

УДК 338

DOI: 10.34670/AR.2020.72.76.016

**Взаимосвязь законодательной и прикладной ветвей метрологии:
к вопросу об экономической эффективности измерений****Бегунов Александр Андреевич**

Доктор технических наук, профессор,
Университет ИТМО,
197101, Российская Федерация, Санкт-Петербург, просп. Кронверкский, 49;
e-mail: Begunov38@mail.ru

Иванов Владимир Леонидович

Кандидат технических наук,
старший научный сотрудник,
Университет ИТМО,
197101, Российская Федерация, Санкт-Петербург, просп. Кронверкский, 49;
e-mail: vlivanov@itmo.ru

Пашкова Евгения Александровна

Аспирант,
Университет ИТМО,
197101, Российская Федерация, Санкт-Петербург, просп. Кронверкский, 49;
e-mail: tea-922@mail.ru

Абугов Михаил Борисович

Ассистент,
Университет ИТМО,
197101, Российская Федерация, Санкт-Петербург, просп. Кронверкский, 49;
e-mail: abugov@bk.ru

Аннотация

Практическая, или прикладная, метрология – это раздел метрологии, предметом которого являются вопросы практического применения разработок теоретической метрологии и положений законодательной метрологии с целью обеспечения единства и экономической эффективности измерений. На практике часто это не соблюдается. Иногда это приводит лишь к досадным недоразумениям или свидетельствует о неграмотности исполнителей, но нередко оказывается причиной экономических, социальных, правовых и даже весьма тяжелых последствий. В статье рассмотрены некоторые примеры, взятые из практики. Они характерны для многих отраслей науки и промышленности, хотя и заимствованы из пищевой отрасли только в силу большей их доступности для авторов. Отсутствуют, как правило, корректные с метрологической точки зрения определения анализируемого компонента. В аналитике обычно имеют дело с многокомпонентными

системами, в которых таковыми являются не только матрица, но и измеряемый компонент. При этом количественное и качественное содержание измеряемого компонента неоднозначно и зависит, во-первых, от решаемой измерительной задачи, а во-вторых, от способа его отделения от матрицы. В связи с этим должно быть дано однозначное определение, что именно следует понимать под «клетчаткой», «маслом», «водой», «белком» и т.д. в каждом конкретном случае. Имеют место многочисленные ошибки в применении метрологических терминов. Например, употребляют термины «величина», «уровень» и другие вместо терминов «значение» или «размер». При этом ссылаются на другие документы, из которых заимствуют эти ошибки. Так, вместо «величина массы 5 кг» следует писать «значение массы 5 кг», поскольку термин «масса» и есть по определению «величина»; «уровень» – это не физическая величина, а горизонтальная плоскость, являющаяся границей высоты жидкости или сыпучего материала.

Для цитирования в научных исследованиях

Бегунов А.А., Иванов В.Л., Пашкова Е.А., Абугов М.Б. Взаимосвязь законодательной и прикладной ветвей метрологии: к вопросу об экономической эффективности измерений // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2020. Том 10. № 6А. С. 127-138. DOI: 10.34670/AR.2020.72.76.016

Ключевые слова

Метрология, структура, экономика, прикладная форма, развитие.

Введение

Метрология выработала свой лексикон, хотя и имеющий рекомендательный характер, но во многих случаях его соблюдение позволяет решать спорные вопросы, а несоблюдение нередко противоречит нормам русского языка. Так, весьма часто ошибочны названия самих национальных стандартов и технических условий, прежде всего регламентирующих процедуры испытаний и измерений. В большинстве случаев эти документы называют «Метод определения...», например ГОСТ 31727-2012 «Мясо и мясные продукты. Метод определения массовой доли общей золы», что неправильно, поскольку в стандарте речь идет не о методе измерения, а о методике измерения термogrавиметрическим методом. В соответствии с РМГ 29–2013 [РМГ 29-2013 ГСИ. Метрология. Основные термины и определения, www], *метод измерения* – прием или совокупность приемов сравнения измеряемой физической величины с ее единицей в соответствии с реализованным принципом измерений, а *методика измерений* – установленная совокупность операций и правил при измерении, выполнение которых обеспечивает получение результатов измерений с гарантированной точностью в соответствии с принятым методом.

