

## ДВИЖЕНИЕ ДИСПЕРСНОГО МАТЕРИАЛА В БАРАБАННЫХ СУШИЛКАХ

Хусанбоев Мухаммадбобир Алишержон угли  
Ферганский политехнический институт  
E-mail: xusanoxunzoda@gmail.com

### **Аннотация:**

В статье проанализированы параметры движения материалов в сушильном барабане: степень распределения материала по поперечной поверхности аппарата, среднее время его пребывания в аппарате и степень загрузки. В качестве модельного материала в опытах использовали минеральное удобрение, произведенное в суперфосфатном цехе цеха АС-72 АО “Farg’onaazot”.

**Ключевые слова:** сушильный барабан, степень распределения, среднее время пребывания, степень загрузки, длина падения, минеральное удобрение.

### **Introduction**

В химической и смежных отраслях промышленности процесс сушки является одними из наиболее энергоемких стадий технологических линий и в большинстве случаев определяют качественные показатели и внешний вид продукта, его физико-химические свойства. Для оптимизации этих параметров применение опыта инженеров на производстве дает лучшие результаты, чем использование методов математического моделирования при определении конструктивных и эксплуатационных параметров сушилок.

### **Аналитические методы исследования**

Для моделирования этих процессов исследователями были предложены различные модели [1-4]. Процессы тепло- и массообмена можно интенсифицировать за счет улучшения условий контакта высушиваемого материала и теплоносителя. Для этого требуется распределительное устройство, позволяющее равномерно распределять материал по всей внутренней поверхности барабана.

Если насадка выбрана без учета свойств материала в технологической барабанной сушилке, если ее конструкция недостаточно адаптирована к высушиваемому продукту, это приведет к ряду негативным эффектам при распылении материала. Большинство исследователей анализируется негативная ситуация по образованию осадков материала в поперечном сечении поверхности барабана в сушилке, оснащенной Г-образной насадкой. Исследователи отмечают следующие негативные последствия:

Поэтому форма и величина рассыпания материала из насадки являются одним из факторов, определяющих эффективность работы сушильного барабана. Исследователи

проводили исследования насадок различной конструкции и их количества. Например, N. J. Fernandes и его коллеги предложили следующие уравнения для определения коэффициента заполнения поверхности трехкомпонентной насадки [1]:

$$S = \frac{R^2}{2} [\beta - \sin(\beta)] + \frac{1}{2} |x_A y_B + x_B y_C - x_C y_B + x_C y_W - x_W y_C| \quad (1)$$

Еще одним важным параметром, определяющим процесс сушки, является среднее время пребывания материала в аппарате. Первым, кто определил это время, были S.J. Friedman и W.P. Marshal. По результатам лабораторных исследований барабанной сушилки диаметром 0,203 м и длиной 1,2 м с использованием кварцевого песка гранулометрического состава 2÷10 мм предложили следующее эмпирическое уравнение для изменения времени пребывания материала в аппарате в зависимости от угла наклона барабана [2]:

$$\tau = \frac{0,294L_6}{D_6 n^{0,9} \operatorname{tg} \alpha} \quad (2)$$

На основании уравнения S.J.Friedmana и W.P. Marshala исследователь Арруда предложил уточненное уравнение [3].

$$\bar{\tau} = Lt \left( \frac{0.1962}{\alpha N_R^{0.9} D} \pm \frac{0.00036 G_f}{G_s d_p^{0.5}} \right) \quad (3)$$

где:  $G_s$ -расход твердого вещества (кг/мин),  $G_f$ -расход газа (кг/мин),  $d_p$ -диаметр частицы (м),  $D$ -диаметр сушилки (м) и  $Lt$ -ее длина (м) .

Вторая часть уравнения Арруда отрицательна для параллельного потока и положительна для противоположного потока и представляет собой сопротивление воздушному потоку.

