

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2023, Том 15, № 6 / 2023, Vol. 15, Iss. 6 <https://esj.today/issue-6-2023.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/90SAVN623.pdf>

2.1.3. Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение (технические науки)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Басуматорова, Е. А. Применение электрического ветра в технологических процессах агропромышленного комплекса / Е. А. Басуматорова, Л. Н. Андреев, А. К. Пейль // Вестник евразийской науки. — 2023. — Т. 15. — № 6. — URL: <https://esj.today/PDF/90SAVN623.pdf>

For citation:

Basumatorova E.A., Andreev L.N., Peil A.K. The use of electric wind in agricultural processes. *The Eurasian Scientific Journal*. 2023; 15(6): 90SAVN623. Available at: <https://esj.today/PDF/90SAVN623.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.)

УДК 631.3

Басуматорова Екатерина Анатольевна

ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья», Тюмень, Россия

Преподаватель

E-mail: basumatorovaea.21@mti.gausz.ru

РИНЦ: https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=1000160

Андреев Леонид Николаевич

ГАПОУ ТО «Тюменский колледж производственных и социальных технологий», Тюмень, Россия

Доцент

Кандидат технических наук, доцент

E-mail: andreev@tmn-tlt.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0601-1264>

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=703920

Пейль Александр Константинович

ООО «Рубеж безопасности», Тюмень, Россия

Генеральный директор

E-mail: pejl.ak@asp.gausz.ru

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1156647

Применение электрического ветра в технологических процессах агропромышленного комплекса

Аннотация. В статье рассматривается применение электрического ветра в технологических процессах агропромышленного комплекса. Коронный разряд в газоздушной смеси сопровождается ионизацией молекул агента. В свою очередь ионизированные частицы в электрическом поле совершают упорядоченное движение под действием кулоновской силы в сторону электрода противоположного знака, передавая кинетическую энергию нейтральным частицам при соударениях, тем самым приводя в движение воздушную среду в области поля. Данный эффект известен так же под названием «электрический ветер». Явление электрического ветра нашло своё применение и в мокром электрофильтре. Как известно очистка воздуха в электрофильтре происходит за счёт осаждения заряженных частиц пыли на осадительные электроды. Однако, процесс осаждения происходит лишь в тонком слое вблизи осадительных электродов, в который попадают не все частицы пыли из объёма очищаемого воздуха. В свою очередь электрический ветер, перемещая воздух от коронирующих электродов к осадительным, способствует интенсификации процесса

осаждения за счёт замены очищенного воздуха в слое на неочищенный из межэлектродного промежутка. Характерной особенностью мокрого электрофильтра является очистка воздуха от вредной газовой составляющей. Авторы статьи считают, что данный процесс происходит за счёт абсорбции молекул вредного газа жидкостью, смачивающей осадительные электроды. Эта жидкость тонким слоем покрывает осадительные электроды, вследствие чего от вредной составляющей очищается лишь объём воздуха, непосредственно соприкасающийся с абсорбентом. С помощью электрического ветра происходит замена очищенного воздуха загрязнённым, что способствует интенсификации процесса очистки воздуха от вредных газовых составляющих.

Ключевые слова: электрический ветер; процесс; ионы; воздух; энергия; плотность; коронный разряд; система; тепломассообмен

Введение

Аграрный сектор является одним из ключевых элементов экономики любой страны, обеспечивая население продуктами питания и сырьем для промышленности. Однако, для успешного функционирования агропромышленного комплекса (АПК) необходимо использовать современные технологии, которые позволяют оптимизировать производственные процессы и снижать их воздействие на окружающую среду. В этом контексте все большую актуальность приобретает использование электрического ветра в качестве источника энергии для различных технологических процессов в аграрном секторе.

Электрический ветер представляет собой экологически чистый и возобновляемый источник энергии, получаемый от движения воздушных масс. Он может использоваться для очистки и дезинфекции сельскохозяйственных помещений, охлаждения оборудования, а также для генерации электроэнергии с помощью ветрогенераторов. В данной статье будут рассмотрены основные аспекты применения электрического ветра в аграрном секторе и его преимущества перед традиционными источниками энергии.

Поскольку скорость движения ионов в воздухе много меньше соответствующей скорости ионов в вакууме, практически вся энергия, полученная ионами, передается в результате соударений молекулам воздуха.

