DOI - 10.32743/UniTech.2022.99.6.13832

ЗАТРАТЫ МОЩНОСТИ НА ПОДДЕРЖАНИЕ СЛОЯ МАТЕРИАЛА В КОНТАКТНОЙ СУШИЛКЕ

Ахунбаев Адил Алимович
канд. техн. наук, доц.,
Ферганский политехнический институт,
Республика Узбекистан, г. Фергана.
E-mail: a.axunboyev@ferpi.uz

Муйдинов Абдусамад Абдукаюм угли
ассистент,
Ферганский политехнический институт,
Республика Узбекистан, г. Фергана
E-mail: a.moydinov@ferpi.uz

POWER COSTS FOR MAINTAINING THE LAYER MATERIAL IN THE CONTACT DRYER

Adil Axunbaev
PhD, Associate Professor,
Fergana Polytechnic Institute, Fergana,
Republic of Uzbekistan

Abdusamad Muidinov
Assistant
of Fergana Polytechnic Institute, Fergana,
Republic of Uzbekistan

АННОТАЦИЯ

В статье дано уравнение для определения расхода мощности на создание слоя высокодисперсного материала в контактном аппарате с быстровращающемся ротором, а также экспериментальным путем определены коэффициенты входящие в предложенное уравнение.

ABSTRACT

The article gives an equation for determining the power consumption for creating a layer of highly dispersed material in a contact apparatus with a rapidly rotating rotor, and also experimentally determines the coefficients included in the proposed equation.

Ключевые слова: контактный аппарат, высокодисперсный материал, расход мощности, быстровращающийся ротор, разрыхленный слой, плотный слой.

Keyword: contact device, highly dispersed material, power consumption, fast-rotating rotor, loosened layer, dense layer.

Введение. Сушка высокодисперсных материалов является сложным технологическим процессом, так как при применение конвективных аппаратов необходимо громоздкое пыле очистное оборудование для улавливания материала, вынесенного вторичными газами. В большинстве случаев невозможно избежать загрязнение окружающей среды, несмотря на громоздкое оборудование. Применение других видов сушки экономически нецелесообразно в связи с большими энергозатратами. Неплохие результаты дают использование контактных аппаратов типа «Венулет» позволяющие исключит потери продукта в окружающую среду за счёт отсутствия конвективного теплоносителя. Однако они имеют существенный недостаток, за счет медленно вращающегося ротора и неполного использования всей внутренней поверхности контактно нагреваемого барабана.

Нами предлагается использовать для решения данного вопроса контактных сушилок с быстровращающимся ротором [1]. В сушилках с быстровращающимся ротором по сравнению с другими контактными аппаратами процессы теплообмена происходят интенсивнее 2-4 раза за счет полного использования контактно нагреваемого всей внутренней поверхности барабана. Необходимо также отметить, что контактные аппараты с быстровращающимся ротором имеют малые размеры, удобную компоновку и не требуют громоздкого пыле очистного оборудования. Это, позволяет разместит их более компактно в процессе модернизации технологического оборудования.

Библиографическое описание: Ахунбаев А.А., Муйдинов А.А. ЗАТРАТЫ МОЩНОСТИ НА ПОДДЕРЖАНИЕ СЛОЯ МАТЕРИАЛА В КОНТАКТНОЙ СУШИЛКЕ // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2022. 6(99). URL: *https://7universum.com/ru/tech/archive/item/13832*

