

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛО И МАССООБМЕНА МЕЖДУ ВЛАЖНЫМИ ЧАСТИЦАМИ ВОЛОКНИСТОГО МАТЕРИАЛА И ТЕПЛОВЫМ АГЕНТОМ**

Илхомжон Мамаризаев

Ассистент, Ферганский политехнический институт, Узбекистан, г. Фергана

E-mail: [i.mamarizayev@ferpi.uz](mailto:i.mamarizayev@ferpi.uz)

Абдуллох Абдулазизов

Ассистент, Ферганский политехнический институт, Узбекистан, г. Фергана

E-mail: [abdulloh.abdulazizov@ferpi.uz](mailto:abdulloh.abdulazizov@ferpi.uz)**Аннотация**

В статье приведены результаты исследований сушки волокнистого материала. При сушке поверхностной влаги с поверхности частиц волокнистого материала одновременно происходит передача тепла от теплового агента к поверхности высушиваемого материала и испарения влаги с поверхности частиц в тепловой агент. Оба процесса относятся к конвективным: конвективный теплообмен и конвективный массообмен.

**Ключевые слова:** сушка, конвекция, перенос, фильтрация, диффузия, теплообмен, массообмен, волокнистый материал.

**Введение**

Движение связанной воды, иногда известное как “перенос жидкой влаги вблизи сухости” или “сорбционная диффузия”, было изучено рядом исследователей [1-3]

Показано, что перенос жидкой влаги все еще существует в области сорбции и является сильной функцией содержания свободной воды. Уиттакер и Чжоу [3-9] изучили конвективный перенос газовой фазы в сухой области, содержащей связанную влагу, и пришли к выводу, что в этой области может существовать поток жидкой влаги. Движение связанной влаги, однако, не может быть просто определено как диффузионный процесс, что часто создает путаницу при анализе переноса жидкой влаги в процессах сушки. Кроме того, измеренная проводимость связанной влаги сильно зависит от содержания влаги. Таким образом, движение связанной влаги может быть скорее обусловлено протеканием по очень тонким капиллярам или через клеточные мембраны.

Известно [10-21], что фильтрационная сушка носит зональный характер, поэтому исследование тепло - и массообмена влажного волокнистого материала также проводили в коротком слое, для того, чтобы весь слой материала принимал участие в процессе массообмена. Исследования проводили путем фильтрации теплового агента в направлении “влажный материал – перфорированная перегородка”. Коэффициент теплоотдачи и массоотдачи при фильтрационной сушке рассчитывали по следующим зависимостям:

$$\frac{\Delta W}{\Delta \tau} \cdot r = \alpha \cdot F \cdot \left( \frac{t_{ex} + t_{вых}}{2} - t_{m.m} \right), \quad (1)$$

$$\frac{\Delta W}{\Delta \tau} = \beta \cdot F \cdot \left( x_{нас} - \frac{x_{нас} + x_0}{2} \right) \cdot \rho, \quad (2)$$

где:  $x_0$ ,  $x_{нас}$  - соответственно начальное влагосодержание теплового агента и в состоянии насыщения;  $t_{ex}$ ,  $t_{вых}$ ,  $t_{m.m}$  - соответственно температура теплового агента на входе, выходе из слоя и температура мокрого термометра, °C;  $\beta$  - коэффициент массоотдачи, м<sup>2</sup>/с;  $\alpha$  - коэффициент теплоотдачи, м<sup>2</sup>/с.

Рассчитанные нами коэффициенты теплоотдачи  $\alpha$  для влажного волокнистого материала по зависимости (1) от действительной скорости  $v$  представлены на рисунке 1.

Аналогично, как и для слоя сухого, так и влажного волокнистого материала коэффициент теплоотдачи линейно возрастает с ростом действительной скорости движения теплового агента, однако для влажного материала коэффициент теплоотдачи на 30% большим, чем для сухого материала, при одинаковых гидродинамических условиях, что объясняется лучшей теплопроводностью влажного материала [22-27].

