

НАДО ЛИ КОНКУРИРОВАТЬ С МОДНИЕЙ

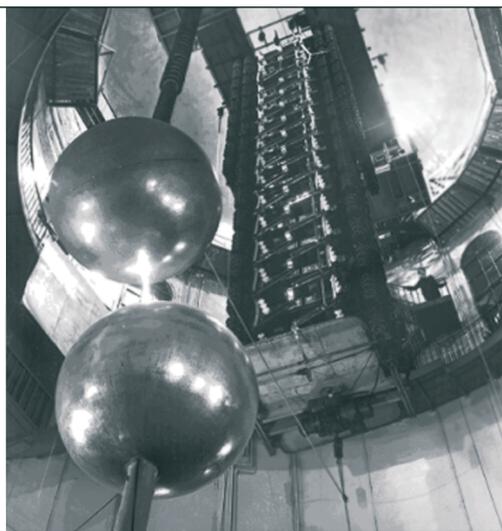
Доктор технических наук
Э.М. БАЗЕЛЯН
(ЭНИН им. Г.М. Кржижановского)

DOI: 10.7868/50233361922080031

Актёры убеждены, что театр – существо живое. Проходит он бурную молодость, стремясь утвердить свои убеждения и доказать миру значимость найденных новаторских приёмов, проживает эпоху зрелости, черпая полной горстью признательность общества. Не избежать ему и старости с её неспешной оглядкой на бурно прожитые годы, когда уже нет возможности догнать направленные в будущее людские устремления. Полагаю, почти всё сказанное можно отнести и к научной лаборатории. Во всяком случае мне удалось работать в разме-

щённой в храме Большого Вознесения (рис. 1) лаборатории Высоковольтного газового разряда (ЛВГР) Энергетического института им. Г.М. Кржижановского (ЭНИН) в годы бурной её молодости, почувствовать её возмужание и прикоснуться к её зрелости. Понимаю, по прошествии многих лет заметно меняется оценка прожитого, оно идеализируется и романтизируется, а далеко не самые счастливые дни вспоминаются уже

*Рис. 1.
Здесь, в храме Большого Вознесения,
была наша лаборатория.
Справа – фотография высоковольтного зала.*



без многих неприятных деталей. Тем не менее каждый стремится сохранить главное – дух и в целом верную оценку прожитого. Этим и хочется поделиться с теми, кто идёт следом.

Год 1959. Научный руководитель лаборатории Илья Самуилович Стекольников, по убеждению всех сотрудников, человек немолодой, прожил уже почти 55 лет, но почему-то всё ещё заглядывается на молоденьких девушек. Не по возрасту, да и не по чину. Следующему за ним всего 30. Остальные моложе. Я же просто зелёный. Пришёл, окончив МЭИ, по распределению меньше года назад. Пока ничего не умею, хотя на кафедре вроде бы занимался экспериментом. Только в лаборатории совсем другой эксперимент. Наш научный руководитель – экспериментатор особого рода. Он твёрдо уверен, что любой эксперимент должен дать результат сродни мировому рекорду. Сегодня сказали бы – для записи в книгу рекордов Гиннеса. Конечно, я такого не умею, но ведущие сотрудники лаборатории под стать своему шефу.

Женя Браго (Евгений Николаевич, тот самый тридцатилетний) недавно с серебряной олимпийской медалью оставил большой спорт. А ещё на восьмёрке Крылья Советов выиграл Хенлейскую регату. Теперь свой спортивный азарт он направил на создание электронно-оптического преобразователя. Прибор должен заменить фотокамеры с механической развёрткой изображения, что применяют для регистрации искровых разрядов и молнии. Разработка обещает различить детали микросекундной длительности. Мировой рекорд очевиден. Ни в одной высоковольтной лаборатории мира элект-

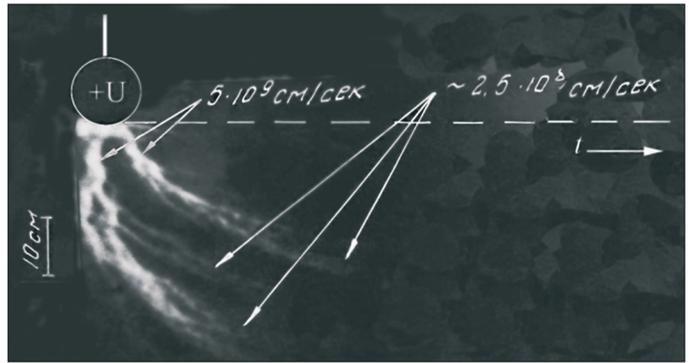


Рис. 2.
Первая скоростная фоторазвёртка стримера электронно-оптическим преобразователем.