Аналитический метод исследования. Процесс сушки в предлагаемом контактном аппарата происходит в тонком перемешиваемом слое, который образуется в зазоре между лопатками и нагреваемой стенкой барабана под действием центробежной силы, создаваемой быстровращающимся ротором (рис 1). Высушиваемый слой высокодисперсного материала, находящийся в зазоре в зависимости от размера частиц и технологических особенностей процесса может быть плотным или разрыхленным (псевдоожиженным). Проведенные ранее исследования процесса создания слоя материала показали, что энергия необходимая для создания слоя материала в зазоре зависит от многих параметров: таких как свойства самого материала, а также условия создания слоя [2]. При сушке высокодисперсных материалов и частиц размерами менее 1мм предпочтительно иметь разрыхленный слой. При разрыхленном слое, напоминающим псевдоожиженный, расход энергии на перемешивание и транспортировку материала минимален и его можно не учитывать в общем энергетическом балансе процесса сушки. Однако при увеличении диаметра и физической плотности высушиваемого материала, а также коэффициента загрузки зазора материалом, энергия необходимая для создания слоя резко увеличивается. В этом случае, энергия необходимая для создания слоя, может составлять до 21%, от общего количества энергии расходуемую на сушку. Учитывая, что данная энергия на создание слоя в конечном счете диссипируется в тепловую энергию, то возникает необходимость учета диссипации энергии создания слоя материала в общем тепловом балансе процесса сушки.

Устойчивое состояние слоя дисперсного материала на внутренней поверхности барабана требует непрерывного подвода энергии, извне, что обеспечивается потреблением электроэнергии при вращении ротора с лопатками. Слой материала, сконцентрированный в основном в зазоре между цилиндрической поверхностью барабана и наружными концами вращающихся лопаток, рассматривается как некоторая квазигомогенная среда, в которой происходит диссипация механической энергии. При этом считалось возможным описать вязкость гомогенизированной среды уравнением аналогичной уравнению $M_{уни}$ для дисперсных систем [3].

$$\mu = \mu_0 \exp(x\phi), \qquad (1)$$

где μ_0 - вязкость дисперсной среды (в нашем случае воздуха или пара);

φ-объемная концентрация твердых частиц в слое; x-коэффициент, зависящий от формы частиц дисперсной фазы. В этом случае сила, действующая на лопатки

$$F = 2\pi RL\mu \frac{\omega r_л}{\delta}, \qquad (2)$$

где $r_л$ - наружный радиус лопаток, δ - толщина зазора между барабаном и лопатками.

Визуальные наблюдения и проведенные излучения показывают, что концентрация частиц в зазоре остается практически неизменна, что дает основания записать момент на оси вала следующим образом:

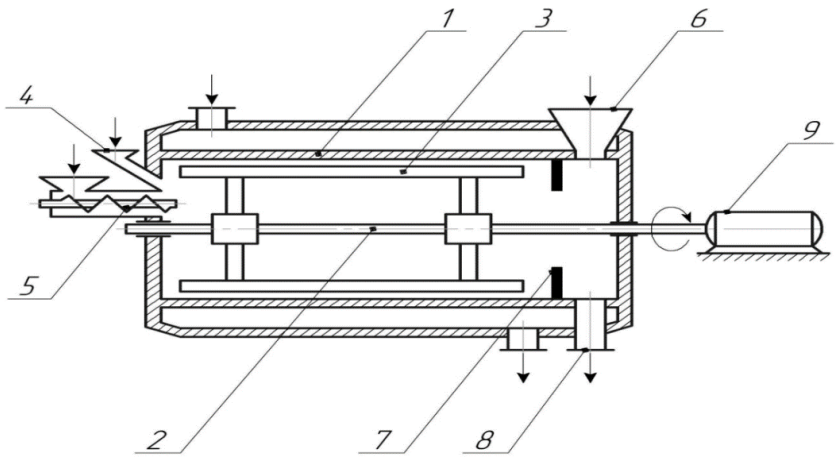
$$M = F \cdot r_л = 2\pi\omega\mu RL \frac{r_л^2}{\delta}. \qquad (3)$$

В этом случае мощность, расходуемая на создание и поддержание слоя дисперсного материала, определяется следующим соотношение:

$$P = A\omega^m RL \frac{r_л^2}{\delta} \mu_0 \exp(x\varphi), \qquad (4)$$

где m=2 для ламинарного режима движения слоя и m=2÷3 – для турбулентного режима движения; в общем случае значение m – могут быть определены экспериментально. Величина коэффициента A также определяется из специальных опытов измерению затрачиваемой мощности.

