

UDC 66.047.45

MRNTI 64.29.15

A. Ye. Khussanov<sup>1</sup>, V. M. Atamanyuk<sup>3</sup>, B. M. Kaldybayeva<sup>1</sup>,  
A. Zh. Abilmagzhanov<sup>2</sup>, D. Zh. Janabayev<sup>1</sup>, Zh. Ye. Khussanov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>M. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan;

<sup>2</sup>D. V. Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry, Almaty, Kazakhstan;

<sup>3</sup>Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine.

E-mail: kaldybaeva.b@mail.ru

## RESULTS OF EXPERIMENTAL RESEARCH OF HYDRODYNAMICS OF A STATIONARY LAYER DURING FILTRATION DRYING OF RAW COTTON

**Abstract.** This article presents the results of experimental researches of the hydrodynamics of a stationary layer during filtration drying of raw cotton. At the same time, the total energy consumption for the process of filtration drying consists of pressure losses in the stationary layer and heating of the heat agent to a predetermined temperature. For this, it is important to establish the dependence of pressure losses in a stationary layer of wet cotton fiber on the fictitious filtration rate of the heat agent, as an important factor determining the intensity and economic efficiency of filtration drying. All experiments were carried out with appropriate hangings of cotton fiber, taking into account that the natural moisture content of cotton fiber is insignificant. Experimental studies have been conducted on filtering a thermal agent through a conditionally stationary layer of cotton fiber with different weights were performed in the form of a functional dependence  $\Delta P = f(v_0)$ . The results of comparing the ratio of experimentally determined values of pressure losses in a conditionally stationary layer of cotton fiber to those theoretically calculated as a function of the Reynolds number are presented. The absolute value of the relative error does not exceed 14.2%, which is explained by the complex structure and spontaneity of the formation of a stationary layer of cotton fiber, as well as the impact of the pressure drop on the height of the layer.

**Key words:** cotton fiber, hydrodynamics, filtration drying, hydraulic resistance, porosity, active specific surface area of the layer.

**Introduction.** It is known [1,2] that cotton is used for the production of cotton wool and various types of fabrics for industrial and household purposes, in particular chintzes, satin, batiste, cord for automobile tires and the like. Cotton fibers are widely used in new, non-traditional areas applications, such as reinforcing composites, geotextiles, personal absorption products and biomedical materials [3-7]. Therefore, the modernization of cotton processing and high-quality storage is extremely important for the development of the economy of Kazakhstan [8,9].

Currently in cotton processing plants when using drying drums of the type 2SB-10, SBT, SBU deteriorates the properties of raw materials. As a result of subsequent technological processes, the fiber grade is reduced by 25% through mechanical action, a lot of energy is spent, the color of the fiber is lost and there is also twisting of the fiber and the fiber microstructure deteriorates [10]. Drying drums used for drying raw cotton, as well as equipment and methods for drying food product and vegetative raw material [11-13], do not provide more efficient and high-quality drying of fibers, its moisture content should be between 8-9% [10].

Considering that the intensity of heat and mass transfer determines the speed of movement of the heat agent relative to the elements of the porous layer, this work presents the results of experimental researches of pressure losses in the cotton fiber layer from the point of view of the internal hydrodynamic problem during filtration drying of cotton. This method of drying can not only ensure the preservation of high quality raw cotton, but also reduce the energy costs of the primary processing process [14].

**Experimental part and description of the installation.** All experiments were carried out with the appropriate hangings of cotton fiber. Considering that the natural moisture content of cotton fiber is insignificant ( $0.08 - 0.12 \text{ kg H}_2\text{O/kg dry. mat.}$ ) and the moisture is mostly related, at the temperature of the gas stream  $T=293 \text{ K}$  and relative air moisture  $\varphi = 60\%$  its evaporation will also be insignificant (the time of the experiment was  $90 - 120 \text{ s}$ , the sample mass loss during the experiment was less than  $0,2\%$ ), therefore the effect of moisture evaporation on pressure loss was not taken into account.

Experimental studies of the hydrodynamics of a stationary layer of cotton fiber were carried out on an experimental installation, shown in figure 2, according to the method given in the works [14,15].

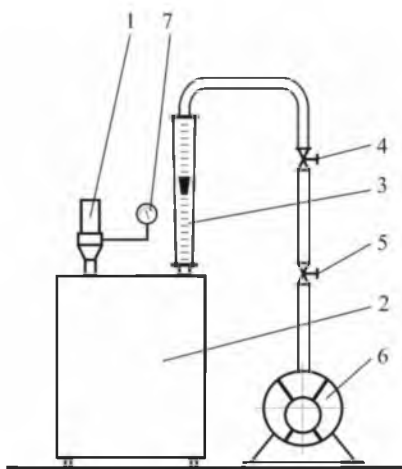


Figure 1 – Diagram of an experimental installation for researching the hydrodynamics of a conditionally stationary layer of cotton fiber:  
 1 – experimental capacity;  
 2 – receiver;  
 3 – rotameter;  
 4, 5 – control and shut-off valve;  
 6 – the vacuum pump;  
 7 – vacuum meter.

