

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

2019, №6, Том 11 / 2019, No 6, Vol 11 <https://esj.today/issue-6-2019.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/47SAVN619.pdf>

Ссылка для цитирования этой статьи:

Халюшев А.К., Стельмах С.А., Щербань Е.М., Чернильник А.А., Падиев И.Д., Шеремет Д.Ю. Компьютерное моделирование камеры электризации в устройстве для поверхностного модифицирования минеральных компонентов бетона // Вестник Евразийской науки, 2019 №6, <https://esj.today/PDF/47SAVN619.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

For citation:

Khalyushev A.K., Stel'makh S.A., Shcherban' E.M., Chernil'nik A.A., Padiev I.D., Sheremet D.Yu. (2019). Computer simulation of the electrification chamber in the device for surface modification of mineral components of concrete. *The Eurasian Scientific Journal*, [online] 6(11). Available at: <https://esj.today/PDF/47SAVN619.pdf> (in Russian)

УДК 691

ГРНТИ 67.09.33

Халюшев Александр Каюмович

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, Россия
Доцент кафедры «Технология вяжущих веществ, бетонов и строительной керамики»
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: khaljushev@mail.ru

Стельмах Сергей Анатольевич

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, Россия
Доцент кафедры «Инженерная геология, основания и фундаменты»
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: sergej.stelmax@mail.ru

Щербань Евгений Михайлович

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, Россия
Доцент кафедры «Инженерная геология, основания и фундаменты»
Кандидат технических наук
E-mail: au-geen@mail.ru

Чернильник Андрей Александрович

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, Россия
Магистрант
E-mail: chernila_a@mail.ru

Падиев Ислам Даудович

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, Россия
Магистрант
E-mail: islampadiev222@icloud.com

Шеремет Дмитрий Юрьевич

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, Россия
Магистрант
E-mail: sherd201@yandex.ru

**Компьютерное моделирование камеры
электризации в устройстве для поверхностного
модифицирования минеральных компонентов бетона**

Аннотация. Существующие компьютерные модели электростатического поля коронного разряда показывают, что на коронирующих электродах напряженность электрического поля значительно выше, чем в межэлектродном пространстве. Поэтому с увеличением диаметра камеры зарядки эффективность электрообработки снижается. Для снятия ограничений на диаметр трубчатой камеры электризации, повышения производительности и эффективности активации авторами была разработана новая конструкция камеры электризации. В статье рассматривается компьютерная модель камеры электризации электростатического поля коронного разряда в установке для поверхностного модифицирования минеральных компонентов бетона. Принципиальным ее отличием от существующих моделей с одним прямолинейным электродом являются встроенные в матрицу коронирующие электроды. Для определения концентрации подвижных ионов в области короны, создаваемой матрицей вертикальных электродов, авторами статьи выполнен математический расчет. Результаты компьютерного моделирования показывают, что электростатическое поле коронного разряда устанавливается менее чем за 4 миллисекунды. При диаметре поперечного сечения электрода $d = 0,6$ мм, расстоянии между электродами $2a = 20$ мм, потенциале $U = 25$ кВ, величине тока короны у поверхности электрода $I = 0,5$ мА/м объемная плотность заряда у поверхности электрода составляет $170 \mu\text{Кл}/\text{м}^3$ (106 заряженных ионов в 1 мм^3). В мертвой точке ионы отсутствуют. В то же время уже на расстоянии $0,01a$ от мертвой точки объемная плотность заряда остается достаточно высокой $85 \mu\text{Кл}/\text{м}^3$. Коронный разряд нестабильный, поэтому положение мертвой точки будет изменяться вдоль высоты трубчатого цилиндра.

Вклад авторов.

Щербань Евгений Михайлович – автор одобрил окончательную версию статьи перед ее подачей на публикацию.

Стельмах Сергей Анатольевич – автор осуществил написание статьи.

Халюшев Александр Каюмович – автор осуществил написание статьи.

Чернильник Андрей Александрович – автор собрал, проанализировал и интерпретировал материал для статьи.

Падиев Ислам Даудович – автор оказывал участие при оформлении статьи.

Шеремет Дмитрий Юрьевич – автор оказывал участие при оформлении статьи.