Не следует использовать и термин «определение». В нормативной документации обычно этот термин применяют как синоним термина «измерение», каковым он на самом деле не является. По нормам русского языка *определение* – формулировка, раскрывающая содержание, сущность, основные черты чего-либо, или *определение* – установление смысла незнакомого термина..., или ... установление предмета рассмотрения, однозначная его характеристика, либо ... введение в рассмотрение нового предмета (понятия) посредством указания на то, как иной предмет построить из предметов данных и уже известных. Таким образом, это вообще не

метрологический термин. Вместо него следует использовать термин «измерение» (это краткая форма полного термина «измерение физической величины»), под которым понимается «совокупность операций по применению технического средства, хранящего единицу физической величины, обеспечивающих нахождение соотношения (в явном или неявном виде) измеряемой величины с ее единицей и получение значения этой величины».

Основное содержание

Следует различать документы, устанавливающие процедуры испытаний или измерений, что и должно быть отражено в названии документа. Во многих случаях вместо «Методика измерений» документ следует называть «Методика испытаний», поскольку *испытание* – техническая операция, заключающаяся в нахождении одной или нескольких характеристик данной продукции или услуги в соответствии с установленной процедурой.

Часто названия стандартов не соответствуют их содержанию по существу. Правильное название документа рассматриваемого вида должно строиться по следующей схеме (рисунок 1).



Рисунок 1 – Правильное название документа

Например, правильным будет название «Методика (методики) измерений массовой доли воды в зерне термогравиметрическим методом», если документ регламентирует способы измерения конкретного параметра определенным методом, или «Методика испытаний ... (такой-то) продукции», если документ регламентирует способы испытаний конкретной группы продуктов.

Поскольку измерение относится к определенной физической величине, не следует вместо *наименования измеряемой физической величины* употреблять название анализируемого компонента: влага, белок, лигнин и др. (например, влага 5% ... вместо массовая доля воды, белка, лигнина и др.). В качестве наименования измеряемой величины используют измеряемое свойство: кислотность вместо массовая доля кислоты (кислот), масличность вместо массовая доля липидов, влажность вместо массовая доля воды.

Термин «погрешность» – это не метрологическая характеристика, а некоторое собирательное понятие, а потому его нельзя употреблять с количественной оценкой (например, погрешность равна 5%). Количественную сторону погрешности всегда рассчитывают, причем различными способами, что никак не заложено в термине «погрешность». Так, запись в технической документации на два изделия «погрешность 2% и 1%» не значит, что второй прибор в два раза точнее первого, а может быть даже совсем наоборот, – это зависит от примененного в конкретном случае способа расчета. Поэтому для информационной ясности при количественной оценке следует употреблять термины, отражающие интервальные, вероятностные свойства погрешности, например «доверительный интервал абсолютной (или относительной) погрешности не более 5%».

Не следует применять название физической величины во множественном числе. Например,

вместо «Диапазон температур, давлений, расходов от X_1 до X_2 » должно быть: «Диапазон значений температуры, давления, расхода...». *Пояснение:* величина – это свойство объекта. В природе оно одно, например, инерционность – это свойство, которое называют массой, интегральную кинетическую энергию называют температурой, линейную протяженность – длиной и т.д. У каждого свойства, по правилам единства измерений, должно быть одно наименование, каковым является физическая величина. Таким образом, вместо «величина массы, давления и т. д.» следует применять «значение массы, давления и т.д.».

Очень часто термин «процент» применяют в качестве названия измеряемого параметра, например: повышение процента выхода продукции, процентная доля, увеличение процента. Подобные выражения бессмысленны, так как процент – это название безразмерной единицы, равной 0,01, и его увеличить или уменьшить никак нельзя.

Стандарты на продукцию должны включать технически и экономически обоснованные максимально допустимые нормы погрешности измерений нормированных параметров, так как без этого становится бессмысленной аттестация методик измерений и сертификация продукции.

Знание метрологической терминологии на практике позволяет обоснованно решить вопросы обязательности поверки, возникающие в спорах с инспекторами госнадзора, которые нередко требуют поверять технические устройства, не являющиеся средствами измерений и не обладающие их признаками, сформулированными в РМГ 29-2013. Так, специалисты предприятий демонстрируют официальные свидетельства о поверке холодильника, монитора, сушильного шкафа, даже бочонков для пива (кеги) и других устройств, не имеющих признаков средства измерения, но каким-то образом прошедших поверку.

Приведем несколько реальных примеров более серьезного плана.

Первая ситуация. Была претензия к главному инженеру крупного масложирового комбината в связи с тем, что годовой материальный баланс предприятия не сошелся на 60 тонн семян. Вывод: украл и суд! Метрологи же показали, что подозреваемый заслуживает не наказания, а ... поощрения за рачительность. Обоснование: обвинители не учли простую вещь: погрешность, которая обязательно сопровождает каждый результат измерения. Дело в следующем.