В данной статье авторами проведен обзор научных публикаций некоторых авторов. Обзор публикаций на тему статьи «Применение электрического ветра в технологических процессах АПК» является важным источником информации для специалистов в области сельского хозяйства и энергетики. В этом обзоре рассматриваются различные аспекты использования электрического ветра в сельскохозяйственном производстве, такие как очистка и дезинфекция помещений, охлаждение оборудования и генерация электроэнергии. Авторы статьи анализируют преимущества и недостатки различных технологий, а также дают рекомендации по их оптимальному использованию. Таким образом, обзор публикаций на эту тему помогает специалистам АПК выбрать наиболее эффективные и экологически чистые методы использования электрического ветра в своей деятельности.

Первая статья, которую мы рассмотрим, Козлова Б.А., затрагивает тему изучения характеристик электрического ветра в системах с использованием коронирующих острий. В статье представлены результаты экспериментальных исследований, проведенных на различных электродных системах, и анализируются факторы, влияющие на интенсивность и направление электрического ветра. Авторы приходят к выводу, что использование коронирующих острий позволяет увеличить эффективность системы и снизить потери энергии [1].

Материалы и методы

В общем случае сила, создающая электрический ветер может быть определена через объемный заряд ρ и напряженность E по формуле [1]:

$$F_u = \rho E . \quad (1)$$

В этом случае скорость электрического ветра по оси системы «проволочный электрод — плоскость» можно определить по формуле [1]:

$$u_{0x} = \sqrt{\frac{I}{(k\gamma_B A)}} , \quad (2)$$

где I — линейный ток поля коронного разряда на проволочном электроде, А/м; k — подвижность ионов, А/с²; γ_B — плотность воздуха, кг/м³; A — постоянный коэффициент характеризующий геометрические характеристики коронирующей системы.

Наиболее простой вид распределения электрического ветра показан на рисунке 1.

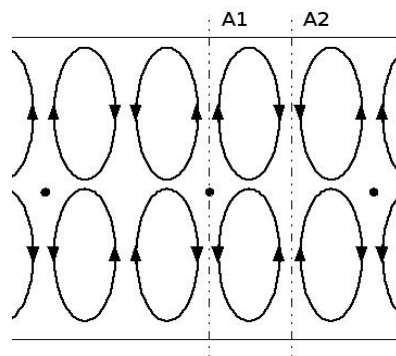


Рисунок 1. Распределение потоков электрического ветра в системе электродов «ряд проводов между плоскостями» (разработано авторами)

Электрический ветер в системе коронирующих электродов, показанных на рисунке 1, представляет собой совокупность вихрей, омывающих электроды. Это обусловлено тем, что, получив заряд определенного знака, заряженные частицы начинают движение в сторону электродов противоположного знака, вовлекая в движение нейтральные частицы. Таким образом у плоскостей образуется зона повышенного давления, вытесняющего воздух. Поскольку сила электрического поля обратно пропорциональна квадрату расстояния, то в сечении A1 давление, будет выше, чем в сечении A2 на одной и той же высоте относительно плоского электрода, благодаря чему в сечениях A1 и A2 образуются воздушные потоки разных направлений.

Результаты исследований

На практике чаще всего электрический ветер создается уже в некотором потоке воздуха. Применительно к рассматриваемому варианту, в зависимости от направления воздушного потока, возможно три случая:

- параллельно коронирующим и плоским электродам;
- перпендикулярно коронирующим электродам и параллельно плоским электродам;
- перпендикулярно коронирующему и плоским электродам.

Следует отметить, что при появлении воздушного потока снижается величина объемного заряда в газовой смеси, благодаря тому, что часть заряженных частиц уносится из зоны действия поля коронного разряда. Это заметно по снижению тока короны и повышению пробивной напряженности [2].

Таким образом, первый случай для представленного вида (рис. 1) вызовет уменьшение значения скорости электрического ветра на некоторую величину.

Во втором случае влияние электрического ветра будет более существенным. В сечении A1 на струи потока будет воздействовать отклоняющее к плоским электродам усилие, в то время как в сечении A2 — обратное по величине. В целом это приведет к колебательному движению, амплитуда которого будет зависеть от соотношения скорости основного потока и скорости электрического ветра. Очевидно, это приведет к увеличению турбулентности в поле действия коронного разряда.