Ключевые слова: поверхностное модифицирование; камера агломерации; коронный разряд; камера электризации; дисперсный минеральный компонент; гостевые частицы; частицы-носители

Основу современной технологии бетона составляет создание высококачественного цементного камня, отличающегося высокой дисперсностью составляющих новообразований, малой дефектностью и устойчивостью структуры, в том числе за счет уменьшения ее перестройки в процессе твердения. На его основе могут создаваться самые различные качественные бетоны путем модификации структуры материала и вкрапления в нее дополнительных составляющих.

С помощью различных способов модифицирования механохимическая или электрофизическая активация поверхностных свойств минеральных веществ [1; 2] может достигать следующих эффектов: аморфизации силикатной и алюмосиликатной составляющих, повышения реакционной способности поверхности; повышения обменной емкости поверхности; изменения знака и величины поверхностного заряда и др. [3].

Процесс механохимической активации при измельчении материалов позволяет открыть новые возможности в технологическом процессе переработки минерального сырья. Численными исследованиями установлено, что в процессе активации материалов происходит изменение энергетического состояния вещества под воздействием механической энергии. Это связано с изменением кристаллических решеток веществ, видов химических связей на поверхности и в объеме материала, увеличения количества аморфной массы измельчаемого материала, что способствует углублению процессов гидратации цемента и роста его активности [4–6].

В то же время, вместе с повышением тонкости помола минеральных компонентов бетона происходит увеличение их водопотребности. Для снижения водопотребности и, соответственно, повышения удобоукладываемости бетонных смесей и качества бетона необходима оптимизация их гранулометрического состава. Немаловажное влияние на водопотребность минеральных компонентов бетона оказывает и форма частиц, а также количественное содержание тонких фракций. Важную роль в этом играет сферическая форма частиц дисперсных минеральных компонентов, которая повышает подвижность бетонной смеси, что обусловлено снижением трения между частицами и уменьшением удельной поверхности [7; 8].

С одной стороны, в настоящее время в различных отраслях, где используются высокодисперсные порошки, интенсивно развиваются научные исследования по так называемому сухому поверхностному модифицированию (Dry particle coating). Сущность способа заключается в фиксации высокодисперсных частиц размером 0,1–50 мкм (guest particles – «гостевые» частицы) на поверхности более крупных – 1–500 мкм (host particles – частицы-носители) в процессе интенсивного их перемешивания. Более высокая эффективность поверхностного модифицирования достигается в установках, в которых перемешивание частиц сопровождается интенсивным их соударением между собой (High energy impact blending coater "Nara Hybridizer", High shear mixer "Cyclomix"). В результате поверхностного модифицирования порошков достигается повышение их реологических характеристик, снижение (повышение) смачиваемости, изменение гранулометрии и других свойств [9–11].

С другой стороны, современные эффективные пылеулавливающие устройства для повышения коэффициента полезного действия электрофильтров используют принцип агломерации субмикронных частиц в переменном электрическом поле и включают в себя, как правило, три элемента – камеру предварительной зарядки частиц в поле коронного разряда, камеру агломерирования заряженных частиц и, собственно, электрофильтр, который эффективно улавливает укрупненные частицы.

Электрическая агломерация была изучена главным образом с параллельными пластинами-электродами. Kildeso и другие [12] изучили эффект биполярной зарядки на эффективность агломерации в переменном электрическом поле АС параллельных пластин в агломераторе.

Т. Watanabe, Ф. Tochikubo и другие [13–15] выполнили эксперименты с областью четырехполюсника, в которой частицы заряжали и собирали переменным напряжением АС, наложенным на постоянное напряжение DC.

На принципе работы таких устройств разработан и наш способ поверхностного модифицирования минеральных дисперсных компонентов бетона. Эффективность агломерации полидисперсных минеральных компонентов будет значительно выше при биполярном заряде частиц в сравнении с униполярным. В основу разработки конструкции установки для поверхностной модификации минеральных дисперсных компонентов бетона (рисунок 1) положены принципы работы вертикальных трубчатых электрофильтров [16].

Таким образом, процесс поверхностного модифицирования может быть осуществлен по следующей схеме (рисунок 2).

Сначала исходные дисперсные минеральные компоненты поддаются заряду в высоковольтном поле коронного разряда (рисунок 2), при этом навеска мелкодисперсного компонента («гостевых частиц») насыпается через камеру электризации – 1 с отрицательным коронирующим электродом, а навеска грубодисперсных компонентов («частицы-носители») через камеру заряжения – 2 с положительным коронирующим электродом. Узел камеры электризации состоит из коронирующего электрода, расположенного по центру трубы, который выполнен из медной проволоки диаметром 0,6 мм. Вольтамперные характеристики камеры электризации следующие: напряженность электрического поля $E = 18\text{--}20$ кВ/см, сила тока $I = 30\text{--}50$ мкА.