Как известно, материальный баланс на производстве строится по формуле: $\sum M_{i_{np}} - \sum M_{i_{yu}} = d$, где d – разница между суммарными значениями массы поступивших на предприятие учитываемых за отчетный период материалов (сырье, вспомогательные компоненты и т.д.) и произведенной продукции и других материалов, или так называемый дебаланс. Но обе составляющие левой части уравнения есть многократные суммы различных измеренных значений с соответствующими значениями погрешности, которые суммируются, но не вычитаются. Так, например, измеряют массу нетто в вагоне как разность измеренных значений массы брутто и тары вагона. Абсолютная погрешность результата $\Delta_n = (\Delta_b^2 + \Delta_t^2)^{0,5} \approx 35$ кг, поскольку погрешность вагонных весов – 25 кг. Но таких вагонов на предприятие поступает n штук, следовательно, суммарное значение погрешности только измерения массы семян – $35n^{0,5}$. Но предприятие интересуется масса поступившего *масла* в этих семенах. Для этого измеряют еще сорность, масличность и многие другие показатели со своими значениями погрешности. Далее следует считать по методике, приведенной в [Бегунов, 2013]. Для данного предприятия получается суммарное значение абсолютной погрешности, а следовательно, дебаланса ≈ 120 тонн/год. Физическая сущность погрешности – это зона неопределенности возможных значений измеряемой величины, в пределах которой нельзя принимать конкретное решение. В данном случае сходимость материального баланса следует считать приемлемой, а потому и нужно не

наказывать главного инженера, а поощрять его.

Вторая ситуация. По заданию Правительства РФ в Новороссийском морском порту была построена база по приемке растительного масла с морских танкеров по экспорту. К ее проектированию не были привлечены метрологи, что обернулось большой ошибкой. Вес каждой такой партии составлял около 20 тысяч тонн, что прямым взвешиванием измерить невозможно. Исходя из этого, база представляла собой пять емкостей вместимостью по 5 тысяч тонн каждая в виде цилиндров диаметром и высотой по 15 метров, изготовленных сваркой из тонких листов, стали без виброгасящего фундамента. Фактически речь шла об измерительной установке, т.е. системе, основанной на косвенном методе измерения: предполагалось при передаче груза от поставщика (с танкера) получателю (на берег) значение его массы рассчитывать по значениям объема, измеренным с помощью калиброванных емкостей, и плотности, измеренной в лаборатории пикнометрическим методом. Следовательно, она подлежала аттестации, т.е. определению погрешности измерения массы поступившего с судна груза. Емкости предполагалось откалибровать с помощью воды и оснастить уровнемерами с погрешностью 0,1 мм для измерения объема.

Проблема возникла на стадии приемки уже готовой базы, когда была проведена метрологическая экспертиза по оценке ожидаемой фактической погрешности результата измерения массы в данных условиях. При этом за основу было принято допустимое значение относительной погрешности измерения массы пищевых грузов, перевозимых по железной дороге, – 0,1%, регламентированной в [ГОСТ 11761-66 «Продукты пищевые. Нормы точности взвешивания»]. Экспертиза показала, что ожидаемая реальная погрешность оказывается минимум на порядок больше. Покажем это. В данном случае погрешность измерения массы продукта может быть оценена только путем поэлементного анализа возможных источников погрешности. Таковые обусловлены конструкцией системы и условиями ее эксплуатации.

Исходя из метода измерения массы продукта как произведения объема масла V на его плотность ρ , реализованного в установке: $M = \rho_{20} \cdot V_{20}$, погрешность измерения массы складывается из погрешности измерения объема ΔV , температуры и плотности $\Delta \rho$.

Погрешность измерения объема включает погрешности калибровки резервуаров, измерения объема (высоты) дважды – при градуировке резервуара и измерении объема масла в нем.

Погрешность калибровки обусловлена несколькими факторами. Во-первых, погрешностью измерения доз воды, наливаемых в резервуар, во-вторых, погрешностью измерения уровней каждой дозы, в-третьих, различием плотности воды, с помощью которой должны были калибровать емкости (1 т/м³) и растительного масла от 0,9 до 0,98 т/м³ при эксплуатации. Это различие (от номинальной градуировочной характеристики между различными сортами продукта) будет проявляться в разной степени деформации стенок резервуаров, изготовленных из тонколистового материала, в-четвертых, погрешностью измерения температуры воды, поскольку объем, как известно, должен быть приведен к температуре 20 °С.

Погрешность измерения высоты продукта в резервуаре определяется несколькими влияющими факторами.

1. Собственно погрешность измерения уровня. Она равна произведению погрешности отсчета уровня на площадь поверхности, которая составляет около 200 м². Как известно, в отличие от рассматриваемой здесь конструкции, *мерные емкости* преднамеренно снабжают элементами, существенно уменьшающими площадь измеряемой поверхности, а следовательно, и погрешность измерения объема.

2. Колебания поверхности из-за вибрации резервуара от близкого интенсивного движения

железнодорожного транспорта (здесь это не только крупный морской порт, но и мощный цементный комбинат). Виброгасящие фундаменты не были предусмотрены.

3. Нестабильность уровня поверхности из-за образования множества пузырей в толще продукта, медленно поднимающихся к поверхности, а потому меняющих уровень, и пены на поверхности, неизбежные при интенсивной перекачке масла мощными судовыми насосами. Оба эти фактора – наличие пузырей и пены – очень инерционный процесс фактического изменения уровня жидкости.

4. Изменения температуры окружающего воздуха. Новороссийский морской порт по своему местоположению обречен на резкие изменения погодных условий. Теплоизоляция и даже измерение температуры конструкцией резервуаров не были предусмотрены.

Погрешность измерения плотности.

Пикнометрический метод измерения плотности жидкостей основан на прямых измерениях объема и массы отобранной пробы. При этом могут иметь место погрешности измерения массы пробы и ее объема, температуры пробы и погрешность расчетного уравнения.

Здесь также выступают значимыми влияющими факторами вспенивание и образование пузырей воздуха в толще продукта, поскольку отбор проб предусмотрен непосредственно из резервуара. Вводить в методику измерения выдержку пробы весьма сомнительно, так масло является высоковязким продуктом и процесс выхода пузырей плохо нормируем.

Как известно, объем и плотность зависят от температуры, а потому измеренные их значения следует приводить к нормальным условиям (20 °С). Для этого используют уравнение в виде полинома первой или второй степени, в зависимости от требуемой точности.

Рассмотрим дополнительные источники погрешности.

Перекачка масла предусмотрена по трубопроводу диаметром 500 мм и длиной более 500 м – расстояние между пирсом, где разгружается танкер, и расположением резервуаров на берегу далеко от кромки. Несмотря на предусмотренную продувку трубопровода, определенное количество масла в нем остается, что требуется оценить.

Здесь дан несколько упрощенный анализ источников погрешности измерения массы грузов. На его основе возможны два завершающих действия:

1. Провести исследования по установлению количественной значимости каждого из выявленных влияющих фактора – источников погрешности результата измерения. Именно в этом состоит алгоритм оценки фактической погрешности результата измерений, производимой способом поэлементной аттестации.

2. Доказать, что данная измерительная система (а именно такова основная роль базы) не может выполнять измерения с требуемой относительной погрешностью 0,1%. Однако и без этого можно с уверенностью утверждать, что реальное значение погрешности будет минимум на порядок выше. А это совершенно не приемлемо для учетных операций, поскольку приведет к образованию недостачи или излишков, на что в первую очередь обратил внимание уже назначенный начальник базы, но не члены государственной приемной комиссии.

В результате по инициативе метрологов база не была принята в заявленном качестве. Но поскольку о готовности базы уже было доложено в правительство и первый танкер с грузом вышел в море, как выход из положения метрологами было предложено рассматривать базу в данном исполнении только как хранилище для выгрузки танкеров, а непосредственно учетные операции по передаче груза от поставщика к получателю проводить позднее с помощью железнодорожных цистерн, – главное здесь было разгрузить и отпустить морской транспорт, простой которого строго лимитированы, что является основным в данном проекте.

Любопытным можно назвать последствие этой инициативы метрологов. Через некоторое время *метрологам была предъявлена претензия*: с первого разгрузившегося танкера оказалась недостача около 800, второго – 900, а третьего – 1200 тонн масла. На их предложение проверить фактические вместимости танков судов было заявлено, что это «не ваше дело». Все же проверили, и оказалось следующее. При погрузке масла в танкеры измерение его массы поставщик не проводит, так как эта процедура для него слишком дорогая. Наливают прямо в танки по метку на их горловине, считая вместимость по конструкторской документации судна. Фактическое же ее значение никто не определял, в том числе и при строительстве. Второе. Расходные вентили заполненных танков не пломбировали. И третье. Команда получает премиальные за экономию дизельного топлива. Вопрос: при чем тут метрология?

