

УДК 53 (075)

Измерения на все времена

Measurements at all times

Ковель А.А.

*д-р. тех. наук, доц
ФГБОУ ВО Сибирская
пожарно-спасательная
академия ГПС МЧС России*

trev191186@mail.ru

Kovel A.A.

*doctor of technical sciences,
associate professor
FSBEE HE Siberian Fire
and Rescue Academy
EMERCOM of Russia*

Аннотация:

Совершенствование методов измерений актуально во все времена. Нониусные измерения – тому подтверждение, а также свидетельство того, что оптимальные решения обречены на долгую жизнь и со временем проявляют скрытые возможности. Приведены примеры этого по отношению к нониусным измерениям.

Ключевые слова: нониус, нониусные измерения, нониусная шкала, точность измерений, метрологическое обеспечение.

Abstract:

Improving measurement techniques is important at all times. Vernier scale measurement is a proof of that, and evidence that the optimal solutions are doomed to a long life and eventually manifest hidden potential. The paper gives examples of that with respect to vernier measurement.

Key words: vernier, vernier measurement, vernier scale, measurement accuracy, metrological assurance.

*Новое – хорошо забытое старое
Русская поговорка*

Рецензент:

А.В. Мурыгин

д-р. техн. наук, проф.

Познавательная деятельность – процесс накопления информации об объектах и процессах материального мира, этот массив получают в том числе в результате измерений.

С развитием науки, техники, с разработкой новых устройств, технологий измерения захватывают всё новые и новые территории, проникая в глубины микромира и бездны вселенной. При этом расширяются возможности и технологии измерений, совершенствуются их технические и методологические средства, более глубоким и изощрённым становится математическое обеспечение.

Когда интеллектуалы средневековья пришли к необходимости перехода от субъективных единиц измерений (фут, локоть, пядь, сажень, косая сажень) к унифицированным объективным единицам измерений, тут проявил себя фактор точности измерений.

Если при измерении удавалось получать целые значения исходных единиц измерений, проблем не возникало. При долях от целых единиц выявлялись противоречия, условно говоря, продавца и покупателя: первому хотелось, чтобы доля была больше, второму – меньше. Началось деление целых единиц на доли. Но при точных измерениях и дольные единицы потребовали измельчения. И этот процесс продолжается. В сферу измерений вовлекается увеличительное стекло, микроскоп, электронный микроскоп...

На этом пути поражает, как учёные и инженеры далёкого прошлого умели простыми средствами повышать точность измерений на порядок и достаточно простыми алгоритмами обеспечивать точность расчётов грандиозных сооружений. Примером простоты средств является штангенциркуль, о котором речь пойдёт ниже, – без каких-либо усовершенствований и усложнений исходного инструмента, а только введением дополнительной шкалы на подвижном элементе точность измерений увеличилась на порядок. Примером простых алгоритмов стали расчёты элементов конструкций, которые позже стали фундаментом серьёзной науки – сопротивления материалов. Сооружения, рассчитанные указанными методами, живут веками.

Сегодня целенаправленная деятельность во всех сферах невозможна без измерений и метрологического обеспечения, а недооценка последних чревата катастрофами, чрезвычайными событиями и военными поражениями.

Точности измерений физических процессов и объектов микромира и при позиционировании объектов с помощью космических средств поражают воображение и казались фантастикой для метрологов недавнего прошлого.

Разработка новых и совершенствование известных измерительных средств и методов – процесс диалектический, и зачастую применение известных и многократно апробированных даёт неожиданные результаты. Это хорошо иллюстрирует пример использования нониусных измерений.

Историки науки утверждают, что идею таких измерений высказал средневековый персидский учёный, врач, философ Абу Али ибн Сина (ок. 980 – 1037 гг.), известный в мире как Авиценна, применявший их при астрономических наблюдениях. Позже (1631 г.) метод нониусных шкал изложил француз Пьер Вернье, применявший его также при астрономических измерениях.

Научное сообщество сохранило память об этом учёном, закрепив за одним из органов управления измерительных устройств наименование верньер.

