

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»**

**Інститут технічної теплофізики НАН України
Інститут Газу НАН України
Грузинський технічний університет**

**Збірник тез доповідей XVIII міжнародної
науково-практичної конференції студентів,
аспірантів і молодих вчених**

**”РЕСУРСОЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ
ТА ОБЛАДНАННЯ”**

21-22 травня
Київ 2020

УДК 66

ББК 35.11я43

Р 43

Збірник тез доповідей XVIII міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання" (21-22 травня 2020 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2020. – 201 с

Збірник тез доповідей XVIII міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених

"РЕСУРСОЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ"

Рекомендовано до друку
Вченою радою Інституту
технічної теплофізики
НАН України
Протокол № 5
від 12 березня 2020 р.

Рекомендовано до друку
Кафедрою машин та апаратів
хімічних
і нафтопереробних виробництв
Протокол № 15
від 14 травня 2020 р.

ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

Снєжкін Ю. Ф.	академік, д.т.н., директор Інституту технічної теплофізики НАН України, голова програмного комітету конференції
Корнієнко Я. М.	д.т.н., професор, зав. кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв Інженерно-хімічного факультету КПІ ім. Ігоря Сікорського, заступник голови програмного комітету конференції
Киричок П.О.	д.т.н, проф., директор Видавничо-поліграфічного факультету Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Ільєнко Б. К.	к.т.н., Вчений секретар Інституту Газу НАН України
Сергієнко Р.В.	к.т.н., Вчений секретар Інституту Інституту технічної теплофізики НАН України
Корінчук Д. М.	к.т.н., с.н.с., провідний науковий співробітник Інституту технічної теплофізики НАН України
Коник А.В.	к.т.н., с.н.с., провідний науковий співробітник Інституту технічної теплофізики НАН України
Какубава Реваз (Івері) В.	д.т.н., професор Грузинського технічного університету
Надейко О.В.	Начальник головного управління перспективного розвитку Білоруського державного концерну по нафті і хімії

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

Корнієнко Я. М.	д.т.н., професор, зав. кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв Інженерно-хімічного факультету КПІ ім. Ігоря Сікорського», голов організаційного комітету конференції
Степанюк А. Р.	к.т.н., доцент кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв Інженерно-хімічного факультету КПІ ім. Ігоря Сікорського, заступник голови програмного комітету конференції
Марчевський В. М.	к.т.н., професор кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв Інженерно-хімічного факультету КПІ ім. Ігоря Сікорського
Андрєєв І. А.	к.т.н., доцент кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв Інженерно-хімічного факультету НТУУ «КПІ»
Швед М. П.	к.т.н., доцент кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв Інженерно-хімічного факультету КПІ ім. Ігоря Сікорського
Зубрій О. Г.	к.т.н., доцент кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв Інженерно-хімічного факультету КПІ ім. Ігоря Сікорського

СЕКЦІЯ 1

**«ПРОЦЕСИ ТА АПАРАТИ ХІМІЧНИХ І
НАФТОПЕРЕРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ»**

CONDITIONS OF REALIZATION THE QUALITATIVE NON-UNIFORM FLUIDIZATION WITH INCREASED BED HEIGHT

professor Kornienko Y.M., senior lecturer Ph.D., Haidai S.S.,

student Stebletskii I.M.

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Summary.

The conditions for ensuring high-quality hydrodynamics of non-uniform jet-pulsating fluidization in autooscillating mode at the ratio of the breakdown height of the gas torch to the initial height of the fixed bed $z/H_0 \leq 0.31$ are determined.

KEY WORDS: FLUIDIZED BED, GRANULATION, HYDRODYNAMICS, DYNAMIC INDEX OF HYDRODYNAMICS QUALITY.

Анотація.

Визначено умови забезпечення якісної гідродинаміки неоднорідного струменево-пульсаційного псевдозрідження при відношенні висоти пробою газового факела до початкової висоти нерухомого шару $z_{\phi}/H_0 \leq 0.31$.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ПСЕВДОЗРІДЖЕНИЙ ШАР, ГРАНУЛЯЦІЯ, ГІДРОДИНАМІКА, ІНДЕКС ДИНАМІЧНОЇ ЯКОСТІ ГІДРОДИНАМІКИ.

According to the results of previous studies, it is established that increasing the energy efficiency of obtaining granular organic-mineral fertilizers of new generation, which would contain nutrients of mineral and organic origin, deoxidizing and stimulating impurities that fully meet modern requirements of rational land use is possible by using the non-uniform jet-pulsating fluidization in autooscillating mode [1-5].

The use of non-uniform jet-pulsating fluidization in auto-oscillating mode in the granulation of liquid heterogeneous systems provides intensification of

diffusion-controlled processes [1-5] , but increases the risk of stagnation on the working surfaces of the gas distribution device (GDD).

Previous studies [1-5] have shown that increasing the productivity of the apparatus by evaporated moisture with the implementation of a layered granulation mechanism is possible by increasing the total height of the layer of granular material H_0 , therefore, determination of the parameters of the hydrodynamic mode of non-uniform fluidization, which minimizes the risk of formation of stagnant zones on the working surface of GDD is relevant.

According to researches [1-5] the process is cyclical and is characterized by three stages [1]. In the first stage, the energy of gas jet in point A, Figure 1, should be sufficient to overcome the horizontal component of the hydrostatic pressure.

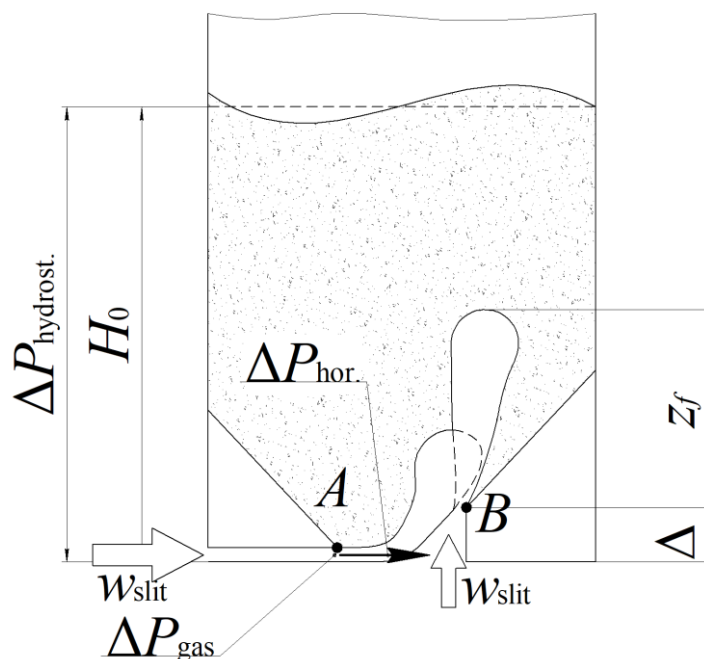


Figure 1 – Physical model of non-uniform fluidization

The horizontal component of pressure $\Delta P_{hor.}$ is determined by the hydrostatic pressure of the fluidized bed, taking into account the coefficient of proportionality $K_{hor.}$, Pa:

$$\Delta P_{hor.} = \Delta P_{hydrost.} K_{hor.}, \quad (1)$$

де $\Delta P_{hydrost.} = \rho_s g H_0 (1 - \phi_0)$.

However, the pressure created by the flooded gas jet coming out of the slit of GDD with a velocity w_{slit} with a density ρ_{gas} , Pa:

$$\Delta P_{\text{gas}} = \frac{\rho_{\text{gas}} w_{\text{slit}}^2}{2} \quad (2)$$

Since the pressure created by the flooded gas jet is equal to the horizontal pressure component, Pa:

$$\Delta P_{\text{gas}} = \Delta P_{\text{hor.}} \quad (3)$$

then:

$$\Delta P_{\text{gas}} = \Delta P_{\text{hydrost.}} K_{\text{hor.}} \quad (4)$$

Hence the calculated coefficient of proportionality:

$$K_{\text{hor.}} = \frac{\Delta P_{\text{gas}}}{\Delta P_{\text{hydrost.}}} \quad (5)$$

According to the results of previous studies, the authors [1-5] established the patterns of realization of non-uniform jet-pulsating fluidization in an auto-oscillating mode and determined the conditions under which a high-quality hydrodynamic mode is provided.