Методика проведения эксперимента. В экспериментальной установке теплота конденсирующихся водяного пара передается непосредственно от обогреваемой стенки барабана к слою высокодисперсного материала, что исключает унос частиц, поскольку отсутствует поток тепло носящего сушильного агента. Исследования проводились в аппарате, представляющем с собой неподвижный горизонтальный обогреваемый барабан, внутри которого расположен вращающийся ротор с лопатками (рис. 1). При вращении ротора лопатки увлекает материал, и возникающая при этом центробежная сила отбрасывает материал на периферию аппарата, где образуется движущийся слой, контактирующий с нагретой внутренней стенкой барабана.



1 – корпус; 2 – ротор; 3 – лопатки; 4 – штуцер; 5 – питатель; 6 – штуцер вторичного пара; 7 – выгрузной порог; 8 – выход высушенного продукта; 9 – электродвигатель

Рисунок 1. Схема экспериментальной установки

В уравнение (4) для определения расхода мощности, затрачиваемой на создание и поддержание слоя, движущееся материала в зазоре, входили неизвестные коэффициенты ***m*** и ***A***, которые должны определяться экспериментально. Методика экспериментального определения мощности на поддержание слоя дисперсного материала в неподвижном барабане состояла в следующем. Расчет энергозатрат в единицу времени осуществлялся по показаниям величин тока и напряжения якоря *I* и *U*, подводимого к щеткам электродвигателя постоянного тока, с учетом электрических и механических потерь в электроприводе [4-7]:

$$P = \xi\left[P_c - P_{x.x.} - P_я\right] \qquad (5)$$

где $P_c = I \times U$ - мощность, потребляемая электродвигателем из сети; $P_{x.x}$ -потери мощности при холостом вращении ротора барабана (материал в аппарате отсутствует); $P_я$ - потери мощности в проводниках якорных обмоток при токе в якоре; ξ — 0,94 - к.п.д. клиноременной передачи [7-10].

Схема электропривода ротора, используемая для определения мощности, представлена на рис. 2. Мощность *P* – определена при различных коэффициентах ***Кз*** заполнения зазора. В качестве модельного материала при определении мощности использовался кремневый песок (средний размер d = 40 мкм).

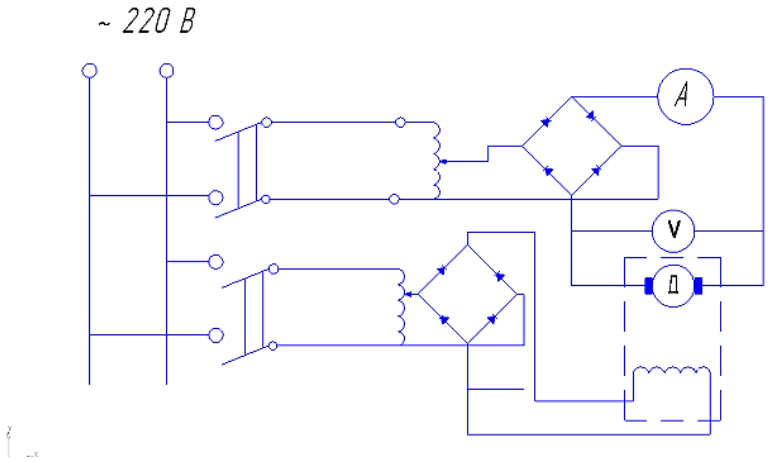


Рисунок 2. Схема электропривода ротора

Значение $P_{x.x.}$ в зависимости от частоты вращения ротора определялось перед началом и в конце каждой серии экспериментов. Потери мощности $P_я$ определялся при застопоренном роторе, то есть при условии $\omega = 0$ [4]. Значения такого рода потери представлены на рис. 3.