Но прижилось с этим методом имя португальца Педру Нуниша, известного в своё время математика, современника Вернье, применившего идею предшественника для измерения углов (1642 г.). Видимо более широкую известность П. Нуниша в учёной среде обусловили частые упоминания его имени в публикациях.

Идея нониуса в современном изложении кажется простой и понятной. Проиллюстрируем её примером (Рис. 1).

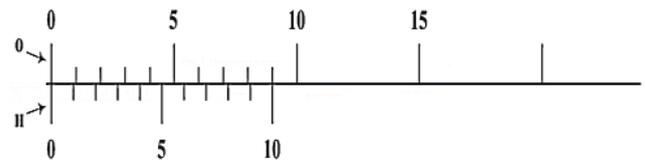


Рис. 1. Нониусная шкала

На рисунке представлены две линейные шкалы (о – основная, н – нониусная), совмещённые так, что девяти делениям основной шкалы (верхней) равны десять делений шкалы нониусной (нижней).

Таким образом, если сдвинуть нониусную шкалу относительно основной вправо так, чтоб совпали первые деления обеих шкал, то величина «зазора» между нулевыми метками шкал будет равна 0,1 доли деления основной шкалы, так как «цена» деления нониусной шкалы равна:

$$\Delta n = \frac{K_n - K_o}{K_n} \Delta o$$

где Δo – «цена» деления основной шкалы,

Δn – «цена» деления нониусной шкалы,

K_o – количество делений основной шкалы,

K_n – количество делений нониусной шкалы.

При этом подразумевается определённое равенство делений обеих шкал (в нашем примере $9K_o = 10K_n$). Тогда $\Delta n = 0,1 \Delta o$, и если одно деление основной шкалы 1 мм ($\Delta o = 1$ мм), то $\Delta n = 0,1 \Delta o$ или 0,1 мм.

Если же совместить вторые деления обеих шкал, то «зазор» между нулевыми метками будет 0,2, третьи 0,3 и т. д.

Используя изложенный принцип для измерения линейного размера, неизвестную величину (l_x) можно определить по отметкам двух шкал как $l_x = \Delta o K_o + \Delta n K_n$, где, как и ранее, K_o и K_n – количество отметок (штрихов) основной и нониусной шкал соответственно, при этом K_n отсчитывается до штриха, совпадающего со штрихом основной шкалы.

Это проиллюстрировано на примере применения упрощённого измерительного устройства (Рис. 2).

С учётом целого числа отметок основной и нониусной шкал $l_x = 7,7$, и если одно деление основной шкалы 1 мм – 7,7 мм.

Идеи нониусных измерений нашли отражение в ряде измерительных шкал (угломерная, трансверсальная, спиральная). Самая известная техническая реализация нониусных измерений – штангенциркуль и ряд его современных модификаций.

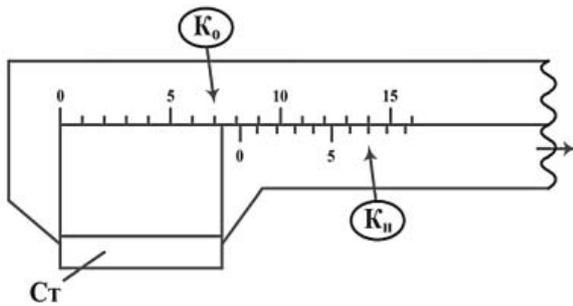


Рис. 2. Схема измерения длины стержня (Ст)

Упрощённое изображение штангенциркуля показано на рисунке 2.

Любопытно, что возможности принципа далеко не исчерпаны.

Рассмотрен вариант применения нониусного принципа измерений в устройствах определения времени (часовых механизмах).