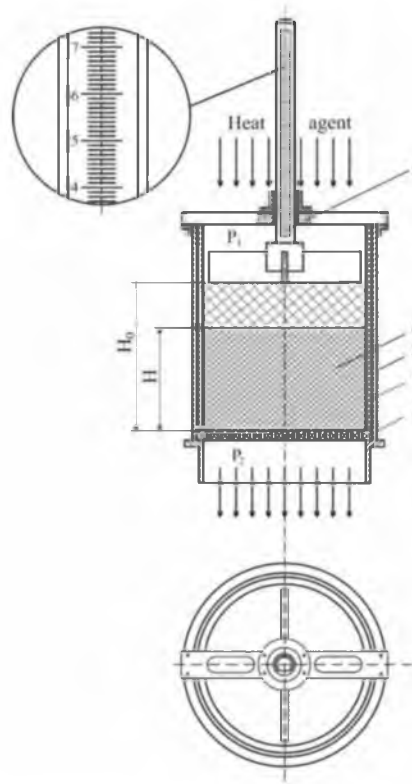


Figure 2 – Scheme of the experimental capacity:  
 1 – the basis of the experimental capacity;  
 2 – thermal insulation insert;  
 3 – the perforated partition;  
 4 – a layer of cotton fibers;  
 5 – gauge;  
 $H_0$  – initial height of the cotton fiber hitch;  
 $H$  – the current height of the cotton fiber during the changing of pressure drop.

The experimental installation consists of a container 1 that is installed on the receiver 2, and with the help of a system of pipelines and a rotameter 3, 4 shut-off and regulating 5 valves is connected to a circulating vacuum pump 6. The rarefaction created by the vacuum pump in the receiver and under the material layer is measured by a vacuum meter 7.

The experimental tanks are presented in figure 3. The base of the container 1 is made of duralumin, and the cylindrical insert 2 and the perforated partition 3 are made of thermal insulation material (fluoroplast). In the center of the container is a measuring ruler 5, which makes it possible to determine the height of a conditionally stationary layer of cotton fiber 4 during the changes in the pressure drop.

In the experimental capacity 1, the appropriate cotton fiber suspension was loaded and installed on the receiver 2. Included a vacuum pump 6 and with the help of a control valve 5 different air flow rates were set through the cotton fiber layer. The flow rate was determined by the readings of the rotameter 3, pressure loss according to the vacuum meter 7 a change in the height of the cotton fiber layer using a measuring ruler. The number of measurements was 8 to 10 points, and each experiment was performed at

least three times until stable data was obtained. For each experiment was taken a fresh load of cotton. The weight of each cotton hitch was determined using the AXIS-3000 electronic weight with an accuracy of 0.01g. The initial volume density for each experiment of the same weight of the hitch was the same.

The initial data for conducting experimental researches are shown in the table.

Characteristics of the cotton fiber layer [16]

Weight of the hitch $G_v, \text{ kg}$	Porosity $\varepsilon_0$	Surface area $F, \text{ m}^2$	The height of the fiber layer $H_v, \text{ m}$
0.010	0.990	3.448	0.00101
0.015	0.987	5.172	0.00151
0.020	0.986	6.897	0.00201
0.025	0.984	8.621	0.00252
0.030	0.981	10.345	0.00302
0.060	0.966	20.689	0.00604
0.080	0.955	27.586	0.00806
0.110	0.942	37.931	0.01108

**Discussion and checking the adequacy of results.** Experimental researches on filtration of a heat agent through a conditionally stationary layer of cotton fiber with different weights were performed the functional dependence  $\Delta P=f(v_0)$  is shown in figure 3 (a).