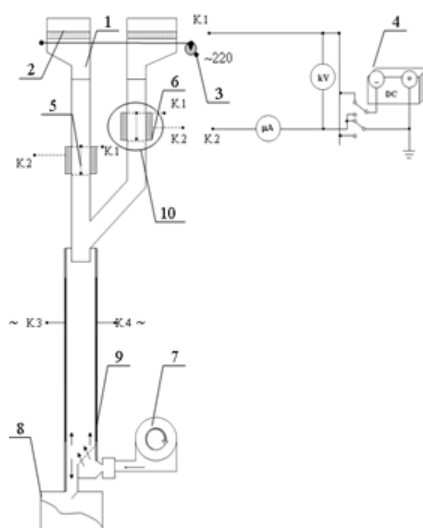


Рисунок 1. Схема установки для поверхностного модифицирования минеральных дисперсных компонентов в поле коронного разряда (общая схема установки): 1 – приемная воронка; 2 – сито для дозирования материалов; 3 – вибратор; 4 – источник высокого напряжения; 5 – коронирующий электрод; 6 – осадительный внешний электрод; 7 – ротор для подачи воздуха; 8 – приемный бункер для сбора материала; 9 – камера для агломерирования; 10 – узел зарядки материалов (составлено авторами)

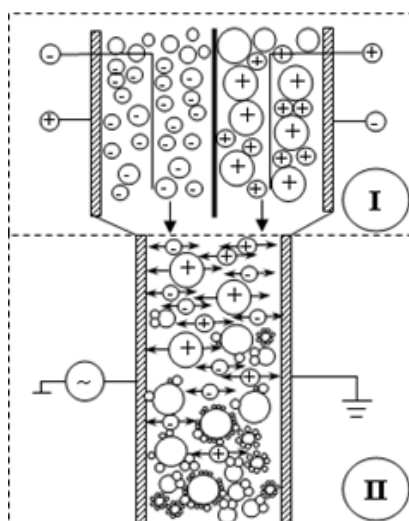


Рисунок 2. Схема установки для поверхностного модифицирования минеральных дисперсных компонентов в поле коронного разряда (узел установки): I – камера электризации; II – агломератор (составлено авторами)

В результате действия электрического поля, которое создается между коронирующим и внешним электродами, исходные минеральные компоненты адсорбируют ионы из межэлектродного пространства и приобретают отрицательный (положительный) заряд.

Биполярно заряженные минеральные дисперсные компоненты далее поступают в агломератор, где под действием высоковольтного переменного электрического поля осуществляются колебания с разной амплитудой и частотой. Крупные частицы осциллируют с большей амплитудой и частотой, чем мелкие частички, градиент частоты и амплитуды колебаний обуславливает увеличение частоты столкновений частиц, что приводит к образованию сфероидальных агломератов. Такая обработка дисперсных минеральных компонентов оказывает влияние на снижение водоцементного соотношения при разработке составов высокотехнологичных самоуплотняющихся бетонов без потери удобоукладываемости. Следует также отметить, что при такой обработке достигается повышение соответственно гидравлической и пуццолановой активности. В свою очередь, активизация поверхности частиц минеральных дисперсных компонентов бетона должна обеспечить повышение прочности адгезионных контактов и прочности композиционного материала целиком.

Существующие компьютерные модели электростатического поля коронного разряда показывают, что на коронирующих электродах напряженность электрического поля значительно выше, чем в межэлектродном пространстве. Поэтому с увеличением диаметра камеры заряжения эффективность электрообработки снижается. Для снятия ограничений на диаметр трубчатой камеры электризации, повышения производительности и эффективности активации была разработана новая конструкция камеры электризации. Принципиальным ее отличием являются встроенные в матрицу коронирующие электроды (рисунок 3).

Для определения концентрации подвижных ионов в области короны, создаваемой матрицей вертикальных электродов, выполнен математический расчет. Схема подключения и расположения матрицы электродов в камере электризации для электростатической обработки минеральных дисперсных компонентов бетона при униполярной зарядке частиц приведена на рисунках 1 и 2.