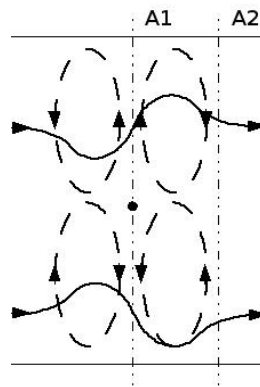


Рисунок 2. Влияние потоков электрического ветра в системе электродов «ряд проводов между плоскостями» на воздушный поток, перпендикулярный коронирующим и параллельный плоским электродам (разработано авторами)

В случае перпендикулярности воздушного потока к проволочным и плоским электродам, картина распределения скорости будет зависеть от соотношения скорости электрического ветра и основного потока. При скорости электрического ветра большей скорости основного потока, в сечении A1 повышается давление и возникает обратный поток. Основной поток может преодолевать зону действия поля коронного разряда только через сечение A2. Пример такого распределения показан на рисунке 3.

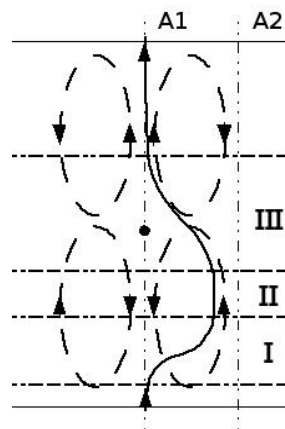


Рисунок 3. Влияние потоков электрического ветра в системе электродов «ряд проводов между плоскостями» на воздушный поток, перпендикулярный коронирующим и плоским электродам (разработано авторами)

При скорости электрического ветра меньше скорости основного потока, в сечении A1 будет наблюдаться торможение ветра, а в сечении A2 — ускорение, в нижней половине системы коронирующих электродов, и обратная картина в верхней половине.

На I участке воздушный поток, пересекающий зону коронного разряда через сечение A1 испытывает противодействие от электрического ветра. Струя отклоняется в сторону сечения A2, где электрический ветер совпадает по направлению с основным потоком. На II участке наблюдается некоторое равновесное состояние, а на III — вновь противодействие электрического ветра, смещающего основной поток уже в сечение A1.

В зависимости от значения скорости электрического ветра аэродинамическое сопротивление системы меняется значение аэродинамического сопротивления системы и степень турбулизации воздушного потока.

По сравнению с механическими способами получения воздушных потоков, получение потоков с помощью электрического ветра отличается [3]:

- отсутствием загрязняющих факторов;
- более высокой долговечностью;
- повышенной надежностью;
- наименьшими массогабаритными показателями.

Помимо образования потока газозвушной смеси эффект электронного ветра используется так же и для внесения необходимых изменений в уже существующий поток. Одними из наиболее известных способов такого применения являются: дымовые электрофильтры [4], обеззараживание и очистка воздуха в животноводстве и птицеводстве [5], очистка воздуха в сельскохозяйственных помещениях [6; 7] и т. д. При этом, воздушная смесь проходит через систему коронирующих электродов, где происходит зарядка частиц, которые затем начинают движение в сторону электродов другого знака.

При появлении направленного движения неколлинеарного направлению движения основного потока увеличивается турбулентность и повышается аэродинамическое сопротивление системы. Если коронирующая система будет организована таким образом, что один из электродов является границей сред, то благодаря влиянию ЭАВ достигается лучшее смешивание слоев потока воздуха, увеличение количества слоев воздуха, участвующих в тепломассообмене, что в целом приводит к лучшему прогреву или охлаждению смеси, а значит и к повышению эффективности установок [8].

Влияние поля коронного разряда на процессы тепломассообмена отмечалось и ранее. Было отмечено, что воздействие электрического поля способно повысить коэффициент теплоотдачи в 10–20 раз в процессах фазового перехода «пар-жидкость» и «жидкость-пар»¹. Объяснение этому явлению было найдено в смещении поверхности раздела фаз под действием внешнего поля [9].

Пример такого смещения показан на рисунке 4.

В первой зоне пунктирной линией показана верхняя граница слоя влажного воздуха над жидкостью или материалом. Она находится немного ниже границы сред, что означает испарение. Во второй зоне под действием сил поля коронного разряда граница смещается вниз, тем самым интенсифицируя процесс испарения. Описанный эффект был отмечен в процессах сушки хладона-113 [9].

¹ Основы электрогазодинамики дисперсных систем / И.П. Верещагин, В.И. Левитов, Г.З. Мирзабекян, М.М. Пашин. — М.: Энергия, 1974. — 480 с.

