

РЕТРОСПЕКТИВА ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ИСКУССТВЕННОГО И АТМОСФЕРНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА И МОЛНИЕЗАЩИТЫ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Баранов М.И., д.т.н.

НИПКИ "Молния" Национального технического университета

"Харьковский политехнический институт"

Украина, 61013, Харьков, ул. Шевченко, 47, НИПКИ "Молния" НТУ "ХПИ"

тел. (057) 707-68-41, факс (057) 707-61-33, e-mail: nipkimolnija@kpi.kharkov.ua

Наведено короткий науково-історичний нарис про початковий етап вивчення людством магнітних та електричних явищ, засновниках захисту технічних об'єктів від дії електричних розрядів атмосферної електрики (блискавки) і корифейв всесвітньої фізичної науки – Франкліна, Ріхмана та Ломоносова, а також про проблемні питання блискавкозахисту цих об'єктів у сучасних умовах розвитку техносфери.

Приведен краткий научно-исторический очерк о начальном этапе изучения человечеством магнитных и электрических явлений, основоположниках защиты технических объектов от воздействия электрических разрядов атмосферного электричества (молнии) и корифеях мировой физической науки – Франклине, Рихмане и Ломоносове, а также о проблемных вопросах молниезащиты этих объектов в современных условиях развития техносферы.

1. ПЕРВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА

Пути развития познания человеком природы одновременно являются и путями развития нашей науки. Изучение этих путей и истории науки обогащает, на мой взгляд, нас теми знаниями, которые способствуют более быстрому, экономичному и эффективному развитию соответствующих научных отраслей и направлений. Как известно, слово "ретроспектива", имеющее латинское происхождение и вынесенное автором в название данной статьи, обозначает "обозрение того, что было в прошлом" [1]. Согласно мировой истории развития физики научное начало изучению электричества и магнетизма было положено вышедшей в 1600 году книгой английского врача Уильяма Гильберта "О магните, магнитных телах в большом магните, новая физиология" [2]. В этой книге он первым дал правильное объяснение поведению магнитной стрелки в компасе, указывая что: "...Ее конец не влечется к небесному полюсу, а притягивается полюсами земного магнита" [2]. С современных научных позиций магнитная стрелка компаса находится под воздействием земного магнетизма и ее положение определяется магнитным полем Земли. У. Гильберт также первым открыл усиление магнитного действия железным якорем и правильно объяснил это явление намагничиванием железа. Им было установлено, что намагничивание железа (стали) происходит и на расстоянии от магнита (явление магнитной индукции). Важный шаг сделал У. Гильберт и в изучении электрических явлений. Он экспериментально обнаружил, что, кроме янтаря, свойство притягивать легкие предметы после натирания имеют и ряд других тел (например, горный хрусталь, сера, смола и др.). Эти тела он назвал "электрическими", то есть подобными янтарю. Все другие тела и, в первую очередь, металлы, которые не обнаруживали, по его мнению, таких свойств, У. Гильберт назвал "неэлектрическими". Так в науку впервые вошел термин "электричество", имеющий греческие "корни", и так было положено начало систематическому изучению элек-

трических явлений. Заметим, что после исследования вопроса о сходстве магнитных и электрических явлений У. Гильберт пришел к выводу, что эти явления природы глубоко различны и не связаны между собой. Такой точке зрения придерживались в науке более двухсот лет, пока известный датский физик Ханс Эрстед в 1820 году не открыл магнитное поле, вызванное электрическим током. Свое знаменитое открытие он описал в брошюре "Опыты, относящиеся к действию электрического конфликта на магнитную стрелку". Великий итальянский физик и математик Галилео Галилей в своем "Диалоге" об указанной выше книге У. Гильберта написал следующее [2, 3]: "...Он заслуживает высочайшей похвалы и я не сомневаюсь, что со временем эта отрасль науки сделает успехи как вследствие новых наблюдений, так и в особенности вследствие строгого метода доказательства. Но это не умоляет славы первого изобретателя".

Электрическими опытами занимался и великий английский физик и математик Исаак Ньютон, который еще в 1675 году наблюдал "электрическую пляску" кусочков бумаги, помещенных под стеклом (изолятором), положенным на массивное металлическое кольцо [2]: при натирании стекла снаружи бумажки притягивались к нему (стеклу), затем отскакивали, вновь притягивались и т.д. В 1716 году И. Ньютон наблюдал искровой разряд между острием иголки и наэлектризованным телом. Об увиденном явлении он в свое время написал [2]: "...Искра напоминала мне о молнии в малых, очень малых размерах". Эксперименты по электричеству проводили и другие члены Лондонского Королевского общества (Английской Академии наук). Так, известный английский физик и химик Роберт Бойль в конце XVII столетия установил, что наэлектризованное тело не только притягивает ненаэлектризованное, но и, в свою очередь, притягивается последним. Он показал, что электрическое взаимодействие тел наблюдается и в вакууме [2]. В 1729 году Стефэн Грей, также член Лондонского Ко-

ролевского общества, открыл электропроводность тел и показал, что для сохранения электричества тело должно быть изолировано [2].

Опыты С. Грея продолжил французский естествоиспытатель Шарль Дюфэ, создавший первую описательную теорию электрических явлений. Им были установлены два рода электрических взаимодействий: притяжение и отталкивание. Об открытом им обобщенном принципе (законе) электрического взаимодействия он писал [2]: "...Этот принцип состоит в том, что существует электричество двух родов, в высокой степени отличных один от другого: один род я называю "стеклянным электричеством", а другой – "смоляным электричеством". Особенность этих двух родов электричества: отталкивать однородное с ним и притягивать противоположное". Этот закон Ш. Дюфэ был опубликован в 1733 году в Мемуарах Парижской Академии наук.