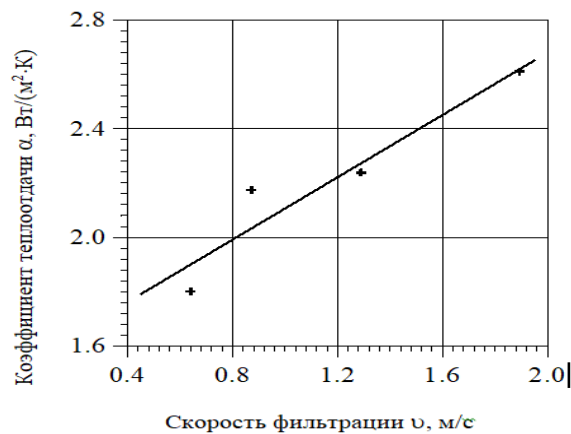


Рисунок 1. Зависимость коэффициентов теплоотдачи  $\alpha$  от действительной скорости фильтрации теплового агента  $v$  для влажного волокна хлопка-сырца.

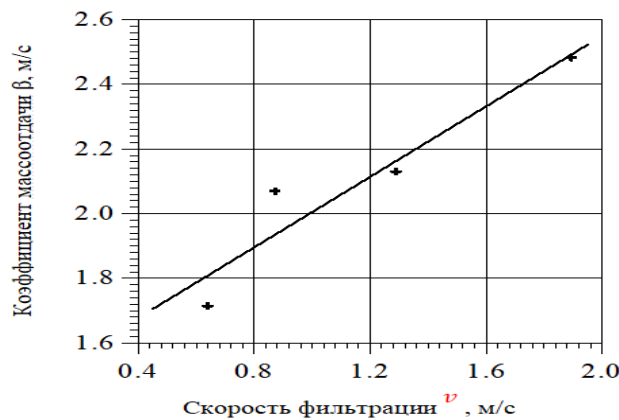


Рисунок 2. Зависимость коэффициентов массоотдачи  $\beta$  от действительной скорости теплового агента  $v$  для влажного волокнистого материала.

Полученные значения коэффициентов теплоотдачи для влажных частиц материала являются усредненными по слою. А рассчитанные нами коэффициенты массоотдачи  $\beta$  по зависимости (2) от действительной скорости  $v$  движения теплового агента для влажного слоя волокнистого материала представлены на рисунке 2.

Согласно рекомендациям [5], принимали, что:  $Sh \sim Sc^{0,33}$ , а  $Nu \sim Pr^{0,33}$ .

Для обобщения тепло и массообмена результаты экспериментальных исследований представим на рисунках 3 и 4 в виде функциональных зависимостей  $\frac{Nu}{Pr^{0,33}} = f(Re_e)$  и

$\frac{Sh}{Sc^{0,33}} = f(Re_e)$ . Несмотря на различную природу теплообменных и массообменных

процессов, которая оценивается числами Прандтля и Шмидта, экспериментально определенные комплексы  $\frac{Nu}{Pr^{0,33}}$  и  $\frac{Sh}{Sc^{0,33}}$  совпадают между собой для одинаковых чисел

Рейнольдса (каждая точка на рисунках 3 и 4 получена усреднением минимум 3-х экспериментов) [28-31].

Неизвестные значения коэффициентов  $A$  и  $n$  определены из графической зависимости на рисунке 3, приведены в таблице 1, и они справедливы в пределах числа Рейнольдса  $10 \leq Re \leq 100$ .

Таблица 1. Значение коэффициентов "А" и "n" в зависимости (3)

$Re_e$	$A$	$n$
$10 \div 100$	$4,5 \cdot 10^{-2}$	0,1

Тогда зависимость для влажного волокнистого материала будет иметь вид:

$$Nu = 4,5 \cdot 10^{-2} \cdot Re_e^{0,1} \cdot Pr^{0,33}, \quad (3)$$

А зависимость для массообмена влажного волокнистого материала будет иметь вид:

$$Sh = 4,5 \cdot 10^{-2} \cdot Re_e^{0,1} \cdot Sc^{0,33} \quad (4)$$

Как видно из таблицы 1, для обоих случаев уравнение в безразмерных комплексах характеризуются одинаковыми показателями степени у числа Рейнольдса, что указывает на одинаковое влияние гидродинамики на эти коэффициенты.

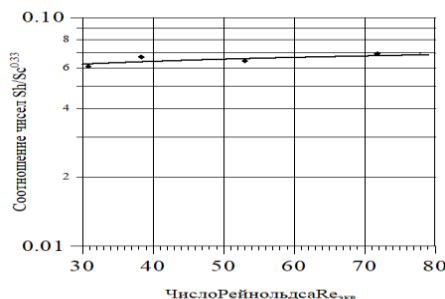


Рисунок 3. Обобщение теплообмена при фильтрационной сушке волокнистого материала.

