

Становление и развитие метрологических направлений

УДК 006.91:621.317

**СТАНОВЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИИ ИЗМЕРЕНИЙ
ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ
ВО ВНИИФТРИ**

В.А. Тищенко

*ФГУП «ВНИИФТРИ», Менделеево, Московская обл,
otd200@vniiftri.ru*

Рассматриваются вопросы становления и развития во ВНИИФТРИ направления, связанного с измерением параметров электростатического поля, создания Государственного специального эталона напряжённости электрического поля в диапазоне частот от 0 до 20 кГц. Статья посвящена группе инициаторов развития данного вида измерений в институте, в первую очередь заслуженному метрологу РФ Виталию Ильичу Токачлы, восьмидесятилетие которого в октябре с.г. отмечено метрологической общественностью ВНИИФТРИ. В.И. Токачлы, один из разработчиков эталона, в течение многих лет был его учёным хранителем.

Ключевые слова: электростатические поля, метрологическое обеспечение, напряжённость поля, эталон.

Эталоны величин, характеризующих радиочастотное электромагнитное поле в свободном пространстве, как правило, создавались, исходя из сформировавшегося парка средств измерений и потребностей их метрологического обеспечения. Необходимость создания Государственного специального эталона напряженности электрического поля в диапазоне частот от 0 до 20 кГц (ГЭТ 158-96) была «вычислена». В 1985 г. специалистами ВНИИМ им. Менделеева на основании анализа состояния метрологического обеспечения измерений электрических и магнитных величин в электроэнергетике утверждалось, что «создание высоковольтного электрооборудования требует обязательной количественной оценки параметров электрического поля. Величинами, подлежащими измерению, являются **напряженность поля** как функция пространственных координат и **распределение потенциала в пространстве**» [1].

Необходимость развития этой области измерений связана с социальной проблемой обеспечения электромагнитной безопасности на рабочих местах промышленных предприятий с высоковольтным оборудованием, электростанциях, на транспорте и под высоковольтными линиями электропередач в соответствии с государственным стандартом по безопасности труда 12.1.002-84 «ССБТ Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах».

Далее развитие этого направления проводилось по схеме, характерной для плановой экономики.

Разработка низкочастотных средств измерений напряженности поля была поручена СКБ радиоизмерительной аппаратуры (СКБ РИАП, г. Нижний Новгород).

В 1993 г. прошли государственные испытания измерителей напряженности электрического поля ПЗ-25 и ПЗ-26, имеющие диапазон частот 20 Гц — 20 кГц.

Для проведения градуировки и поверки указанных приборов СКБ РИАП разработало образцовую установку (рабочий эталон) К2П-65 со следующими характеристиками: диапазон частот 20 Гц — 20 кГц, диапазон воспроизводимых среднеквадратических значений напряженности электрического поля от 0.01 до 2 кВ/м, с пределами допускаемой погрешности $\pm 7\%$.

В 1994 г. в рамках программы «Совершенствование эталонной базы страны до 2000 г.» во ВНИИФТРИ Госстандарта была создана установка высшей точности (УВТ) для воспроизведения напряженности электрического поля на частотах 20 Гц — 20 кГц. УВТ предназначалась для обеспечения выпуска и поверки образцовых установок К2П-65. Диапазон воспроизводимых среднеквадратических значений напряженности электрического поля от 0.01 до 2 кВ/м, с пределами допускаемой погрешности $\pm 3\%$.

В этот частотный диапазон вошла промышленная частота 50 Гц, однако, измерители электростатического поля не охватывались предполагаемой поверочной схемой.

Следующим этапом было создание на основе УВТ в частотном диапазоне 20 Гц — 20 кГц государственного исходного для страны эталона, имеющего по современной терминологии статус первичного.

Однако в процессе этой работы сотрудник метрологического отдела Лев Николаевич Брянский, известный популяризатор метрологии, автор книги «Непричесанная метрология» предложил включить в частотный диапазон эталона точку 0 Гц. Другими словами, распространить область действия поверочной схемы эталона на измерители электростатических полей. Аргументы в пользу такого решения сводились к следующему:

1. Необходимость измерений напряженности электростатического поля не вызывала сомнений. Отрицательное действие статического электричества на технологию производства имеет место практически во всех отраслях промышленности. Доказано негативное влияние электростатического поля на организм человека. Имеется стандарт безопасности ГОСТ 12.1.045-84 «ССБТ Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля».