ронно-оптических преобразователей пока нет и в ближайшее время не предвидится. У нас же уже через год все с почтением рассматривают запись движения самого быстрого газоразрядного элемента – стримера (рис. 2). Его тонкий плазменный канал обладает очень высокой проводимостью и почти комнатной температурой. Поэтому в проводящем состоянии стример существует доли микросекунды. Зато он способен развить скорость вплоть до $5 \cdot 10^9$ см/с, что уже вполне сопоставимо со скоростью света.

Саша Инков (Александр Яковлевич) по темпераменту – полная противоположность Браго. Он никуда не торопится и не спеша собирает новый импульсный осциллограф на отечественных двухлучевых трубках. Скорости развёрток осциллографа рекордные. Импульс напряжения длительностью в наносекунду удаётся растянуть на полную длину экрана диаметром в 10 см. Разработка снова тянет на мировой рекорд. Тем более что на Учёном совете шеф заявил: достигнутое – не предел. Скорость развёртки можно увеличить как минимум на порядок. Скандал представлялся неизбежным. Пробег длиной в 10 см за 10^{-10} с означал скорость

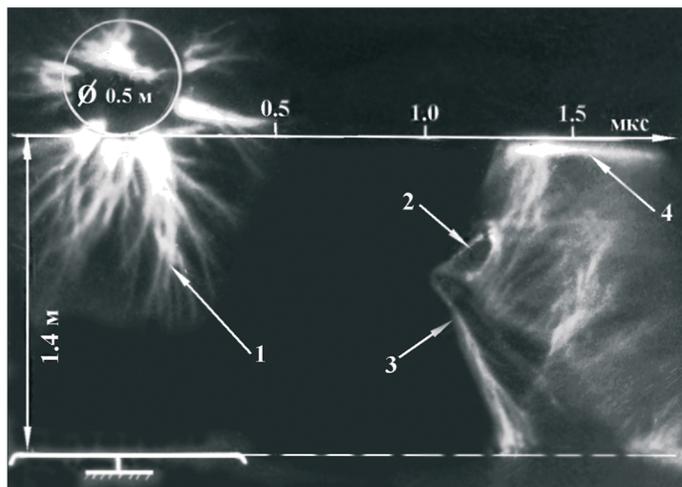


Рис. 3.
Фоторазвётка такого качества – образец и сегодня.

10^{11} см/с, что по величине превышает скорость света. Последовали упреки в нарушении фундаментальных принципов теории относительности со всеми вытекающими отсюда обвинениями в физической безграмотности. Далеко не сразу удалось объяснить, что если кто и безграмотен, то сами обвинители. Они перепутали фигурирующую в теории относительности Эйнштейна предельную скорость движения материального тела с фазовой скоростью.

В руках Толи Шкилева (Анатолий Васильевич) любой созданный в лаборатории прибор начинал работать много эффективнее, чем даже у его создателей. Толя умудрялся добиваться качества записей, которые малодоступны и сегодня (рис. 3). Недаром его регистрации подчас полностью дублировались в зарубежных научных изданиях. Тогда иностранные журналы были нам недоступны. Важные чиновники полагали, что на русском языке шпионы читать не могут, а потому любая научная информация должна публиковаться только в отечественной прессе.

Нельзя не вспомнить и о мастерской лаборатории. Ею руководил талантливый конструктор М.А. Пескин, а его правой рукой был Валя Андрианов – молодой парнишка с московской окраины. Образования у него не было, только золотые руки, для которых не было ничего невозможного. Желаящим узнать больше рекомендую фильм “Москва слезам не верит”, вторую серию про Гошу.

Там всё правильно. В мастерской был изготовлен малогабаритный импульсный осциллограф для всемирной выставки в Брюсселе. Работал он как настоящий, хотя на выставку, похоже, так и не попал.