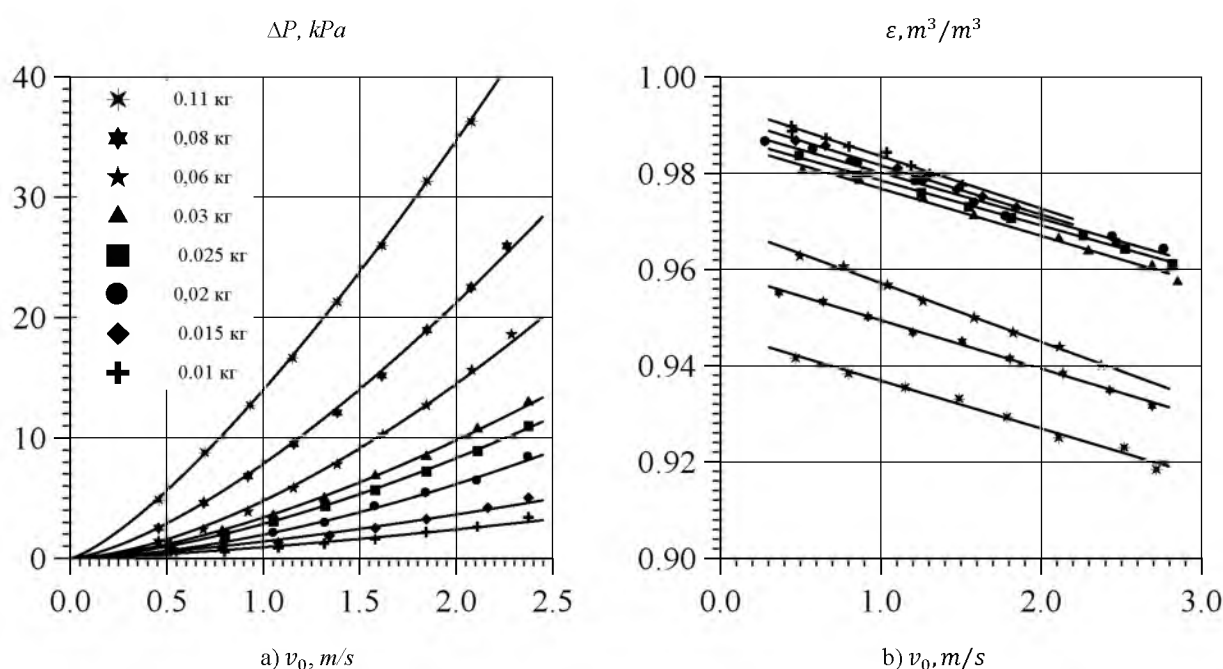


Figure 3 – Results of experimental researches: a) dependence of pressure losses in a conditionally stationary layer of cotton fiber on the fictitious filtration rate of the heat agent; b) dependence of the porosity of the cotton fiber layer on the fictitious filtration rate of the heat agent

Analysis of figure 3 (a) shows that the curves have a parabolic character, that is, the pressure loss in a conditionally stationary layer of cotton fiber is affected by both the viscous and inertial components. Figure 3 (b) shows a change in the porosity of the cotton fiber layer with a change in the fictitious filtration rate of the heat agent  $\varepsilon = f(v_0)$ .

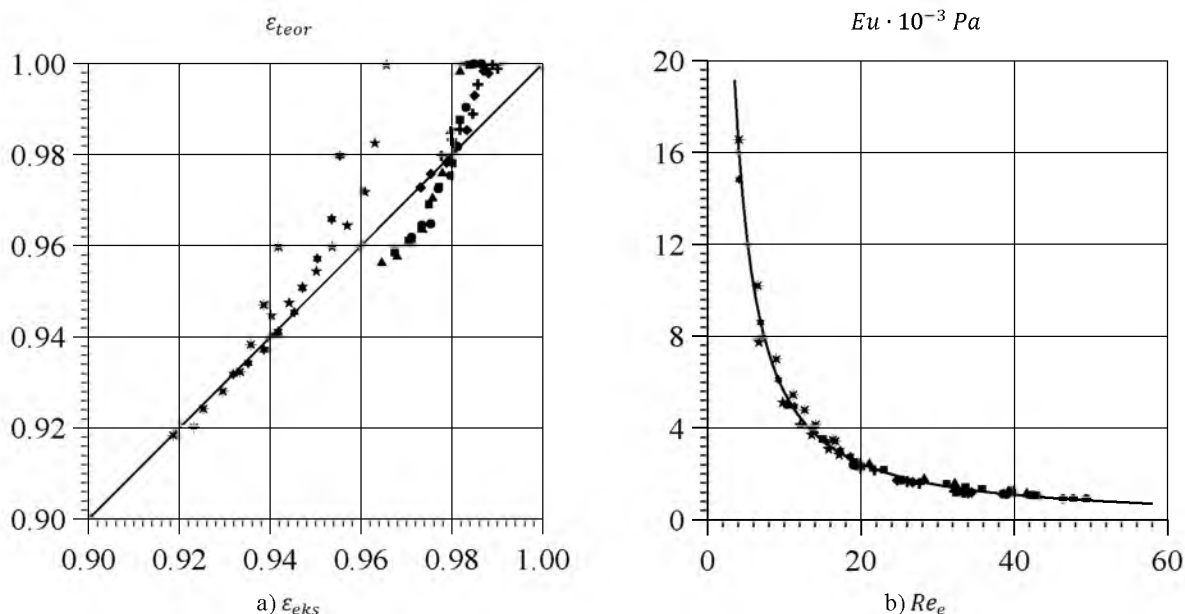


Figure 4 – Comparison of experimental and theoretically calculated dependencies (the designation corresponds to figure 3): a) comparison of experimental and theoretically calculated on the dependence (1) values of porosity of a conditionally stationary layer of cotton fiber, b) dependence of the Euler number on the Reynolds number.