Studies of the hydrodynamic mode of fluidization were carried out on an experimental installation with the dimensions of the granulator chamber $A \times B \times H = 0.3 \times 0.11 \times 1.5$ m with a slit-type gas distribution device [6] with a cross-section coefficient $\alpha = 4.9\%$, and with guide insert in the upper part. As a granular material was used granular ammonium sulfate with humate impurities with an equivalent diameter in the range of values $1.5 \leq d_e \leq 4.0$ mm, density $\rho_s = 1450$ kg/m³. The ratio of the breakdown height of the gas torch z_f to H_0 (total bed height) was $z_f/H_0 = 0.31$.

According to the results of the analysis of experimental data in ensuring the qualitative hydrodynamics of non-uniform fluidization [1] when $i_{\text{quality}} = 1$, the pressure that creates a flooded gas jet is determined and the value of the coefficient of proportionality $K_{\text{hor.}}$ is obtained for particles with equivalent diameter in the range of values of $1.5 \text{ mm} \leq d_e \leq 4.0 \text{ mm}$, Figure 2.

It is established that the qualitative hydrodynamic mode of non-uniform fluidization, which minimizes the risk of stagnation and the index of dynamic quality of hydrodynamics $i_{\text{quality}}=1$ with increasing d_e is achieved with an adequate increase in the value of $K_{\text{hor.}}$.

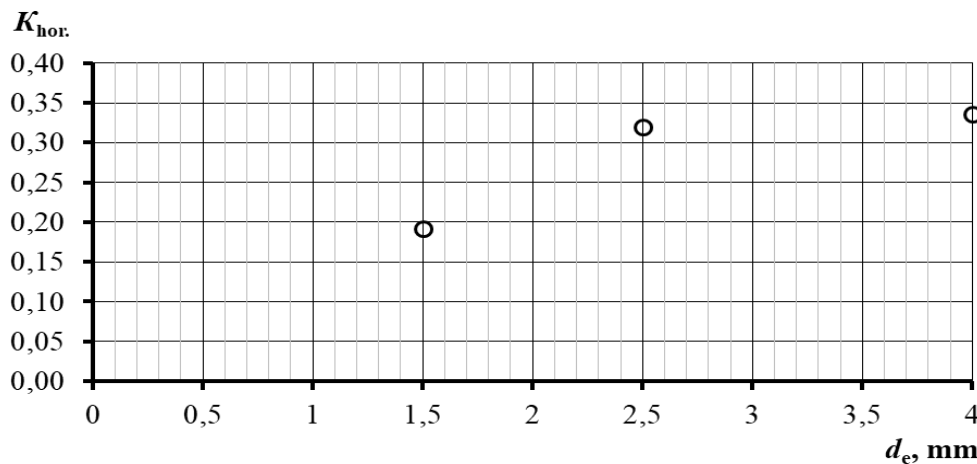


Figure 2 – The value of the coefficient $K_{\text{hor.}}$ depending on the equivalent particle diameter of the layer ($z_f/H_0=0.31$ та $\phi=4.9\%$)

In [4], similar experimental studies of the hydrodynamics of non-uniform fluidization at a cross section coefficient $\phi=3.2\%$ and the ratio of the gas torch breakdown height to the initial fluidized bed height $z_f/H_0=0.24$, $z_f/H_0=0.23$ and $z_f/H_0=0.2$ were performed, which corresponded to the initial fluidized bed height $H_0=0.42$ m, $H_0=0.52$ m and $H_0=0.6$ m. As a granular material the granulated ammonium sulfate with humate impurities with an equivalent diameter of $d_e=2.07$ mm was used.

According to the analysis of experimental data on the hydrodynamics of non-uniform fluidization [1] for the conditions of providing the values of $i_{\text{quality}}=1$, the values of the coefficient $K_{\text{hor.}}$ was obtained, Figure 3.

It is established that qualitative non-uniform fluidization with the index of dynamic quality of hydrodynamics $i_{\text{quality}}=1$ at decrease in the ratio z_f/H_0 is provided at increase in value of $K_{\text{hor.}}$. That is, to ensure a high-quality hydrodynamic mode of non-uniform fluidization with increasing hydrostatic

pressure of the initial bed of granular material, it is necessary to increase the energy of the gas jet by adequately increasing the gas velocity in slits of GDD.

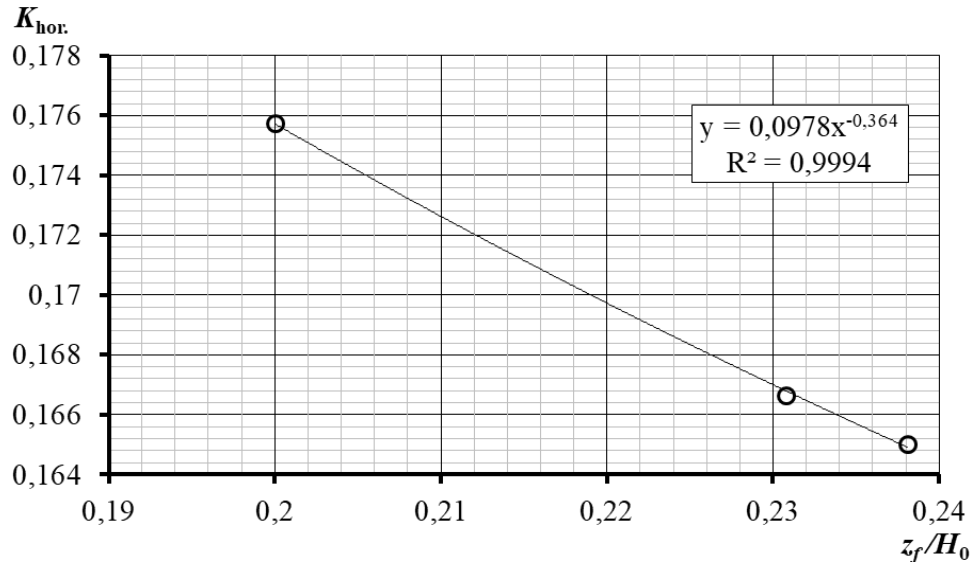


Figure 3 – Dependence of the coefficient $K_{hor.}$ from the ratio z_f/H_0 when $d_e=2.07$ mm and $\phi=3.2\%$

According to the results of the analysis of the obtained values, Figure 3, the nature of the change $K_{hor.}$ depending on z_f/H_0 can be approximated by a correlation dependence:

$$K_{hor.} = 0,0978 \left(\frac{z_f}{H_0} \right)^{-0,364} \quad (6)$$

The application of the dependence (6) and equations (2) and (5) allows to pre-determine the value of the gas velocity in the slits of the gas distributing device when changing the ratio of z_f/H_0 , within $0.24 \geq z_f/H_0 \geq 0.2$ for a bed of granular material with a particle size $d_e=2,07$ mm, which will ensure the fulfillment of the condition $i_{quality}=1$, m/s:

$$w_{slit} = \sqrt{\frac{2\Delta P_{hydrost.} K_{hor.}}{\rho_{gas}}} = \sqrt{\frac{2\Delta P_{hydrost.} 0,0978 \left(\frac{z_f}{H_0} \right)^{-0,364}}{\rho_{gas}}} \quad (7)$$

This will allow a constructive calculation of the gas distributing device of the industrial granulator, but the obtained correlation (6) is indicative and needs to

be clarified by making more extensive experimental studies of the influence of the ratio z_f/H_0 on the value of the coefficient K_{hor} .