2. Полеобразующая система эталона, предназначенная для воспроизведения единицы напряженности электрического поля В/м в диапазоне частот от 20 Гц до 20 кГц, могла быть использована для воспроизведения электростатического поля без изменений.

Задача, которую надо было решить, состояла в том, чтобы обеспечить передачу единицы величины от неё нижестоящему по поверочной схеме средству измерений.

Для этого необходимо было создать измеритель электростатического поля. Попытка использовать для этого существующие на то время измерители электростатического поля ИНЭП-20Д и ИЭЗ-П, на которые имелись ссылки в стандарте ССБТ, не дала результата, так как при измерениях с их помощью, выявилась неповторяемость результатов, которую ни уменьшить, ни объяснить в то время не удалось. Поэтому было принято решение создать собственный измеритель электростатического поля, который удовлетворял бы необходимым требованиям. Эта задача вполне успешно была решена сотрудником лаборатории Лукьяновым Волемиром Игоревичем, который с энтузиазмом взялся за разработку макета. Макет был выполнен на основе



портативного акустического шумомера, у которого микрофон был заменен преобразователем электростатического поля с механическим модулятором. С помощью этого макета можно было измерять напряженность электростатического поля В/м в условиях свободного пространства. Измерения, проведенные с помощью макета, показали, что в помещении нас окружает фоновое электростатическое поле напряженно-

стью от 100 до 500 В/м. Так как прибор получился переносным, то провели измерение и на улице. Получили значения, несколько меньшие, чем в помещении. В то время в прессе и на телевидении серьезно обсуждался вопрос о деревьях-вампирах. Поэтому в целях изучения свойств ёлки, растущей напротив корпуса, Волемир Игоревич, несмотря на глубокий (по колено) снег, пробрался к ёлке и измерил напряженность электростатического поля под ней. Оказалось, что показания упали практически до нуля по сравнению с открытым пространством. Получить связь полученного результата с оккультными свойствами ёлки не удалось, однако факт влияния на величину напряженности электростатического поля был налицо.

После того, как макет был сделан и свойства его были изучены, естественным стал вопрос, о том, что, возможно, существуют более совершенные технические решения, которые можно использовать для создания измерителя-компаратора электростатического поля.

Знакомство с многочисленными публикациями и изобретениями измерителей напряженности электростатического поля показало, что в определенной степени нам просто повезло. Оказалось, что созданная конструкция преобразователя была вполне оригинальной и самое главное - работоспособной и поддающейся регулировке. На основе этой конструкции был создан эталонный компаратор электростатического поля АММ-01, на базе которого впоследствии были созданы несколько типов серийных измерителей *Альманах современной метрологии, 2015, №5*

напряженности электростатического поля.

Для опробования свойств макета была проведена масса измерений, показавших востребованность и актуальность данного вида измерений, некоторые из которых следует упомянуть.

К нам обратился представитель профсоюзной организации кондитерской фабрики «Ударница». Работники начали жаловаться на то, что они не могут передвигаться по цеху, так как их бьет статическое электричество. В результате обследования оказалось следующее. При проведении ремонта была заменена плитка пола. Одновременно была закуплена рабочая обувь из материала, который электризуется. Такое сочетание привело к тому, что при пониженной влажности после нескольких шагов в результате трения, напряженность электрического поля достигала значений, при которых происходит разряд. Пришлось менять обувь и чаще проводить влажную уборку.

Другой случай, также связанный с трением, обследовался на фабрике Гознака. Из печатной машины с большой скоростью выскакивали листы печатной продукции, которые должны были собираться в лотке и упаковываться. Однако на практике происходило следующее. По мере наполнения лотка стопка листов разбухала на глазах, а верхние листы демонстрировали тенденцию к свободному полету. Опять проявился эффект электризации при низкой влажности из-за принудительного кондиционирования. Мы заинтересовались, почему этот эффект не был устранен на этапе пусконаладочных работ при установке печатной машины. Оказалось, что по инициативе трудового коллектива, под воздействием недобросовестной экологической пропаганды, с машины был снят радионуклидный ионизатор воздуха, из-за возможного риска воздействия ионизирующего излучения на здоровье трудящихся.

