

## К 100-летию со дня рождения профессора С.В.Горбачевича

В.С. Александров, Е.Б.Гинак, Э.Т.Француз

В 2006 г. исполнилось 100 лет со дня рождения Степана Вячеславовича Горбачевича (1906-1979) - выдающегося ученого-метролога, профессора, доктора технических наук, крупного специалиста в области электрических измерений, организатора и руководителя научного направления по уточнению значений фундаментальных физических констант (ФФК), являющегося особо важным для развития современной метрологии.

Значимость этого направления определяется тем, что при выборе единиц измерений требование долговременной стабильности на самом высоком уровне точности неизбежно приводит к единицам, которые, в идеале, были бы связаны с атомными или фундаментальными константами, единственными величинами, в чьей неизменности можно не сомневаться.

Такой подход к выбору единиц измерений предлагался ещё во второй половине XIX века такими корифеями физики, как Дж. К. Максвелл и М. Планк, но в то время уровень развития и физики и техники не давал ни возможности, ни необходимости определять единицы таким образом.

Не было ещё такой возможности и в 1927 году, когда студент физико-механического факультета Ленинградского Политехнического института С.В.Горбачевич пришел работать в качестве стажёра в лабораторию электрических измерений Главной палаты мер и весов (с 1934 г. – Всесоюзный научно-исследовательский институт метрологии - ВНИИМ). Это учреждение – первый научный метрологический центр России, стало на долгие годы основным местом работы Степана Вячеславовича. В 1930 г. он окончил институт и поступил в аспирантуру ВНИИМ, а уже в начале 1930-х годов были опубликованы его первые труды по счетчикам электрической энергии, делителям напряжения, стробоскопическим методам измерения частоты. Он провел большую работу по отбору типов электрических счетчиков на основе анализа их характеристик с целью организации серийного производства лучших из них.

В 1936 г. С.В.Горбацевич защитил кандидатскую диссертацию. Являясь уже сформировавшимся авторитетным специалистом в области электрических измерений, он начал принимать активное участие в работах, связанных с переходом от действующих в то время международных электрических единиц на систему абсолютных практических электрических единиц.

Такой переход был одним из важнейших метрологических мероприятий 30-х годов прошлого века и проводился под общим руководством Международного Комитета Мер и Весов (МКМВ). Он не только отражал общую тенденцию повышения точности измерений электрических величин, но и был принципиальным шагом вперёд по направлению к метрологии наших дней.

Практические абсолютные единицы электрических величин (ом, вольт, ампер и др.) были введены в 1881 и 1889 гг., раньше "международных". Они были определены как десятичные кратные и дробные части соответствующих электромагнитных единиц трёхразмерной метрической системы СГС. Именно поэтому они и назывались "абсолютными". В частности, ампер был определён равным одной десятой электромагнитной единицы электрического тока системы СГС. В последующие годы эталоны, разработанные для представления этих единиц (группы нормальных элементов и группы мер сопротивления), заняли важное место в обеспечении единства измерений, что привело к введению в 1893 г. так называемых "международных" электрических единиц, определение которых соответствовало параметрам действующих эталонов. Такой подход к определению единиц был, однако, обычным для того времени.

Только к 30-м годам XX века техника установления абсолютных электрических единиц усовершенствовалась настолько, что оказалось возможным производить абсолютные измерения ома, ампера и других электрических единиц с той же точностью, с какой производились сравнительные измерения тех же единиц по установленным эталонам.

Во ВНИИМ работы по созданию эталонов абсолютного ампера и ома, начатые под руководством профессора Л.В.Залуцкого, были прерваны Великой Отечественной войной и возобновились уже в послевоенные годы в лаборатории эталонов электрических единиц под руководством С.В.Горбацевича.

За период с 1945 по 1960 гг. им был опубликован ряд статей по анализу состояния эталонов единиц электрических величин, а также по новой измерительной аппаратуре для эталона ома, разработанной коллективом лаборатории под его руководством. Опубликованная в 1953 г. монография по абсолютным измерениям силы тока (в соавторстве с Б.М.Яновским и Н.А.Волковым) подвела итог огромной работы по созданию Государственного эталона единицы силы постоянного электрического тока – ампера. Эталон, созданный во ВНИИМ им. Д.И.Менделеева и утверждённый в 1955 г., по уровню точности соответствовал достижениям международной метрологии.