Ну а сам шеф, как выглядел он на фоне этой далеко незаурядной компании? Поставленная им задача явно претендовала на рекордную – превзойти молнию стало главным делом жизни. Экспериментаторы из любой высоковольтной лаборатории знали, что для пробоя воздушного промежутка требуется среднее электрическое поле около 500 кВ/м. С длиной промежутка это поле практически не снижалось. Расстояние между облаком и землёй в среднем близко к 3000 м. Значит, для его пробоя по существующим меркам нужно примерно 1500 МВ – полтора миллиарда вольт! Это неслыханно большая величина. Однако молния обходится напряжением по крайней мере на порядок меньшим. И.С. Стекольников мечтал добиться того же. Мечта не становилась реальностью, зато оказалась предметом разбирательства в партбюро института. Беспартийному учёному объяснили, что поиски условий развития разряда при минимально низ-

ком напряжении недостойно советского специалиста. Он обязан увеличивать электрическую прочность воздушной изоляции, но никак не снижать её. Так и было записано в партийном решении.

Обратная задача шефа интересовала мало, но болтающихся без особого дела в лаборатории он не любил. Наверное, поэтому мне было поручено повторять хорошо известные зарубежные эксперименты по повышению электрической прочности воздуха, тем более что практического значения они не имели. Особой перспективы для меня не предвиделось.

История, которую мне хочется рассказать, возникла в период краткого идеологического застоя. Такое часто случается практически в любой экспериментальной лаборатории. Генератор импульсных напряжений (ГИН) на 3000 кВ простаивал, что считалось абсолютно недопустимым. Чтобы хоть как-то загрузить его, шеф предложил дополнить экспериментальную зависимость пробивного напряжения воздушного промежутка стержень–плоскость от длительности фронта импульсного напряжения. Она была получена в зарубежной лаборатории и особенно интереса явно не представляла. В пределах 1–50 мкс среднее пробивное электрическое поле монотонно и очень медленно снижалось примерно от 550 кВ/м и, похоже, асимптотически приближалось к 450 кВ/м при постоянном напряжении (неограниченно длительный фронт). Экспериментальных точек в диапазоне 100–1000 мкс не было. По делу они и не требовались. Уж очень легко здесь было предсказать едва ли не горизонтальный ход кривой. Получив такую команду, Женя Браго решил не терять времени на ерунду и, призвав меня, посоветовал потренироваться, работая на совершенно свободном ГИН, – осваивай,

мол, раз сам шеф приказал. Я пошёл осваивать. С пеллоими импульсами напряжения лаборатория не работала, а потому опытные механики высоковольтного зала не могли помочь с компоновкой экспериментальной схемы. Меня это совсем не радовало. Важно было хотя бы не породить очередного ляпа. У меня их и так хватало, причём каждый громогласно, с невероятными деталями обсуждался за столом в Доме архитекторов, куда мы ходили обедать. Естественно, подобное действие происходило исключительно с воспитательной целью.

На бумаге схема выглядела элементарно просто и сомнений не вызывала. На выходе ГИН надо было подключить цепочку из последовательно соединённых резистора (R) и конденсатора (C). Эта RC-цепочка определяла время роста напряжения на испытуемом воздушном промежутке. Именно тогда я и осознал впервые, что такое реальные размеры оборудования. Наш ГИН был подвешен вверх ногами к куполу храма Большого Вознесения (см. рис. 1). Высоковольтный вывод располагался на высоте 12 м от пола зала не слишком большого радиуса. Именно здесь надо было разместить экспериментальную схему и испытуемый разрядный промежуток с учётом того, что и резистор, и конденсатор должны были выдерживать напряжение не ниже миллиона вольт, а потому малыми габаритами не отличались.

Хорошо, что фотография в те годы была не так популярна, как сегодня, когда качественный снимок можно получить за пару секунд с помощью любого смартфона. Боюсь, что шестиметровая пластиковая труба, наполненная водой, и десяток конденсаторов напряжением по 100 киловольт, что болтались как елочная гирлянда поперёк высоковольтного зала на тол-

стом синтетическом канате (повесить нормально не хватило места), не покажутся читателю убедительной иллюстрацией современной науки. Тем не менее всё это уродство выдержало нужное напряжение и можно было приступить к работе. Мне чуть-чуть полегчало.