Были и более серьезные работы, связанные с электростатикой. С 1994 по 1998 г. проводились работы, связанные с моделированием активных воздействий электрическим полем на водный аэрозоль. Работа началась с обращения группы энтузиастов из московских НИИ Палея Алексея Алексеевича, Поляхова Юрия Борисовича, Тищенко Владимира Алексеевича с просьбой измерить напряженность электростатического поля на установке активных воздействий на метеорологические образования, расположенной в аэропорту Быково. Установка предназначалась для обеспечения благоприятных условий для работы аэродромных служб путем рассеивания тумана, повышения нижней границы облаков, сдерживания ливневых осадков. Несмотря на то, что она, как нам сообщили, достаточно хорошо справлялась с поставленными задачами, возникали вопросы, которые могли быть решены только путем анализа физической модели, положенной в её основу. Была поставлена задача описать на качественном уровне принципы её работы, определить минимальный набор технических характеристик, определяющих возможности ус-

тановки при эксплуатации. За решение этой задачи взялся Токатлы Виталий Ильич, со свойственной ему методичностью и скрупулёзностью. Совместно с Лукьяновым Волемиром Игоревичем был проведен расчет электрического поля модели установки, расположенной в Быково. Основным вывод из проведенного исследования сводился к тому, что для проверки рабочей гипотезы удаления тумана требуется создание макета камеры туманов, так как в ней легче определить локальные характеристики тумана, при которых протекает контролируемый процесс просветления тумана в активной зоне.

Поэтому в 1995 г. из подручных материалов была создана камера искусственного тумана КИТ-1, в которую входили:

- герметическая камера объемом 2,4 м³;
- система распыления воды для образования тумана;
- система измерения и регистрации прозрачности тумана;
- генератор ионов.

Первые эксперименты носили в основном демонстративный характер. Но были получены и некоторые важные оценки. Время жизни тумана составляло 45 мин, время рассеивания тумана под воздействием электрического поля равнялось 2,5 мин.

Начиная с 1996 г., деятельность по исследованию взаимодействия электростатического поля с каплями тумана приобрела плановый характер и проводилась в рамках проекта «Физическое моделирование активных воздействий электрическим полем на водный аэрозоль». После изучения литературы был составлен аналитический отчет, в котором были рассмотрены способы воздействия на туман и приведена модель установки активных воздействий на метеорологические образования, в которой используется высоковольтный источник ионов, а принцип действия основан на воздействии неоднородного электрического поля на заряженные и нейтральные капельки тумана. Была составлена программа исследований воздействия коронного разряда и электрического поля на туман в камере искусственного тумана, состоящая из следующих пунктов:

1. Определение зависимости времени рассеивания тумана от длины коронирующего провода.
2. Разработка методов измерения плотности ионного тока.
3. Разработка методов регистрации направления и скорости потоков воздуха и тумана при коронном разряде.
4. Разработка методов измерения плотности потока водного аэрозоля на внутреннюю поверхность камеры.
5. Разработка методов измерения спектра водного аэрозоля по размерам.
6. Усовершенствование камеры искусственных туманов для создания проточного режима работы.

7. Моделирование процессов рассеяния тумана под действием коронного разряда.

К 1998 г. намеченная программа была в основном выполнена, что позволило совместно с энтузиастами этой проблемы запатентовать устройство для удаления паров воды из атмосферы при работе градирен, расположенных вблизи тепловых электростанций под названием «Градирия». Впоследствии исследование влияния коронного разряда на эволюцию воздушно-капельных дисперсий стало темой диссертации Палея Алексея Алексеевича, ныне работающего в Институте прикладной геофизики имени академика Е.К. Федорова. Во ВНИИФТРИ напоминанием о проведенной работе служит высоковольтный источник, который сохранил работоспособность до настоящего времени и используется в составе рабочего эталона напряженности электростатического поля.

В 1996 г. Постановлением №10 Госстандарта был утверждён **Государственный специальный эталон единицы напряженности электрического поля в диапазоне частот от 0 до 20 кГц ГЭТ 158-96**, ученым хранителем которого был назначен Токачлы Виталий Ильич.



В.И. Токачлы

Наличие исходного эталона стимулировало создание средств измерений напряженности электростатического поля и поля промышленной частоты, как рабочих, так и эталонных. С принятием эталона была разработана поверочная схема для средств измерений напряженности электрического поля в диапазоне частот 0 – 20 кГц, отражавшая прослеживаемость при передаче единицы величины В/м от исходного эталона к рабочим средствам измерений.

Создание исходного эталона придало устойчивость отечественной системе метрологического обеспечения в области измерений напряженности электрического поля низких частот.

