

УДК 551.594.22.004.2:547.912.621.642

© Д.В. Дегтярев, А.С. Печеркин, 2010

ТРЕБОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ОБЛАСТИ МОЛНИЕЗАЩИТЫ РЕЗЕРВУАРНЫХ ПАРКОВ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ



Д.В. Дегтярев,
науч. сотрудник



А.С. Печеркин,
д-р техн. наук, проф.,
председатель Совета
директоров

(ЗАО НТЦ ПБ)

The issues related to normative regulation in the field of production facilities lightning protection are reviewed in the article. The mechanism of the formation of uncompleted spark discharges is described hereby. Possible consequences of uncompleted spark discharges for oil and oil products storage tank farms are reviewed by way of example of the occurred accident.

Ключевые слова: молниезащита, незавершенный искровой разряд, нормативное регулирование.

Не секрет, что существующая нормативная база отражает решение далеко не всех вопросов обеспечения пожарной и промышленной безопасности опасных производственных объектов (ОПО), причем многие нормы не пересматривались десятки лет и морально устарели. Несовершенство действующих требований промышленной безопасности в некоторой степени компенсируется разработкой ведомственных нормативных документов, стандартов организаций, специальных технических условий при проектировании в тех случаях, когда тот или иной вопрос безопасности не находит отражения в существующих нормативных правовых актах. Но разработка, согласование и утверждение таких документов требуют значительных материальных и организационных ресурсов. Зачастую предлагаемые инновационные решения вызывают сопротивление согласующих органов и порой так и остаются нереализованными.

Возможно, ситуацию в некоторой степени сможет исправить принятие на законодательном уровне решений, предложенных Президентом Российской Федерации, позволяющих использовать при проектировании, строительстве и эксплуатации нормы и правила Европейского союза [1].

Но достаточно ли разрешить российским промышленникам пользоваться международными нормами? Наличие возможности, вообще говоря, не обязательно предполагает, что она будет правильно реализована. Компании, эксплуатирующие ОПО, при настоящем приоритетном векторе, направленном на развитие рынка, прежде всего, заинтересованы в получении прямой выгоды. И скорее всего

выбор того или иного иностранного норматива будет часто обуславливаться не заботой о безопасности, а дешевизной реализации заложенных в нем требований. Но даже в том случае, когда компания в самом деле поставит целью сделать эксплуатацию производственного объекта более безопасной, будет ли она на это способна? Ведь для того чтобы решить ту или иную проблему безопасности, прежде всего необходимо эту проблему осознать, понять, чем она вызвана. Нужен высокий уровень знаний среди работников компании, позволяющий самостоятельно решать, какие нормативы выбрать, какие требования и как необходимо выполнять. Практика показывает, что, к сожалению, знания в области промышленной безопасности совсем не так высоки, как этого, должно быть, потребует предоставляемая перспектива применения передовых международных требований.

Общие проблемы нормативного регулирования промышленной безопасности можно проиллюстрировать на примере анализа требований промышленной безопасности в области молниезащиты, который был проведен при изучении причин конкретной аварии на объекте хранения нефти (рис. 1).

Авария произошла летним вечером во время грозы, разразившейся над территорией резервуарного парка нефти. Последовательность событий такова: молниевый разряд в группу резервуаров с нефтью; вскрытие и возгорание резервуара, в который попала молния; через 20 мин вследствие интенсивной тепловой нагрузки взрыв соседнего резервуара, выброс горящей нефти; дальнейшая эскалация аварии на соседние резервуары и оборудование. В результате погибли 4 человека; из четырех резервуаров три разрушены; прямые потери превысили 100 млн. руб. Причины аварии утаивали надзорные органы, привлекая экспер-



Рис. 1. Последствия аварии:
а — взрыв резервуара; б — пожар

тов и ученых. Согласно официальному акту расследования причина возникновения аварийной ситуации — «обстоятельства непреодолимой силы малоизученного природного явления — грозовой разряд». Очень показательная формулировка: «Малоизученное природное явление». При этом в России трудятся одни из лучших в мире специалистов в области физики молний, работают профильные научные институты, издаются научные труды [2–5]. Несмотря на общую для российской науки проблему недостатка финансирования, отсутствие современной и дорогостоящей экспериментальной базы, ведутся исследования, заслуживающие высоких оценок мирового научного сообщества. Так, исследования российских ученых Э.М. Базеляна и Ю.П. Райзера по увеличению надежности молниезащиты использовались при подготовке стандартов по молниезащите Национальной Ассоциации Пожарной Безопасности (США) [6, 7].

Тем не менее, участники комиссии по расследованию, говорящие о малоизученности этого природного явления, вполне правы, ведь логично, что «изученность» должна оканчиваться формулированием и внедрением нормативных требований, препятствующих возникновению отрицательных

последствий при реализации природного явления. Но, как показал анализ, явление, послужившее причиной возникновения аварии на ОПО, не находит отражения в общероссийских нормах в области молниезащиты.