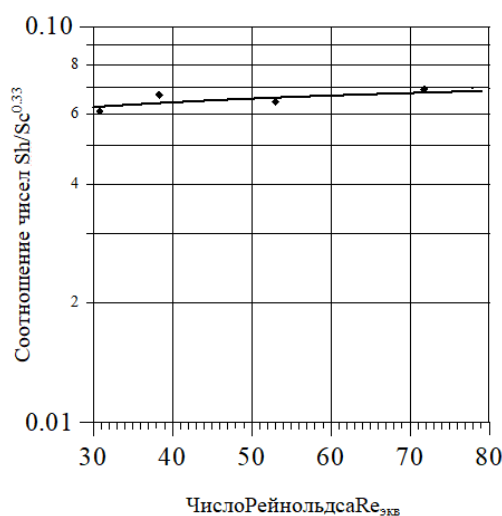


Рисунок 4. Обобщение массообмена при фильтрационной сушке волокнистого материала.

Приведенные зависимости (3) и (4) позволяют определить коэффициенты теплоотдачи и массоотдачи при фильтрационной сушке в стационарном слое для волокнистого материала в широких пределах изменения числа Рейнольдса ( $10 \leq Re \leq 100$ ) и прогнозировать затраты тепловой энергии на процесс фильтрационной сушки волокнистого материала и, соответственно, эксплуатационные затраты на этапе ее проектирования и установить экономическую целесообразность применения фильтрационного метода сушки.

#### Литература:

1. Alizafarov, B., Madaminova, G., & Abdulazizov, A. (2022). Based on acceptable parameters of cleaning efficiency of a rotor-filter device equipped with a surface contact element. *Journal of Integrated Education and Research*, 1(2), 36-48.
2. Abdulloh, A. (2022). Ho '1 usulda chang ushlovchi va gaz tozalovchi qurilmada gidravlik qarshilikni tadqiq etish. *Yosh Tadqiqotchi Jurnal*, 1(5), 246-252.
3. Khoshimov, A., Abdulazizov, A., Alizafarov, B., Husanboyev, M., Xalilov, I., Mo'yidinov, A., & Ortiqaliyev, B. (2022). Extraction of caprolactam in two stages in a multiple-stage barbotation extractor. *Conferencea*, 53-62.
4. Khoshimov, A., Abdulazizov, A., Alizafarov, B., Husanboyev, M., Xalilov, I., Mo'yidinov, A., & Ortiqaliyev, B. (2022). Extraction of caprolactam in two stages in a multiple-stage barbotation extractor. *Conferencea*, 53-62.
5. Adil, A., Bobojon, O., Abdusama, M., Avzabek, X., Ismoiljon, X., Bekzod, A., ... & Abdulloh, A. (2022). Drying in the apparatus with a quick rotating rotor. *Conferencea*, 182-189.