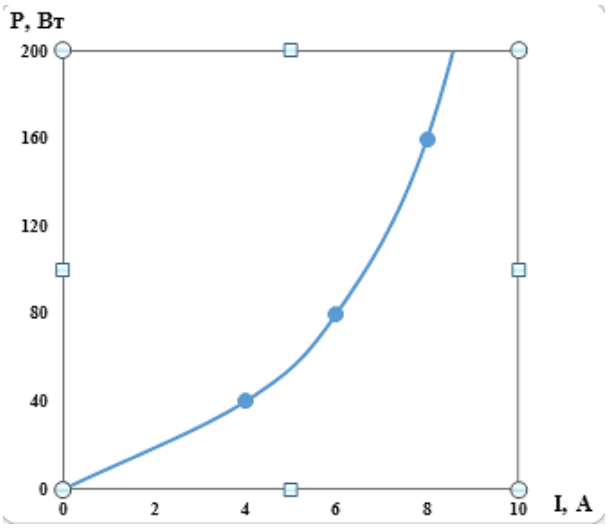


Рисунок 3. Зависимость потерь мощности $P_я$ от величины рабочего тока I

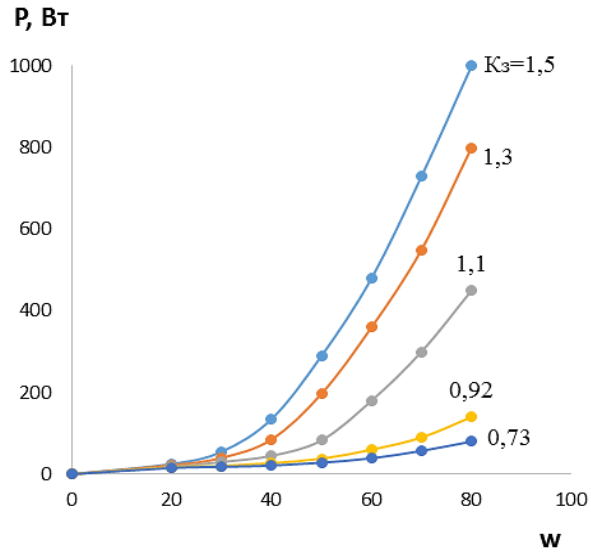


Рисунок 4. Зависимость затрачиваемой мощности P от угловой скорости вращения ротора ω при различных значениях коэффициента загрузки $к_з$.

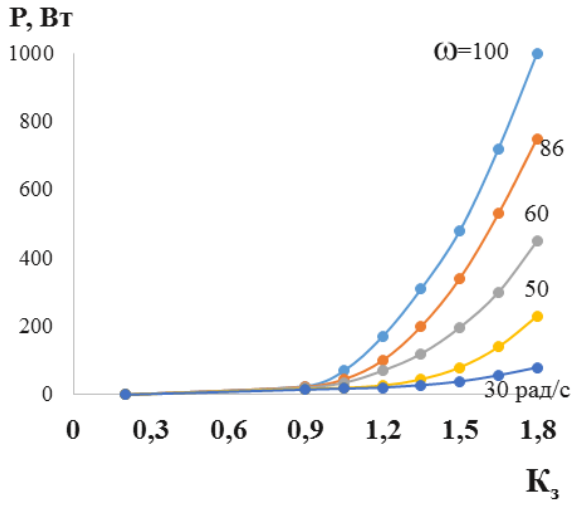


Рисунок 5. Зависимость затрачиваемой мощности P от коэффициента загрузки зазора $к_з$, при различных значениях угловой скорости вращения ротора ω