Approximation of experimental information by a power function allowed us to receive the following calculated dependence:

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \cdot v_0^{-0.025} \quad (1)$$

The results of comparison of experimental data on the porosity of a conditionally stationary layer of cotton fiber with theoretically calculated ones based on the dependence (1) are shown in figure 4 (a).

As can be seen from figure 4 (a), the absolute value of the maximum relative error between the experimental data and the theoretically calculated data does not exceed 5.6%.

Generalization of experimental data (in figure 3 (a)), on the hydrodynamics of filtering a thermal agent through a stationary layer of cotton was carried out in the form of dimensionless complexes  $Eu = f(Re_e)$  (in figure 4 (a)), and dependence of the hydraulic resistance coefficient of the layer  $\xi = f(Re_e)$  as functions of the Reynolds number (in figure 5 (b)).

Approximation of the experimental data shown in figure 4 (b) by a power function allowed us to obtain the following calculated dependence:

$$Eu = 84000 \cdot Re_e^{-1.18}, \quad (2)$$

where  $Re_e$  – is the equivalent value of the Reynolds number.

$$Re_e = \frac{v \cdot d_e \cdot \rho}{\mu},$$

where  $\mu$  – is coefficient of dynamic viscosity of the gas flow,  $Pa \cdot s$ ;

The coefficient of hydraulic resistance of the cotton fiber layer was calculated based on the experimental data shown in figure 3 (a) from the equation [17,18]:

$$\Delta P = \xi \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2} = \xi \cdot \frac{\rho \cdot v_0^2}{2 \cdot \varepsilon_l^2} \quad (3)$$

where  $\xi$  – is the coefficient of hydraulic resistance of the porous layer  $\xi = \lambda_l \cdot \frac{(a+b) \cdot H_v}{2 \cdot a \cdot b \cdot \varepsilon_l}$ ,  $v_0$  – fictitious heat agent filtration rate  $v_0 = v \cdot \varepsilon$ ,  $m/c$ ;  $\varepsilon_l$  – is the porosity of the layer,  $m^3/m^3$ ;  $a$  and  $b$  – the middle width and thickness of the cotton lint, respectively, m;  $H_v$  – is the height of the fiber layer with density  $\rho_v$ , m.

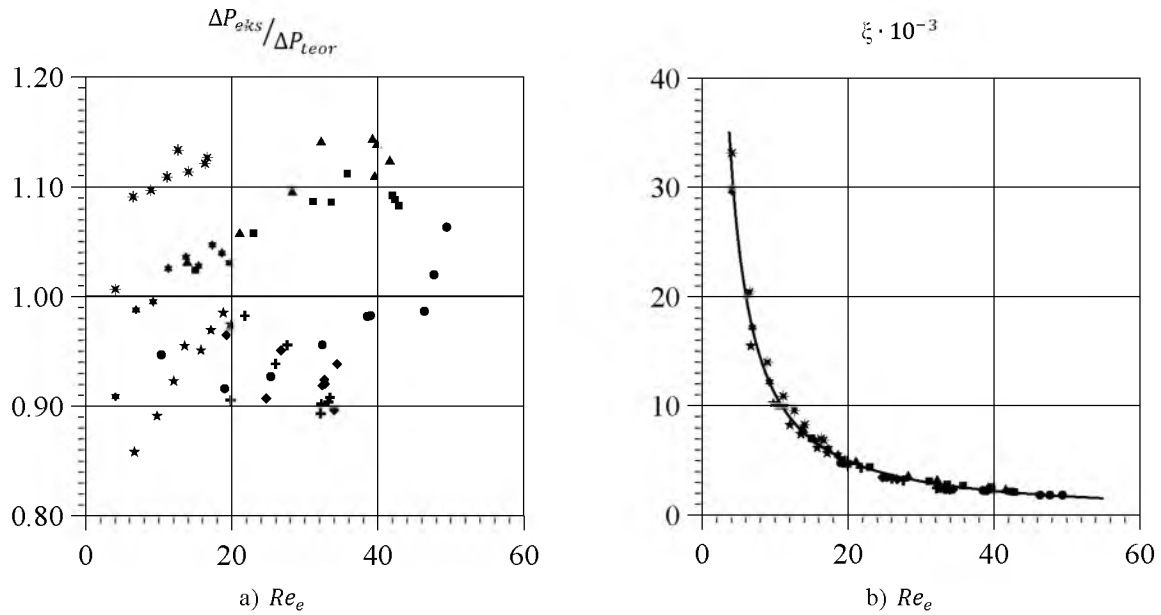


Figure 5 – Comparison of experimental and theoretically calculated dependencies (the designation corresponds to figure 3): a) - comparison of experimental and theoretically calculated on the dependence (2) of pressure losses in a conditionally stationary layer of cotton fiber  
b) - dependence of the coefficient of hydraulic resistance of cotton fiber on the Reynolds number