Необходимо решить задачу для области равнобедренного прямоугольного треугольника, в одной из боковых вершин которого помещен электрод.

Координаты узлов сетки: $x = m\xi$; $y = n\xi$;

Пространственный шаг координаты определяется по формуле:

$$\xi = \frac{a}{K},$$

где K – число шагов;

a – расстояние от центра электрода до сетки;

m, n – координаты на поверхности электрода.

В узле, соответствующем поверхности электрода, $m = 0, n = 0$ (граница Γ_0). На отрезке $y = a, n = K$ (граница Γ_1) потенциал равен нулю. Отрезок, примыкающий к электроду $x = 0, m = 0$ (граница Γ_2), так же как и отрезок $y = x, n = m$ (граница Γ_3), перпендикулярен к эквипотенциальной поверхности.

Электростатическая область прямолинейного провода (радиус поперечного сечения) коаксиального заземленного трубчатого металлического цилиндра (радиус), описывается следующими формулами [17]:

$$\int_S \vec{E} d\vec{S} = \lambda h / \varepsilon_0;$$

$$2\pi\zeta h E = \lambda h / \varepsilon_0;$$

$$E = \lambda / (2\pi\zeta\varepsilon_0);$$

$$U = \int_r^a E dr = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0} \ln \frac{a}{r};$$

$$V = \int_\zeta^a E d\zeta = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0} \ln \frac{a}{\zeta} = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0} \ln \frac{a}{r} \cdot \frac{\ln(a/\zeta)}{\ln(a/r)} = \frac{U \ln(a/\zeta)}{\ln(a/r)};$$

$$\vec{E} = -\nabla V;$$

$$E = -\frac{dV}{d\zeta} = \frac{U/\zeta}{\ln(a/r)};$$

где \vec{E} – потенциал электростатического поля у поверхности электрода, S – площадь поверхности, λ – линейная плотность электрического заряда, h – длина электрода, ε_0 – электрическая постоянная ($\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м), ζ – расстояние между электродами, U – потенциал электрода, V – потенциал электростатического поля на расстоянии ζ от оси цилиндра.

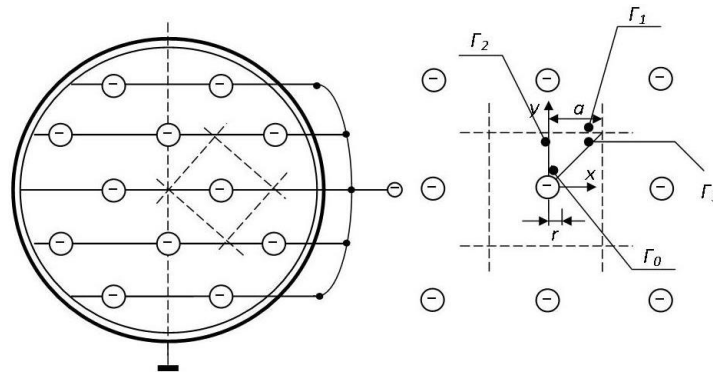


Рисунок 3. Схема подключения и расположения матрицы электродов в установке для электрической обработки композиционного цемента при униполярной зарядке частиц (составлено авторами)

Напряженность поля поджига коронного разряда у поверхности проволочного электрода в воздухе и атмосферном давлении в соответствии с законом Пика (допущение Капцова [18]):

$$E_r = k_1 \left(1 + k_2 / \sqrt{r} \right),$$

где $k_1 = 30,1 \cdot 10^5 \frac{B}{M}, M^{1/2}.$

Различные математические модели электростатического поля короны были широко описаны зарубежными учеными [19–26] и получены согласно следующим предположениям [17]:

- толщина зоны ионизации пренебрежимо мала;
- дрейфовая зона коронного разряда содержит только униполярные ионы;
- термической диффузией и рекомбинацией ионов можно пренебречь;

- подвижность ионов – величина постоянная;
- рекомбинация ионов имеет место в тонком граничном слое.

Текущая плотность в газовой среде:

$$j = qnbE = \rho bE ,$$

где q – заряд иона, n – концентрация ионов, E – напряженность электростатического поля коронного разряда, плотность заряда, подвижность ионов: $b_+ = 1,4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{В} \cdot \text{с}$, $b_- = 1,9 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{В} \cdot \text{с}$.

Объемная плотность заряда у поверхности электрода:

$$\rho_r = I / (2\pi r b E_r) ,$$

где I – величина электрического тока короны у поверхности электрода [27].