Новые открытия в области электричества (особенно изобретение в 1745 году "лейденской банки" – аккумулятора электричества, позволившей выполнять опыты со значительным запасом электричества и с большим эффектом для зрителя) возбудили в человеческом обществе повышенный интерес к электрическим явлениям: электрические опыты демонстрировались в светских салонах, королевских дворцах и на заседаниях научных обществ. Электричество, таким образом, вышло на научно-техническую авансцену нашей цивилизации. За европейскими (прежде всего, английскими и французскими) работами в области электричества последовали соответствующие исследования в Северной Америке и в России. В этих исследованиях электрических явлений, и в особенности атмосферного электричества, заметный вклад для мировой науки внесли такие выдающиеся ученые, государственные и общественные деятели как Веньямин (Бенджамин) Франклин, Георг Рихман и Михаил Ломоносов.

2. ИССЛЕДОВАНИЯ ФРАНКЛИНА В ОБЛАСТИ ИСКУССТВЕННОГО И АТМОСФЕРНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА

В. Франклин, являющийся не только одним из основателей Северо-Американских Соединенных Штатов, но и по существу основоположником американской науки, родился 17 января 1706 года в г. Бостоне в семье английского эмигранта-мыловара. Несмотря на блестящие способности маленького Веньямина, его родители не смогли дать ему систематического образования и оно ограничилось лишь двумя годами школьного обучения. Веньямину пришлось рано начинать трудовую жизнь. Работая подростком в типографии своего старшего брата, он много читал и активно занимался самообразованием. Когда его ближайший родственник стал издавать газету, он стал пробовать свои силы в журналистике. Повзрослев, В. Франклин в поисках более интересной и доходной для него работы переехал в г. Филадельфию, где организовал свою собственную типографию и развернул широкую общественную деятельность, принесшую ему региональную известность. После долгих лет лишений его трудолюбие и терпение ударов судьбы

привели В. Франклина к долгожданному успеху. Он достиг независимого финансового и обеспеченного материального положения в обществе и стал одним из уважаемых сограждан в г. Филадельфия, входившем в "новом свете" в состав молодого северо-американского государства. Научной работой В. Франклин начал заниматься в зрелом возрасте, когда ему был уже 41 год. Согласно историческим данным наукой он увлекся совершенно случайно – после того, как ему пришлось побывать на популярной лекции (сеансе "чудес физического кабинета") с демонстрационными опытами по электричеству [4]. В. Франклин заинтересовался этими опытами и активно начал самостоятельные исследования в области электричества, проявив при этом блестящий талант физика-экспериментатора. Работы по электричеству, вошедшие в анналы мировой науки, им были сделаны за весьма короткий срок – с 1747 по 1753 годы [4, 5], то есть до работ выдающихся итальянских физиков-электриков Луиджи Гальвани и Алессандро Вольты и наступления эпохи гальванического тока [2].



Веньямин Франклин (1706–1790)

Вначале В. Франклин дал физическое объяснение действию "лейденской банки" – цилиндрического накопителя (конденсатора) электрических зарядов. Затем он изобрел и сконструировал первый плоский электрический конденсатор, состоящий из двух параллельных металлических пластин, разделенных между собой стеклянной прослойкой. Потом В. Франклин на основе проведенных им простых экспериментов с электризованным металлическим чайником, содержащим внутри себя металлическую цепь, установил, что электрический заряд распространяется только по наружной поверхности наэлектризованного

металлического проводника. Далее В. Франклин одним из первых попытался разработать качественную теорию электрических явлений, происходящих при электризации тел. Свою основную научную гипотезу в этой теории, являющейся и до сих пор, в основном, правильной, он изложил в 1749 году в следующем виде [4]: "...*Электрическая материя состоит из частиц крайне малых, способных пронизывать обычные вещества такие плотные, как металл, с такой легкостью и свободой, что они не испытывают заметного сопротивления*". Сейчас эти "крайне малые частицы" мы называем элементарными частицами – электронами. Эта гипотеза исходила из материальной природы электричества. В. Франклин считал, что увеличение этой электрической материи в теле против нормы делает это тело наэлектризованным положительно, а уменьшение – наэлектризованным отрицательно. Проводя соответствующие опыты и экспериментально доказывая справедливость такого подхода в природе электризации тел, он, конечно, тогда не имел возможности количественно оценивать материальный характер электричества и соответственно определять то, кто на самом деле получает электрическую материю и, следовательно, заряжен положительно и кто ее теряет, то есть заряжен отрицательно. Поэтому В. Франклин принял наугад, что наэлектризованное трением стекло заряжено положительно. Введение В. Франклином в теорию электричества таких новых понятий как "положительный и отрицательный электрический заряд", по сравнению со "стеклянным" и "смоляным" электричеством, ранее введенным как мы упомянули выше Ш. Дюфэ, вносило определенность в учение об электричестве и не допускало существования каких-либо других видов электрического заряда. Эти исследования по электричеству составили содержание его основного научного труда "*Новые опыты и наблюдения над электричеством*", состоящего из ряда писем к члену Лондонского Королевского общества Питеру Коллинсону и опубликованного в 1751 году [2, 4].

Только после открытия в 1897 году выдающимся английским физиком Джозефом Томсоном "атомов электричества" – электронов стало известно, что электрическую материю накапливает не положительный электрод, как считал В. Франклин, а отрицательный. В дальнейшем, чтобы не менять привычных обозначений положительной и отрицательной полярности электричества (положительного и отрицательного полюсов), также впервые введенных в физическую науку В. Франклином, электрону приписали отрицательный электрический заряд. Поэтому, наверное, можно предположить, что американский физик В. Франклин своими рассуждениями о "крайне малых частицах", определяющих электризацию физических тел, предвосхитил будущую электронную теорию. Эта теория, как известно, в систематическом изложении впервые была представлена выдающимся голландским физиком-теоретиком Гендриком Лоренцем в 1895 году в своей фундаментальной работе "*Опыт теории электрических и оптических явлений в движущихся телах*" [2, 5].