Для проведения исследований выбраны следующие пределы переменных параметров: число оборотов вращения ротора изменяли в пределах от 0 до 1000 об/мин, с шагом 100 об/мин. Масса засыпаемого материала был в пределах от 200 до 800 граммов, с шагом 100 граммов, что соответствовало коэффициенту загрузки зазора материалом от 0,36 до 1,44, с шагом изменения 0,18. Коэффициент заполнения зазора $K_з$ равное отношению объема материала в аппарате к объему зазора между краями вращающегося ротора и внутренней поверхности барабана, определяется по уравнению:

$$K_3 = \tau V_c / \pi \left(R^2 - r^2_{л} \right) L \qquad (6)$$

Полученные экспериментальные кривые представлены на рис. 4 – 5. Для определения значений коэффициентов A и m по полученным экспериментальным данным в уравнение (4) коэффициенты φ-объемная концентрация твердых частиц в слое считался равным коэффициенту заполнения зазора $K_з = \varphi$, а значение μ_0 – вязкость водяного пара при температуре 100 C^0. Результаты измерений и расчетов электрической мощности хорошо согласуются с уравнением (4) при численных значениях коэффициента, равного A=5,4 и m=*2,4*.

Выводы. Из экспериментальных результатов следует, что область относительно малых коэффициентов заполнения зазора $K_з<1$ расход мощности минимален.

При этом слой аналогичен псевдоожиженному и мощность расходуется, в основном, на поддержание небольшого количества материала во взвешенном состоянии (рис. 4). Уравнение (4) рекомендуется применят при разрыхленном слое, когда $K_з<1$ и слой высокодисперсного материала аналогичен псевдоожиженному. С точки зрения тепло и массообмена разрыхленный слой предпочтителен, так как в этом случае материал интенсивно перемешивается и частицы высокодисперсного материала высушиваются однородно. Это особенно важно, при сушке термолабильных материалов.

При $K_з >1$ расход мощности резко возрастает, так как при этом слой становится плотным, вступают в силу законы динамики сплошных сыпучих сред, а электрическая мощность начинает расходоваться, в основном, на поддержание слоя материала в уплотнённом состоянии в зазоре и на трение сыпучей среды [2]. Как видно из полученных экспериментальных данных расход мощности при уплотненном слое в несколько раз выше, чем при разрыхленном состоянии слоя. Полученные экспериментальные данные плохо согласуются с вычислениями, полученными уравнением (4).

Список литературы:

1. Ахунбаев А.А., Ражабова Н.Р. Высушивание дисперсных материалов в аппарате с быстро вращающимся ротором // Universum: технические науки. – 2021. – №. 7-1 (88). – С. 49-52.
2. Ахунбаев А.А., Туйчиева Ш.Ш., Хурсанов Б.Ж. Учёт диссипации энергии в процессе сушки дисперсных материалов // Universum: технические науки. – 2020. – №. 12-1 (81). – С. 35-39.
3. Кряклина И.В. Новая конструкция контактной сушилки для зерна и ее расчет //инновационный путь развития предприятий АПК. – 2017. – С. 304-311.
4. Киселов М.И. Электрические машины. Ч.1. Машины постоянного тока и трансформаторы. Красноярск. 1973. 299 с.
5. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: в ЗТ. Т. 2 / под ред. ИН Жестковой. изд. 9-е, перераб. и доп. – 2006.
6. Tarhan S. et al. Peppermint drying performance of contact dryer in terms of product quality, energy consumption, and drying duration //Drying Technology. – 2011. – Т. 29. – №. 6. – С. 642-651.
7. Синицын Н.Н., Кудрявцева А.К. Нестационарное температурное поле шпона при сушке в контактной сушилке //Череповецкие научные чтения-2014. – 2015. – С. 117-120.
8. Вторников Р.А. Обзор современных машин для сушки материалов //Международная научно-техническая конференция молодых ученых. – 2020. – С. 2499-2502.
9. Трусов Н.А., Власов В.Н., Нюшков Н.В. Контактная барабанная сушилка. – 1999.
10. Гурьева Л.В., Новикова Т.А., Апалькова М.С. Повышение эффективности процесса контактной сушки легких хлопчатобумажных тканей //Повышение эффективности процессов и аппаратов в химической и смежных отраслях промышленности. – 2016. – С. 341-344.