На рисунке 3 показан циферблат часов, содержащий окошко, в котором ежечасно обновляются часовые показания, и две шкалы – внешней, расположенной на неподвижном кольце (с минутными делениями), и внутренней, расположенной по периферии диска, вращающегося на приводной оси часов так, что деления неподвижной (минутной) и подвижной (секундной) шкал соприкасаются по линии внешнего контура диска. Приводной механизм обеспечивает обновление часовых показаний (1, 2, 3, ..., 12) и сообщает вращение диску. На диске расположена риска, выполняющая роль минутной стрелки, конец которой в начале каждого часа расположен под часовым окошком, отмечая ноль минут и ноль секунд. Далее вращение диска перемещает конец риски, отмечая количество минут по отметкам внешней шкалы, при совпадении конца с соответствующими отметками шкалы (целые значения минут). При расположении конца риски между минутными отметками (доли от минут – секунды) отсчёт ведётся с привлечением показаний подвижной шкалы диска (нониусной), на рис. 3 нониусная шкала построена с дискретностью 10 сек, то есть через каждые 10 сек происходят совпадения меток основной (минутной) и нониусной шкал (10, 20, ..., 50 сек), обеспечивающие определение значений текущего времени. Так на рисунке 3 показание равно 9 (21) часам 5 минутам и 10 сек.

При необходимости нониусная шкала может быть представлена с 5-тисекундной дискретностью, что достаточно для бытовых часовых механизмов. Для уменьшения дискретности потребуется увеличение размеров носителя нониусной шкалы (диска), что целесообразно для специализированных часовых устройств – секундометров.

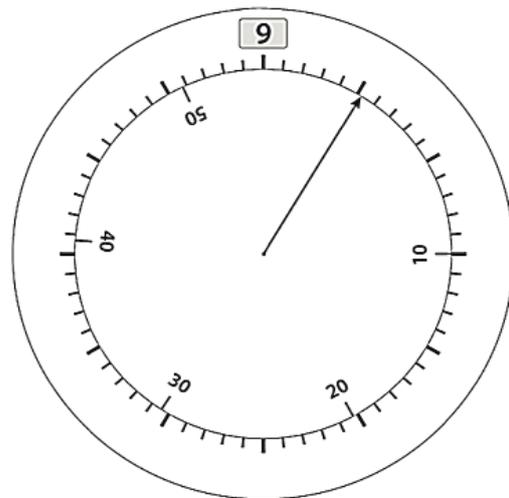


Рис. 3. Циферблат часов

Применение нониусного принципа определения значений текущего времени не требует усложнения часового механизма, так как необходима только одна ось, обеспечивающая один оборот диска за час. При этом формируются минутные и секундные показания. В традиционных часовых механизмах для этого требовалось обеспечить вращение осей минутной и секундной стрелок, что усложняло механизм и снижало его надёжность.

Отсутствие ряда деталей часового механизма делает его проще и надёжней, особенно при стремлении минимизировать размеры некоторых часовых механизмов.

Любопытно, что за тысячелетнюю историю часов использование нониусного принципа установления времени пришлось только на 2013 год.

Используя тот же принцип, усовершенствовано и весоизмерительное устройство, где на внешней шкале расположены отметки, например, в килограммах, а на диске – в долях килограмма. Таким образом, не усложняя внутренний весообразующий механизм устройства, точность измерений повышена на порядок.

Итак, где ранее доли килограмма приходилось определять «на глазок», теперь с точностью до десятых долей килограмма это позволяет делать нониусная шкала весоизмерительного устройства.

Примеры с успешным продвижением принципа нониусных измерений в современных условиях ещё раз подтверждают тезис, что только знания и анализ существующих достижений позволяют успешно решать новые задачи, создавать оптимальные алгоритмы, строить совершенные устройства.

Литература:

1. Тартаковский Д.Ф., Ястребов А.С. Метрология, стандартизация и технические средства измерений. М.: Высшая школа, 2002.
2. Журавлёв А.Н. Допуски и технические измерения. М.: Высшая школа, 1981.
3. Михаль С. Часы. М.: Знание, 1983.
4. Попов В.Н. Нормы и допуски на параметры функциональных узлов. - М.: Энергия, 1976.
5. Тойберт П. Оценка точности результатов измерений. -М.: Энергоатомиздат, 1988.
6. Ковель А.А. Часы. Патент РФ №137968, 2013.
7. Ковель А.А. и др. Весоизмерительное устройство. Патент РФ №158694, 2015.