Основной научной заслугой ученого-самородка В. Франклина, обессмертившей для потомков его имя,

стало открытие им электрической природы веками наблюдаемого человечеством в земной атмосфере явления, называемого молнией. Этому открытию способствовали, прежде всего, ясность и правильность понимания В. Франклином явлений электризации физических тел. Еще в 1747 году В. Франклин высказал предположение о сходстве между электрической искрой, искусственно получаемой в воздухе с помощью электрофорной машины, и молнией, а также между потрескиванием, сопровождающим искусственную электрическую искру, и громовым раскатом, характерным для естественной молнии [5, 6]. Он считал, что молния представляет собой разряд наэлектризованных атмосферных туч друг на друга или на Землю. Следует заметить, что, хотя и до работ В. Франклина высказывалась гипотеза о том, что молния и искровой разряд, искусственно полученный человеком от созданного трением электричества, одно и то же электрическое явление, но разных масштабов, однако экспериментальных доказательств справедливости данной гипотезы до исследований В. Франклина найдено не было. В 1753 году с помощью воздушного бумажного змея, запущенного в грозу и имевшего специальные металлические и изоляционные приспособления, он экспериментальным путем окончательно доказал тождественность земного (искусственного) и атмосферного (естественного) электричества. Эти опыты он демонстрировал при большом стечении любопытных зрителей, получая при этом с помощью атмосферного электричества вблизи земной поверхности электрические искры длиной до 100см [5,7]. Тогда же он впервые установил, что грозовые облака, как правило, бывают заряжены отрицательно [4]. Кстати, современные исследования длинных грозовых электрических искровых разрядов (молний) полностью подтверждают эти опытные данные, полученные В. Франклином еще на "заре" изучения человечеством атмосферного электричества [8].

Поняв сущность мощного грозового электрического искрового разряда, В. Франклин сформулировал перед собой такую техническую задачу: как можно эффективно бороться с разрушениями и пожарами, вызываемыми молнией? В 1750 году В. Франклин на основе результатов своих исследований в области искусственного и естественного электричества предложил весьма простое, но чрезвычайно важное для молниезащиты различных технических объектов изобретение – молниеотвод или как его часто и неправильно называют громоотвод [5]. Технически реализовать молниеотвод автор изобретения предлагал в виде металлического стержня, возвышающегося над защищаемым объектом и хорошо соединенного с землей. Это изобретение базировалось на том положении, что при поражении грозовым разрядом возвышающихся над земной поверхностью объектов необходимо исключить протекание тока молнии по их плохо проводящим конструкциям и предотвратить таким путем быстрое выделение на них энергии больших значений, а заставить его (ток молнии) протекать по хорошо проводящим металлическим элементам. Иначе говоря, пользуясь современной технической терминологией, необходимо было выполнить электриче-

ское шунтирование конструкций защищаемого объекта и отвести по низкоомному пути шунтирования опасный для него (объекта) ток молнии. Это изобретение, на которое В. Франклин принципиально не только не брал патента, но и всячески способствовал его безвозмездному использованию, вызвало вначале у многих крайнее недоверие. Например, члены Лондонского Королевского общества встретили сообщение о "молниеотводе Франклина" насмешками [5]. По этой причине первый молниеотвод в Англии был установлен на Эдистонском маяке лишь в 1760 году. Более активному внедрению и распространению в Англии молниеотводов на технических объектах способствовал вошедший в историю молниезащиты трагический случай, связанный с взрывом от прямого удара молнии порохового склада в английском г. Брешии, в результате которого погибло около 3000 работников и была разрушена значительная часть города. В процессе борьбы за размещение на зданиях и других технических сооружениях молниеотводов против В. Франклина были использованы не только суеверно-религиозные воззрения людей, но и всевозможные неприглядные меры, включая клевету, угрозы и различные инсинуации. На что он спокойно отвечал [4, 6]: "...В вопросах науки правда выявляется только опытом".

В настоящее время молниеотвод Франклина в его различных модификациях – неотъемлемая часть практически всех наших зданий и сооружений [8, 9]. Невозможно подсчитать то количество технических объектов, которое он (молниеотвод) уберег от пагубного воздействия мощных грозовых искровых разрядов. В этом большая заслуга научно-технических идей и разработок выдающегося американского ученого-самоучки В. Франклина. Опыты В. Франклина по электричеству и его изобретение молниеотвода вызвали широкий международный резонанс и способствовали его признанию как крупного ученого. Он был избран членом Лондонского Королевского общества и в 1753 году удостоен его высшей награды – золотой медали Коплея. В 1789 году В. Франклин стал почетным членом Российской Академии наук. Наряду с научной деятельностью, В. Франклин вел активную политическую работу в борьбе Североамериканских колоний за независимость. Он был в 1776 году одним из составителей и редакторов знаменитой "Декларации независимости". Исключительной заслугой В. Франклина было подписание им в 1783 году мирного договора с Англией, в котором признавалась независимость Соединенных Штатов Америки (США). В 1787 году он принимал деятельное участие в выработке конституции США. Умер В. Франклин 17 апреля 1790 года на 84-ом году жизни. В связи со смертью В. Франклина в США 30 дней продолжался траур по выдающемуся ученому – физика и борцу за независимость своей страны.

3. ИССЛЕДОВАНИЯ РИХМАНА В ОБЛАСТИ ИСКУССТВЕННОГО И АТМОСФЕРНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА

Г. Рихман родился 22 июля 1711 года в эстонском г. Пярну (тогда Пернове). Первоначальное обра-

зование получил в г. Таллине (тогда Ревеле). Затем продолжил свою учебу в германских университетах г. Галле и г. Йене. В 1735 году поступил в университет Петербургской Академии наук по "физическому классу" [2, 5]. Вот как позже написал он о себе и о своих студенческих годах [5]: "...Учился я в том намерении, чтоб со временем моими трудами российскому государству пользу учинить". В 1740 году Г. Рихман был назначен адъюнктом (ученым помощником, являвшимся в России младшей ученой должностью), а в 1741 году стал профессором – академиком физики. С 1744 года и до конца своей трагической гибели в 1753 году Г. Рихман руководил физическим кабинетом Петербургской Академии наук. Наиболее значительными научными работами Г. Рихмана были исследования в области теплоты и электростатики [2, 5].