Третья ситуация. Государственным таможенным экспертом Экспертно-криминалистической службы было составлено заключение по результатам измерения содержания этилового спирта в проходящем через границу продукте пищевого назначения, представляющем собой раствор/смесь шеллака и восков в этиловом спирте с заявленным значением объемной доли спирта 79%. Таможенным экспертом получено значение объемной доли спирта 79,7%. При этом протокол экспериментальных исследований не прилагался. В заключении не приводилась использованная экспертом *методика измерения*, а лишь были указаны использованная литература, *метод измерения* и основанный на нем анализатор. На основании этих данных Федеральной таможенной службой Центральной акцизной таможни разница +0,7% между выявленным (79,7%) и заявленным (79%) значениями объемной доли спирта в продукте была признана административным нарушением и вынесено постановление о назначении административного наказания в виде штрафа и лишение привилегии прохождения таможенного досмотра.

Метрологический анализ заключения таможенного эксперта и официального ответа Центральной акцизной таможни на возражения поставщика позволяет указать следующее.

При измерении применена не официальная, референтная методика измерения, а сформулированная самим экспертом по литературным материалам. Это прямое нарушение Федерального закона «Об обеспечении единства измерений» [Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений», www], где в главе 2 (статья 5) записано: «Измерения, относящиеся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, должны выполняться по первичным референтным методикам (методам) измерений, референтным методикам (методам) измерений и другим аттестованным методикам (методам) измерений». Естественно, к таможенному контролю это относится в полной мере, так как он относится к системе государственного контроля.

Методика измерения – важнейший атрибут средств измерений, особенно при измерении состава и тем более в пищевой отрасли. Она оформляется в форме национального стандарта или технических условий на методики испытаний определенного вида или конкретного продукта, должна быть аттестована и включена в Госреестр методик измерений, допущенных к применению.

Одной из задач методики измерения является регламентация процедуры отбора проб. В этом одна из значимых особенностей аналитических измерений свойств пищевых объектов измерений, вносящих доминирующий вклад в погрешность (неопределенность) результата измерения: измерения здесь производят не на самом объекте измерения (как в других видах), а на пробах, представляющих существенно меньшую часть объекта измерения. Поэтому разработчиками методики измерения процедура отбора пробы тщательно прорабатывается и в

процессе аттестации методики исследуется. В рассматриваемом здесь случае процедуру отбора проб составил сам измеритель-инспектор по литературным источникам, а потому может быть основным влияющим фактором для указанной выше систематической погрешности (+0,7 %).

Вместо методики измерений в заключении указан *метод измерения*. Это различные категории. Методика измерения – это технология, алгоритм реализации метода измерения. На основе одного и того же метода может быть несколько методик, каждая из которых адаптирована к конкретному объекту (или нескольким однотипным объектам) измерения и решаемой измерительной задаче. Метод обычно носит общеотраслевой характер и без оформления на его основе методики измерений не учитывает особенности объекта измерения, в том числе процедуры отбора и подготовки проб для анализа. В данном случае это особенно важно, так как объект измерения – глазирователь «CAPOL 600» представляет собой не однородный раствор шеллака, карнаубского и пчелиного восков в спирте, а их взвесь. В связи с этим в процессе хранения происходит расслоение системы, что является источником весьма значимой систематической погрешности, а следовательно, требует тщательно проработанной процедуры перемешивания объекта измерения перед отбором пробы и затем самой анализируемой пробы при определенном значении температуры. Эта процедура и должна быть прописана в методике измерения. Неаккуратное ее исполнение является источником значимой погрешности систематического характера (в данном случае в сторону завышения результата измерений обосновано). Именно этим фактором можно объяснить выявленный «излишек» +0,7 %, послуживший основанием для принятия административного решения. К этому следует добавить несколько замечаний.

Во-первых, как уже было сказано выше, подобное превышение может быть следствием неправильного отбора пробы.

Во-вторых, это может быть так называемой грубой погрешностью. Как известно, измерения есть случайный процесс и при его выполнении могут встречаться чрезмерно (на первый взгляд) завышенные измеренные значения. Их значимость подлежит статистической проверке по установленной методике и критериям. И прежде всего в спорных ситуациях. В связи с этим одно из правил метрологии требует: если при выполнении единичного наблюдения (как в данном случае) полученное значение выходит за ожидаемые границы, необходимо провести повторные наблюдения. Что сделано не было.

В-третьих, собственно размер этого отклонения явно и существенно меньше погрешности использованной методики. Этот размер 0,7 по сравнению с измеренным значением массовой доли спирта $\approx 80\%$ составляет $0,7/80 \rightarrow 0,8\%$. Оно чрезвычайно мало по сравнению с фактической погрешностью использованной методики измерения, которая к тому же не указана в заключении. Если судить по стандартизованным аналогичным методикам измерения, выбранный экспертом ферментно-спектрометрический метод обеспечивает сравнительно высокую относительную погрешность измерения 5-10%.