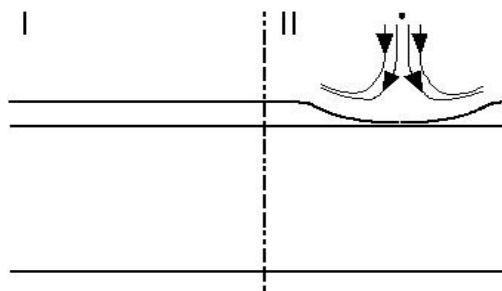


Рисунок 4. Уменьшение толщины слоя влажного воздуха над поверхностью под действием электрического ветра в системе «проволочный электрод — плоскость» (разработано авторами)

При испарении влаги в слоях над уровнем жидкости или сушимого материала образуется область повышенной влажности. Чем более спокойной является среда, тем выше относительно уровня раздела сред находится область повышенной влажности. При появлении потока воздуха, затрагивающего или сносящего влажный воздух от зоны испарения и привносящего сухой воздух в зону испарения, очевидно будет происходить улучшение условий испарения.²

Испарение влаги — это важный элемент ряда технологических процессов. В первую очередь сюда можно отнести все процессы снижения влажности материалов или сушки продукции для закладки на хранение. Примечательно, что сушка продукции как правило происходит с подогревом воздуха, обдувающего продукт, или самого продукта. Поле коронного разряда чувствительно к температуре воздуха и в процессах сушки, когда происходит устойчивое повышение температуры, приводит к стабилизации и увеличению значения тока коронного разряда в любой системе коронирующих электродов [10], что в свою очередь приводит к увеличению скорости электрического ветра. Таким образом, электрический ветер в процессах оказывается тем эффективнее, чем выше температура воздуха. Ограничивающим фактором будет возникновение естественной тяги, возносящей горячие и привносящей холодные, имеющий нейтральный заряд массы воздуха.

Для передачи теплоты от первичного теплоносителя к вторичному используются теплообменные аппараты различных конструкций. Важное значение приобретает усовершенствование конструкций существующих теплообменных аппаратов, с целью повышения их эффективности [11].

Для сельского хозяйства были разработаны различные теплообменные аппараты, одними из которых являются рекуперативные пластинчатые теплообменники (например, типа ТСН-10), в которых теплота передаётся от первичного теплоносителя к вторичному через разделяющую их стенку. Таким образом, при заданных температурах теплоносителей и конструктивных параметрах теплообменника интенсифицировать процесс теплообмена возможно путём увеличения коэффициента теплопроводности.

Интенсификация процессов теплопередачи приводит к уменьшению потребной площади поверхности теплообмена, габаритных размеров аппарата, их металлоёмкости и стоимости. Соответственно можно сократить затраты на капитальное строительство, на эксплуатацию и ремонт аппаратов, то есть снизить приведённые затраты на процесс теплообмена.

² Коваленко Л.М., Глушков А.Ф. Теплообменники с интенсификацией теплоотдачи. М.: Энергоатомиздат, 1986. — 240 с.

Заключение

Одним из перспективных, по нашему мнению, способов повышения интенсивности теплообмена является воздействие на поток теплоносителя полем коронного разряда. Наложение поля коронного разряда на поток теплоносителя приведёт к повышению турбулизации последнего за счёт образования в канале теплообменника потоков электрического ветра. Нами был проведен эксперимент по исследованию данного явления, в результате которого были получены данные, анализ которых показал, что использование коронного разряда в теплообменниках пластинчатого типа позволяет интенсифицировать процесс теплообмена, что отражено в повышении эффективности теплообменника, достигающем 24 %.

Явление электрического ветра нашло своё применение и в мокром электрофилт্রে. Как известно очистка воздуха в электрофилт্রে происходит за счёт осаждения заряженных частиц пыли на осадительные электроды. Однако, процесс осаждения происходит лишь в тонком слое вблизи осадительных электродов, в который попадают не все частицы пыли из объёма очищаемого воздуха. В свою очередь электрический ветер, перемещая воздух от коронирующих электродов к осадительным, способствует интенсификации процесса осаждения за счёт замены очищенного воздуха в слое на неочищенный из межэлектродного промежутка.

Характерной особенностью мокрого электрофилттра является очистка воздуха от вредной газовой составляющей. Данный процесс происходит за счёт абсорбции молекул вредного газа жидкостью, смачивающей осадительные электроды. Эта жидкость тонким слоем покрывает осадительные электроды, вследствие чего от вредной составляющей очищается лишь объём воздуха, непосредственно соприкасающийся с абсорбентом. С помощью электрического ветра происходит замена очищенного воздуха загрязнённым, что способствует интенсификации процесса очистки воздуха от вредных газовых составляющих.