Собственные опыты по электричеству он начал с 1745 года. К этому времени в мире уже накопился достаточно большой фактический материал в области электростатики: была изобретена электрофорная (электростатическая) машина, создана "лейденская банка" – первый конденсатор электричества, была известна противоположность действия положительного ("стеклянного") и отрицательного ("смоляного") электричества, установлено явление стекания электрического заряда с острия электрода.



Георг Рихман (1711–1753)

Несмотря на все вышеуказанное, исследования электрических явлений в ведущих научных лабораториях (физических кабинетах) в то время в подавляющем большинстве носили чисто качественный (описательный) характер. Большой личной заслугой Г. Рихмана явилось то, что он с первых своих электрических опытов встал на путь количественного исследования

"электрической силы". В 1745 году им был изобретен электроизмерительный прибор, который он назвал "электрическим указателем" [2, 5]. Данный прибор имел металлическую линейку, свободно висящую вдоль нее льняную нить и дуговую шкалу, разделенную на градусы. Электрический заряд сообщался линейке и измерялся углом отклонения нити, вес которой в процессе опытов сохранялся одинаковым. Заметим, что на принципе работы этого "электрического указателя Рихмана" основано действие и современного относительного электрометра. Описание этих электрических экспериментов Г. Рихмана было опубликовано в "Новых Комментариях" Петербургской Академии наук лишь в 1751 году, то есть спустя шесть лет после начала опытов. Важно подчеркнуть, что это была первая публикация по электричеству в России [2, 10]. Г. Рихман ясно понимал, что "...совершенный электрометр должен оказать большую пользу в деле открытия и определения законов электричества" [2].

В том же 1745 году Г. Рихманом был создан прибор для измерения электрического заряда с помощью весов. Принцип действия этого прибора (электростатическое притяжение одной чаши весов к наэлектризованной металлической плите уравновешивалось грузом на другой чаше весов) нашел свое дальнейшее развитие в современном абсолютном электрометре. С помощью разработанных несовершенных с сегодняшних позиций "электрических указателей" Г. Рихман в 1753 году опытным путем нашел, что [2]: "...Электрическая материя, неким движением возбуждаемая вокруг тела, по необходимости должна опоясывать его на некотором расстоянии: на меньшем расстоянии от поверхности тела действие ее бывает сильнее. Следовательно, при увеличении расстояния сила ее убывает по некоторому, пока еще неизвестному закону".

Таким образом, Г. Рихман при помощи своих примитивных, глядя с нынешних научных вершин, "электрических указателей" по существу открыл существование электрического поля вокруг заряженного тела, напряженность которого убывает с увеличением расстояния от тела "по некоторому, пока еще неизвестному закону". Иначе говоря, русскому ученому-физику Г. Рихману принадлежит честь открытия электрического поля и вполне определенное утверждение о том, что действие этого поля зависит от расстояния до источника самого поля.

Отметим, что этот "пока еще неизвестный закон" взаимодействия электрических зарядов был установлен только в 1785 году выдающимся французским физиком Шарлем Кулоном. Согласно этому фундаментальному закону природы, открытому опытным путем с помощью электрических крутильных весов, сила взаимодействия двух неподвижных электрических зарядов прямо пропорциональна "...зарядам и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними" [2, 5]. Принимая во внимание приведенную выше идею Г. Рихмана об электрическом поле, можно с определенной долей уверенности констатировать, что русский академик-физик Г. Рихман предвосхитил будущую теорию электромагнитного поля великих английских физиков Майкла Фарадея и

Джеймса Максвелла, математически разработанную последним, в наиболее полном виде, к 1873 году [11]. В соответствии с известными историческими данными Г. Рихману принадлежит заслуга и в открытии явления электростатической индукции, то есть явления электризации тел на расстоянии [5]. Впервые подобная идея была высказана ранее нами уже упомянутым английским ученым-физиком Р. Бойлем. Но его идея до работ Г. Рихмана не была подтверждена экспериментально. Кроме того, Г. Рихманом было установлено явление электризации различных металлических тел от трения.

В 1752 году Г. Рихман, узнав об экспериментальных работах американского ученого В. Франклина по атмосферному электричеству, приступил к исследованию мощных грозных разрядов. Для этой цели им был сконструирован специальный "электрический указатель", приведенный нами на рис. 1 Г. Рихманом в 1752 году совместно с академиком-физиком М. Ломоносовым была сконструирована так называемая ими "громовая машина" – большой электроскоп, улавливавший во время грозы электрические заряды (искровые разряды – молнии) с воздушной атмосферы и передававший их по металлическому стержню в измерительную лабораторию, оснащенную изображенным на рис. 1 специальным "электрическим указателем". Проведенные Г. Рихманом экспериментальные исследования грозных искровых разрядов подтвердили тождество "электрической материи" и "громовой материи".

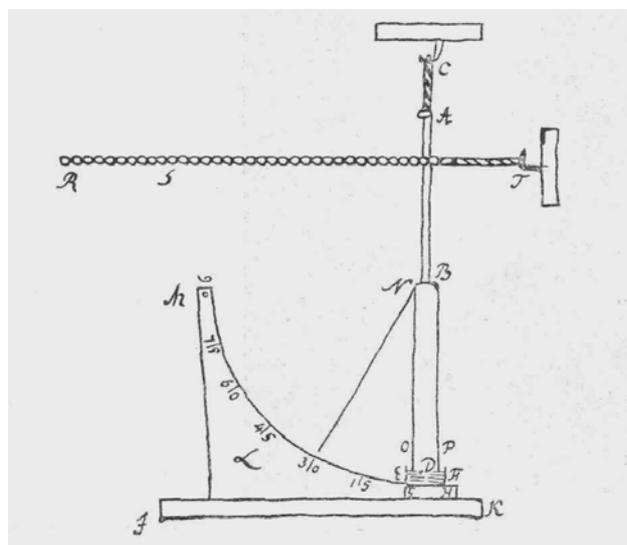


Рис. 1. Электрический указатель Рихмана, применявшийся в XVIII столетии при исследовании молнии (рисунок самого Г. Рихмана)

В том же 1752 году для усиления действия "громовой машины" он соединил ее с большой "лейденской банкой". Г. Рихман в изучении молнии и защите от нее людей и наземных сооружений видел задачу большой государственной важности. Используя идеи В. Франклина, он тем не менее самостоятельно разрабатывал конструкции молниеотводов и испытывал их действие в реальной работе. В 1753 году Г. Рихман в своей, как оказалось в дальнейшем последней, печатной научной работе "Рассуждение об указателе

электричества и о пользовании им при исследовании явлений искусственного и естественного электричества" подвел определенные итоги своим многолетним экспериментальным работам по исследованию электрических явлений, включая исследования электрической природы молнии.