References:

1. Гайдай С. С. Гідродинаміка у грануляторах із псевдозрідженим шаром при одержанні органо-мінеральних добрив. – Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. – КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2018. – 253 С. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/25455>.
2. Korniyenko Y. Modelling of pulsating mode of fluidization when obtaining organic-mineral fertilizers / Y. Korniyenko, S. Haidai, A. Liubeka, S. Turko, O. Martynyuk // Ukrainian Food Journal. – 2016. – Vol. 5. – Issue 4. – PP. 781-794.
3. Kornienko Y. Non-uniform fluidization in auto-oscillating mode / Y. Kornienko, S. Haidai // Ukrainian Food Journal. – 2017. – Vol. 6. – Issue 3. – PP. 562-576.
4. Kornienko Y. Kinetic laws of the process of obtaining complex humic-organic-mineral fertilizers in the fluidized bed granulator / Y. Kornienko, S. Hayday, A. Liubeka, O. Martynyuk // Ukrainian Food Journal. – 2016. – Vol. 5. – Issue 1. – PP. 144-154.
5. Корнієнко Я. М. Процес одержання модифікованих гранульованих гуміново-мінеральних добрив / Я. М. Корнієнко, А. М. Любека, С. С. Гайдай // КПІ ім. Ігоря Сікорського – Електронні текстові дані (1 файл: 8,79 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2017. – 210 С. – Режим доступу: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/12411>.
6. Патент № 109509 Україна МПК (2006.01) B01J 8/44. Газорозподільний пристрій апарата псевдозрідженого шару / Турко С. О., Корнієнко Я. М., Гайдай С. С., Мартинюк О. В., Любека А. М.; Заявл. 04.03.2016; Опубл. 25.08.2016, Бюл. № 16/2016.

CONDITIONS OF REALIZATION THE HIGH-QUALITY NON-UNIFORM JET-PULSATING FLUIDIZATION IN AN AUTO-OSCILLATING MODE

professor Kornienko Y.M., senior lecturer Ph.D., Haidai S.S.,

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

SUMMARY.

Are presented the results of experimental studies of non-uniform jet-pulsating fluidization in an auto-oscillating mode for a layer of granular material with an equivalent particle diameter of $1.5 \leq d_e \leq 4.0$ mm at the ratio of the breakdown height of the gas torch to the initial height of a granular material bed $z_f/H_0=0.3$. The conditions for ensuring a high-quality hydrodynamic mode, which eliminates the risk of stagnation on the working surfaces of the gass distribution device are defined. the calculation dependences of change in the pulsation frequency of fluidized bed, the mixing index and the dynamic quality index are defined.

KEY WORDS: FLUIDIZED BED, GRANULATION, HYDRODYNAMICS, DYNAMIC INDEX OF HYDRODYNAMICS QUALITY.

АНОТАЦІЯ.

Наведено результати експериментальних досліджень неоднорідного струменево-пульсаційного псевдозрідження в автоколивальному режимі для шару зернистого матеріалу із еквівалентним діаметром частинок $1,5 \leq d_e \leq 4,0$ мм при відношенні висоти пробую газowego факела до початкової висоти шару зернистого матеріалу $z_f/H_0=0,3$. Визначено умови забезпечення якісного гідродинамічного режиму, при якому усувається ризик утворення застійних зон на робочих поверхнях ГРП, визначено розрахункові залежності

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ПСЕВДОЗРІДЖЕНИЙ ШАР, ГРАНУЛЯЦІЯ, ГІДРОДИНАМІКА, ІНДЕКС ДИНАМІЧНОЇ ЯКОСТІ ГІДРОДИНАМІКИ.

The use of non-uniform jet-pulsating fluidization in the auto-oscillating mode during dehydration and granulation of liquid systems provides active volumetric mixing of solid particles in the fluidized bed, which increases the intensity of diffusion-controlled processes.

The important factors that determine the stability of the kinetics of the process include the high movement activity of the granular material in the area of gas distribution device (GDD).

Authors [1-5] proposed a method for determination the index of the dynamic quality of hydrodynamics to establish conditions under which the formation of stagnant zones on the working surfaces of the slit type GDD with a cross section coefficient $\alpha=4.9\%$ at a fixed bed height $H_0=0.32$ m. The research was carried out at the ratio of the breakdown height of the gas jet to the height of the fixed bed $z_f/H_0=0.33$, that is 2 times less than in works of the author [6].

According to the results of studies of the hydrodynamics of the fluidized bed with $1.5 \leq d_e \leq 4.0$ mm was found that with increasing the number of fluidization increases the index of the dynamic quality of hydrodynamics $i_{quality}$, Figure 1.

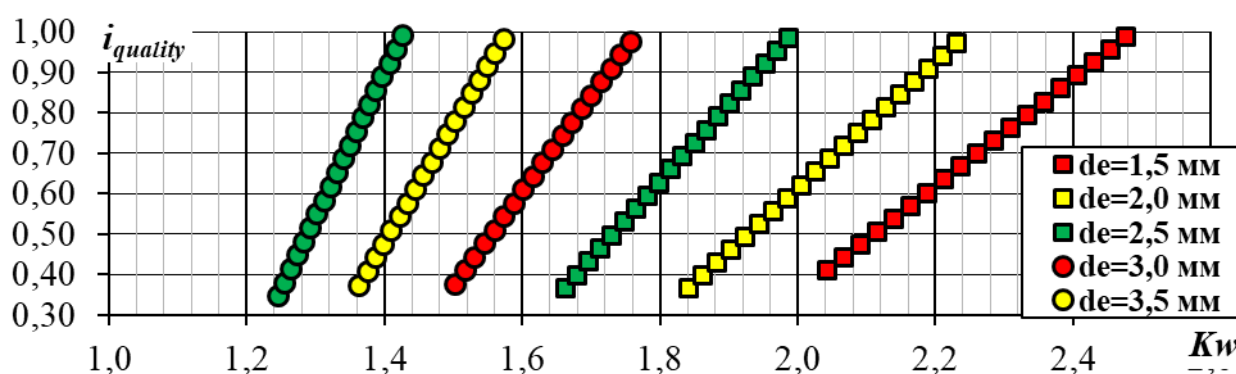


Figure 1 – Dependence of the index of dynamic quality of hydrodynamics on the number of fluidization $i_{quality}=f(K_w)$

However, to provide $i_{quality}=1.0$ with increasing d_e from 1.5 to 4.0 mm the number of fluidization K_w increases from 1.42 to 2.48, Figure 1. This is due to the increase in the mass of solid particles.

The group of factors that determine the intensity of transfer processes includes the pulsation frequency f and the mixing index $J_{\Delta P}$ [1-5].

Dependence of pulsation frequency f and the mixing index $J_{\Delta P}$ on the number of fluidization K_w for different values of d_e are shown on Figures 2 and 3. The index of dynamic quality of hydrodynamics $i_{quality}=1.0$ is provided at the set values of K_w for a specific particle size, Figure 1, corresponding to the maximum values of the pulsation frequency f and the mixing index $J_{\Delta P}$. With increasing particle size d_e from 1.5 to 4.0 the pulsation frequency of the bed f decreases from 3.12 to 1.75 Hz and the mixing index $J_{\Delta P}$ from 0.86 to 0.37.