Approximation of experimental information shown in figure 5 (b) by a power function allowed us to receive the following calculated dependence [19,20]:

$$\xi = 160000 \cdot Re_e^{-1.16} \quad (4)$$

Comparing the proportion of experimentally determined values of pressure losses in a conditionally stationary layer of cotton fiber to those theoretically calculated based on the dependence (2) on the Reynolds number shown in figure 5 (a). The absolute value of the relative error does not exceed 14.2%, which is explained by the complex structure and spontaneity of the formation of a stationary layer of cotton fiber, as well as the impact of the pressure drop on the height of the layer.

**Conclusions.** One of the high-intensity methods of removing both free and bound moisture is filtration drying. This is due to the fact that during drying, the filtration heat agent is filtered through the porous structure of the wet material, which is placed on the perforated partition in the direction "wet material - perforated partition". The speed of movement of the heat agent in the pores and channels of a stationary layer of wet material determines the thickness of the boundary layer (hydrodynamic, thermal and diffusion) and accordingly, the values of the heat coefficients and mass transfer. Besides that, the surface of heat and mass transfer is the total surface of the pores and channels through which the heat agent is filtered. The filtration rate of the heat agent is determined based on technical and economic considerations, taking into account that its increase affects the growth of pressure loss. Moreover, the actual speed of movement of the heat agent relative to the layer elements is significantly higher than in the case of drying by any other methods (in boiling layer, during drying in pneumatic transport dryers, etc). Large heat and mass transfer surfaces and the speed of the heat agent in the pores and channels of the stationary layer of wet material provide high coefficients of heat and mass transfer and accordingly, the intensity of filtration drying.

А. Е. Хусанов<sup>1</sup>, В. М. Атаманиук<sup>3</sup>, Б. М. Қалдыбаева<sup>1</sup>,  
А. З. Абильмагжанов<sup>2</sup>, Д. Ж. Джанабаев<sup>1</sup>, Ж. Е. Хусанов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>М. Өуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Шымкент, Қазақстан;

<sup>2</sup>Д. Сокольский атындағы Жанармай, катализ және электрохимия институты АҚ, Алматы, Қазақстан;

<sup>3</sup>«Львов политехникасы» Ұлттық университеті, Львов, Украина

## ШИТТИ МАҚТАНЫ СҮЗІП КЕПТІРУ КЕЗІНДЕ СТАЦИОНАРЛЫҚ ҚАБАТТЫҢ ГИДРОДИНАМИКАСЫН ЭКСПЕРИМЕНТТІК ЗЕРТТЕУ НӘТИЖЕЛЕРІ

**Аннотация.** Мақта талшығы армирлеуші композит, геотекстиль, жеке абсорбция құралдары және биомедициналық материалдар сияқты жаңа, дәстүрлі емес қолдану салаларында кеңінен пайдаланылады. Сондықтан мақтаны қайта өңдеуді жаңғырту және сапалы сақтау Қазақстан экономикасын дамыту үшін өте маңызды. Қазіргі уақытта мақта өңдеу зауыттарында кептіру барабанын пайдалану барысында шикізат қасиеттері нашарлайды. Келесі технологиялық үдерістер нәтижесінде талшықтың сорттылығы механикалық әсер ету арқылы 25% - ға төмендейді: артық энергия жұмсалады, талшық түсі жоғалады әрі бұралады, талшықтың микроқұрылымы нашарлайды.

Жылу мен масса алмасудың қарқыны кеуекті қабаттың элементтеріне қатысты жылу агентінің қозғалыс жылдамдығын анықтайтынын ескере отырып, аталған зерттеу жұмысында мақтаны сүзіп кептіру барысында гидродинамиканың ішкі міндеті тұрғысынан мақта талшығының қабатындағы қысым шығынын тәжірибелік зерттеу нәтижесі ұсынылған. Мұндай кептіру әдісі шитті мақтаның жоғары сапасын сақтауды қамтамасыз етумен қатар, бастапқы өңдеу үдерісінің энергетикалық шығынын да төмендетуі мүмкін. Сонымен бірге Сүзгіш Кептіру үдерісіне жұмсалатын энергия шығыны тұрақты қабаттағы қысымның жоғалу уақытынан жылу агентін берілген температураға дейін қыздырады. Бұл үшін мақтаның ылғалды талшық қабатындағы тұрақты қысымның жоғалып кету жағдайының фильтрациялық кептірудің қарқыны мен экономикалық тиімділігін анықтайтын маңызды фактор ретінде жылу агентін сүзгілеудің фиктивті жылдамдығына тәуелділігін анықтау маңызды болып саналады. Мақта талшығының табиғи ылғалының мардымсыздығын ескере отырып, эксперимент мақта талшығын өлшеу барысында жүргізілді.

