

К ВОПРОСУ О БОРЬБЕ С ОБЛЕДЕНЕНИЕМ ПРОВОДОВ И ТРОСОВ

А. А. ВОРОБЬЕВ

Обледенение поверхности часто сопровождается нарушением нормальной службы установок, а иногда приводит и к авариям. В связи с этим в последние годы изучение этого явления, разработка способов предупреждения обледенения и борьбы с ним приобрели значительный интерес для электрохозяйства, авиации, связи и др. [1].

Практически следует рассматривать следующие три вида обледенения: 1) чистый прозрачный лед-гололед, 2) матовое льдообразование, называемое изморозью, и 3) иней—легкий снеговидный ледяной налет.

Первый вид—чистый лед, называемый также гололедом, образуется в результате замерзания сравнительно больших капель переохлажденной воды, падающей на поверхность при температуре немного ниже нуля (обычно -2° , -5°C). Эти капли, ударяясь о поверхность, замерзают не сразу и не целиком, а прежде чем превратиться в лед, как бы расплазуются вокруг точки своего попадания, поэтому образующийся лед имеет гладкую поверхность.

Второй вид—изморозь—непрозрачный, молочного цвета, шероховатый налет имеет зернистое строение. Ледяные наросты этого вида имеют меньший удельный вес, чем чистый лед (0.5 и еще меньше). Этот вид обледенения появляется в облаках или в тумане, состоящем из сильно переохлажденных мельчайших водяных капелек при температуре от -2° до -26°C , т. е. при температурах еще более низких, чем те, при которых образуется чистый лед.

Третий вид обледенения—иней—представляет собой легкое льдообразование, возникающее в том случае, если поверхность, охлажденная до температуры ниже нуля, попадает в атмосферу, наполненную пересыщенными парами; тогда эти пары оседают на поверхности в виде тонкого снеговидного налета.

При изыскании практических мер борьбы с обледенением следует рассматривать только первые два вида, так как иней во всех случаях обледенения, встречающихся на практике, не представляет особого интереса, как очень легкий и непрочный держащийся налет. Что же касается первых двух видов, то наибольшую опасность всегда представляет собой чистый прозрачный лед—„гололед“. Как скорость его нарастания, так и прочность сцепления с обледеневшей поверхностью больше, чем в случае образования изморози. Меры борьбы с гололедом должны быть эффективными также и для борьбы с изморозью.

Методы, применяемые для борьбы с гололедом на проводах и тросах, можно разделить на две группы:

- а) методы предупреждения обледенения (превентивные методы),
- б) методы снятия корки льда, пока она еще не достигла опасной толщины.

Образование льда можно предупредить, поддерживая температуру поверхности, находящейся в контакте с водяным туманом, выше нуля, а так-

же путем покрытия ее слоем так называемых антифризов, т. е. жидкостей, смешивающихся с падающей на поверхность водой и понижающих температуру ее замерзания.

Значительный интерес представляет, например, разработка методов борьбы с обледенением вертикально висящих тросов.

Повышение температуры поверхности длинного троса относительно температуры окружающей среды может быть осуществлено путем электронагрева. Однако, этот способ предупреждения обледенения обладает существенными недостатками. Прежде всего здесь имеется необходимость обратного провода, что сопряжено с затратами проводникового материала и определенными конструктивными трудностями. Но кроме этого существует непостоянство расхода энергии, сильно зависящее от скорости ветра. Таким образом, значительный расход энергии на обогрев троса и быстрый рост ее затрат при увеличении скорости ветра, а также необходимость наличия питающей установки представляют существенные трудности для применения электронагрева как меры, предупреждающей обледенение троса.

Нами были предложены и совместно с сотрудниками изучены следующие три способа борьбы с гололедом:

- а) разрушение и удаление гололеда с помощью механических колебаний;
- в) физико-химический способ перевода льда в механически непрочное состояние, когда корка льда может отвалиться под собственной тяжестью. Это достигается путем покрытия поверхности проводов соответствующей смазкой;

- с) предупреждение обледенения проводов при их коронировании.

Лабораторные исследования показали эффективность этих методов [2].

Ледяной покров с проводов можно убирать, возбуждая в них механические колебания. При колебаниях в пучностях будет иметь место значительная концентрация энергии, которая может привести к разрушению ледяного покрова. Кусочки льда, потерявшие сцепление с поверхностью, будут отбрасываться от нее при колебаниях. Изменение распределения масс вдоль колеблющегося тела вызовет смещение узлов и пучности, что приведет к разрушению льда в новых точках и т. д. [3].

Экспериментальное исследование, проведенное автором совместно с Н. Б. Богдановой, дало определенные положительные результаты. Опыты проводились на проволоках диаметром 0.3—2.5 мм, длиной 1—23 м, покрываемых маслоканифольным компаундом различной вязкости. Проволока закреплялась в вертикальном положении и натягивалась грузом. Поперечные колебания малой длины волны, возбуждаемые в проводе смычком, электромагнитом, резкими ударами, тяжелым телом и др., приводят к разрушению слоя покрытия и отскакиванию его кусками по всей поверхности провода.

Крутильные колебания, возникающие при раскручивании проволоки, закрученной на некоторый угол, сопровождались разрушением слоя компаунда и его отскакиванием. Закручивание проволоки производилось при помещении ее между двумя плоскостями, которые стягивались с помощью винтов. При закручивании на некоторый угол проволока соскальзывала в плоскостях, что сопровождалось ударом ее о поверхности зажима и возникновением сильных колебаний. С помощью зеркала Федерсена колебания наблюдались на экране. При этом замечено, что на основные колебания накладывались колебания высшего порядка, вызываемые ударом при проскальзывании проволоки в плоскостях зажима.

Опыты, со стальными тросами различных сечений показали, что при возбуждении в них поперечных колебаний слой компаунда разрушается и отскакивает. В этих опытах наблюдалось разрушение покрытия только на небольшой длине троса вблизи вибратора. Крутильные колебания тросов,

естественно, вызвать не удалось. Подведение энергии, необходимой для разрушения слоя покрытия в данном сечении провода путем возбуждения в нем поперечных и крутильных колебаний, ограничивается затуханием колебаний и упругостью среды.

Образование гололеда на поверхности стальных тросов отличается от других случаев гололеда тем, что благодаря строению самого троса, свитого из отдельных стальных проволок, вода прежде чем замерзнуть может промочить трос насквозь и, таким образом, лед, покрывший трос, не только будет держаться за его неровную поверхность, но и пронизывать его весь. Это конечно увеличивает прочность ледяного покрова, затрудняет борьбу с обледенением механическими способами. вроде околачивания, соскабливания и т. п.

Совместно с доц. Саратовкиным мы нашли и изучили некоторые способы борьбы с обледенением путем покрытия поверхностей тела соответствующими составами.

Если на провод, подверженный угрозе обледенения, подать напряжение выше критического, то капли дождя, частицы тумана, кристаллики льда, зарядившись в чехле короны, оттолкнутся от поверхности коронирующего провода и при некоторых условиях совсем не смогут осесть на ней. Известно, например, что в электрофильтрах взвешенные частицы заряжаются, приобретают заряд того же знака, что и знак коронирующего провода и, направляясь к противоположному электроду, оседают на нем. Только небольшое число наиболее массивных частиц осаждаются на самом коронирующем проводе.

Если эффект заряжения капель воды зарядом одноименным с зарядом провода имеет место, то по мере повышения напряжения над критическим напряжением короны на проводе влага будет оседать все в меньших количествах. При некотором напряжении провод, находясь во влажной атмосфере, должен оказаться сухим. Исследования, проведенные нами совместно с Н. Б. Богдановой [4], подтвердили эти предположения. Опыты в условиях низких температур, когда могло наблюдаться обледенение, показали, что увеличение напряжения выше критического сопровождается уменьшением толщины образующейся корки льда. При некотором напряжении выше критического образование льда совсем не наблюдается.

Изучение вопроса об обледенении поверхностей привело нас к заключению, что пока невозможно предложить эффективного и практически приемлемого универсального способа борьбы с этим явлением. В каждом отдельном случае, из ряда возможных способов борьбы с обледенением, приходится выбирать наиболее целесообразный.

Предложенные нами и рассмотренные в этой статье способы предупреждения обледенения металлических поверхностей и борьбы с гололедом могут найти свое практическое применение в некоторых конкретных случаях.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Н. В. Лебедев. Борьба с обледенением самолетов. Гос. изд., М.—Л., 1939.
2. Отчет по работе „Обледенение проводов и тросов и борьба с ним“. Транспортно-Энергетический институт Западно-Сибирского филиала АН СССР. Н. Б. Богданова, Бродянский, проф. А. А. Воробьев, доц. Завадовская Е. К., доц. Д. Д. Саратовкин. г. Томск, 1944.
3. А. А. Воробьев, Н. Б. Богданова. Авторская заявка № 417 и 613, БРИЗ, НКЭС.
4. А. А. Воробьев и Н. Б. Богданова, ЖТФ, т. XV, вып. 8, стр. 574—576, 1945.
4. Н. Б. Богданова. Исследование осаждения влаги на коронирующих проводах. Диссертация на уч. степень канд. технических наук. Томск, Политехнический институт, Транспортно-Энергетический ин-т Западно-Сибирского филиала АН СССР, 1946.