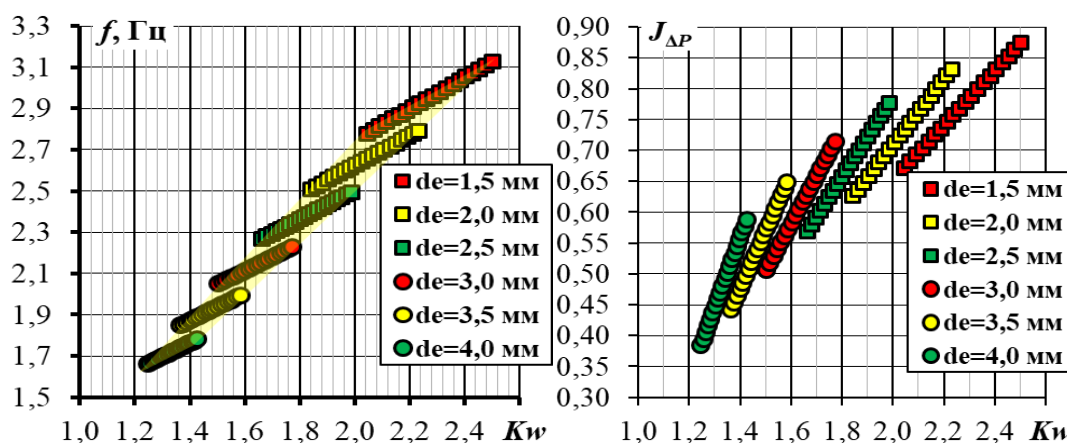


Figure 2 – Dependence $f=f(K_w)$

Figure 3 – Dependence $J_{\Delta P}=f(K_w)$

Generalization of results of the experimental studies is made in the form of dependencies for predicting the index of dynamic quality of hydrodynamics $i_{quality}$ (1), the pulsation frequency of the granular material bed f (2) and the mixing index $J_{\Delta P}$ (3) depending on the number of fluidizations K_w and design parameters of GDD for fluidized bed with $1.5 \leq d_e \leq 4.0$ mm:

$$i_{quality} = \left(298,16 \left(\frac{100aH_0}{\varphi} \right) + 0,9187 \right) K_w - 237,4 \left(\frac{100aH_0}{\varphi} \right) + 2,003 \quad (1)$$

$$f = 0,4523 \cdot \left(\frac{100aH_0}{\varphi} \right)^{-0,077} \cdot K_w + 1,3106 \cdot e^{-48,87 \left(\frac{100aH_0}{\varphi} \right)} \quad (2)$$

$$I_{\Delta P} = \left(91,41 \left(\frac{100aH_0}{\varphi} \right) + 0,3247 \right) K_w - 38,554 \left(\frac{100aH_0}{\varphi} \right)^{0,7666} \quad (3)$$

Dependence $i_{quality}=f(K_w)$ allows to determine the required mass flow rate of the liquefying agent and its velocity in the cracks of the GDD at known values of the equivalent particle diameter of the layer of granular material to almost completely eliminate the melting of the material on the working surfaces of the GDD.

Depending on the equivalent diameter of solid particles, the limits of realization of non-uniform jet-pulsating fluidization in an auto-oscillating mode also changes, therefore, according to the results of experimental studies for a bed of granular material with $1.5 \leq d_e \leq 4.0$ mm the minimum (initial) and maximum (final) values of the fluidization number K_w are determined, which ensure the fulfillment of the conditions of the physical model ($0.35 \leq i_{quality} \leq 1.0$ та $0.36 \leq J_{\Delta P} \leq 0.54$). The generalization of research results is made in the form of dependence $K_w=f(aH_0/\varphi)$, where a – the specific surface of the bed of granular material ($2400 \geq a \geq 900$ m²/m³ according to the values $1.5 \leq d_e \leq 4.0$ mm), $H_0=0.32$ m – the height of the fixed bed of granular material, $\varphi=4.9\%$ – coefficient of GDD cross section, Figure 4.

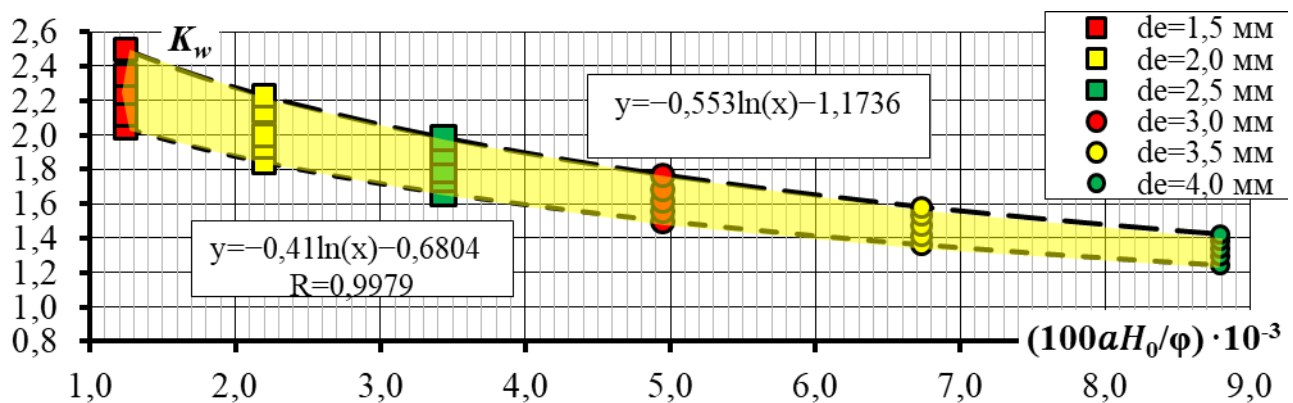


Figure 4 – Values of $K_w=f(aH_0/\varphi)$ within the existence of non-uniform fluidization in an auto-oscillating mode

So the non-uniform fluidization in an auto-oscillating mode is provided when the condition is met $K_{w(\min)} \leq K_{w(\text{поб.})} \leq K_{w(\max)}$:

$$K_{w(\min)} = -0,41 \cdot \ln\left(\frac{100aH_0}{\varphi}\right) - 0,6804 \quad (4)$$

$$K_{w(\max)} = -0,553 \cdot \ln\left(\frac{100aH_0}{\varphi}\right) - 1,1736 \quad (5)$$

The obtained dependences K_w , f , $J_{\Delta P}$ and $i_{quality}$ are expedient to use in the design calculation of the granulator with non-uniform fluidization in an auto-oscillating mode to obtain organic-mineral fertilizers from $1.5 \leq d_e \leq 4.0$ mm at the initial height of the fixed bed $H_0 = 0.32$ m. Increasing the value of H_0 will contribute to the intensification of the granulation process with increasing of the surface contact of the phases, so in the future it is necessary to make similar studies and establish the effect of changes in H_0 on dependences K_w , f , $J_{\Delta P}$ and $i_{quality}$.

References:

- 1. Гайдай С. С. Гідродинаміка у грануляторах із псевдозрідженим шаром при одержанні органо-мінеральних добрив. – Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. – КІІ ім. Ігоря Сікорського. – 2018. – 253 С. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/25455>.**
- 2. Korniyenko Y. Modelling of pulsating mode of fluidization when obtaining organic-mineral fertilizers / Y. Korniyenko, S. Haidai, A. Liubeka, S. Turko, O. Martynyuk // Ukrainian Food Journal. – 2016. – Vol. 5. – Issue 4. – PP. 781-794.**
- 3. Kornienko Y. Non-uniform fluidization in auto-oscillating mode / Y. Kornienko, S. Haidai // Ukrainian Food Journal. – 2017. – Vol. 6. – Issue 3. – PP. 562-576.**
- 4. Корнієнко Я. М. Кінетика процесу створення органо-мінерально-гумінових добрив / Я. М. Корнієнко, С. С. Гайдай, О. В. Мартинюк, О. В. Куріньовський, А. М. Любека // Наукові праці ОНАХТ. Технічні науки. – 2015. – Вип. 47. – том 1. – С. 167-170.**

5. Kornienko Y. Kinetic laws of the process of obtaining complex humic-organic-mineral fertilizers in the fluidized bed granulator / Y. Kornienko, S. Hayday, A. Liubeka, O. Martynyuk // Ukrainian Food Journal. – 2016. – Vol. 5. – Issue 1. – PP. 144-154.
6. Буюевич Ю. А. Стуйное псевдоожигение / Буюевич Ю. А., Минаев Г. А // М.: Химия. – 1984. – 136 С.

THE MODERNIZATION OF THE ADSORBER FOR THE TEXTILE WASTEWATERS TREATMENT PLANT

student Kuznetsova A., Ph.D., assistant professor, Ph.D., Huliienko S.V.,
senior lecturer Ph.D., Novokhat O.A.