Результаты компьютерного моделирования показывают (рисунки 4–6), что электростатическое поле коронного разряда устанавливается менее чем за 4 миллисекунды. При диаметре поперечного сечения электрода $d = 0,6$ мм, расстоянии между электродами $2a = 20$ мм, потенциале $U = 2,5$ кВ, величине тока короны у поверхности электрода $I = 0,5$ мА/м объемная плотность заряда у поверхности электрода составляет $170 \text{ мкКл}/\text{м}^3$ (10^6 заряженных ионов в 1 мм^3). В мертвой точке ($x = a, y = a$) ионы отсутствуют.

В то же время уже на расстоянии $0,01a$ от мертвой точки объемная плотность заряда остается достаточно высокой – $85 \text{ мкКл}/\text{м}^3$. Коронный разряд нестабильный, поэтому положение мертвой точки $x = a \pm \delta$ ($y = a \pm \delta$) будет изменяться вдоль высоты трубчатого цилиндра. Таким образом, любая дисперсная частица не может пройти через цилиндр, не встречая на своем пути поток ионов. Этим достигается то, что частицы минеральных дисперсных компонентов бетона вдоль всей цилиндрической трубы камеры электризации движутся в поле коронного разряда. Во внешней области коронного разряда присутствуют только отрицательные ионы, которые создают в межэлектродном пространстве униполярный объемный заряд. Частицы минеральных дисперсных компонентов бетона, находясь во внешней области коронного разряда, адсорбируют ионы и приобретают избыточный электрический заряд.

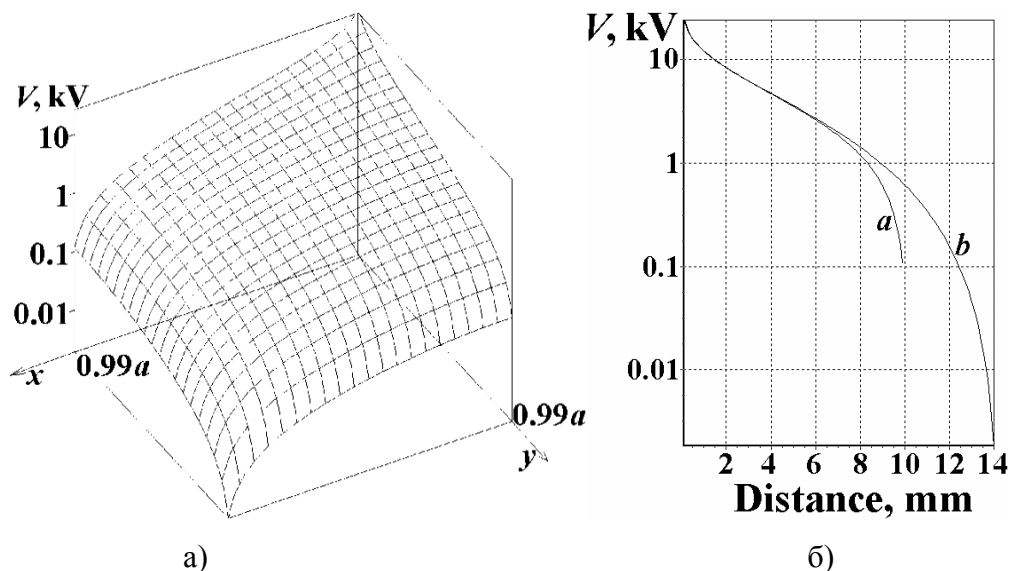


Рисунок 4. Изменение потенциала электростатического поля коронного разряда у поверхности электрода: а) вдоль координатных осей x и y ; б) вдоль прямой линии $x = y$ (составлено авторами)