6. Adil, A., Abdusamad, M., Abdulloh, A., Avzabek, X., Ismoiljon, X., Bekzod, A., ... & Bobojon, O. (2022). Modernization of working blades of the construction glass shell mixing device. *Conferencea*, 199-206.
7. Abdulloh, A., Gulnora, G., Avzabek, X., Ismoiljon, X., Bekzod, A., Muhammadbobur, X., ... & Abdusamad, M. (2022). Kinetics of drying of spray materials. *Conferencea*, 190-198.
8. Adil, A., Abdusamad, M., Abdulloh, A., Avzabek, X., Ismoiljon, X., Bekzod, A., ... & Bobojon, O. (2022). Drying of mineral fertilizersresearch of hydrodynamic processes. *Conferencea*, 158-165.
9. Adil, A., Muhammadbobur, X., Ortiqaliyev, B., Abdusamad, M., Abdulloh, A., Avzabek, X., ... & Bekzod, A. (2022). Roasting of nickel hydrocarbonate. *Conferencea*, 174-181.
10. Adil, A., Abdulloh, A., Gulnora, G., Ismoiljon, X. A. X., Bekzod, A., & Muhammadbobur, X. (2022). Study of longitudinal mixing in a drum apparatus. *Conferencea*, 166-173.
11. Axmadjonovich, E. N., Abduqaxxor o'g'li, A. A., & Mahmudjon o'g'li, I. M. (2022). Determination of Efficiency for Cleaning Quartz Sand and Dolomite Dust in A Wet Method Dust Cleaning Machine. *Eurasian Research Bulletin*, 9, 39-43.
12. Sadullaev, X., Muydinov, A., Xoshimov, A., & Mamarizaev, I. (2021). Ecological environment and its improvements in the fergana valley. *Barqarorlik va yetakchi tadqiqotlar onlayn ilmiy jurnali*, 1(5), 100-106.
13. Rasuljon, T., Akmaljon, A., & Ilkhomjon, 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.
14. Sadullaev, X., Tojiyev, R., & Mamarizaev, I. (2021). Experience of training bachelor-specialist mechanics. *Barqarorlik va yetakchi tadqiqotlar onlayn ilmiy jurnali*, 1(5), 116-121.
15. Sadullaev, X., Alimatov, B., & Mamarizaev, I. (2021). Development and research of a high-efficient extraction plant and prospects for industrial application of extractors with pneumatic mixing of liquids. *Barqarorlik va yetakchi tadqiqotlar onlayn ilmiy jurnali*, 1(5), 107-115.
16. Xursanov, B. J., Mamarizayev, I. M. O., & Abdullayev, N. Q. O. (2021). Application of interactive methods in improving the quality of education. *Scientific progress*, 2(8), 175-180.
17. Xursanov, B. J., Mamarizayev, I. M. O., & Akbarov, O. D. O. (2021). Application of constructive and technological relationships in machines. *Scientific progress*, 2(8), 164-169.
18. Xursanov, B. J., Mamarizayev, I. M. O., & Akbarov, O. D. O. (2021). Operation of mixing zones of barbotage extractor in stable hydrodynamic regime. *Scientific progress*, 2(8), 170-174.
19. Ergashev, N. A., Mamarizayev, I. M. O., & Muydinov, A. A. O. (2022). Kontakt elementli ho 'l usulda chang ushlovchi apparatni sanoatda qo 'llash va uning samaradorligini tajribaviy aniqlash. *Scientific progress*, 3(6), 78-86.
20. Komilova, K. (2022). Texnologik jarayonda qo 'llaniladigan qurilmalar tahlili. *Eurasian Journal of Academic Research*, 2(7), 106-111.
21. Mamarizayev, I., & Abdunazarov, A. (2022). Multi-stage bubble extractor with increased contact time. *Eurasian Journal of Academic Research*, 2(7), 112-116.

22. Axmadjonovich, E. N., Abduqaxxor o'g'li, A. A., & Mahmudjon o'g'li, I. M. (2022). Determination of Efficiency for Cleaning Quartz Sand and Dolomite Dust in A Wet Method Dust Cleaning Machine. *Eurasian Research Bulletin*, 9, 39-43.
23. Mahmudjon o'g'li, I. M. Problems of implementation of wet method dust capture equipment at "Kvarts" JSC.
24. Ализафаров, Б. М. (2020). Ecological drying of fine dispersed materials in a contact dryer. *Экономика и социум*, (11), 433-437.
25. Tojiyev, R., Isomidinov, A., & Alizafarov, B. (2021). Strength and fatigue of multilayer conveyor belts under cyclic loads. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, 12(7), 2050-2068.
26. Tojiev, R., Alizafarov, B., & Muydinov, A. (2022). Theoretical analysis of increasing conveyor tape endurance. *Innovative technologica: methodical research journal*, 3(06), 167-171.
27. Rasuljon, T., & Bekzod, A. (2022). Theoretical research of stress in rubber-fabric conveyor belts. *Universum: технические науки*, (4-12 (97)), 5-16.
28. Axunboev, A., Alizafarov, B., Musaev, A., & Karimov, A. (2021). Analysis of the state of the problem of ensuring the operation of the rotating units. *Barqarorlik va yetakchi tadqiqotlar onlayn ilmiy jurnali*, 1(5), 122-126.
29. Musajonovich, A. B. (2022). Methods Of Strength Calculation Of Multi-Layer Conveyor Belts. *Eurasian Research Bulletin*, 14, 154-162.
30. Adil, A., Ismoiljon, X., Bekzod, A., & Muhammadbobur, X. (2022). Use of swirlers in heat exchangers. *Conferencea*, 149-157.
31. Ализафаров, Б. М. (2020). Ecological drying of fine dispersed materials in a contact dryer. *Экономика и социум*, (11), 433-437.