National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

ABSTRACT: *The description of the modernised design of the adsorber which is being proposed to use for textile industry wastewater treatment, especially for dyes removal.*

КЛЮЧОВІ СЛОВА: *adsorption, wastewaters, dyes, sorbent*

АНОТАЦІЯ: *Наведено опис модернізованої конструкція адсорбера, який пропонується використовувати для очищення стічних вод текстильних виробництв від барвників.*

КЛЮЧОВІ СЛОВА: *адсорбція, стічні води, барвники, сорбент*

In the textile industry, the water is mainly used during the dyes coating. Textile productions are considered as one of the most sources of wastewaters in the industry taking into account both the amount and composition of the produced wastewaters. More than one million tons of the dyes are produced by year and approximately 50% of them are used in the textile industry. Moreover, except for the dyes, in the production process, the complex organic compounds are generated in the wastewaters. They must be removed from the water. The wastewaters from the textile industry also include minerals salts [1, 2].

Taking into account the complex composition of the pollutants, it is reasonable to use the complex technology for wastewater treatment. They should include the adsorption for the organic compounds removal and the reverse osmosis for the mineral salts rejection [3].

For the improvement of the process of the dyes and organic compounds removal from water, the modified adsorber is used [4]. It includes the vertical body frame, the

nozzles and also the ring-shaped contact part. The last is consists of two coaxial perforated shells the space between them is closed at both ends and is filled with the sorbent. The adsorber differs by that the perforated shells are made with lateral corrugations and fixed between two covers. The bottom cover is solid and the upper cover is made with holes for the sorbent load and unload. Moreover, the mentioned covers are connected between each other with rod distance elements which are made in a form of the threaded rod with screws.

The disadvantages of described above construction include the decreasing of the sorbent volume concerning the apparatus volume and the possibility of fouling formation and accumulation in angles of the lateral corrugations [5].

The increasing of the sorbent volume in the apparatus is provided by including the lateral corrugations with the semicircular shape. Such design decreases the risk of the fouling formation in the perforated shells [5].

The proposed adsorber is operated in the following way. The gas, vapor or liquid mixture is pumped into the nozzle 2, then it flows in the ring-shaped channel between the body frame 1 and the perforated shell 5. After that is pass through the perforation of the lateral corrugations 7 (figure 2) of the shell 5 and the sorbent layer in the radial direction. Then it appears in the cavity of the perforated shell 6 and removed from adsorber thorough the nozzle 3 [5].

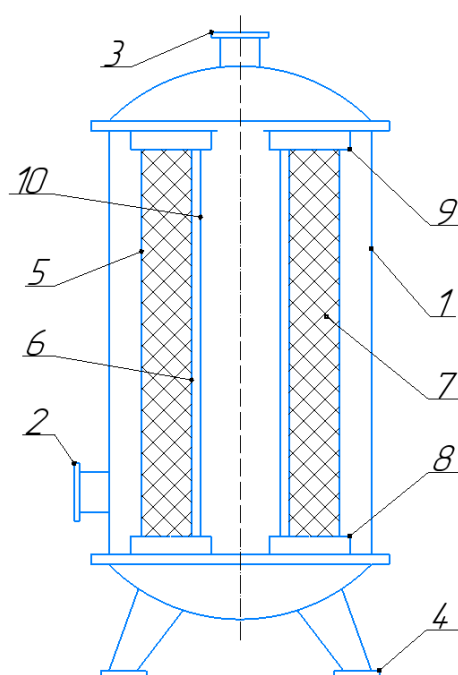


Figure 1 – The scheme of the adsorber

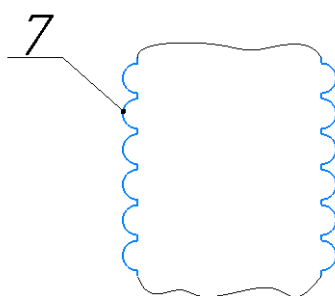


Figure 2 – The scheme of the lateral corrugations

This design provides effective use of the adsorbent volume in the apparatus and decreasing the fouling formation [5].

References:

1. Lin J., Ye W., Baltaru M.-C., Yu P. T., Bernsteine N., Gao P., Balta S., Vlad M., Volodin A., Sotto A., Luis P., Zydney A., Van der Bruggen B. "Tight ultrafiltration membranes for enhanced separation of dyes and Na₂SO₄ during textile wastewater treatment", Journal of Membrane Science, Vol. 514, 2016, pp. 217-228. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2016.04.057>
2. Yurtsever A. Çınar Ö., Sahinkay E. "Treatment of textile wastewater using sequential sulfate-reducing anaerobic and sulfide-oxidizing aerobic membrane bioreactors", Journal of Membrane Science, 511, pp. Pages 228-237. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2016.03.044>
3. Запольський А.К. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод /А.К. Запольський, Н.А. Мішкова-Кліменко, І.М. Астрелін. – К.: Лібра, 2000. – 552 с.
4. Адсорбер: патент 57009 Україна, № 201006924; заявл. 04.06.2010; опубл. 10.02.2011, Бюл.№ 3, 2011 р.
5. Заявка на патент України. МПК (2020.03). Адсорбер. Кузнецова А. Д., Гулієнко С. В.; заявники і патентовласники вони ж. № u202001702; заявл. 11.03.2020.

**THE CORRECTING OF THE RELATIONSHIP FOR THE
DETERMINATIONS OF THE MASS TRANSFER COEFFICIENTS
DURING THE SPIRAL WOUND MEMBRANE MODULES
REGENERATION**

student Tereschenko I.Y., post graduated student Metlina M.S., assistant professor,
Ph.D., Huliienko S.V., senior lecturer Ph.D., Novokhat O.A.

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

АНОТАЦІЯ: наведені результати уточнюючих експериментів інтенсивності масообміну при регенерації забруднених спіральних мембранних модулів, встановлено, що з урахуванням утонень критеріальна залежність в логарифмічних координатах залишається лінійною.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: мембранний модуль, забруднення, регенерація, масообмін, критеріальна залежність

ABSTRACT: The results of the correcting experiments for the determination of the mass transfer intensity during the spiral wound regeneration are represented. It was defined that with taking into account the dimensionless relationship remains linear in the logarithmic coordinates.

KEY WORDS: membrane module, fouling, regeneration, mass transfer, dimensionless relationship

The polarization phenomena lead to the drop in the transmembrane flux. After establishment of the steady state conditions, the further decreasing in flux does not occurs. Despite that the polarization phenomena are reversible, practically the continuous decreasing of the flux is often observed. This means that the flux deceleration is occurring. Such deceleration is the result of the fouling which can be designated as reversible or irreversible scaling on the membrane of the rejected particles such as colloids, macromolecules salts etc [1].

The fouling formation process is difficult for the theoretical description [1, 2]. Even from the known solution it depends on physical and chemical parameters

such as concentration, temperature, pH, ionic strength, and also on specific of the interactions among the molecules, possibility of the hydrogen bond and dipole interactions [1, 2].

In previous works the method of the spiral wound membrane modules regeneration were developed with using of the local boiling under subatmospheric pressure and the mathematical model which describes the mass transfer in the membrane channels of the spiral wound module [3, 4]. These results allow developing of the calculation technique which can predict the membrane productivity after regeneration. For this purposes the dimensionless equations were defined in a form [3]:

$$Sh = 0,394 \cdot Re^{0,84} \cdot Sc^{0,33} \left(\frac{d_e}{L} \right) \quad (1)$$

where $Sh = \beta d_e / D$ is the Sherwood number; $Re = w \cdot d_e \cdot \rho / \mu$ is the Reynolds number; $Sc = \mu / D \cdot \rho$ is the Schmidt number; $d_e = 2\delta_c$ is the equivalent diameter, m; L is the membrane channel length, m; D is the diffusivity coefficient, m^2/s ; w is the velocity of the cleaning solution; m/s; ρ is the density of the cleaning solution, kg/m^3 ; μ is the dynamic viscosity of the cleaning solution, Pa·s.