Эта уникальная установка, получившая название ампер-весы, и сегодня поражает уровнем экспериментального искусства.

В 1956 г. ВНИИМ возглавил профессор В.О.Арутюнов, а его заместителем по научной работе стал С.В.Горбачевич (1960 - 1963 гг.). В этот период были определены дальнейшие перспективы развития научных исследований института. Создано новое направление в метрологии - уточнение значений фундаментальных физических констант с целью совершенствования эталонной базы страны, возглавить которое предложили С.В.Горбачевичу. В 1964 г. во ВНИИМ под его руководством была сформирована лаборатория фундаментальных физических констант. Ранее эксперименты в этой области проводились в нашей стране чрезвычайно редко, разрозненно, и касались, в основном, определения только двух констант: скорости распространения световых волн и гиромагнитного отношения протона. Интерес к измерению скорости света определялся исключительной важностью этой константы для науки и техники и значением её для метрологии. С гиромагнитным же отношением протона, измеренным так называемыми методами "слабого и сильного поля", связывалась в то время возможность повышения точности воспроизведения ампера.

Вскоре после открытия эффекта Джозефсона в 1962 г. стало ясно, что этот макроскопический квантовый эффект может быть эффективно использован для поддержания вольта с невиданной доселе точностью. Электрическое напряжение на джозефсоновском переходе при определённых (экспериментально достижимых) условиях равно произведению частоты высокочастотного тока, текущего через

переход, некоторого известного целого числа и фундаментальной физической константы, – кванта магнитного потока, равного постоянной Планка, делённой на удвоенный заряд электрона. Понятно, что точность поддержания вольта определяется при этом точностью проведения эксперимента и точностью измерения частоты, даже если точное значение кванта магнитного потока нам неизвестно. Но только точное измерение значения этой константы откроет путь для воспроизведения вольта.

Фундаментальные физические константы (ФФК) связаны между собой законами физики и, будучи, в основном, конкретными размерными физическими величинами, связаны также с единицами измерений. Именно это определяет ключевую роль ФФК в метрологии. Измерение какой-либо физической константы, являясь, с одной стороны, результатом экспериментальной активности сотрудников отдельно взятой лаборатории, с другой стороны, вносит вклад в уточнение всей совокупности ФФК, измеренных по всему миру. Известно, что значения ФФК время от времени пересматриваются с тем, чтобы учесть новые измерения и рекомендовать мировому сообществу новые "согласованные" значения вместе с относящимися к ним неопределённостями. Такова ситуация в настоящее время.

К моменту же создания лаборатории методики согласования констант находились в зачаточном состоянии, что отмечал С.В.Горбацевич в своей статье, посвященной роли ФФК в развитии метрологии [1].

Поэтому силы молодых научных сотрудников, из которых и состояла вновь созданная лаборатория, были сосредоточены, в основном, на трёх направлениях:

- 1) разработка экспериментальных основ поддержания вольта на основе эффекта Джозефсона,
- 2) экспериментальное уточнение тех констант, которые позволили бы получить более точное значение кванта магнитного потока, а именно, постоянной тонкой структуры, магнитного момента протона в магнетонах Бора, и в ядерных магнетонах, постоянной Авогадро,
- 3) разработка научно обоснованных методик согласования ФФК.

Таким образом, во многом благодаря предвидению и активной деятельности С.В.Горбацевича, ВНИИМ своевременно включился в работу по применению ФФК

в метрологии, в частности, по поддержанию вольты на основе эффекта Джозефсона. Большое значение имели работы, проведенные лабораторией в области математической обработки экспериментальных значений физических констант. Они получили высокую оценку не только в нашей стране, но и за рубежом.