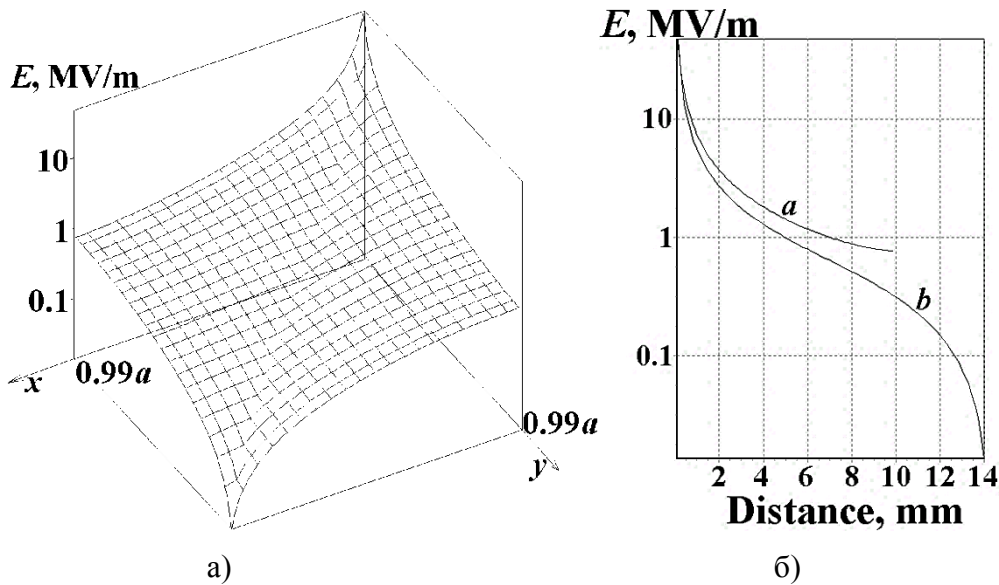


Рисунок 5. Изменение потенциала электростатического поля коронного разряда у поверхности электрода: а) вдоль координатных осей x и y ; б) вдоль прямой линии $x = y$ (составлено авторами)

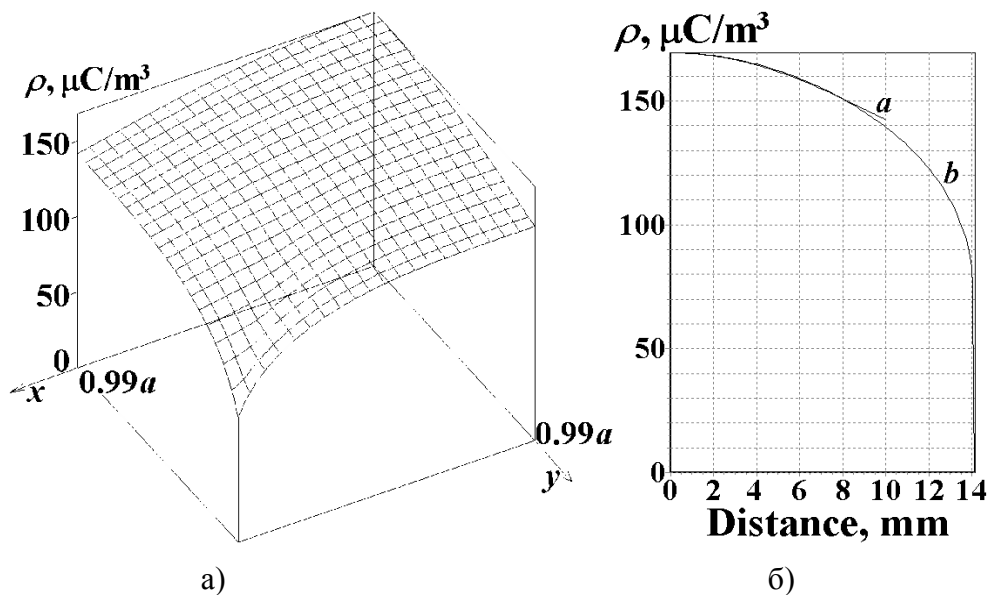


Рисунок 6. Изменение потенциала электростатического поля коронного разряда у поверхности электрода: а) вдоль координатных осей x и y ; б) вдоль прямой линии $x = y$ (составлено авторами)

На основании компьютерного моделирования электростатического коронного разряда выполнен расчет концентрации подвижных ионов в области короны, создаваемых матрицей вертикальных коронирующих электродов, что позволяет определить основные конструктивные характеристики устройств для активации минеральных дисперсных компонентов бетона. При диаметре поперечного сечения электрода $d = 0,6$ мм, расстоянии между электродами $2a = 20$ мм, потенциале $U = 25$ кВ, величине тока короны у поверхности электрода $I = 0,5$ мА/м объемная плотность заряда у поверхности электрода составляет $170 \mu\text{Кл}/\text{м}^3$ (10^6 заряженных ионов в 1 мм^3).

