов, пришлось ввести расчетную единицу - **сантиметр в столетие**.

Появились метрические единицы ускорения: **см/с²; м/с²; км/с²**.

За основную единицу **плотности** Главная палата приняла выраженную в метрических мерах плотность химически чистой воды при температуре 4° по стоградусному международному водородному термометру:

1000,000 г/л = 1,000000 г/мл.

Единицей **давления** стал кгс/см². Так эталонный манометр конструкции Д.И. Менделеева имел 100 кгс/см².

Появились метрические меры **давления**: **м³/мин; см³/с** и др.

Главная палата мер и весов за основную единицу расхода приняла единицу: **ведро/мин**.

Метрические единицы **механической работы** использовались следующие: **кгс·м; кгс·км**.

В XIX в. в России, наряду с единицами температуры появились единицы **количества теплоты**. Единицами температуры являлись в основном градусы Ремюра и Цельсия, реже – Фаренгейта. В 1887 г. состоялось решение Международного Комитета мер и весов *«принять за нормальную термометрическую шкалу – шкалу стоградусной системы водородного термометра при постоянном объеме и при начальной упругости водорода при 0° под давлением ртутного столба в 1 м высоты, т.е. при 1,3158 атмосферы»*.

В XIX в. появились **электрические** единицы. В 1838 г. Ленц предложил принять электрическое сопротивление медной проволоки № 11 длиной в 1 фут при температуре 15°R в качестве единицы сопротивления.

Ленц: *«Единицей такого тока явился ток, отклоняющий стрелку моего мультипликатора на 1°. Электрическое действие этой единицы тока по выше указанному равно 41, 16 куб. см. гремучего газа при 760 мм (температура 0°) давления в час... Единицей электродвижущей силы является сила, вызывающая при единице сопротивления ток в 1 единицу»*.

Расчет показывал, что единица электродвижущей силы Ленца равнялась приблизительно 0,023 В.

В 1848 г. Б.С. Якоби изготовил и разослал физикам своего времени в качестве эталона единицы сопротивления медную проволоку длиной 25 футов, весом 25 гран (22,4г) и диаметром 0,67 мм. Эта единица, составлявшая порядка 0,636 Ом, получила значительное распространение в Европе до 60-х годов.

В третьей четверти XIX в. в различных странах и разными учеными применялось около 15 единиц электрического сопротивления, 8 единиц электродвижущей силы и 5 единиц силы тока.

В 1861-1870 гг. в Англии работал Комитет по электрическим эталонам, а в 1881 г. произошел первый Международный конгресс электриков, который принял две системы абсолютных электрических единиц:

- **электромагнитную (СГСМ) и**
- **электростатическую (СГСЭ).**

Этот конгресс дал четкие определения электрических единиц.

На Чикагском Конгрессе 1893 г. было постановлено положить в основу электрических измерений эталоны практических электрических единиц, а не их теоретические определения.

В 1908 г. на Международной конференции в Лондоне были уточнены числовые значения международных единиц и разработаны точные спецификации для их вещественного воспроизведения.

В России в Главной палате были созданы эталоны электрических величин. Также к концу XIX в. была разработана единица силы света – амил-ацетатная лампа Гефнера-Альтенка. В 1915 г. была предложена так называемая международная свеча, состоявшая уже из электрических ламп накаливания.