Опыты Г. Рихмана и М. Ломоносова в области атмосферного электричества вызвали большой интерес в России. Отчет об этих исследованиях и полученных при этом результатах на публичном собрании Петербургской Академии наук был поставлен на 6 сентября 1753 года. Однако 6 августа 1753 года во время количественного измерения на "громовой машине" электрического заряда от грозового искрового разряда Г. Рихман в самом расцвете творческих сил был убит прямым высоковольтным электрическим разрядом в голову. Внезапная смерть академика Г. Рихмана на 43-ом году его жизни повергла в уныние научную общественность как в России, так и на Западе и на долгие годы приостановила активные исследования в России атмосферного электричества.

4. ИССЛЕДОВАНИЯ ЛОМОНОСОВА В ОБЛАСТИ АТМОСФЕРНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА

Корифей российской науки и один из самобытных гениев в истории мировой культуры М. Ломоносов родился 20 ноября 1711 года в деревне Мишанинская (вблизи Холмогор) Архангельской губернии в семье крестьянина-помора [2, 5]. Молодой талантливый юноша после долгих мытарств, учебы с 1731 по 1736 годы в Заиконоспасской духовной академии в г. Москве (тогдашнее высшее учебное заведение России) и пятилетней учебы-стажировки с 1736 года за границей (в Германии и Голландии) вернулся в Россию в 1741 году уже возмужавшим и сложившимся ученым со своими научными взглядами и принципами. С этого времени и до конца своих дней он активно трудился в г. Петербурге над "процветанием наук в России". Его научная работа была поистине всеобъемлюща. Исторически известно, что одной из наиболее важных научных заслуг М. Ломоносова является формулировка им в 1748 году и экспериментальное доказательство в 1756 году принципа (закона) сохранения материи и движения задолго до установления этого всеобщего закона природы в 1774 году знаменитым французским химиком Лавуазье [2, 5]. В области физики первый русский профессор и академик Петербургской Академии наук оставил после себя ряд важных для мировой науки работ по кинетической теории газов, теории теплоты, оптике, гравитации, физике земной атмосферы и атмосферы Венеры, физическим явлениям на поверхности Солнца и электричеству [2, 4]. Главный интерес в области электричества М. Ломоносов проявил к вопросам, связанным с атмосферным электричеством.

Ему были известны результаты электрических опытов его современника – американского физика В. Франклина в области атмосферного электричества. Им совместно со своим другом академиком Г. Рихманом был проделан ряд экспериментов на указанной нами выше "громовой машине". После трагической гибели на этой "машине" Г. Рихмана он в 1753 году

написал [5]: "...Не думаю, чтобы внезапным поражением нашего Рихмана натуру испытующие умы устарились и электрической силы в воздухе законы изведывать перестали".



Михаил Ломоносов (1711–1765)

На основании данных этих совместных опытов М. Ломоносов попытался построить теорию атмосферного электричества, в частности, теорию явления грозы. Согласно этой теории причиной возникновения электричества в земной атмосфере он считал трение между восходящими теплыми и нисходящими холодными потоками воздуха, содержащими мелкодисперсную влагу (воду). Кстати, такой точки зрения, в основном, придерживаются и авторы современных теорий атмосферного электричества, тепловых и фронтальных гроз, рассматривающие молнию как разновидность высоковольтного электрического газового разряда при очень большой длине искры [12]. Отметим здесь и то обстоятельство, что сам физический механизм возникновения электрического заряда в атмосферных облаках является настолько сложным, что он и до сих пор находится на стадии углубленного изучения, анализа и детального уточнения. Не безынтересен тот факт, что первый молниеотвод в России установил М. Ломоносов в г. Петербурге на своем жилом доме [5].

Не менее интересным научно-историческим фактом является то, что в 1753 году на заседании Петербургской Академии наук М. Ломоносов в качестве одной из конкурсных академических задач выдвинул такую научную тему [5]: "...Сыскать подлинную электрической силы причину и составить точную ее теорию". По условиям этого конкурса сам М. Ломоносов не мог принять в нем участие. Однако он в сво-

ем сочинении от 1753 года "Слово о явлениях воздушных, от электрической силы происходящих", а еще более четко в своей работе от 1756 года "Теория электричества, изложенная математически", высказал оригинальные мысли о природе возникновения искусственного и естественного электричества [5, 13]. В этих научных работах он его (электричества) происхождение связывал с движением микроскопических частиц эфира. Для М. Ломоносова не осталось в стороне и изучение поражающих человеческое воображение северных полярных сияний. В 1753 году он в своей работе "Сообщение о наблюдениях, подтверждающих электрическую природу северного сияния" впервые в мире указал на электрическую природу этого крупномасштабного атмосферного явления и оценил высоту над Землей этих сияний [5, 14].

Говоря об М. Ломоносове как об ученом-физике, нельзя не отметить его великой роли как организатора науки в России. Он был зачинателем многих научных экспедиций, много сил и энергии отдавал делу просвещения в России. Бессмертным памятником Михаилу Васильевичу Ломоносову стал созданный им Московский государственный университет. За свои научные заслуги он – член Петербургской Академии наук был избран иностранным членом Шведской Академии наук и почетным членом Болонской Академии наук (Италия). Многолетняя кипучая научная и общественная деятельность и особенно борьба против "недругов наук российских" надломили физические силы М. Ломоносова. Скончался он безвременно 15 апреля 1765 года на 54-ом году жизни.

5. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПРОБЛЕМЫ МОЛНИЕЗАЩИТЫ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Последние десятилетия исследования молнии и эффектов ее сопровождающих в ведущих мировых научных центрах определялись, прежде всего, практическими соображениями, направленными на необходимость обеспечения молниезащиты таких крайне важных для человеческого общества технических объектов как летательные аппараты (ракетно-космические системы, самолеты, вертолеты), средства электрической связи и электроэнергетические системы, включая нетрадиционные (альтернативные) источники электрической энергии – ветрогенераторы, со своим высоко- и низковольтным электрическим оборудованием, размещенным как на поверхности земли, так и расположенным высоко над ней [8, 15-24].

Как известно, в настоящее время в мире существуют три основных способа молниезащиты технических объектов [8, 25]. Это, во-первых, токоотвод от защищаемого объекта атмосферного электричества. Во-вторых, это экранирование защищаемых объектов и, в-третьих, это ограничение токов и напряжений, вызванных в электрических цепях оборудования защищаемых объектах воздействием на них как дальних, так и прямых ударов молнии.

Токоотвод молнии от технических объектов обычно обеспечивается при помощи пассивных (по существу стержневых или тросовых молниеотводов Франклина) [9, 26] или активных [27] заземленных

молниеотводов (молниеприемников). Последний тип молниеотвода появился на рынке электротехнологий совершенно недавно. Он имеет значительно большую, чем у пассивного молниеотвода стоимость и сейчас весьма активно проходит тестирование во многих странах, включая Украину. По одним сведениям [27] ряд конструкций таких молниеприемников (например, серия *Satelit-3 ESE 6000*) характеризуется повышенной эффективностью и существенно расширенной зоной защиты по сравнению с пассивным штыревым (стержневым) молниеотводом. Кстати, сейчас только Франция имеет свой стандарт NF C17.102-1995, который регламентирует использование на практике таких типов активных молниеприемников [27]. По другим сведениям [28] вопросы эффективности и правомерности применения на ответственных технических объектах активных молниеприемников у специалистов – высоковольтников вызывают сомнения и нуждаются в дальнейшем в более аргументированном и весомом экспериментальном подтверждении. С обоснованной критикой активных молниеотводов, базирующихся, по мнению их изобретателей, на эмиссии с помощью их элементов встречного к облаку электрического лидера, выступают и ведущие в области физики молнии ученые США [29]. К этому следует добавить то, что в последнее время в НИПКИ "Молния" НТУ "ХПИ" стали проводиться фундаментальные исследования, направленные на разработку теории, описывающей процессы развития канала молнии и ориентировки лидера молнии при приближении ее (молнии) к земле и соответственно к защищаемому техническому объекту [30, 31]. По-видимому, эти работы будут способствовать прояснению вопроса об эффективности активных молниеприемников.

Что касается экранирования технических объектов, то этот метод молниезащиты может быть с успехом использован как путем размещения всего защищаемого объекта в цельнометаллическом корпусе (защитном экране), так и его отдельных частей, содержащих электронное, радио – и электротехническое оборудование, слабоустойчивое к внешним мощным импульсным электромагнитным полям, большим импульсным токам и высоким импульсным напряжениям и поэтому особо подвергаемое пагубному воздействию молнии [8, 25]. При этом особое внимание должно уделяться надежному и эффективному заземлению наружных металлических оболочек (брони) вводимых в технический объект и выводимых из него кабелей (электропитания, управления и связи) и защитных экранов [8, 32, 33]. Как правило, от качества системы заземления элементов защищаемого объекта в значительной мере зависит и эффективность всей системы его молниезащиты [8, 23].

Ограничение в электрических цепях защищаемого объекта токов и напряжений, индуцируемых в них при прямом ударе в него молнии или обусловленных заносом при дальних ударах молнии высоких электрических потенциалов в объект по кабелям (проводам) электропитания, линиям электросвязи, другим токопроводам и коммуникационным металлоконструкциям, извне подключенным к объекту, является неотъемлемой составной частью современной систе-

мы защиты технического объекта от вредного действия молнии. Данное ограничение токов и напряжений может включать в себя, прежде всего, использование в силовых цепях электропитания и слаботочных цепях управления объекта грозозащитных фильтров и импульсных ограничителей разработки НИПКИ "Молния" НТУ "ХПИ" [34]. Далее для снижения бросков напряжения (тока) в линиях электросвязи и на электроэлементах других цепей объекта могут применяться разработанные с активным участием сотрудников НИПКИ "Молния" НТУ "ХПИ" блоки пассивной грозозащиты, содержащие несколько ступеней ограничения перенапряжений, вызванных действием электромагнитных (полевых) и токовых факторов молнии [24, 35]. Данные блоки пассивной грозозащиты могут комплектоваться, в частности, первой ступенью ограничения, содержащей защитные искровые разрядники (например, типа LSA140), которые закорачивают соответствующие цепи на землю. Вторая ступень ограничения этих блоков может содержать ограничители напряжения, выполненные на основе твердотельных металлооксидных дисковых варисторов (например, типа FNR 07K820). Третья ступень ограничения рассматриваемых блоков пассивной грозозащиты может выполняться на базе ограничительных быстродействующих диодов (например, однопроводных трансил – диодов типа 1,5KE6,8A). Экспериментальная проверка работоспособности данных блоков пассивной грозозащиты, включенных при испытаниях, как в режиме воздействия дальнего, так и прямого удара апериодического импульса тока молнии временной формы 2/50мкс и амплитудой 30кА, в реальную интерфейсную кабельную линию связи типа RS-485 силового радиотехнического оборудования подтвердила их высокую надежность и эффективность [24].