Тәуелділікті талдау мақта талшығының шартты стационарлық қабатындағы қысымның жоғалуына Тұтқыр және инерциялық құрамдастың әсерін айқындады. Жылу агентін сүзудің фиктивті жылдамдығын ауыстыра отырып, мақта талшығы қабатындағы кеуектің өзгеру үдерісі көрсетілген. Ылғалды материалдың стационарлық қабатының тесігі мен каналындағы жылу агентінің қозғалыс жылдамдығы шекаралық қабат қалыңдығын және тиісінше жылу және масайналым коэффициенттерінің мәнін анықтайды. Сонымен қатар, жылу және масса алмасу беті жылу агенті сүзетін тесіктер мен каналдардың жиынтық беті болып саналады. Жылу агентін сүзу жылдамдығы оның ұлғаюы қысымның жоғалуына әсер ететінін ескере отырып, техникалық-экономикалық пайымдарға сүйене отырып анықталады. Бұл ретте, қабат элементтеріне қатысты жылу агентінің нақты қозғалыс жылдамдығы кез келген басқа әдістермен (қайнаған қабатта, пневмокөлік кептіргішінде кептіру кезінде және т.б.) кептіру жағдайына қарағанда айтарлықтай жоғары. Жылу және масса алмасудың үлкен беті және ылғалды материалдың стационарлық қабатының тесігі мен каналдарындағы жылу агентінің жылдамдығы жылу және масса қайтарудың жоғары коэффициентін және тиісінше Сүзгіш кептірудің қарқындылығын қамтамасыз етеді.

Рейнольдс санына байланысты теориялық есептелген мақта талшығының шартты стационарлық қабатындағы қысымның тәжірибелік мәнінің қатынасын салыстыру нәтижесі келтірілген. Салыстырмалы қателіктің абсолюттік мәні 14,2%-дан аспайды, бұл жағдай мақта талшығының стационарлық қабатының қалыптасуының күрделі құрылымы, стихиялығы, сондай-ақ қабат биіктігіне қысым ауытқуының әсері негізінде түсіндіріледі.

**Түйін сөздер:** мақта талшығы, гидродинамика, сүзіп кептіру, гидравликалық кедергі, кеуектілік, қабаттың белсенді беткі қабаты.

А. Е. Хусанов<sup>1</sup>, В. М. Атаманюк<sup>3</sup>, Б. М. Калдыбаева<sup>1</sup>,  
А. З. Абилямгажанов<sup>2</sup>, Д. Ж. Джанабаев<sup>1</sup>, Ж. Е. Хусанов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауезова, Шымкент, Казахстан;

<sup>2</sup>Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д. Сокольского, Алматы, Казахстан;

<sup>3</sup>Национальный университет «Львовская политехника», Львов, Украина

## РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ГИДРОДИНАМИКИ СТАЦИОНАРНОГО СЛОЯ ПРИ ФИЛЬТРАЦИОННОЙ СУШКЕ ХЛОПКА-СЫРЦА

**Аннотация.** Волокна хлопка широко используются в новых, нетрадиционных областях применения, таких как армирующие композиты, геотекстиль, средства индивидуальной абсорбции и биомедицинские материалы. Поэтому модернизация переработки хлопка и качественное хранение имеет чрезвычайно важное значение для развития экономики Казахстана. В настоящее время на хлопкоперерабатывающих заводах при использовании сушильных барабанов ухудшаются свойства сырья. В результате последующих технологических процессов сортность волокна снижается на 25% через механическое воздействие, тратится много энергии, теряется цвет волокна, а также происходит скручивание волокна, ухудшается микроструктура волокна.

Учитывая то, что интенсивность тепло- и массообмена определяет скорость движения теплового агента относительно элементов пористого слоя, в данной работе представлены результаты экспериментальных исследований потерь давления в слое волокна хлопка с точки зрения внутренней задачи гидродинамики при фильтрационной сушке хлопка. Такой метод сушки может не только обеспечить сохранение высокого качества хлопка сырца, но и снизить энергетические расходы процесса первичной переработки. Вместе с этим суммарные затраты энергии на процесс фильтрационной сушки состоят из потерь давления в стационарном слое и нагрева теплового агента до заданной температуры. Для этого важно установить зависимость потерь давления в стационарном слое влажного волокна хлопка от фиктивной скорости фильтрации теплового агента, как важного фактора определяющего интенсивность и экономическую эффективность фильтрационной сушки. Все эксперименты проводили при соответствующих навесках волокна хлопка, учитывая то, что естественное влагосодержание волокна хлопка является незначительным.