Возросший интерес, особенно за рубежом, к измерению электростатических и низкочастотных электрических полей был обусловлен широким распространением дисплеев на электронно-лучевых трубках и нормированием уровня поля от них в стандартах Швеции MPRI и MPRII.

В Шведском институте SSI (Strahlung Schutz Institut) совместно с другими организациями были созданы установки MV2 и MV3 для контроля излучений от видеодисплеев. Фирма Radians Innova (Швеция) выпустила серию измерительных приборов ЕММ-4 для измерения в диапазоне частот от 5 Гц до 400 кГц переменных электрических полей, возбуждаемых дисплеем.

В 90-е годы начался интенсивный ввоз в Россию зарубежных персональных компьютеров, которые были намного совершеннее и надежнее отечественных. Вместе с компьютерами через некоторое время появились стандарты ГОСТ Р 50948-96 [2], ГОСТ Р 50949-96 [3], ГОСТ Р 50923-96 [4], базирующиеся на Шведском стандарте MPR II, в которых наряду с требованиями к визуальным эргономическим параметрам вошли требования к параметрам излучения дисплеев, средствам измерений и методам их калибровки, которые прокладывали путь для применения импортных средств измерений.

Наличие сформировавшейся эталонной базы [5] позволило оказать поддержку отечественным производителям в конкурентной борьбе на рынке средств измерения в области низкочастотных электромагнитных полей. Исследования, проведенные с помощью аппаратуры эталона позволили четко сформулировать специфические требования к приборам в этой области измерений и предотвратить проникновение на отечественный рынок некачественных импортных средств измерений.

Интенсивность исследований характеризуется количеством докладов, публикаций по этому предмету сотрудников лаборатории измерения в период времени с 1994 по 1999 гг., наименования которых приведены в таблице.

Таблица

1	Исследование электрического поля, возбуждаемого персональной ЭВМ	Измерительная техника, №7, 1994
2	Характеристики защитных фильтров для дисплеев на электронно-лучевых трубках	Измерительная техника, №8, 1995
3	Метрологическое исследование измерителей напряженности электростатического поля	Измерительная техника, №4, 1997
4	Исследование электромагнитных полей, возбуждаемых видеодисплейными терминалами	Измерительная техника, №9, 1997
5	К вопросу об измерении параметров электромагнитной безопасности видеодисплейных терминалов	Законодательная метрология, №3, 1997
6	Метрологическое исследование измерителя напряженности электростатического поля типа EMF-57	Измерительная техника, №8, 1998
7	Сличение и метрологическое исследование измерителей напряженности электростатического и низкочастотного электрического полей	Измерительная техника, №10, 1998

Продолжение таблицы

8	Результаты метрологического исследования средств измерений электрических полей, создаваемых ВДТ	Международное совещание «Электромагнитные поля. Биологическое действие и гигиеническое нормирование», Москва, тезисы докладов 18-22 мая 1998
9	Методика измерений параметров электрического и магнитного полей, возбуждаемых видеомониторами	АНРИ, научно-информационный журнал радиационного контроля, №3(14),1998
10	Электростатическое поле современного видеомонитора	Законодательная метрология, №4, 1999
11	Электростатическое поле видеомонитора с защитным покрытием	2-я Российская конференция «Проблемы электромагнитной безопасности человека», М, 1999
12	К вопросу об оценке параметров безопасности средств отображения информации индивидуального пользования	Законодательная метрология, №6, 1999
13	Об измерении поверхностной плотности электрического заряда	Измерительная техника, №8, 1999
14	Контроль параметров электромагнитной безопасности при работе с компьютерами	III Международная конференция «Метрология в электронике – 2000», г. Харьков

Таким образом, область, связанная с метрологией измерения параметров электростатических полей, прочно закрепилась за ВНИИФТРИ. Имеется обширный парк рабочих и эталонных средств измерений, обслуживаемый в соответствии с поверочной схемой, возглавляемой исходным эталоном ГЭТ 158-96, за разработку которого Токач Виталий Ильич удостоен почетного звания "Заслуженный метролог РФ".

Литература

1. Колтик Е.Д., Фоменко В.И./ Измерения, контроль и автоматизация, 1985, вып. 1(53), с. 3.
2. ГОСТ Р 50948-96. Средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования безопасности.
3. ГОСТ Р 50949-96. Средства отображения информации индивидуального пользования. Методы измерений и оценки эргономических параметров и параметров безопасности.
4. ГОСТ Р 50923-96. Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерений.