

ческих условий при езде в летние и зимние периоды.

Поток воздуха после прохождения и отдачи энергии ветрогенератору автомобиля должен иметь возможность выхода через технологические щели (боковые или под днищем) за пределы автомобиля, при этом частично он может направляться и на охлаждение силового электромотора автомобиля.

На рис. представлен упрощенный пример реализации данного предложения для легковых электромобилей. При движении электро-

мобиля поток воздуха, проникая через переднюю решетку со скоростью, эквивалентной изменениям скорости автомобиля, омывает лопасти ветрогенераторов, приводя их во вращение. Генерируемая ветрогенераторами ЭДС после выпрямления и преобразования в электронном блоке до уровня 12 или 24 В поступает на стандартный аккумулятор.

Следует заметить, что если на оси ветрогенераторов установить маховики с массой, достаточной для сглаживания пульсаций от колебаний скорости воздушного по-

тока в процессе движения электро-мобиля до уровня эквивалентной осредненной скорости автомобиля, то показатели КПД могут быть значительно улучшены. При этом маховик за счет своих габаритно-массовых характеристик, отнимая часть энергии потока при ускорении автомобиля и отдавая ее при торможении, делает вращение лопастей ветрогенератора более плавным, что способствует улучшению его долговечности и работоспособности.

Леонид ПОТАБАЧНЫЙ,  
Нижняя Салда

## Электрод для генератора ионного ветра

**Имея некоторые инновационные наработки при изготовлении нескольких моделей электростатических аэроионизаторов, включая малогабаритный (ИР, 1–2, 2021, с. 66–67), автор применил результаты экспериментальных исследований для создания улучшенного электрода генератора ионного (электрического) ветра. Такие электроды позволят увеличить скорость воздушного потока многоступенчатого генератора ионного ветра при меньшей его длине.**

Генераторы ионного ветра, в отличие от вентиляторов, обходятся без движущихся частей, трения и шума, могут быть небольших размеров и массы, что представляет определенную перспективу их использования для охлаждения электронных компонентов и изделий, в электрических фильтрах, генераторах дыма для электростатического копчения. Генератор может работать на постоянном и переменном токе 50 Гц, при последнем воздушный поток снижается до 70%. Известны схемы питания постоянным током с наложением импульсного тока более высокой амплитуды с частотой до 30 кГц. При большей частоте падает КПД. Направление воздушного потока не зависит от полярности электродов. Он во всех случаях идет от тонкого электрода к широкому. Скорость потока пропорциональна приложенному напряжению, его величина рекомендуется в диапазоне 6–20 кВ.

Скорость воздушного потока, создаваемого многоступенчатым генератором, минимум 1,5 м/с, что далеко от возможностей вентиляторов, но многоступенчатые

схемы позволяют преодолеть этот недостаток. Ограничение связано с длиной конструкции. При большой длине возникают потери на трение воздуха о стенки корпуса и электроды. Рекомендуемое количество ступеней обычно не превышает 12. Дальнейшее повышение количества ступеней малоэффективно.

Чаще всего тонкий электрод для большей эффективности изготавливается из вольфрамовой проволоки диаметром не более 0,1 мм, а в качестве широкого электрода применяют трубку из нержавеющей стали диаметром 3 мм. На рис. 1 показан единственный электростатический ускоритель ионного ветра (рис. 9.2 из электронного издания <http://tersus-i.ru/file/biblio/Ionnyj-veter-i-ego-primenenija.pdf>). Расстояние между тонкими электродами, а также между ними и широкими электродами обычно одинаковое, зависит от величины напряжения питания. Если расстояние между электродами 17 мм, то следующая ступень должна быть на расстоянии 34 мм от предыдущей. При меньшем расстоянии ионный ветер от тонкого электрода пойдет в обратном направлении, к широкому электроду предыдущей ступени.

Силовая линия электрического поля у самой поверхности проводника перпендикулярна к ней. Линии напряженности электрического поля вокруг тонкого проволочного электрода расходятся перпендикулярно его оси равномерно во все стороны. Распределение электрического поля для электрода в виде полукольца показано на рис. 2. Такая форма сама по себе уже создает направление силовых линий с увеличенным потенциалом в нижней части.