Ясно осознавая ключевую роль ФФК в развитии метрологии, С.В.Горбачев в последние годы жизни всё большее внимание уделял тем основным положениям метрологии, которые связаны с определением, воспроизведением, поддержанием единиц физических величин. Он понимал, что время, когда определение единиц базировалось на свойствах конкретных макроскопических объектов, параметры которых принимались за единицы, постепенно отходит в прошлое и приветствовал усилия метрологического сообщества, направленные на переопределение основных единиц СИ. Основным принцип таких переопределений демонстрировало определение ампера. Хотя текст этого определения описывает некую идеализированную физическую модель, метрологический смысл определения заключается только в фиксации точного значения магнитной постоянной. Аналогично, определение метра, принятое в 1960 г., фиксировало длину волны излучения атома криптона-86, а определение секунды, принятое в 1967/1968 гг., - частоту излучения при сверхтонком переходе в атоме цезия-133.

В своей последней статье [2] учёный подчёркивал различие, наметившееся в метрологии между термином "определение основной единицы" и термином "воспроизведение единицы". Ситуация, когда определение единицы (точное) предшествует воспроизведению единицы (с некоторой погрешностью), наблюдается в случаях метра, секунды и ампера. Под воспроизведением единицы С.В.Горбачев понимал измерение некоторой конкретной физической величины в принятой единице, однако, только такое, оценка которого имеет наивысшую точность, достигаемую в соответствующем метрологическом учреждении. При этом он подчёркивал, что воспроизведение единицы может осуществляться различными путями.

В недавней работе [3], посвящённой разработке основополагающих принципов, которыми следует руководствоваться при обсуждении вопросов,

связанных с переопределением основных единиц СИ, немецкие метрологи практически повторили эти положения, которые С.В.Горбачевич счёл необходимым подробно разъяснить более четверти века назад. Они пишут:

«Определение есть точное установление единицы, то есть, с нулевой неопределённостью. Напротив, воспроизведения единицы, которые всегда привязаны к эксперименту, необходимо связаны с неопределённостью большей нуля... Для воспроизведения единицы только минимальная неопределённость, с которой выполняется эксперимент, имеет высший приоритет. Это означает, что только такой эксперимент выполняется при воспроизведении единицы, и это совсем не обязательно должна быть экспериментальная ситуация, описанная в определении единицы... Причиной, почему термины "определение" и "воспроизведение" единиц должны быть строго разделены между собой, является тот факт, что, начиная примерно с 1960 г., квантовые физические эксперименты начинают использоваться в метрологии всё чаще, особенно те из них, которые включают в себя макроскопические квантовые явления. Это означает, что сегодня, благодаря использованию соответствующим образом подготовленных квантовых физических явлений воспроизведение единицы может быть осуществлено не в единственном уникальном эксперименте, а несколькими различными способами".

В наше время эти вопросы оказались в центре внимания метрологической науки в связи с подготовительными шагами, рекомендованными МКМВ [4] по переопределению ряда основных единиц СИ (в первую очередь килограмма). Килограмм остается единственной основной единицей СИ, определяемой и воспроизводимой на основе материального прототипа, сохраняемого в Международном Бюро Мер и Весов. Определения трёх других основных единиц СИ связаны с определением килограмма: определение ампера через ньютон, определение моля через 0,012 кг углерода-12 и определение канделы через ватт. Такая ситуация с точки зрения современной метрологии считается неудовлетворительной и активно обсуждается уже более пятнадцати лет [5].

Развернувшаяся дискуссия, безусловно, достойная специального освещения, выходит, однако, за рамки настоящих заметок. Нам остаётся только с благодарностью вспомнить выдающихся метрологов XIX и XX столетий,

подготовивших почву для неё, в плеяду которых по праву входит Степан Вячеславович Горбацевич.

Мы вспоминаем сегодня не только его глубочайшую эрудицию учёного, но и необыкновенную доброжелательность и отзывчивость его как человека, до конца дней открытого для всего нового в науке и жизни, и постоянную готовность учиться у своих учеников.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Горбацевич С.В. // Труды ВНИИМ. — 1972. — Выпуск 123 (183). — С. 48.
2. Горбацевич С.В. // Измерительная техника. — 1981. — №4. — С. 10
3. Kose V. e.a. // Metrologia — 2003 — V.40 — P.146
4. BIPM 2005: Recommendation C1-2005 of the International Committee for Weights and Measures // [http://www.bipm.org/en/committees/publications\\_cc.html](http://www.bipm.org/en/committees/publications_cc.html)
5. Mills I.M. e.a. // Metrologia — 2005. — V.42 — P.71