ЛИТЕРАТУРА

1. Пат. 2538567 Российская Федерация, МПК С04В 40/00, С04В 38/10. Способ изготовления строительных изделий и пенобетона / Гольцов Ю.И., Стельмах С.А., Щербань Е.М., Явруян Х.С.; заявитель и патенообладатель Ростов-на-Дону, Рост. гос. строит. ун-т. – № 2013156354/03; заявл. 18.12.13; опубл. 10.01.15. – 9 с.: ил.
2. Щербань Е.М., Гольцов Ю.И., Ткаченко Г.А., Стельмах С.А. Рецептурно-технологические факторы и их роль в формировании свойств пенобетонов, полученных из смесей, обработанных переменным электрическим полем // Инженерный вестник Дона, 2012, № 3 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n3y2012/905.
3. В.А. Матвиенко, С.М. Толчин. Электрические явления и активационные воздействия в технологии бетона. Макеевка: РИС, 1998. 154 с.
4. Z. Sekulic, M. Petrov, D. Zivanovic. Mechanical activation of various cements. Intern. J. Miner. Process. 2004. Vol. 74S. P. 355–363.
5. Ilker Acar, Ozkan Acisli. Mechano-chemical surface modification of calcite by wet-stirred ball milling. Applied Surface Science. 2018. Vol. 457. P. 208–213.
6. Kunihiro Kato, Yunzi Xin, Takashi Hitomi, Takashi Shirai. Surface modification of fly ash by mechano-chemical treatment. Ceramics International. 2019. Vol. 45. P. 849–853.
7. B.B. Sabir, S. Wild, J. Bai. Metakaolin and calcined clays as pozzolans for concrete: a review. Cem. Concr. Comp. 2001. Vol. 23. No. 6. P. 441–454.
8. Mehta P.K. High-Performance, High-Volume Fly Ash Concrete for Sustainable Development. The Intern. Workshop on Sustainable Development and Concrete Technology. 2004. – P. 3–13.
9. J. Yang, A. Sliva, A. Banerjee, R.N. Dave, R. Pfeffer. Dry particle coating for improving the flowability of cohesive powders. Powder Technology. 2005. Vol. 158. No. 1–3. P. 21–33.
10. Y. Ouabbas, J. Dodds, L. Galet, A. Chamayou, M. Baron. Particle–particle coating in a cyclomix impact mixer. Powder Technology. 2009. Vol. 189. P. 245–252.
11. T. Iwasaki, M. Satoh, T. Ito. Determination of optimum operating conditions based on energy requirements for particle coating in a dry process. Powder Technology. 2002. Vol. 123. No. 2–3. P. 105–113.
12. J. Kildesö, V.K. Bhatia, L. Lind [et al.]. An experimental investigation for agglomeration of aerosols in alternating electric field. Aerosol Science and Technology. 1995. Vol. 23. No. 4. P. 603–610.
13. Y. Koizumi, F. Tochikubo, T. Watanabe, J. Hautanen. Laitinen, K. Vaaraslahti, J. Keskinen. A Bipolar-charged submicron particle agglomeration. Journal of Electrostatics. 1995. Vol. 35. P. 55–60.
14. J. Hautanen, T. Watanabe, T. Tsuchida, Y. Koizumi, J. Jokiniemi. Brownian agglomeration of bipolarly charged aerosol particles. Journal of Aerosol Science. 1995. Vol. 26. P. 21–22.
15. Y. Koizumi, M. Kawamura, F. Tochikubo, T. Watanabe. Estimation of the agglomeration coefficient of bipolar-charged aerosol particles. Journal of Electrostatics. 2000 Vol. 48. P. 93–101.

16. Левитов В.И., Решидов И.К., Ткаченко В.М. Дымовые электрофилтры. Москва: Энергия, 1980. 448 с.
17. A. Caron, L. Dascalescu. Numerical modelling of combined corona-electrostatic fields. *J. of Electrostatics*. 2004. Vol. 61. No. 1. P. 43–55.
18. J. Podliński, J. Mizeraczyk, A. Jaworek. Velocity field of EHD flow during back corona discharge in electrostatic precipitator. *Powder Technology*. 2019. Vol. 344. P. 475–486.
19. Mingjiang Ni, Xihui Wang, Gang Xiao, Kunzan Qiu, Kefa Cen. Development of back corona discharge in a wire-cylinder electrostatic precipitator at high temperatures. *Powder Technology*. 2015 Vol. 286. P. 789–797.
20. M. Suleman Tahir, M. Saleem, M. Siebenhofer. Characterization of brush type discharge electrodes and impact of enhanced corona discharge on operation of electrostatic precipitators. *Journal of Electrostatics*. 2012. Vol. 70. P. 144–148.
21. Bohm J. *Electrostatic precipitators*. Amsterdam: Elsevier. 1982.
22. G. Thomas, Y. Ouabbas, P. Grosseau [at el]. Modeling the mean interaction forces between powder particles. Application to silica gel – magnesium stearate mixtures. *Applied Surface Science*. 2009. Vol. 255. P. 7500–7507.
23. Ding Yang, Baoyu Guo, Xinglian Ye, Aibing Yu, Jun Guo. Numerical simulation of electrostatic precipitator considering the dust particle space charge. *Powder Technology*. 2019. Vol. 354. P. 552–560.
24. Jeong-Ho Park, Chung-Hwan Chun. An improved modelling for prediction of grade efficiency of electrostatic precipitators with negative corona. *Journal of Aerosol Science*. 2002. Vol. 33. P. 673–694.
25. Abdeldjalil Reguig, Abdelber Bendaoud, Peyman Dordizadeh, Abdelhady Regab Salama, Lucian Dascalescu. Experimental study of a modified dual-type high-voltage electrode for electrostatic separation applications. *Journal of Electrostatics*. 2017. Vol. 88. P. 232–235.
26. Wang Jianan, Wang Xue, Zhu Tingyu, Zhao Yi. Experimental study on the impact of electrostatic effect on the movement of charged particles. *Journal of Electrostatics*. 2018. Vol. 94. P. 14–20.
27. Minkin M.S., Kuimov D.N., Lukyanov A.D. Development of the energy-saving air regeneration system in production rooms. *Procedia Engineering*. 2016. Pp. 1353–1358.

Khalyushev Aleksandr Kayumovich

Don state technical university, Rostov-on-Don, Russia
E-mail: khaljushev@mail.ru

Stel'makh Sergei Anatol'evich

Don state technical university, Rostov-on-Don, Russia
E-mail: sergej.stelmax@mail.ru

Shcherban' Evgenii Mikhailovich

Don state technical university, Rostov-on-Don, Russia
E-mail: au-geen@mail.ru

Chernil'nik Andrei Aleksandrovich

Don state technical university, Rostov-on-Don, Russia
E-mail: chernila_a@mail.ru

Padiev Islam Daudovich

Don state technical university, Rostov-on-Don, Russia
E-mail: islampadiev222@icloud.com

Sheremet Dmitrii Yur'evich

Don state technical university, Rostov-on-Don, Russia
E-mail: sherd201@yandex.ru

Computer simulation of the electrification chamber in the device for surface modification of mineral components of concrete

Abstract. Existing computer models of the electrostatic field of the corona discharge show that on the corona electrodes the electric field strength is much higher than in the interelectrode space. Therefore, with increasing diameter of the charging chamber, the efficiency of electric processing decreases. To remove restrictions on the diameter of the tubular chamber of electrification, increase productivity and activation efficiency, the authors developed a new design of the chamber of electrification. The article discusses a computer model of the corona discharge electrostatic field chamber in an installation for surface modification of concrete mineral components. Its fundamental difference from existing models with one rectilinear electrode are the corona electrodes built into the matrix. To determine the concentration of mobile ions in the corona region created by a matrix of vertical electrodes, the authors of the article performed a mathematical calculation. Computer simulation results show that the electrostatic field of a corona discharge is established in less than 4 milliseconds. With the diameter of the electrode cross section $d = 0.6$ mm, the distance between the electrodes $2a = 20$ mm, the potential $U = 25$ kV, the corona current at the electrode surface $I = 0.5$ mA/m, the volumetric charge density at the electrode surface is $170 \mu\text{C}/\text{m}^3$ (10^6 charged ions in 1 mm^3). At the dead point, ions are absent. At the same time, already at a distance of $0.01a$ from the dead point, the bulk charge density remains quite high $85 \mu\text{C}/\text{m}^3$. The corona discharge is unstable, therefore, the position of the dead center will vary along the height of the tubular cylinder.

Keywords: surface modification; agglomeration chamber; corona discharge; electrification chamber; dispersed mineral component; guest particles; carrier particles