Н.М. Михайлов и Л.А. Мамрукова использовали следующее уравнение, для определения среднего времени пребывания материала внутри барабана [4]:

$$\tau = L_6 / \left[ n^{0.5} \left( 169 D_6 \operatorname{tg} \alpha + \frac{1000}{\psi} \times \frac{l_l}{D_6} \pm \frac{734,4}{\rho_H d_{\text{э}}} (w_p)^{1,72} \right) \right] \quad (4)$$

Где:  $\psi$  - коэффициент заполнения сушилки;  $l_l$  - средняя ширина насадок, м;  $d_{\text{э}}$  - эквивалентный диаметр частицы материала, мм;  $w_p$  - массовая скорость газа, кг/см;  $\rho_H$  - распынная плотность материала.

Анализируя большое количество данных, найденных в литературе о барабанных сушилках в лабораторных и промышленных масштабах, Perry R.H. и Green D.W предложили следующую общую корреляцию для расчета среднего времени пребывания [5]:

$$\bar{\tau} = \frac{k_p L}{D N^{0.9} \tan \alpha} \quad (5)$$

Анализ данных уравнений показал, что время нахождения материала в барабане обратно пропорционально изменению скорости вращения барабана.

Используя приведенные выше уравнения для различных условиях времени пребывания были сопоставлены с экспериментальными данными, полученными для барабанной сушилки при сушке минеральных удобрений.

Следующие эмпирические уравнения были получены из экспериментальных результатов с использованием метода наименьших квадратов.

$$y = 0,27x^2 - 3,037x + 11,582 \quad R^2 = 0,9947 \quad (6)$$

$$y = 0,22x^2 - 2,51x + 9,68 \quad R^2 = 0,9946 \quad (7)$$

$$y = 0,21x^2 - 2,283x + 8,4785 \quad R^2 = 0,9949 \quad (8)$$

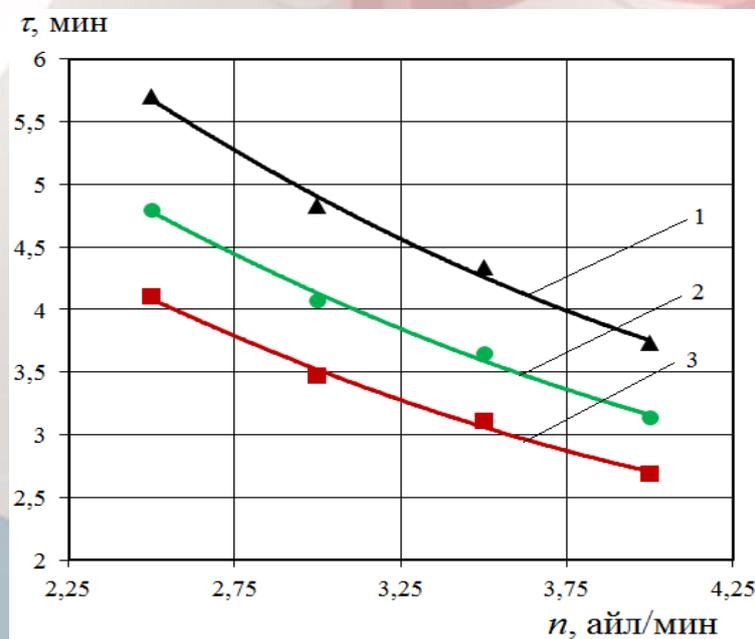


Рис. 2. Зависимость среднего времени пребывания материала в аппарате от числа оборотов барабана:

1-при угле наклона барабана  $\alpha=10^\circ$ ; 2- при  $\alpha=20^\circ$ ; 3- при  $\alpha=30^\circ$ .

## Выводы

Обобщая вышеизложенное, мы видим, что интенсификация сушки материалов в барабанной сушилке зависит от поверхности завесы материала, падающей из насадок барабанной сушилки. В свою очередь, обеспечение увеличения рассеивающей поверхности материала по сечению барабана будет зависеть от конструкции сушильных насадок. Необходимо учитывать на значение коэффициента заполнения материала влияют угол наклона барабана, скорость его вращения и скорость сушильного агента.

Приведенные выше уравнения можно использовать для определения времени пребывания высушиваемого материала в аппарате и на этой основе для расчета общего процесса сушки.

## ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Исомиддинов, А. С., & Давронбеков, А. А. (2021). Исследование гидродинамических режимов сферической углубленной трубы. *Universum: технические науки*, (7-1 (88)), 53-58.
2. Ergashev, N. A., Davronbekov, A. A., Khalilov, I. L. S., & Sulaymonov, A. M. (2021). Hydraulic resistance of dust collector with direct-vortex contact elements. *Scientific progress*, 2(8), 88-99.
3. Davronbekov, A., Qoxorov, I., Xomidov, X., & Maxmudov, A. (2021). Systematic analysis of process intensification in heat exchange products. *Scientific progress*, 2(1), 694-698.
4. Davronbekov, A. A. (2022). Sferik botiqli quvirda tajribaviy tadqiqotlar otkazish usullari va natijalari. *Yosh Tadqiqotchi Jurnalı*, 1(5), 211-220.
5. Ахунбаев, А. А., & Давронбеков, А. А. (2022). Минерал ўғитларни куриштиш объекти сифатида тахлили. *Yosh Tadqiqotchi Jurnalı*, 1(5), 221-228.
6. Davronbekov, A. A., & Isomidinov, A. S. (2022, November). Analysis of requirements for modern heat exchangers and methods of process intensification. In *International conferences (Vol. 1, No. 7, pp. 174-183)*.
7. Davronbekov, A. A., & Isomidinov, A. S. (2022, November). Systematic analysis of the working parameters of a floating head shell-tube heat exchanger. In *International conferences (Vol. 1, No. 7, pp. 3-15)*.
8. Abdurasul, D. (2022). Investigation of heat transfer rate in smooth turbulizer pipes. *Universum: технические науки*, (6-6 (99)), 59-62.
9. Хусанбоев, А. М., Ботиров, А. А. У., & Абдуллаева, Д. Т. (2019). Развертка призматического колена. *Проблемы современной науки и образования*, (11-2 (144)), 21-23.
10. Хусанбоев, А. М., Тошкузиева, З. Э., & Нурматова, С. С. (2020). Приём деления острого угла на три равные части. *Проблемы современной науки и образования*, (1 (146)), 16-18.
11. Хусанбоев, А. М., Абдуллаева, Д. Т., & Рустамова, М. М. (2021). Деление Произвольного Тупого Угла На Три И На Шесть Равных Частей. *Central Asian journal of theoretical & applied sciences*, 2(12), 52-55.
12. Ахунбаев, А. А., & Хусанбоев, М. А. (2022). Барабаннинг кўндаланг кесимида минерал ўғитларнинг таксимланишини тадқиқ қилиш. *Yosh Tadqiqotchi Jurnalı*, 1(5), 357-367.
13. Хусанбоев, М. (2022). Термическая обработка шихты стекольного производства. *Yosh Tadqiqotchi Jurnalı*, 1(5), 351-356.