ЛИТЕРАТУРА

1. Козлов Б.А. Исследование электрического ветра в электродных системах с коронирующими острями / Б.А. Козлов, В.И. Соловьев // Журнал технической физики. — 2007. — № 7(77). — С. 70–76.
2. Бутенко Н.А. Влияние коронного разряда на теплообмен при вынужденной конвекции / Н.А. Бутенко, А.А. Мосяк, В.А. Рэймену, Г.Ф. Силоч, В.Д. Шкилев // Электронная обработка материалов. — 1989. — № 4(148). — С. 46–48.
3. Андреев Л.Н. Эффективность применения систем частичной рециркуляции воздуха в свиноводческих помещениях / Л.Н. Андреев, В.В. Юркин, Е.А. Басуматорова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. — 2020. — № 5(85). — С. 140–144.
4. Возмилов А.Г. Обоснование применения электрофизического метода для мониторинга численности и фазы развития насекомых-вредителей овощных культур / А.Г. Возмилов, Д.О. Суринский, П.М. Михайлов, Ю.Н. Варфоломеев // Вестник КрасГАУ. — 2013. — № 1. — С. 126–129.
5. Возмилов А.Г. Расчет эффективности работы электрофилттров / А.Г. Возмилов, И.М. Кирпичникова, И.В. Кирпичников // Вестник ЧГАУ. — 2000. — С. 24–32.

6. Возмилов А.Г. Экспериментальное исследование эффективности работы ионного вентилятора-фильтра в условиях производственного помещения / А.Г. Возмилов, Е.В. Смирнягин, С.А. Иванова // Вестник ЧГАУ. — 2002. — С. 105–108.
7. Кирпичникова И.М. Энергетический КПД аппаратов очистки воздуха / И.М. Кирпичникова, И.В. Кирпичников, Р. Ю. Илимбетов // Вестник ЧГАУ. — 1998. — С. 98–104.
8. Рудзик Э.С. Автоматизация сельскохозяйственных помещений / Э.С. Рудзик, И.М. Довлатов, Д.Ю. Павкин // Инновации в сельском хозяйстве. — 2018. — № 1(26). — С. 51–57.
9. Болога М.К. О влиянии электрических полей на процессы тепломассообмена при фазовых превращениях типа «пар-жидкость» / Болога М.К., Коровкин В.П., Савин И.К. // Электронная обработка материалов. — 1986. — № 4(130). — С. 58–60.
10. Андреев Л.Н. Мониторинг состояния воздушной среды вблизи крупных животноводческих комплексов Тюменской области / Л.Н. Андреев, Е.А. Басуматорова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. — 2020. — № 5(85). — С. 179–181.

Basumatorova Ekaterina Anatolyevna

State Agrarian University of the Northern Urals, Tyumen, Russia
E-mail: basumatorovaea.21@mti.gausz.ru
RSCI: https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=1000160

Andreev Leonid Nikolaevich

Tyumen College of Industrial and Social Technologies, Tyumen, Russia
E-mail: andreev@tmn-tilt.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0601-1264>
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=703920

Peil Alexander Konstantinovich

LLC «Security Frontier», Tyumen, Russia
E-mail: pejl.ak@asp.gausz.ru
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1156647

The use of electric wind in agricultural processes

Abstract. This article discusses the use of electric wind in the technological processes of the agro-industrial complex. The corona discharge in the gas-air mixture is accompanied by ionization of the agent molecules. In turn, ionized particles in an electric field make an orderly movement under the action of a Coulomb force towards an electrode of the opposite sign, transferring kinetic energy to neutral particles during collisions, thereby driving the air medium in the field area. This effect is also known as «electric wind». The phenomenon of electric wind has also found its application in a wet electric filter. As is known, air purification in an electrofilter occurs due to the deposition of charged dust particles on the precipitation electrodes. However, the deposition process occurs only in a thin layer near the precipitation electrodes, into which not all dust particles from the volume of the purified air enter. In turn, the electric wind, moving air from the corona electrodes to the precipitation electrodes, contributes to the intensification of the deposition process by replacing the purified air in the layer with the uncleaned one from the interelectrode gap. A characteristic feature of a wet electrofilter is the purification of air from a harmful gas component. The authors of the article believe that this process occurs due to the absorption of harmful gas molecules by a liquid wetting the precipitation electrodes. This liquid covers the precipitation electrodes with a thin layer, as a result of which only the volume of air directly in contact with the absorbent is cleared of the harmful component. With the help of electric wind, the purified air is replaced by polluted air, which contributes to the intensification of the air purification process from harmful gas components.

Keywords: electric wind; process; ions; air; energy; density; corona discharge; system; heat and mass transfer