### Экспериментальная часть

Из пивной алюминиевой банки (толщина стенки — 0,11 мм) было изготовлено полукольцо радиусом 10 мм, длиной 45 мм, блестящая сторона без покрытия на во-

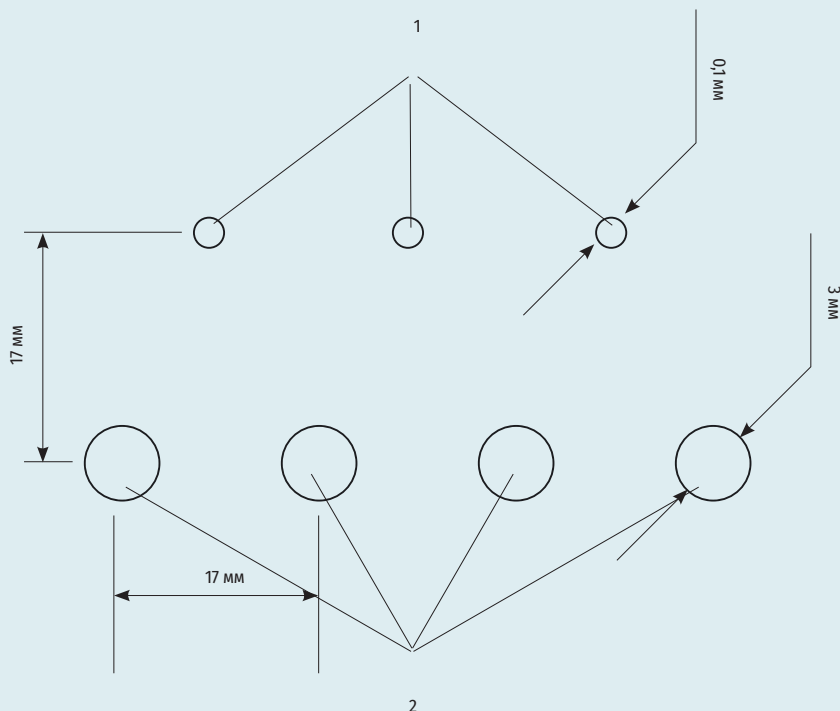


Рис. 1. Типичное размещение электродов:  
1 — коронирующий электрод; 2 — осадительный электрод

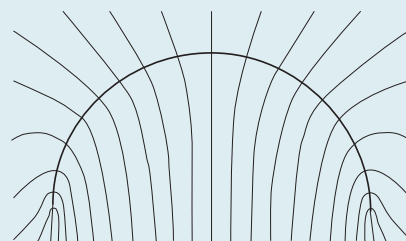


Рис. 2. Силовые линии электрического поля вокруг электрода

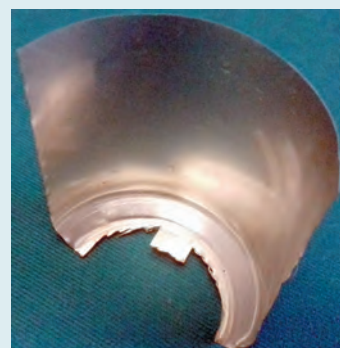


Рис. 3. Макет увеличенного С-образного электрода

гнутой части. При подключении его в качестве широкого электрода к клемме «-» высоковольтного выпрямителя 30 кВ на расстоянии 50 мм от вогнутой части, ребром ладони ощущался ионный ветер. Его величину нельзя было отличить от ветра напротив ребер тонких стенок полукольца.

Если поднести острый неизолированный металлический предмет к внутренней части полукольца, удерживая его рукой, то проскакивает искра при перемещении вдоль всей внутренней поверхности или ребер. Длина пробоя воздушного зазора к внутренней поверхности немного меньше, чем к ребрам. От тонких ребер такого электрода воздушный поток расходится в стороны примерно на  $45^\circ$ . Нельзя точно сказать, а можно только предположить, что ионный ветер идет и от внутренней части полукольца. Для проверки были изготовлены три макета увеличенного электрода (высотой 75 мм) из нижних частей пивных алюминиевых банок. Макет электрода показан на рис. 3.

После подключения макета к выводу «-» или выводу «+» высоковольтного выпрямителя ладонью руки ощущался холодок ионного ветра от вогнутой поверхности такого электрода. Макет устанавливался на двухлитровую стеклянную банку со стеклянной крышкой. Независимо от полярности подаваемого напряжения стеклянная банка электризовалась. Затем были установлены друг за другом два макета на расстоянии 17 мм от вертикальных ребер первого до выпуклой поверхности следующего. При подключении первого макета к выводу «-» высоковольтного выпрямителя, а второго

макета — к выводу «+» (или наоборот) ладонью ощущался более сильный ионный ветер. В этом случае стеклянная банка почти не электризовалась. На последнем этапе были последовательно установлены три макета, из которых первый и третий подключались к выводу «-», а второй — к выводу «+» высоковольтного выпрямителя.

Эксперимент показал, что может существовать непарное количество последовательно размещенных одинаковых электродов с одинаковым расстоянием между ними. Такая компоновка и электрод, объединяющий функции тонкого и широкого электродов, ранее нигде не встречались. Обычно электроды С- или U-образного сечения применяются в качестве широкого электрода. Электрод можно сделать из металла толщиной более 0,5 мм. В этом случае получится четыре ребра — по два на каждом конце С-образного электрода. Главное, чтобы края электродов имели прямые углы без закруглений или были заточены до образования лезвия.