14. Ахунбаев, А. А., & Хусанбоев, М. А. У. (2022). Влияние вращения сушильного барабана на распределение материала. *Universum: технические науки*, (4-2 (97)), 16-24.
15. Rasuljon, T., Akmaljon, A., & Ikhomjon, M. (2021). Selection of filter material and analysis of calculation equations of mass exchange process in rotary filter apparatus. *Universum: технические науки*, (5-6 (86)), 22-25.
16. Isomiddinov, A., Axrorov, A., Karimov, I., & Tojiyev, R. (2019). Application of rotor-filter dusty gas cleaner in industry and identifying its efficiency. *Austrian Journal of Technical and Natural Sciences*, (9-10), 24-31.
17. Тожиев, Р. Ж., Исомиддинов, А. С., Ахроров, А. А. У., & Сулаймонов, А. М. (2021). Выбор оптимального абсорбента для очистки водородно-фтористого газа в роторно-фильтровальном аппарате и исследование эффективности аппарата. *Universum: технические науки*, (3-4 (84)), 44-51.
18. Дусматов, А. Д., Хурсанов, Б. Ж., Ахроров, А. А., & Сулаймонов, А. (2019). Исследование напряженно деформированное состояние двухслойных пластин и оболочек с учетом поперечных сдвигов. In *Энерго-ресурсосберегающие технологии и оборудование в дорожной и строительной отраслях* (pp. 48-51).
19. Ахроров, А. А. У., Исомиддинов, А. С., & Тожиев, Р. Ж. (2020). Гидродинамика поверхностно-контактного элемента ротор-фильтрующего пылеуловителя. *Universum: технические науки*, (8-3 (77)), 10-16.
20. Мирзахонов, Ю. У., Хурсанов, Б. Ж., Ахроров, А. А., & Сулаймонов, А. (2019). Применение параметров натяжного ролика при теоретическом изучении динамики транспортирующих лент. In *Энерго-ресурсосберегающие технологии и оборудование в дорожной и строительной отраслях* (pp. 134-138).
21. Rasuljon, T., Azizbek, I., & Akmaljon, A. (2021). Analysis of the dispersed composition of the phosphorite dust and the properties of emission fluoride gases in the production of superphosphate mineral fertilizers. *Universum: химия и биология*, (6-2 (84)), 68-73.
22. Akhrorov, A. K. M. A. L. J. O. N. (2021). Study of mass taransfer process in rotary-filter gas cleanaer. *Austrian journal of technical and natural science*,(11-12), 3-19.
23. Тожиев, Р. Ж., Исомиддинов, А. С., & Ахроров, А. А. У. (2021). Исследование пленочного слоя на рабочей поверхности роторно-фильтрующего аппарата. *Universum: технические науки*, (7-1 (88)), 42-48.
24. Toimatovich, K. I., & Ikromovich, K. I. (2019). The method of determining the size of the mixing zone bubbling extractor. *International scientific review*, (LV), 11-15.
25. Тожиев, Р. Ж., Ахроров, А. А., & Герасимов, М. Д. (2019). Исследование методом фотоупругости ковейрных лент при различных условиях нагружения. In *Энерго-ресурсосберегающие технологии и оборудование в дорожной и строительной отраслях* (pp. 266-273).

26. Ахроров, А. А. У. (2022). Исследование массообменного процесса при мокрой очистке газов в роторно-фильтрующем аппарате. *Universum: технические науки*, (4-8 (97)), 23-29.
27. Ugli, A. A. A. (2022). Study of the mass transfer process in the wet treatment of waste gases generated in the production of superphosphate. *International Journal of Advance Scientific Research*, 2(11), 11-19.
28. Мухамадсадилов, К. Д., & Давронбеков, А. А. (2021). Исследование влияния гидродинамических режимов сферической нижней трубы на процесс теплообмена. *Universum: технические науки*, (7-1 (88)), 38-41.
29. Mukhamadsadikov, K. J., & ugli Ortikaliev, B. S. (2021). Working width and speed of the harrow depending on soil resistivity. *Web of Scientist: International Scientific Research Journal*, 2(04), 152-158.
30. Abdukakhovich, A. N., & Muhammadsodikov, K. D. (2021). Improving the design of internal plates in columnar apparatus. *The American Journal of Engineering and Technology*, 3(05), 1-8.
31. Мухамадсадилов, К., Ортикалиев, Б., Юсуов, А., & Абдулаттоев, Х. (2021). Ширина захвата и скорости движения выравнивателя в зависимости удельного сопротивления почвы. *Збірник наукових праць SCIENTIA*.
32. Mukhamadsadikov, K. J. (2022). Determination of installation angle and height working body of the preseeded leveler. *American Journal Of Applied Science And Technology*, 2(05), 29-34.
33. Axunboev, A., & Muxamadsodikov, K. (2021). Drying fine materials in the contact device. *Barqarorlik va yetakchi tadqiqotlar onlayn ilmiy jurnali*, 1(5), 133-138.
34. Axunboev, A., Muxamadsodikov, K., & Qoraboev, E. (2021). Drying sludge in the drum. *Barqarorlik va yetakchi tadqiqotlar onlayn ilmiy jurnali*, 1(5), 149-153.
35. Axunboev, A., Muxamadsodikov, K., Djuraev, S., & Musaeov, A. (2021). Analysis of the heat exchange device complex in rotary ovens. *Barqarorlik va yetakchi tadqiqotlar onlayn ilmiy jurnali*, 1(5), 127-132.
36. Mukhamadsadikov, K., & Ortiqaliyev, B. (2022). Constructive Parameters of Earthquake Unit Before Sowing. *Eurasian Journal of Engineering and Technology*, 9, 55-61.
37. Khabibullaevich, M. R. (2021). Drying Building Materials in a Drum Dryer. *Journal of Marketing and Emerging Economics*, 1(6), 93-97.
38. Mirsharipov, R. (2021). Analysis of drying building materials in a drum dryer. *Scientific progress*, 2(8), 145-152.
39. 52Tojiev, R. J., Axunboev, A. A., Mirsharipov, R. X., & Abdukadirov, N. (2019). Drying glass feed stock in drum drier for manufacturing glass products. *Scientific-technical journal*, 2(3), 137-140.

- 40.Тожиев, Р. Ж., Ахунбаев, А. А., & Миршарипов, Р. Х. (2018). Сушка тонкодисперсных материалов в безуносной роторно-барабанном аппарате. Научно-технический журнал ФерПИ,-Фергана,(2), 116-119.
- 41.54Mirsharipov, R. H., & Akhunbaev, A. A. (2020). Research of Hydrodynamic Parameters of Drum Dryer. International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology, 7(11).
- 42.Тожиев, Р. Ж., Ахунбаев, А. А., Миршарипов, Р. Х., Муллажонова, М. М. К., & Йигиталиев, М. М. У. (2021). Анализ процесса сушки минеральных удобрений в барабанном аппарате. Universum: технические науки, (8-1 (89)), 31-36.
- 43.Тожиев, Р. Д., Ахунбаев, А. А., & Миршарипов, Р. Х. (2021). Исследование гидродинамических процессов при сушке минеральных удобрений в барабанных сушилках. Научно-технический журнал, 4(4).
- 44.58Tojiyev, R. J., Akhunbaev, A. A., & Mirsharipov, R. X. (2021). Research of hydrodynamic processes when drying mineral fertilizers in drum dryers. Scientific-technical journal, 4(4), 10-16.
- 45.Tojiev, R. J. (2020). Axunbaev AA Mirsharipov RX Optimization konstruksii sushilnogo barabana na osnove sistemnogo analiza protsessa. Universum: tehnicheckie nauki, (11-1), 80.
- 46.60Tojiev, R., Mirsharipov, R., Axunbaev, A., & Abdusalomova, N. (2020). Optimized dryer design based on system process analysis. Universum: технические науки: научный журнал, (2), 11.
- 47.Ахунбоев, А. А., & Хабибуллаевич, М. Р. Барабанли аппаратда дисперс материални куритиш жараёни статикаси. 2020. Фарғона политехника институти Илмий-техника журнали, 5(1), 268-272.
- 48.Тожиев, Р. Ж., Миршарипов, Р. Х., & Ражабова, Н. Р. (2022). Гидродинамические Режимы В Процессе Сушки Минеральных Удобрений. Central Asian journal of theoretical & applied sciences, 3(5), 352-357.
- 49.Ахунбаев, А. А., & Ражабова, Н. Р. (2021). Высушивание дисперсных материалов в аппарате с быстро вращающимся ротором. Universum: технические науки, (7-1 (88)), 49-52.
- 50.Ахунбаев, А. А., Ражабова, Н. Р., & Вохидова, Н. Х. (2020). Исследование гидродинамики роторной сушилки с быстровращающимся ротором. Экономика и социум, (12-1), 392-396.
- 51.Тожиев, Р. Ж., Садуллаев, Х. М., Миршарипов, Р. Х., & Ражабова, Н. Р. Суюқланма материалнинг кристалланиши ва куритиш жараёнларининг ўзига хослиги. ФарПИ ИТЖ (STJ FerPI),–2019,–24 №, 1, 46-58.
- 52.Тожиев, Р. Ж., Садуллаев, Х. М., & Хабибуллаевич, М. Р. (2018). Аэрофонтан усулида фосфор кукунини пуркаш орқали ўғит доналлар сиртини қоплаш ва куритиш технологияси. 2018. Фарғона политехника институти Илмий-техника журнали, 4(4), 239-243.