В заключение этого раздела следует указать то, что в настоящее время НИПКИ "Молния" НТУ "ХПИ" располагает комплексом отечественного высоковольтного электрофизического оборудования наружной установки и размещенного внутри отапливаемого помещения, с помощью которого могут проводиться полномасштабные испытания систем молниезащиты и грозозащищенности многообразных крупно – и малогабаритных технических объектов, содержащих в своем составе электроэнергетическое, радиоэлектронное и электротехническое оборудование как с высоковольтными, так и низковольтными устройствами и электрическими цепями различного исполнения [36-41]. Схемно-технические решения этих уникальных по своим техническим характеристикам высоковольтных испытательных установок и их отдельных устройств и элементов защищены рядом изобретений Украины [42-48].

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Большой иллюстрированный словарь иностранных слов. - М.: Русские словари, 2004.- 957 с.
- [2] Кудрявцев П.С. Курс истории физики.- М.: Просвещение, 1974.- 312 с.
- [3] Штекли А.Э. Галилей/ Серия: Жизнь замечательных людей. - М.: Молодая гвардия, 1972.- 384с.
- [4] Капица П.Л. Жизнь для науки.- М.: Знание, 1965.- 63с.
- [5] Выдающиеся физики мира. Рекомендательный указатель.- М.: Типография б-ки им. В.И. Ленина, 1958.- 435 с.
- [6] Капица П.Л. Научная деятельность В. Франклина// Успехи физических наук.- 1956.-т. 58.- вып. 2.- С.169-182.
- [7] Стекольников И.С. Вениамин Франклин. К 250-летию со дня рождения// Электричество.- 1956.- №1.- С.75-78.
- [8] Uman M.A. Natural and artificially-initiated lightning and lightning test standards// Proceeding of the IEEE.-1988.- Vol.76.- №12.- p. 1548-1565.
- [9] Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений. РД 34.21.122-87/ Минэнерго СССР.- М.: Энергоатомиздат, 1989.- 56 с.
- [10] Кравец Т.П., Радовский М.И. К 200-летию со дня смерти академика Г.В. Рихмана// Успехи физических наук.- 1953.- т.51.- вып.2.- С. 287-299.
- [11] Баранов М.И. Джеймс Клерк Максвелл и теория электромагнитного поля// Электротехніка і електромеханіка.-2005.- №1.- С. 5-7.
- [12] Техника высоких напряжений/ Под ред. М.В. Костенко.- М.: Высшая школа, 1973.- 528 с.
- [13] Федоров Е.К. "Слово о явлениях воздушных, от электрической силы происходящих" Ломоносова и современное представление об атмосферном электричестве// Известия АН СССР. Серия "Геогр. и геофиз.".1950.- №1.- С. 25-36.
- [14] Радовский М.И. Ломоносов и его исследования в области атмосферного электричества// Электричество.- 1939.- №1.- С. 69-72.
- [15] Isakova A.V., Kravchenko V.I., Makeev V.G. Investigation of Damages Pattern in Dielectric Radomas of Flying Vehicles Struck by the Lightning // Proceeding of the 6-th European Electromagnetic Structures Conference, Friedrichshafen (FRG).- 1991. -p. 277-285.
- [16] Borisov R.K., Larionov V.P., Avakyan H.O., Mitrofanova T.A. end others. Investigation of Shielding Properties of Polymeric Composites// Proceeding of the 6-th European Electromagnetic Structures Conference, Friedrichshafen (FRG). -1991. -p. 49-58.
- [17] Baranov M.I., Isakova A.V., Kravchenko V.I. The experimental investigation of electrothermal effects produced by spark channel of a lightning on the metal sheathing of the flying objects// Proceeding 24th International Conference on Lightning Protection, Birmingham (Great Britain).- 1998.-Paper №282.
- [18] Баранов М.И. Моделирование электромагнитного эффекта при прямом ударе молнии в металлическую обшивку летательного аппарата// Технічна електродинаміка.-1999.- №1.- С. 16-21.
- [19] Баранов М.И., Даценко В.П., Колиушко Г.М. Моделирование электромагнитного эффекта при прямом ударе молнии в землю// Технічна електродинаміка.-2001.- №4.- С. 9-14.
- [20] Баранов М.И., Даценко В.П., Колиушко Г.М. Расчет двумерного импульсного электромагнитного поля в земле при прямом ударе в нее молнии// Технічна електродинаміка.-2002.- №3.- С. 13-18.
- [21] Баранов М.И., Белозеров В.В., Кравченко В.И., Махатилова А.И. Экспериментальные исследования электротеплового воздействия импульсного сильноточного искрового разряда на металлическую обшивку летательного аппарата// Технічна електродинаміка.-2003.- №1.- С. 3-7.
- [22] Баранов М.И. Расчет кратера электротеплового разрушения на металлической обшивке летательного аппарата при прямом ударе в нее молнии// Электротехніка і електромеханіка.-2003.- №4.- С. 101-103.