Анализ зависимостей показывает, что на потери давления в условно стационарном слое волокна хлопка влияют как вязкостная, так и инерционная составляющие. Приведено изменение порозности слоя волокна хлопка со сменой фиктивной скорости фильтрации теплового агента. Скорость движения теплового агента в порах и каналах стационарного слоя влажного материала определяет толщину пограничного слоя и соответственно значения коэффициентов тепло- и массоотдачи. Кроме этого, поверхностью тепло- и массообмена является суммарная поверхность пор и каналов, сквозь которые фильтруется тепловой агент. Скорость фильтрации теплового агента определяют исходя из технико-экономических соображений, учитывая то, что ее увеличение влияет на рост потери давления. Причем, действительная скорость движения теплового агента относительно элементов слоя значительно выше, чем в случае сушки любыми другими методами (в кипящем слое, во время сушки в пневмотранспортных сушилках и др). Большие поверхности тепло- и массообмена и скорость теплового агента в порах и каналах стационарного слоя влажного материала обеспечивают высокие коэффициенты тепло- и массоотдачи и соответственно интенсивность фильтрационной сушки.

Приведены результаты сравнения отношения экспериментально определенных значений потерь давления в условно стационарном слое волокна хлопка к теоретически рассчитанным в зависимости от числа Рейнольдса. Абсолютное значение относительной погрешности не превышает 14,2%, что объясняется сложной структурой и стихийностью формирования стационарного слоя волокна хлопка, а также воздействием перепада давления на высоту слоя.

**Ключевые слова:** волокно хлопка, гидродинамика, фильтрационная сушка, гидравлическое сопротивление, пористость, активная удельная поверхность слоя.

### Information about the authors:

Khussanov Alisher Ye., Candidate of technical sciences, Associate Professor of M. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan; khusanov\_1975@inbox.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1563-6437>

Atamanyuk Volodimir M., Doctor of Technical Sciences, Professor of Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine; atamanyuk@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0002-8707-2319>

Kaldybayeva Botagoz M., PhD, Associate Professor of M. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan; kaldybaeva.b@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1570-2107>

Abilmagzhanov Arlan Zh., Candidate of Chemical Sciences, Head of Applied Research laboratory of JSC “D. V. Sokolskiy Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry”, Almaty, Kazakhstan; arlandez\_81@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8355-8031>

Janabayev Dauren Zh., PhD Doctoral Student M. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan; janabaev19@mail.ru

Khussanov Zhakhongir Ye., Candidate of technical sciences. Associate Professor of M. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan; zhakhongir@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7482-4828>