В-четвертых, причиной выявленного «излишка» может быть и методика пересчета измеренного значения массовой доли спирта в объемную долю, которая не указана в заключении.

К сказанному выше представляется не лишним добавить некоторые пояснения.

Измерение состава (тем более пищевых продуктов) является очень сложной процедурой, в связи с чем в погрешности получаемого результата весьма значима так называемая методическая составляющая, зависящая от многих, чаще всего не учитываемых измерителем факторов, определяемых прежде всего особенностями объекта измерения. В связи с этим при

подобных измерениях является обязательным наличие соответствующей методики измерения. Именно поэтому названный выше федеральный закон требует при выполнении измерений, связанных с государственным контролем и регулированием, не просто применять методики измерений, но обязательно аттестованные. Аттестация методик – одна из форм государственного регулирования обеспечения единства измерений. Необходимость метрологической аттестации методик измерений обусловлена тем, что точность косвенных измерений зависит не только от метрологических характеристик применяемых средств измерений, но и от метода, процедуры и условий измерений, особенностей объекта измерения, а также действий оператора. Такая методика должна быть зарегистрирована в Госреестре методик измерений.

Важным итогом этого события является отмена на основании представленной метрологами аргументации арбитражным судом второй инстанции решения суда первой инстанции и указанного выше наказания. Просмотр в Интернете учебных программ высших учебных заведений юридического профиля показал отсутствие в них курса метрологии.

Заключение

Для подготовки бакалавров пищевой индустрии разработана дисциплина «Метрологические основы пищевых производств» [Бегунов, Иванов, 2016], изданы три учебника [Бегунов, 2013; Бегунов, 2016; Бегунов, Пацовский, 2016] и несколько учебных пособия [Бегунов, Иванов, Травина, 2019; Алешичев, Балюбаш, Травина, Иванов, 2019]. Результаты научных исследований в области обеспечения единства измерений изложены авторами в ряде научных статей, среди которых можно отметить [Бегунов, Ахмедов, Рашидов, Ибрагимов, 2018; Бегунов, Ахмедов, 2018; Бегунов, Фридман, Шевцов, 2018; Бегунов, Фридман, Шевцов, 2018; Бегунов, Фридман, Шевцов, 2018; Бегунов, 2017; Иванов, Поляков, Пашкова, 2019].

Библиография

1. Алешичев С.Е., Балюбаш В.А., Травина Е.А., Иванов В.Л. Структурно-параметрический анализ аппаратурно-технологических комплексов пищевых производств. СПб.: Университет ИТМО, 2019. 39 с.
2. Бегунов А.А. К вопросу об единстве измерений в аналитике. Часть 1. Измеряемое свойство // Пищевая промышленность. 2017. № 2. С. 50-54.
3. Бегунов А.А. К вопросу об единстве измерений в аналитике. Часть 2. Величины и единицы // Пищевая промышленность. 2017. № 3. С. 44-48.
4. Бегунов А.А. Метрология. Аналитические измерения в пищевой и перерабатывающей промышленности. СПб.: ГИОРД, 2013. 464 с.
5. Бегунов А.А. Метрология. Производство продукции в пищевой и перерабатывающей промышленности. СПб.: ГИОРД, 2016. 600 с.
6. Бегунов А.А., Ахмедов Б.М. Решение задачи обеспечения единства измерений влажности газов // Вестник ТашГТУ. 2018. № 2. С. 57-63
7. Бегунов А.А., Иванов В.Л. К вопросу изучения и преподавания курса «Метрологические основы пищевых производств» // Пищевая промышленность. 2016. № 2. С. 15-17
8. Бегунов А.А., Иванов В.Л., Травина Е.А. Выбор средств и методик измерений. СПб.: Университет ИТМО, 2019. 25 с.
9. Бегунов А.А., Коваль А.А. Анализ схемы контроля технологического процесса методом материального баланса (на примере производства хлопкового масла) // МЖП. 2012. № 5. С. 8-14
10. Бегунов А.А., Пацовский А.П. Метрология. Методы, средства и методики аналитических измерений в пищевой и перерабатывающей промышленности. СПб.: ГИОРД, 2016. 608 с.
11. Бегунов А.А., Фридман И.А., Шевцов Г.И. Анализ нормативных документов по обеспечению единства измерений // Вестник ВНИИЖ. 2018. № 1. С. 48-52.