В пат. US 20040033716 A1 перед тонкими электродами есть С-образные активные дополнительные электроды с рядами отверстий на их поверхности. Они могут быть установлены выпуклой или вогнутой частью по направлению к тонкому электроду. Для экспериментальной проверки такого решения в одном из макетов, в средней части, было выполнено одно отверстие диаметром 34 мм. Проверка пламенем свечи показала, что ионный ветер через отверстие идет в направлении, противоположном ребрам макета. Была выполнена про-



Рис. 4. Макет увеличенного круглого электрода

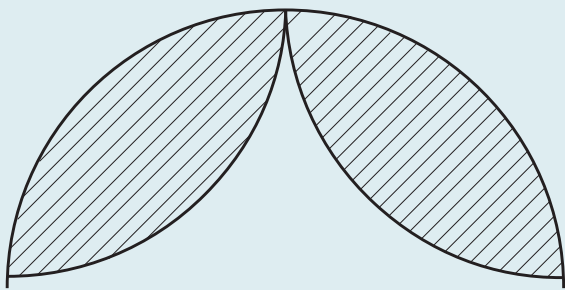


Рис. 5. Улучшенный электрод в разрезе



Рис. 6. Пластиковая труба с алюминиевым слоем

верка влияния формы электрода и отверстия. На рис. 4 показан круглый электрод из верхней части пивной банки, отверстие некруглое. При расположении такого электрода в вертикальной плоскости ионный ветер имел такое же направление, как и в предыдущем случае. Минимальный внутренний диаметр сечения электродов может быть 3–6 мм.

Проверялась возможность использования магнита для концентрации электрического поля на острие, как в пат. JP 2009081015 А. Использовался кольцевой магнит наружным диаметром 44,5 мм, внутренним — 21,5 мм и высотой 8 мм. Эффект наблюдался в эксперименте только в случае расположения плоскости магнита вокруг острия стального игольчатого электрода (диаметр — 2,2 мм, длина — 68 мм, с длиной конусной

заточки 6 мм). Игольчатый электрод и магнит удерживались руками напротив другого острия длиной 20 мм, подключенного к выводу «–» высоковольтного выпрямителя. На острие, согласно патенту, должна формироваться область с высокой плотностью электронов в непосредственной близости от острия. Эффективность ионизации на кончике игольчатого электрода должна увеличиваться, а напряжение разряда может быть уменьшено.

В эксперименте, независимо от ориентации полюсов магнита (с поворотом на 180°) относительно острия, пробой воздушного промежутка уменьшился примерно на 20% при одинаковом напряжении, что не согласуется с описанием в патенте. В пат. US 20040033716 А1 можно ознакомиться с большим количеством вариантов размещения электродов, включая дополнительные активные и направляющие электроды для усиления ионного ветра. Вариант автора там отсутствует, что подтверждает оригинальность решения.

### Улучшенный электрод

При изготовлении излучателя аэроионов из двух состыкованных доньшками мисок из нержавеющей стали с лепестковыми излучателями был обнаружен эффект ионного ветра от стыка поверхностей мисок. Раньше считалось, что для получения аэроионов необходимы только острые иглы. Отход от этого предубеждения позволил получить улучшенный электрод для излучателя аэроионов или ионного ветра, показанный в сечении на рис. 5. Верхняя закругленная часть не создает заметного сопротивления движению воздуха. Внутренняя часть чем-то напоминает кумулятивную воронку снаряда. Внутренняя площадь С-образного электрода, рассмотренного выше, и воронки улучшенного электрода примерно одинакова, но эффективность отличается. Силовые линии электрического поля в верхней части воронки идут почти навстречу друг другу, увеличивая потенциал поля вдоль оси симметрии электрода. Кроме эффективной работы нижних острых кромок, добавляется мощная осевая составляющая.

### Для люстры Чижевского

С-образные электроды для излучателя аэроионов можно изготовить из гибких пластиковых труб для отопления и горячего водоснабжения с армирующим алюминиевым слоем, наружным диаметром 16×2 мм, предназначенных для соединения резьбовыми фитингами или обжимками, а также из полипропиленовых труб наружным диаметром 20 и 25 мм. Последние имеют толщину алюминиевого армирующего слоя 0,25 мм. Образец отрезка трубы 16×2, показанный на рис. 6, прошел испытания на предмет генерации ионного ветра. При разрезании труб вдоль на две части получают электроды для применения в люстрах Чижевского. Из гибких труб можно изготовить цилиндрические излучатели аэроионов для больших помещений, а из полипропиленовых — квадратные, прямоугольные или восьмигранные с соединением угловыми фитингами. Возможно создание четырехгранных или восьмигранных пирамид.

Владимир МЕЛЬНИК,  
Украина