- [23] Борисов Р.К., Кравченко В.И., Колиушко Г.М., Князев В.В. Новые аспекты молниезащиты объектов// *Технічна електродинаміка. Тематичний випуск.*-2004.- С. 109-112.
- [24] Баранов М.И., Игнатенко Н.Н., Колобовский А.К., Ниженко Б.И. и др. Экспериментальное исследование грозозащищенности интерфейсной линии связи RS-485 при воздействии на нее больших импульсных токов молнии// *Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Електроенергетика і перетворююча техніка.*- Харків: НТУ "ХПІ".-2004.- №35.- С. 115-123.
- [25] Кравченко В.И. Грозозащита радиоэлектронных средств.- М.: Радио и связь, 1991.-264 с.
- [26] Инструкция по проектированию молниезащиты радиообъектов. ВСН-1-77 Минсвязи СССР.- М.: Связь, 1978.- 32 с.
- [27] Князев В.В., Кравченко В.И., Лесной И.П. Тестирование активных молниеприемников// *Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Електроенергетика і перетворююча техніка.*- Харків: НТУ "ХПІ".-2003.- №1.- С. 80-88.
- [28] Шостак В., Баранник Є. 27 Міжнародна конференція з блискавкозахисту ICLP-2004 (м. Авіньйон, Франція)// *Електропанорама.*-2005.- №1-2.- С. 6-8.
- [29] Uman M.A., Rakov V.A. Critical Review of Nonconventional Approaches to Lightning Protection// *American Meteorological Society.*-December 2002.-№12.- p.1809-1820.
- [30] Князев В.В., Резинкина М.М., Кравченко В.И., Щерба А.А. Основные направления развития современных методов молниезащиты// *Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Електроенергетика і перетворююча техніка.*- Харків: НТУ "ХПІ".-2004.- №35.- С.102-111.
- [31] Резинкина М.М., Князев В.В., Кравченко В.И. Статистическая модель процесса ориентировки лидера молнии на наземные объекты// *Журнал технической физики.*-2005.- т.75.- вып.9.- С. 44-51.
- [32] Базуткин В.В., Борисов Р.К., Горшков А.В., Колечицкий Е.С. Оценка параметров заземлителей при воздействии импульсных токов// *Электричество.*-2002.- №6.- С. 6-12.
- [33] Борисов Р.К., Петров С.Р., Смирнов М.Н., Янковский Б.Д. Экспериментальные исследования заземлителей молниезащиты при воздействии импульсных токов// *Электро.*-2004.- №1.- С. 13-16.
- [34] Baranov M.I., Ignatenko N.N., Kolobovsky A.K. Protective structures of electropower objects from an effect of powerful electromagnetic disturbances// *Proceeding 26th International Conference on Lightning Protection, Cracow (Poland).*-2002.- Paper №7p.2.- p. 612-614.
- [35] Патент №8396 Україна, МПК H02H9/04. Пристрій для захисту від імпульсних перенапруг/ М.І. Баранов, М.М. Ігнатенко, А.К. Колобовський, Б.І. Нізієнко, В.О. Шевченко, О.В. Шевченко (Україна).- №20040807150; Заявлено 30.08.04; Надрук. 15.08.05; Бюл. №8.- 5 с.
- [36] Баранов М.И., Бочаров В.А., Игнатенко Н.Н., Колобовский А.К. Мощные генераторы импульсных напряжений и токов предельных параметров для тестирования силового электроэнергетического оборудования// *Електротехніка і електромеханіка.*-2003.- №2.- С. 75-80.
- [37] Баранов М.И., Бочаров В.А., Зябка Ю.П., Мельников П.Н. Комплекс электрофизического оборудования для генерирования микро- и миллисекундных импульсов напряжения до 1,2 МВ и тока до 200 кА// *Технічна електродинаміка.*-2003.- №5.- С. 55-59.
- [38] Баранов М.И., Колиушко Г.М., Колобовский А.К., Кравченко В.И. Комплекс высоковольтного испытательного электрофизического оборудования экспериментальной базы НИПКИ "Молния" НТУ "ХПІ" // *Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Електроенергетика і перетворююча техніка.*- Харків: НТУ "ХПІ".-2004.- №4.- С. 3-13.
- [39] Баранов М.И., Игнатенко Н.Н., Колобовский А.К. Экспериментальная установка с двумя замыкателями нагрузки для получения больших апериодических импульсных токов молнии// *Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету: Наукові праці КДПУ.*- Кременчук: КДПУ, 2003.- Вип. 4 (21).- т.1.- С. 10-12.
- [40] Баранов М.И., Игнатенко Н.Н., Колобовский А.К. Применение мощных генераторов импульсных напряжений в схеме с замыкателем нагрузки для получения больших импульсных токов молнии// *Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Електроенергетика та перетворююча техніка.*- Харків: НТУ "ХПІ".-2004.- №4.- С. 37-45.
- [41] Баранов М.И., Игнатенко Н.Н. Повышение энергетической эффективности разрядных цепей генераторов больших импульсных токов с мощными емкостными накопителями энергии // *Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Техніка та електрофізика високих напруг.*- Харків: НТУ "ХПІ".-2005.- №49.- С. 3-14.
- [42] Патент №6279 Україна, МПК H03K3/53. Генератор импульсных струмів/ М.І. Баранов, М.М. Ігнатенко, А.К. Колобовський (Україна).- №2003087824; Заявлено 19.08.03; Надрук. 16.05.05; Бюл. №5.- 3 с.
- [43] Патент №63747А Україна, МПК H03K3/53. Генератор імпульсних струмів/ М.І. Баранов, М.М. Ігнатенко, А.К. Колобовський (Україна).- №2003065338; Заявлено 10.06.03; Надрук. 15.01.04; Бюл. №1.- 4 с.
- [44] Патент №63747 Україна, МПК H03K3/53. Генератор імпульсних струмів/ М.І. Баранов, М.М. Ігнатенко, А.К. Колобовський (Україна).- №2003065338; Заявлено 10.06.03; Надрук. 15.08.05; Бюл. №8.- 4 с.
- [45] Патент №63749А Україна, МПК H01T9/00. Високовольтний повітряний розрядник/ М.І. Баранов, М.М. Ігнатенко, А.К. Колобовський (Україна).- №2003065356; Заявлено 10.06.03; Надрук. 15.01.04; Бюл. №1.- 3 с.
- [46] Патент №63749 Україна, МПК H01T9/00. Високовольтний повітряний розрядник/ М.І. Баранов, М.М. Ігнатенко, А.К. Колобовський (Україна).- №2003065356; Заявлено 10.06.03; Надрук. 15.08.05; Бюл. №8.- 3 с.
- [47] Патент №8362 Україна, МПК H03K3/53. Генератор великих імпульсних струмів/ М.І. Баранов, М.М. Ігнатенко, А.К. Колобовський (Україна).- №20040403168; Заявлено 27.04.04; Надрук. 15.08.05; Бюл. №8.- 4 с.
- [48] Патент №8397 Україна, МПК H03K3/53. Установка для формування струму блискавки/ М.І. Баранов, М.М. Ігнатенко, А.К. Колобовський (Україна).- №20040807164; Заявлено 30.08.04; Надрук. 15.08.05; Бюл. №8.- 3 с.

Поступила 11.01.2006