12. Бегунов А.А., Фридман И.А., Шевцов Г.И. Единство измерений в аналитике // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института жиров. 2018. № 2. С. 95-101.
13. Бегунов А.А., Фридман И.А., Шевцов Г.И. Роль измерений в процессе производства // Вестник ВНИИЖ. 2018. № 2. С. 81-84.
14. ГОСТ 11761-66 «Продукты пищевые. Нормы точности взвешивания».
15. Иванов В.Л., Поляков Р.И., Пашкова Е.А. Проблемы и экономическая эффективность автоматизации контроля качества продукции на предприятиях пищевой отрасли // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2019. Т. 9. № 1. С. 121-134.
16. РМГ 29-2013 ГСИ. Метрология. Основные термины и определения. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200115154>
17. Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений» от 26.06.2008 № 102-ФЗ (с изменениями) // СПС «КонсультантПлюс».
18. Begunov A.A., Ahmedov B.M., Rashidov A.S., Ibragimov P.A. Measured property of objects in analytical measurements // Tenth World Conference "Intelligent Systems for Industrial Automation", WCIS-2018, 25-26 October 2018. Tashkent, Uzbekistan, 2018.

Relationship between the legal and applied branches of metrology: to the question of the economic efficiency of measurements

Aleksandr A. Begunov

Doctor of Technical Sciences, Professor,
ITMO University,
197101, 49 Kronverkskii av., Saint Petersburg, Russian Federation;
e-mail: Begunov38@mail.ru

Vladimir L. Ivanov

PhD in of Technical Sciences,
Senior Researcher,
ITMO University,
197101, 49 Kronverkskii av., Saint Petersburg, Russian Federation;
e-mail: vlivanov@itmo.ru

Evgeniya A. Pashkova

Postgraduate,
ITMO University,
197101, 49 Kronverkskii av., Saint Petersburg, Russian Federation;
e-mail: tea-922@mail.ru

Mikhail B. Abugov

Assistant,
ITMO University,
197101, 49 Kronverkskii av., Saint Petersburg, Russian Federation;
e-mail: abugov@bk.ru

Abstract

Practical or applied metrology is a branch of metrology, the subject of which is the issues of practical application of developments in theoretical metrology and the provisions of legal metrology in order to ensure the uniformity and economic efficiency of measurements. In practice, this is often not observed. Sometimes this leads only to annoying misunderstandings or indicates the illiteracy of the performers, but often it turns out to be the cause of economic, social, legal and even very serious consequences. The article discusses some examples taken from practice. They are typical for many branches of science and industry, although they are borrowed from the food industry only because they are more accessible to authors. Analytics usually deal with multicomponent systems, in which such are not only the matrix, but also the measured component. In this case, the quantitative and qualitative content of the measured component is ambiguous and depends, firstly, on the measuring problem being solved, and, secondly, on the method of its separation from the matrix. In this regard, an unambiguous definition should be given of what exactly should be understood by "fiber", "oil", "water", "protein", etc. in each specific case. There are numerous errors in the use of metrological terms. For example, use the terms "magnitude", "level" and others instead of the terms "value" or "size". At the same time, they refer to other documents from which these errors are borrowed. So, instead of "the value of the mass 5 kg" should be written "the value of the mass 5 kg", since the term "mass" is by definition "value"; "level" is not a physical quantity, but a horizontal plane, which is the boundary of the height of a liquid or bulk material.

For citation

Begunov A.A., Ivanov V.L., Pashkova E.A., Abugov M.B. (2020) Vzaimosvyaz' zakonodatel'noi i prikladnoi vetvei metrologii: k voprosu ob ekonomicheskoi effektivnosti ismerenii [Relationship between the legal and applied branches of metrology: to the question of the economic efficiency of measurements]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 10 (6A), pp. 127-138. DOI: 10.34670/AR.2020.72.76.016

Keywords

Metrology, structure, economics, applied form, development.