На настоящий момент единственный общероссийский документ, содержащий обязательные требования к мероприятиям и устройствам для обеспечения безопасности людей, предохранения зданий, сооружений, оборудования и материалов от взрывов, пожаров, разрушений при воздействии молнии, распространяющийся на объекты хранения нефти, — введенная в действие в октябре 1987 г. Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений (РД 34.21.122—87) [8]. Кроме того, существуют требования, установленные Инструкцией по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций (СО 153-34.21.122—2003) [9]. Но последний документ хотя и является, без сомнения, более актуальным чем инструкция [8], это — стандарт РАО «ЕС России», который носит рекомендательный характер для других организаций, эксплуатирующих парки хранения нефти. В соответствии с указанными двумя нормативами в основном и осуществляются проектирование и эксплуатация систем молниезащиты резервуарных парков, они же лежат в основе разрабатываемых ведомственных и корпоративных стандартов по молниезащите. На соответствие требованиям этих документов государственные надзорные органы оценивают правильность проектных решений и порядка эксплуатации. Указанными инструкциями руководствовалась при расследовании причин аварии комиссия, которая установила, что система молниезащиты на объекте спроектирована и эксплуатировалась в соответствии с этими документами. Эксплуатация обеспечивала проектную надежность молниезащиты, наивысшую, заложенную в нормативе, — 0,995. Более того, принятые решения по защите от прямых ударов молний были высоко оценены ведущими специалистами и учеными в этой области, которые показали, что фактически надежность не только соответствовала, но и превышала установленную и составляла 0,99999.

В таком случае получается, что причиной аварии послужила та, единственная за 100 тыс. лет молния, которая «прошла» через молниезащиту с высочайшей степенью надежности. Очень маловероятно. Но более вероятно реализация одного из возможных вторичных проявлений грозовой активности — незавершенных искровых каналов. Именно такой вывод был сделан экспертами в результате проведения экспертизы.

Поясним, что же представляют собой эти незавершенные искровые каналы.

Рассмотрим заземленный проводник высотой h , с характерным радиусом закругления вершины r ,

установленный во внешнем электрическом поле E_0 . Когда нижняя часть грозового облака заряжена отрицательно, заземленный проводник заряжается положительно, так как часть отрицательного заряда уходит в землю. Тогда у вершины проводника, благодаря наведенному электрическому заряду, возникает поле:

$$E_1 \sim E_0 \frac{h}{r} \gg E_0.$$

Поле быстро убывает (на расстоянии нескольких r), создавая разницу потенциалов между проводником и окружающим пространством:

$$\Delta U \sim E_0 h.$$

При среднем поле грозового облака в месте размещения заземленного сооружения $E_0 = 150$ В/см достаточно высоты

$$h \approx \frac{\Delta U_{r \min}}{E_0} \approx 20 \div 30 \text{ м},$$

чтобы на заостренных конструкциях ($r = 0,1$ см) возник перепад потенциалов $\Delta U_{r \min} \approx 300 \div 400$ кВ, достаточный для ионизации воздуха и начала формирования коронного разряда.

То есть кроме прямого удара молнии (от которого и защищает регламентируемая действующими требованиями промышленной безопасности система молниезащиты с такой высокой степенью надежности) в резервуар или в зону горючих газовых смесей над его крышей причиной пожара может стать образование незавершенных искровых каналов, которые возбуждаются электрическим полем грозового облака, а также электрическими зарядами канала молнии, проходящей в непосредственной близости от резервуара, например при ударе в молниеотвод. Незавершенные искровые разряды стартуют от внешних обстроек резервуара (ограждение крыши, элементы дыхательных клапанов и т.п.), когда напряженность электрического поля там превышает порог ионизации воздуха, приблизительно равный 30 кВ/см в нормальных атмосферных условиях. Канал разряда способен к поджигу горючей газовой смеси даже при длине 1–10 см. Длина формирующегося канала растет с высотой объекта. На сверхвысоких объектах такие каналы достигают облака и превращаются в так называемые восходящие молнии (рис. 2), подобные той, что регулярно фиксируется на Останкинской телебашне (молния ветвится в сторону развития).

При анализе происшедшей аварии для резервуара была построена зависимость напряженности электрического поля на поверхности полосы ограждения крыши резервуара от высоты ограждения.



Рис. 2. Вид восходящей молнии

На рис. 3 хорошо видно, что при увеличении высоты ограждения до 2,5 м кратность усиления внешнего поля увеличивается в 2,5–3 раза. При этом следует обратить внимание, на то, что установка молниеотводов опасности развития искровых разрядов не снимает.