However, during the determination of the dimensionless equations for the defining of the diffusivity coefficients the Wikly-Chang equations was used which gives the inaccurate results for the case of the inorganic salts solutions. The more accurate results can be obtained with using of the reference data determined experimentally with corrections for the temperature change [5].

With aim of the corrections of the dimensionless equation the additional experimental researches were carried out. The obtained results were treated with using of the refined data about the diffusion coefficients (figure 1).

It can be seen from figure 1 that the relationship between the Sherwood number and the Reynolds number is still linear with corresponds to the assumptions done in previous researches [3, 4].

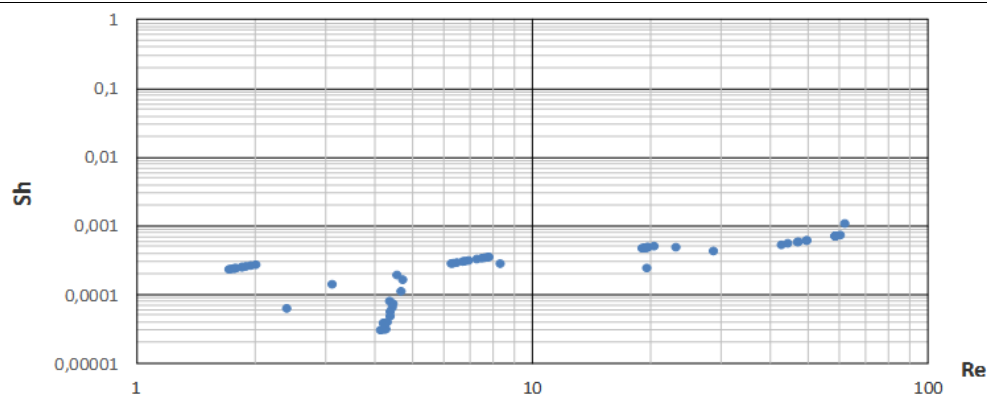


Figure 1 – The dependence of the Sherwood number from the Reynolds number

Thus, the results of the correcting experiments with previously obtained data allow correction of the dimensionless equation with tacking into account the more accurate values of the diffusivity coefficients.

References:

1. Мулдер М. Введение в мембранную технологию: Пер. с англ. – М.: Мир, 1999. – 513 с. ил.
2. Shirazi S., Lin C.-J., Chen D. "Inorganic fouling of pressure-driven membrane processes – A critical review", Desalination, Vol. 250, 2010, pp. 236-248.
3. Korniyenko Y. Guliienko S. "Mathematical model of dissolving inorganic fouling in spiral wound membrane module", The Advanced Science Journal, issue 4, 2014, pp. 47-50
4. Korniyenko Y., Guliienko S., Lialka M. Mathematical simulation of fouled modules regeneration // Ukrainian Food Journal. – 2015. – Volume 4 – P. 481–493.
5. Huliienko S.V., Protsiuk O.O., Gatilov K.O., Kaminskyi V.S. "The estimation of the feed solution influence on the concentration polarization layer resistance during reverse osmosis", Journal of engineering science, Volume 6, Issue 2, 2019, pp. F24-F28

PHYSICAL AND MATHEMATICAL MODEL OF ISOTHERMIC MASS CRYSTALLIZATION OF HETEROGENEOUS LIQUID SYSTEMS

post graduated student Hotskiy Y. G.,

associate professor, Ph.D Stepaniuk A. R.

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Creating granular multilayer composite materials due to the layered mechanism of continuous granulation in the fluidized bed granulator, main role has processes of the mass crystallization and evaporation [1].

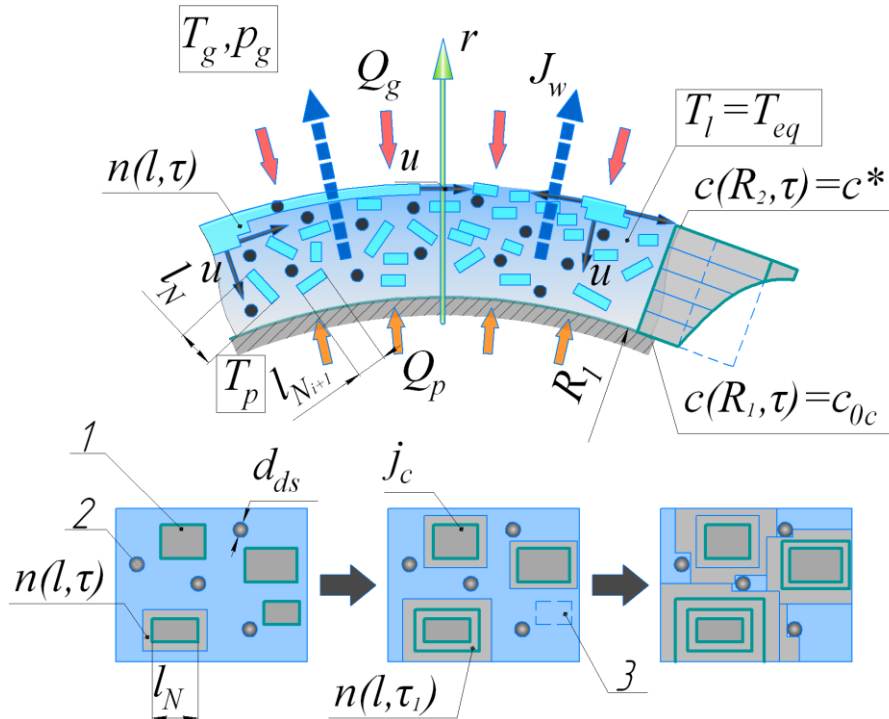
The mass crystallization process consists of nucleation of solid phase in solution, crystal growth, dissolution and aggregation, which may occur sequentially or simultaneously [2]. The physical model of the process is shown in the figure 1.

The main parameters that affect the morphological structure are the degree of saturation, which is determined from the concentration field in the film and temperature. Increasing the rate of evaporation increases the rate of crystallization. At higher crystallization rates, the major dendrites have a more pronounced structure [3].

Also, the kinetics of the process of mass crystallization of heterogeneous aqueous mixtures containing soluble and insoluble components are significantly influenced by the pH, the surface tension force and the viscosity of the mixture. The presence of components of organic origin such as humic components, ash and bone meal, there is sufficient free surface of microcrystals to form a framework of crystals of ammonium sulfate [4].

However, when the organic content is increased by more than 2%, a dense layer of organic matter is formed on the surface of the crystals of ammonium sulfate, which makes it impossible to form a crystalline framework [5]. As a result, the dispersed particles of organic matter are not incorporated into the crystalline structure and are carried away by the flow of hot air.

In addition to organic impurities, the solution also contains water-soluble salts (potassium chloride), which do not significantly affect the crystallization and harmful impurities (surfactants) that affect the magnitude of the surface tension of the solution and can cause the formation of low-quality material.



1 – nuclei; 2 – dispersed particle; 3 – crushed or dissolved crystallization center;

r – radial size, m; R_1 – the solid particle radius, m; d_{ds} – the diameter of the dispersed particle, m; l – the determining size of the nuclei, m; u – growth rate, m/s;

J_w – mass flow of vapor, kg/s; j_c – crystalline phase mass growth, kg/s;

Figure 1 - Physical model of mass crystallization

To describe the process of isothermal mass crystallization of a heterogeneous solution we will make the following assumptions:

- The process of mass crystallization occurs under the isothermal conditions;
- The medium is continuous and indissoluble, the liquid phase is heterogeneous, the physical parameters of the mixture are determined by the mass content of each component, and we accept that there is a crystallization of certain components, other components in the process of solid phase formation are uniformly distributed in the volume;

- The breakage of crystalline nuclei by turbulent vortex flows and dissolution is not taken into account due to the absence of turbulent liquid phase motion in the solution and high degrees of supersaturation of the liquid system.