References

1. Aleshichev S.E., Balyubash V.A., Travina E.A., Ivanov V.L. (2019) *Strukturno-parametricheskii analiz apparaturno-tekhnologicheskikh kompleksov pishchevykh proizvodstv* [Structural and parametric analysis of hardware and technological complexes of food production]. Saint Petersburg: ITMO University.
2. Begunov A.A. (2013) *Metrologiya. Analiticheskie izmereniya v pishchevoi i pererabatyvayushchei promyshlennosti* [Metrology. Analytical measurements in the food and processing industry]. Saint Petersburg: GIORP Publ.
3. Begunov A.A. (2016) *Metrologiya. Proizvodstvo produktsii v pishchevoi i pererabatyvayushchei promyshlennosti* [Metrology. Production of products in the food and processing industry]. Saint Petersburg: GIORP Publ.
4. Begunov A.A. (2017) K voprosu ob edinstve izmerenii v analitike. Chast' 1. Izmeryaemoe svoistvo [On the issue of the unity of measurements in analytics. Part 1. Measured property]. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food industry], 2, pp. 50-54.
5. Begunov A.A. (2017) K voprosu ob edinstve izmerenii v analitike. Chast' 2. Velichiny i edinitsy [On the issue of the unity of measurements in analytics. Part 2. Quantities and units]. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food industry], 3, pp. 44-48.
6. Begunov A.A., Akhmedov B.M. (2018) Reshenie zadachi obespecheniya edinstva izmerenii vlazhnosti gazov [The solution of the problem of ensuring the uniformity of measurements of moisture content of gases]. *Vestnik TashGTU* [Bulletin of Tashkent State Technical University], 2, pp. 57-63
7. Begunov A.A., Akhmedov B.M., Rashidov A.S., Ibragimov R.A. (2018) Measured property of objects in analytical measurements. *Tenth World Conference "Intelligent Systems for Industrial Automation", WCIS-2018, 25-26 October*

2018. Tashkent, Uzbekistan.
8. Begunov A.A., Fridman I.A., Shevtsov G.I. (2018) Analiz normativnykh dokumentov po obespecheniyu edinstva izmerenii [Analysis of normative documents to ensure the uniformity of measurements]. *Vestnik VNIIZh* [Bulletin of All-Russian Research Institute of Oil Crops], 1, pp. 48-52.
 9. Begunov A.A., Fridman I.A., Shevtsov G.I. (2018) Edinstvo izmerenii v analitike [Unity of measurements in analytics]. *Vestnik Vserossiiskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta zhirov* [Bulletin of the All-Russian Scientific Research Institute of Fats], 2, pp. 95-101.
 10. Begunov A.A., Fridman I.A., Shevtsov G.I. (2018) Rol' izmerenii v protsesse proizvodstva [The role of measurements in the production process]. *Vestnik VNIIZh* [Bulletin of All-Russian Research Institute of Oil Crops], 2, pp. 81-84.
 11. Begunov A.A., Ivanov V.L. (2016) K voprosu izucheniya i prepodavaniya kursa "Metrologicheskie osnovy pishchevykh proizvodstv" [On the issue of studying and teaching the course "Metrological foundations of food production"]. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food industry], 2, pp. 15-17.
 12. Begunov A.A., Ivanov V.L., Travina E.A. (2019) *Vybor sredstv i metodik izmerenii* [Selection of tools and measurement techniques]. Saint Petersburg: ITMO University.
 13. Begunov A.A., Koval' A.A. (2012) Analiz skhemy kontrolya tekhnologicheskogo protsessa metodom material'nogo balansa (na primere proizvodstva khlopkovogo masla) [Analysis of the control scheme of the technological process by the material balance method (for example, the production of cottonseed oil)]. *MZhP*, 5, pp. 8-14
 14. Begunov A.A., Patsovskii A.P. (2016) *Metrologiya. Metody, sredstva i metodiki analiticheskikh izmerenii v pishchevoi i pererabatyvayushchei promyshlennosti* [Metrology. Methods, tools and techniques for analytical measurements in the food and processing industry]. Saint Petersburg: GIORD Publ.
 15. Federal'nyi zakon "Ob obespechenii edinstva izmerenii" ot 26.06.2008 № 102-FZ (s izmeneniyami) [Federal Law "On ensuring the uniformity of measurements" No. 102-FZ of June 26, 2008 (as amended)]. *SPS "Konsul'tantPlyus"* [SPS Consultant].
 16. *GOST 11761-66 "Produkty pishchevye. Normy tochnosti vzhivaniya"* [GOST 11761-66 "Food products. Weighing Accuracy Standards"].
 17. Ivanov V.L., Polyakov R.I., Pashkova E.A. (2019) Problemy i ekonomicheskaya effektivnost' avtomatizatsii kontrolya kachestva produktsii na predpriyatiyakh pishchevoi otrasli [Problems and economic efficiency of automation of product quality control in the food industry]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economy: yesterday, today and tomorrow], 9 (1), pp. 121-134.
 18. *RMG 29-2013 GSI. Metrologiya. Osnovnye terminy i opredeleniya* [RMG 29-2013 GSI. Metrology. Basic terms and definitions]. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200115154> [Accessed 13/06/2020].