Батарея конденсаторов служила и высоковольтным плечом делителя напряжения. Он был откалиброван измерительными шарами высоковольтного зала радиусом 2 м (видны на переднем плане фотографии, представленной на рис. 1). Качество осциллографических записей сомнений не вызывало, чего никак нельзя сказать об их расшифровке. Схема была настроена на разрядный промежуток длиной 3 м и формировала импульс напряжения с фронтом около 300 мкс. По имеющейся кривой нужно было ожидать, что пробой промежутка произойдет при напряжении 1300–1350 кВ.

Надо ли говорить, что в обработку пошла ещё не до конца высохшая плёнка с осциллограммами. Результат обработки я не показал никому – 900 кВ, число явно малореальное. Всё надо было начинать сначала.

Через пару дней стало ясно, что устранить дефект мне не по зубам и надо идти сдаваться Жене Браго. Надеюсь, читатель позволит мне опустить тот набор ненормативной лексики, которым были оценены мои деяния. Воспитательная разборка продолжалась и в фотолаборатории, где сушилась уже совместно снятая пленка. Обработка показала те же 900 кВ. Ошибки не было. Снижение электрической прочности воздуха при импульсном напряжении с фронтом в сотни микросекунд оказалось новым, пока ещё не изученным явлением.

Теперь экспериментальная работа в высоковольтном зале велась в две

смены. Исследовались положительные импульсы напряжения с фронтом до 1000 мкс в промежутках длиной до 3 м. Было установлено, что электрическая прочность воздуха имеет явно выраженный минимум при фронте, длительность которого медленно нарастает с длиной разрядного промежутка – результат принципиально важный в прикладном отношении. Дело в том, что на изоляцию линий электропередачи действуют так называемые коммутационные перенапряжения. Их причина связана с отключением или переключением силового оборудования. В определённых условиях импульс коммутационного перенапряжения по своим временным параметрам близок к тому, что соответствует минимуму электрической прочности воздуха.

Отчёт о работе вышел в № 3 за 1960 г. журнала “Доклады Академии наук” (ДАН) (рис. 4). В те годы, когда международная научная пресса была нам недоступна, этот журнал в какой-то степени выполнял функцию “Nature”, оперативно публикуя новые разработки отечественных специалистов. И всё же наши результаты стали известны. Тем более что следом за первой публикацией последовала новая серия исследований, где длина разрядного промежутка была увеличена до 6 м. Последовал поток экспериментальных работ в высоковольтных лабораториях многих стран, который не прекращается даже сегодня, в большинстве случаев без упоминаний о первопроходцах. В те годы это мало кого удивляло.

Промежуток длиной 6 м был пробит при среднем электрическом поле всего в 200 кВ/м. Шеф считал это серьёзным шагом в его соревновании с молнией.

Тяжёлая болезнь прервала работу И.С. Стекольниковой. А конкуренция с молнией перешла совсем в дру-

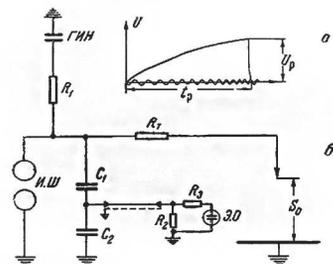


Рис. 1. Электрическая схема опытов. И. Ш. — измерительные шары. $C_1 = 850 \pm 2200$ пкф, $C_2 = 2$ мф, $R_1 = 5 \div 700$ ком, $R_2 = 400$ ом, $R_3 = 130$ ком, $R_4 = 75$ ом

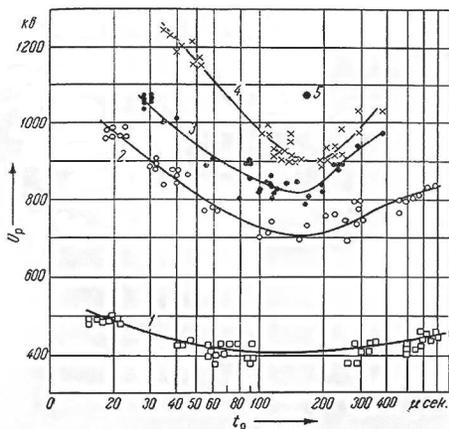


Рис. 2. Зависимость пробивного напряжения U_p промежутка стержень — плоскость на косогольной волне от времени разряда t_p . 1 — $S_0 = 100$ см, 2 — 200 см, 3 — 250 см, 4 — 300 см, 5 — 375 см

гую плоскость. Она потребовала не рекордных экспериментов, свойственных молодости, а скрупулёзного анализа накопленного экспериментального материала. Его изложение выходит за рамки этой статьи. Однако не совсем честно оставить читателя без рассказа о главном, тем более что природа не любит сложных ходов и предпочитает простейшие пути решения своих проблем.