The number of nuclei $n(l, \tau)$ of the solid phase in the solution is distributed over the determining sizes l , the growth balance of the number of crystalline nuclei is described by function of crystal size distribution (CSD) [6]:

$$\frac{\partial n(l, \tau)}{\partial \tau} + G(l, \tau) \frac{\partial n(l, \tau)}{\partial l} = 0 \quad (1)$$

where l – is the determining size of the center of crystallization, m.

Initial conditions:

$$n(0, \tau) = n_0 = 0; \quad n(l, 0) = \frac{B(l)}{G(l)} \quad (2)$$

where $B(c(\tau))$ – birth rate in supersaturated suspension, kg_s/s.

Growth rate:

$$G(l, \tau) = k_g \cdot c(\tau)^g \cdot c_{sat}^{-g} \quad (3)$$

where k_g – growth coefficient, (mm · l)/(min · mol); g – growth exponent.

The number of embryos formed in the homogeneous formation of crystal nuclei is determined by the Arrhenius equation:

$$N = A \cdot \exp \left[- \frac{16 \cdot \pi \cdot \sigma^3 \cdot M^2}{3 \cdot R^3 \cdot T^3 \cdot \rho_1^2 \cdot \ln \alpha} \right] \quad (4)$$

where A – is the proportionality factor; α – is the saturation factor; M – is the molar mass of the substance, g / mol; T – temperature, K; σ – surface tension, N / m.

The mathematical model is supplemented by the equations of mass balance of the dissolved phase, the equation of energy balance, given in [7].

Conclusions. Mathematical modeling of the process of isothermal mass crystallization is complicated by the presence of mechanical impurities, whose influence on the efficiency of the process is unknown. A further task experimentally determine the effect of the concentration and composition of impurities, physical parameters of the process on the rate of nucleation of crystals, growth and morphology of the crystal structure of the obtained micro-layers during layered granulation.

References:

1. Meyer, K., Bück, A., & Tsotsas, E. (2015). Dynamic multi-zone population balance model of particle formulation in fluidized beds. *Procedia Eng*, 102(111), 111.
2. Omar, H. M., & Rohani, S. (2017). Crystal population balance formulation and solution methods: a review. *Crystal Growth & Design*, 17(7), 4028-4041.
3. Misyura, S. Y. (2018). Evaporation and heat transfer of aqueous salt solutions during crystallization. *Applied Thermal Engineering*, 139, 203-212.
4. Kornienko, Y., Martyniuk, O. (2011). Izotermichna krystalizatsiya sul'fatu amoniyu z orhanichnymy domishkamy "Isothermal crystallization of ammonium sulfate with organic impurities". *Bulletin of the National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute" Series "Chemical Engineering, Ecology and Resource Conservation"*, 16.
5. X. Liu , Q. Zhong , J. Wang , X. Ji , Y. Jia , Y. Xu & L. Li (2011) Study on Ammonium Sulfate Crystallization in the Ammonium Desulphurization Process in a Coal-based Power Plant in the Petrochemical Industry, *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 33:22, 2027-2035, DOI: 10.1080/15567036.2010.499412
6. Rachah, A., Noll, D., Espitalier, F., & Baillon, F. (2016). A mathematical model for continuous crystallization. *Mathematical Methods in the Applied Sciences*, 39(5), 1101-1120.
7. Kafarov V.V., Dorohov I.N., Kol'cova Je.M. Sistemnyj analiz procesov himicheskoy tehnologii " System analysis of chemical technologist processes: Processes of mass crystallization from solutions and gas phase": Processy massovoy kristallizatsii iz rastvorov i gazovoy fazy. – M.: Nauka, 1983. – 367 s.

THE PROCESS OF ISOTHERMAL CRYSTALLIZATION TO CREATE GRANULATED ORGANIC-MINERAL FERTILIZERS

student Iatsiuk I., assistant professor, Ph.D. Stepaniuk A.

National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

АНОТАЦІЯ. Розглянуто процес ізотермічної кристалізації пересиченого водяного розчину сульфату амонію у присутності органічних і неорганічних нерозчинних домішок на поверхні гранули для виробництва органо-мінеральних добрив із застосуванням відходів хімічних, харчових та аграрних виробництв.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ізотермічна кристалізація, органо-мінеральні добрива, водний розчин, гранула.

ABSTRACT. The process of isothermal crystallization of a supersaturated aqueous solution of ammonium sulfate in the presence of organic and inorganic insoluble impurities on the surface of the granules for the production of organic-mineral fertilizers with the use of chemical, food and agricultural wastes is considered.

KEY WORDS: isothermal crystallization, organo-mineral fertilizers, aqueous solution, granules.

The idea of the work is to study the mechanism of formation of the multilayer structure of the granules in the process of crystallization in the apparatus by the example of the process of production of new generation OMF containing mineral, humic substances and other useful components.

The aim of this work is to investigate the growth of layers on the surface of the granules in the process of crystallization of a saturated aqueous solution of ammonium sulfate in the presence of impurities to understand the forces and

parameters affecting the crystallization process and the growth of crystals forming the multilayer structure of the granule.

Presenting main material. As is known, to ensure the soil fertility, it is more rational to use complex organic-mineral fertilizers containing nitrogen, phosphorus and organic humic compounds. Organic raw materials for the production of these types of fertilizers can be peat, brown coal, lignin and other organic residues and wastes of agricultural and food production [1].

Also, the great advantage of granular fertilizers is their convenient use, storage and transportation.

Granulation is a complex process, as it depends on many factors. For example, the basic parameters that determine the growth of crystals on a pellet are the temperature and the nature of the interaction between the liquid droplets and the particles. For example, the presence of organic compounds significantly complicates granulation, since organic compounds are very difficult to crystallize because organic impurities do not adhere to the surface of the layer.

Consider the formation of a multilayer structure by the example of isothermal crystallization of a saturated aqueous solution of ammonium sulfate in the presence of organic and inorganic insoluble impurities on the surface of the granules.

For granulation, fluidized bed granulators are used, allowing to obtain granules with a layered structure by the process of isothermal crystallization. The mechanism of formation of layers on the granule is shown in detail in Figure 1.

Understanding layer-by-layer crystallization involves analyzing the distribution of heat in a spherical material and in a fluid film (heat exchange) that covers a sphere, and the process of evaporation of a mixture film (mass exchange) that proceed simultaneously.

When dispersing the liquid phase into a two-phase system: granular material is a gas coolant, the liquid phase is retained on the surface of solids in the form of an ultra-thin film due to the action of adhesion-sorption forces. The

porous structure of the granule causes a partial diffusion of moisture. Heat is supplied to the film from the heated solid particles and the gas coolant.

This leads to intense evaporation of the solvent, resulting in a thin layer of mineral crystals and colloidal particles of humic compounds deposited on the surface of the solid particles. Microcrystals serve as the centers of crystallization of minerals from another liquid film, which results in the growth of granules [4].

This leads to the formation of a porous frame of mineral component, in the cavities of which are located microparticles of organic matter.