Несмотря на сравнительно невысокую стоимость реализации мер по подавлению искровых каналов в воздухе, которые заключаются в выборе специальных ограждений крыши резервуаров и других конструктивных элементов, возвышающих

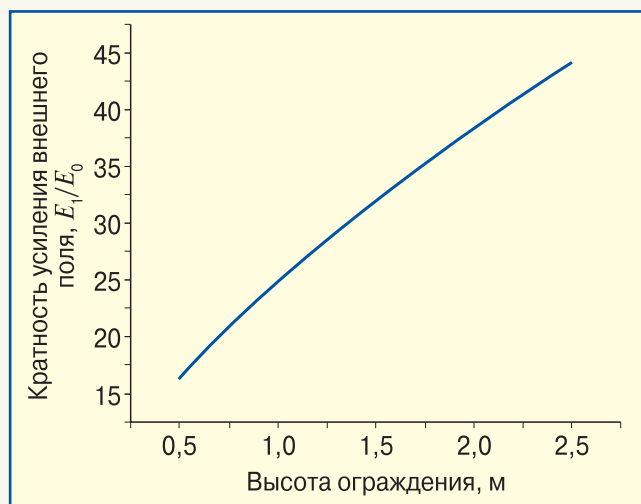


Рис. 3. Зависимость кратности усиления внешнего поля от высоты ограждения крыши

ся над крышей на 0,5 м и более, или в устройстве электростатических экранов на существующих конструкциях, в действующих национальных нормативах по молниезащите опасность возгорания за счет искровых каналов вторичного происхождения не констатируется, а средства защиты от них не регламентируются (в норматив [8] введено только требование об обязательном включении в зону защиты молниеотводов загазованного объема).

Также в большинстве ведомственных документов не предусмотрены меры по подавлению искровых каналов. Единственным исключением среди нормативных документов на территории России является принятый в 2008 г. стандарт по молниезащите ОАО «Газпром» [10], где сформулированы основные принципы защиты от таких разрядов. Несмотря на то, что организация, эксплуатировавшая объект, где произошла авария, входит в крупный промышленный холдинг, который внимательно следит за обеспечением безопасности эксплуатации своих объектов, разрабатывает и регулярно обновляет собственные нормативы по молниезащите, меры по подавлению искровых каналов в них, к сожалению, не отражались и тем самым не предельно были как обязательные при проектировании.

Важно упомянуть и другой существенный аспект молниезащиты, который также не находит отражения в нормативных документах. Причиной опасной ситуации часто становятся скользящие искровые разряды, которые могут формироваться вдоль поверхности грунта от точки ввода в землю тока молнии. В грунтах низкой проводимости, при несовершенном контуре заземления объекта, они достигают длины в десятки метров. Имея температуру не менее 6000 °С, каналы поджигают протечки жидкого топлива и тяжелые газовые смеси.

Проведенный анализ причин возникновения происшедшей аварии был адекватно воспринят руководством компании, которое осознало необходимость доработки и совершенствования своих нормативов. Но ценой за это понимание стали человеческие жизни и значительный материальный ущерб. А сколько компаний будут продолжать эксплуатиро-

вать свои объекты, не зная о возможных опасностях и не задумываясь о том, как их избежать?

Стремясь снизить административную нагрузку на бизнес, государству, видимо, еще рано оставлять организации, эксплуатирующие ОПО, один на один с проблемами обеспечения безопасности, поскольку решение таких проблем требует координированного системного подхода с привлечением специалистов из самых разных областей науки и сфер знаний, который невозможен без государственного участия.

Список литературы

1. *Федеральный закон от 30.12.2009 № 385-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О техническом регулировании».* — Российская газета. — № 255. — 2009. — 31 дек.
2. *Базелян Э.М., Райзер Ю.П.* Физика молнии и молниезащиты. — М.: Физматлит, 2001.
3. *Базелян Э.М., Райзер Ю.П.* Искровой разряд. — М.: Издательство МФТИ, 1997.
4. *Черкасов В.Н.* Защита взрывоопасных сооружений от молнии и статического электричества. — М.: Стройиздат, 1984.
5. *Rakov Vladimir A., Ulman Martin A.* Lightning: Physics and Effects. — New York: Cambridge University Press, 2006.
6. *NFPA 780: Standard for the Installation of Lightning Protection Systems.* — Quincy: National Fire Protection Association, 2008.
7. *The Scientific Basis for Traditional Lightning Protection Systems.* — San Francisco: The Committee on Atmospheric and Space Electricity of The American Geophysical Union, 2001.
8. *РД 34.21.122–87.* Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений. — Сер. 17. — Вып. 27. — М.: ОАО «НТЦ «Промышленная безопасность», 2006.
9. *СО 153-34.21.122–2003.* Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций. — Сер. 17. — Вып. 27. — М.: ОАО «НТЦ «Промышленная безопасность», 2006.
10. *СТО Газпром 2-1.11-170–2007.* Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и коммуникаций ОАО «Газпром». — М.: ООО «Информационно-рекламный центр газовой промышленности», 2008.

ntc@safety.ru

Вниманию авторов!

За публикацию научно-технических статей плата не взимается. Вознаграждение авторам не выплачивается. Один экземпляр журнала с опубликованной статьей высылается каждому автору.
Статьи рецензируются. Отрицательные рецензии доводятся до сведения авторов.
Журнал выпускается в свет и в электронной версии.