Мне поможет качественная модель. Пусть задача заключается в прокладке траншеи от Москвы до Петербурга. Сотня экскаваторов успешно справится с этой задачей в несколько дней. Ну а если не пригонять столько техники, если дело совсем не срочное? Тогда можно обойтись и одной машиной. Она будет не спеша продвигаться по намеченной трассе. Нужно только позаботиться об уже проложенной траншее, чтобы она не засыпалась в процессе многодневной работы. И это всё. В качественном отношении картина очень похожа на длинную искру и молнию. Работа там тоже идёт в одном месте — у головки растущего плазменного канала. Только там — на коротком участке — существует сильное электри-

Рис. 4. Первая публикация экспериментов в журнале "Доклады Академии наук", № 3 за 1960 г.

ческое поле. Оно ионизует воздух и нагревает созданную плазму в только что образовавшемся проводящем канале. Нагрев нужен обязательно. В холодном воздухе электроны гибнут всего за 0.1 мкс. Не будь нагрева, рождённая плазма быстро потеряла бы проводимость. Это сродни гибели канавы за экскаватором из-за обсыпавшегося грунта. Канаву можно огородить, чтобы не обсыпалась, а поддерживать проводимость в уже имеющемся горячем канале можно слабым электрическим полем. Достаточно всего 10–15 киловольт на каждый метр длины. Чем длиннее канал, тем меньше для него значит потеря напряжения в области головки. Это и создаёт эффект снижения электрической прочности воздуха. По мере роста длины искра и молния минимизируют высокие затраты на организацию электрического поля у головки канала, как бы распределяя их по всё более удлиняющемуся каналу,

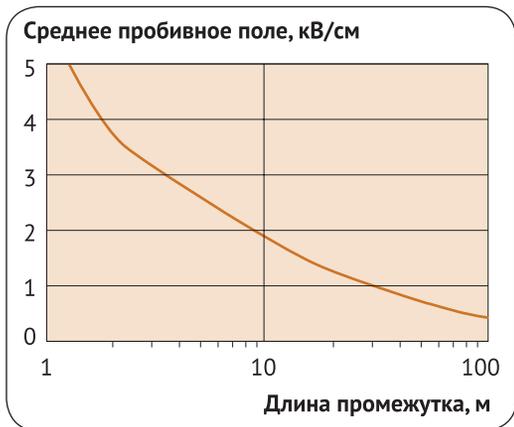


Рис. 5.
Снижение электрической прочности воздуха с длиной разрядного промежутка.

где электрическое поле слабое. Нечто подобное хорошо известно любому бизнесмену. Затратив большие деньги на вынужденную неоправданно доро-

гую сделку, он минимизирует расходы, заключив максимально большое число дешёвых сделок.

Чем длиннее разрядный промежуток, тем меньше оказывается среднее электрическое поле, необходимое для его пробоя. Чтобы убедиться в этом, нужно вынести эксперимент из высоковольтного зала на открытый воздух, где можно устроить разрядный промежуток длиной в десятки метров, и сформировать импульс напряжения с оптимальными временными параметрами.

Вот что при этом получается. Если для пробоя метрового промежутка требуется среднее электрическое поле в 5 кВ/см, то для десятиметрового достаточно уже 2 кВ/см, а для стометрового всего 0.5 кВ/см (рис. 5).

В сущности, мой шеф всё-таки не проиграл молнии. Правильнее объявить ничью.

ИЗДАТЕЛЬСТВО НАУКА 1727
naukapublishers.ru

ЭКСКЛЮЗИВНЫЙ ПЕРЕПЛЕТ

Рисунок на коже
Все виды тиснения
Кожаный переплет
Рельефное тиснение
Клише любой сложности
Полноцветная роспись обзоров

А также адресные папки, дипломы, футляры

Берёмся за работы любой сложности!
По всем интересующим вопросам пишите на почту il1sinitsyn@tnauka.ru

реклама