## REFERENCES

- [1] Avtonomov A.I., Kaziev M.Z., Shlejxer A.I. i dr. (1983) *Xlopkovodstvo*. Kolos, M. ISBN: 3803030104-089 (in Russ.).
- [2] Maksudov I.T., Nuraliev A.N. (1994) *Spravochnik po pervichnoj obrabotke xlopka*. NPO «Xlopkoprom», Tashkent. ISBN: 5-8244-1048-8 (in Russ.).
- [3] Kale R.D., Bansal P.S., Gorade V.G. (2017) Extraction of Microcrystalline Cellulose from Cotton Sliver and Its Comparison with Commercial Microcrystalline Cellulose // *Journal of Polymers and the Environment*. 26: 355-364. doi:10.1007/s10924-017-0936-2 (in Eng.).
- [4] Zeng L., Zhao S., He M. (2018) Macro scale porous carbonized polydopamine-modified cotton textile for application a selector dein microbial fuel cells. *Journal of Power Sources*. 376: 33-40. DOI: 10.1016/j.jpowsour.2017.11.071 (in Eng.).
- [5] Wedin H., Niit E., Mansoor Z. A., Kristinsdottir A. R., DelaMotte H., Jönsson C., Lindgren C. (2018) Preparation of Viscose Fibres Stripped of Reactive Dyes and Wrinkle-Free Cross linked Cotton Textile Finish // *Journal of Polymer sand the Environment*. 6: 3603-3612. DOI:10.1007/s10924-018-1239-y (in Eng.).
- [6] Cui L., Shi S., Hou W., Yan Z., Dan J. (2018) Hydrolysis and carbonization mechanism of cotton fiber sin subcritical water // *New Carbon Materials*. 33: 245-251. DOI: 10.1016/s1872-5805(18)60337-3 (in Eng.).
- [7] Lv N., Wang X., Peng S., Luo L., Zhou, R. (2018) Super hydrophobic super ole o phallic cotton-oil absorbent: preparation and it supplication in oil-water separation. *RSC Advances*. 8: 30257-30264. DOI: 10.1039/c8ra05420g (in Eng.).
- [8] Gosudarstvennaya programma industrial'no-innovacionnogo razvitiya Respubliki Kazakhstana 2020 - 2025 gody': utverzhdena Postanovleniem Pravitel'stva Respubliki Kazakhstan 31 dekabrya, 2019, № 1050 // [https://online.zakon.kz/Document/doc\\_id=32424143](https://online.zakon.kz/Document/doc_id=32424143) (in Russ.).
- [9] Azhimetova G.N. (2011) Mirovoj opyt i obzor razvitiya hlopkovodstva v Kazahstane. Modern problems of science and education [Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya] 1: 53-58 (in Russ.).
- [10] Ibrogimov H.I., Alimardonov K.M., Zulfanov S.Z., Badalov A.B. (2007) Termodinamicheskie karakteristiki processa degidratacii hlopka-syrca // *Textile industry technology [Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti]* 4: 19-22 (in Russ.).
- [11] Umirzakov R., Mukhiddinov D.N., Abdirova M., Ongar B. (2019) Influence on the mode of grain drying in the heat generator and combustion products // *News of the national academy of sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences*. Vol. 1, N 433 (2019). P. 176-186. <https://doi.org/10.32014/2019.2518-170X.22>. ISSN 2518-170X (Online), ISSN 2224-5278 (Print) (in Eng.).
- [12] Abdizhapparova B.T., Khanzharov N.S., Ospanov B.O., Pankina I.A., Orymbetova G E. (2019) A way of vacuum-atmospheric drying of jerusalem artichoke tubers // *News of the national academy of sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences*. Vol. 6, N 438 (2019). P. 165-176. <https://doi.org/10.32014/2019.2518-170X.167>. ISSN 2518-170X (Online), ISSN 2224-5278 (Print) (in Eng.).
- [13] Abdizhapparova B.T., Khanzharov N.S., Ospanov B.O., Pankina I.A., Kumisbekov S., Islam K.S. (2019) Results of vacuum-atmospheric drying of large-dispersed food materials // *News of the national academy of sciences of the Republic of Kazakhstan. Series chemistry and technology*. Vol. 6, N 438 (2019). P. 61-69. <https://doi.org/10.32014/2019.2518-1491.75>. ISSN 2518-1491 (Online), ISSN 2224-5286 (Print) (in Eng.).
- [14] Atamanyuk V.M., Gumnich'kij Ya.M. (2013) *Naukovi osnovi fil'tracijnogo sushinnya dispersnih materialiv*. Vidavnicтво Nacional'nogo universitetu “L'vivs'ka politekhnika”, L'viv. ISBN: 978-617-607-397-0 (in Ukr.).
- [15] Atamanyuk V., Huzova I., Gnativ Z. (2018) Intensification of Drying Process During Activated Carbon Regeneration // *Chemistry&Chemical Technology*. N 2 (2018). P. 263-271. <https://doi.org/10.23939/chcht12.02.263> (in Eng.).
- [16] Khussanov A., Atamanyuk V. , Janabayev D., Kaldybaeva B. (2019) Research of Properties of Raw Cotton –as the Object of Drying. 2 nd INTERNATIONAL Scientific Conference “Chemical Technology and Engineering”. 1: 223-224.
- [17] Aerov M.E., Todes O.M., Narinskij D.A. (1979) *Apparaty so stacionarnym zemistym sloem: Gidravlicheskie i teplovye osnovy raboty*. M.: Himiya. ISBN: 31402-097-79 (in Russ.).
- [18] Hanik Ya.M., Rimar T.I., Krekhovec'kij O.M. (2006) *Gidrodinamika i kinetika procesu sushinnya glini u shchil'nomu shari pid chas ICH-nagrivannya*. Scientific herald. Collection of scientific and technical works of NLTU [Naukovij visnik. Zbimik nauko-tekhnichnih prac' NLTUU]. 16 (5): 74-78. (in Ukr.).
- [19] Arun S. Mujumdar (2015) *Handbook of Industrial Drying Fourth Edition*. LLC CRC Press is an imprint of Taylor & Francis Group, an Informa business, US. ISBN: 978-1-4665-9666-5 (in Eng.).
- [20] Belenkaya I.R., Golinskaya Ya.A. (2016) Technological aspects of production of the candied fruits from non-traditional raw material // *Food science and technology*, 10 (2): 50-57. DOI: <http://dx.doi.org/10.15673/fst.v10i2.156> (in Eng.).