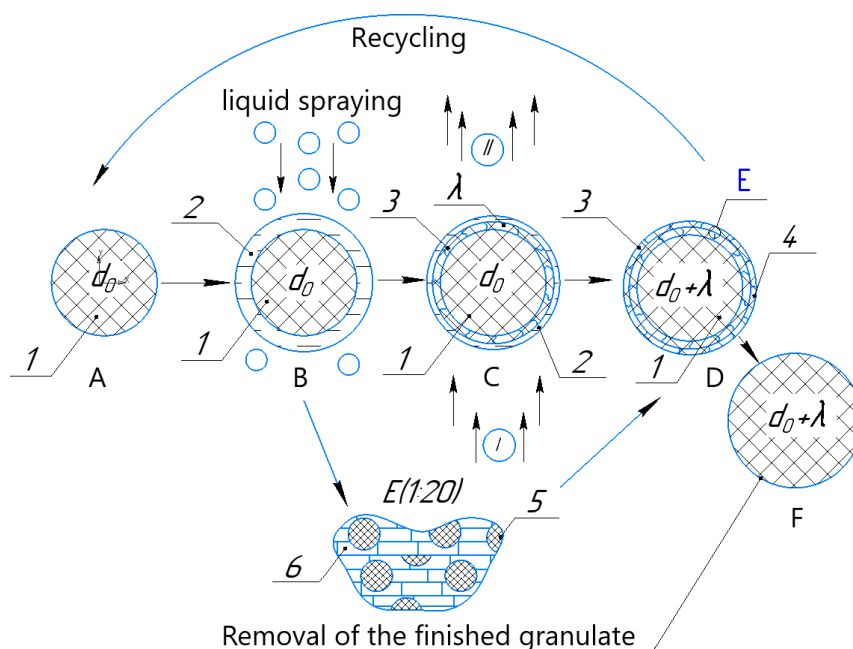


Figure 1. The mechanism of formation of layers of crystals on the granule

I - supply of heated gas coolant; II - removal of gas coolant together with water vapor; A - initial centers of granulation; B - the area of application of the liquid phase on the surface of the granules; C - the area of removal of moisture from the surface of the granules and its distribution between phases; D - is the region of formation of the micro layer on the surface of granules of microcrystals of mineral substances, suspended parts and humic particles; E – areas of unloading of granular product with the specified dimensions. 1 - preheated pellet; 2 is a liquid layer; 3 is a thin layer of microcrystals of mineral substances and colloidal particles of humic compounds deposited between them; 4 is a second layer of microcrystals formed on the previous layer; 5 - inclusion of gmine compounds; 6 - crystals formed on the surface of the layer.

This granule formation method allows the distribution of colloidal particles of humic substances throughout the volume of the multilayer solid component.

Thus, the mechanism of granulation is a cycle of processes (ie, the formation of one micro layer), which is repeated many times: the application of a solution on the surface of a solid particle, heating and dehydration of the aqueous solution film on the surface of the granules with simultaneous crystallization of minerals and distribution of organic constituent, drying the moisture adsorbed by the granule.

To implement this mechanism of granulation requires the consistent passage of pellets through the technological stages. In region A, the granulation centers ($1.5 \div 1.7$ mm in size) are heated to a temperature of $90 \div 95$ by the coolant. In region B, the liquid phase is applied to the surface of the granules in the form of a thin film, which is formed as the granules pass through the dispersion zone.

The rapid removal of moistened particles from the irrigation zone and the layered distribution of them among the dry granules will promote intense redistribution of moisture between the dry granules and the heated coolant.

The intensive removal of moisture from the surface of the liquid phase film promotes the formation of a layer of microcrystals of mineral substances together with suspended organic particles and the deposition of colloidal particles of humic substances between them.

Crystals of different shapes and sizes are formed at different temperature modes. The lower the temperature, the longer the drying time and the correspondingly larger crystal. As the temperature rises, the drying time is reduced and the crystals become smaller both in length and in width. Humate particles do not change in size because they are solid amorphous particles that are present in the saline solution as small, insoluble particles. Observing the crystallization of the granules during the experiment allows us to see the difference in the structure of the crystals at different temperatures.

The structure of crystals at different temperatures is shown schematically in Figure 2.

When the content of the original granulation solution is exceeded, impurities (which cannot crystallize), such as organic components that are generated in the production of ammonium sulfate, bone meal, the contact area between crystals of sulfate ammonium is reduced to a critical level. The interaction force of neighboring crystals becomes less critical.

Then the forces arising from the interaction of the granules (friction of one another, shocks, aerodynamic forces) break off the conglomerates formed on the surface of the granules. As a result of these factors, the degree of pellet formation sharply decreases and the amount of dust generated during the production of organic-mineral fertilizers increases. The purpose of the dissertation is to investigate the factors (the amount of impurities) that affect the granulation process.

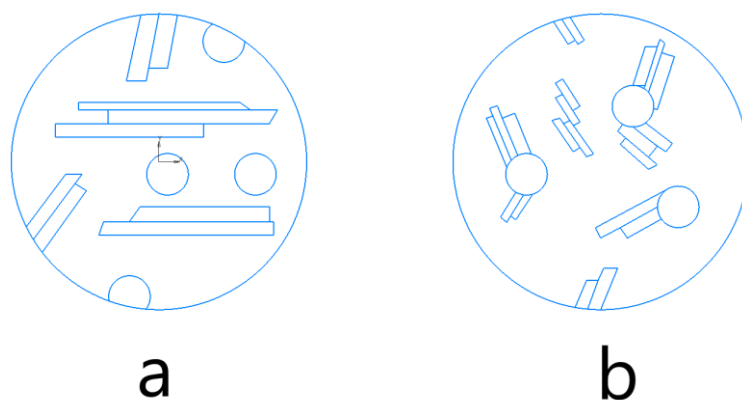


Figure 2. Structure of ammonium sulfate crystals at different temperatures:

a – $T = 293\text{K}$; b – $T = 393\text{K}$.

The purpose of the master's thesis is to determine the parameters that affect the deterioration of the granulation process.

Conclusions:

In the future, it is advisable to continue the experimental study of the crystallization process on the surface of the granules and to establish the critical

value of the number of impurities that affect the efficiency of granulation, physical selection and development of a mathematical model of granule formation.

References:

1. Foreign Trade Commodity Structure in January – July 2018 [Electronic resource]. <http://www.ukrstat.gov.ua/operativ> from 25.10.18.
2. Y.M. Kornienko, A.M. Lubecka, S.S. Gaidai. - The process of obtaining modified granular humic-mineral fertilizers. / Monograph [Electronic resource]. – Kyiv: NTUU «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute» 2017. – 206 p.
3. Y.M. Kornienko., Sachok R.V. – The process of granules formation of mineral-humic fertilizers / Monograph. [Electronic edition]. – Kyiv : NTUU «KPI»
4. Continuous Technologies [Electronic edition].
http://www.glatt.com/fileadmin/user_upload/content від 02.05.2017 p.
5. Stepaniuk Andriy, Hevlich Kateryna. Investigation of the process of drying the moisture on the surface of the granules in the fluidized bed. Collection of abstracts of reports of scientific-practical conference of students, graduate students and young scientists "Equipment of chemical productions and enterprises of building materials" K .: Publishing center "Print center". – 2008. P. 30-31.

THE INVESTIGATION OF THE FLOW IN MEMBRANE CHANNEL WITH WOVEN SPACER BY THE CFD METHOD

student Shakhunov M.O., asistant professor, Ph.D. Hulienko S.V.,
senior lecturer, Ph.D. Novokhat O.A., senior lecturer, Ph.D. Dvoinos Y. H.

National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

ABSTRACT: *The description of the study of the flow in the membrane channel with the use of spacers of non-traditional design, using CFD methods is represented*

KEY Words: *flow, spacer, membrane modules.*

АНОТАЦІЯ: *Наведено опис дослідження течії в каналі мембрани при застосуванні спейсерів не традиційної конструкції, з використанням методів CFD.*

КЛЮЧОВІ Слова: *течія, спейсер, мембранні модулі*

In the membrane separation processes the hydrodynamic conditions in the membrane module are of the great importance. They impact on the mass transfer intensity, the concentration polarization layer formation, and the pressure drop in the apparatus [1]. The presence of the spacer net in the membrane channel is the particularity of this kind of equipment. The spacer net not only ensures the necessary distance between the membranes but also provide the turbulence in the flow [2].

The flow into the channels can be described by the Navier-Stocks equation and the mass conservation equation [1]. However, taking into account the complexity of both the equations and the geometrical characteristics of the channels with the spacer, the defining of its solution by the conventional methods are practically impossible. Therefore, in this case, it is reasonable to use the methods of the computation fluid dynamics (CFD).

These methods allows defining the influence of the shape of the spacer net filament [2-4], the position of the spacer filament by the channel width [5], and also the angles among the spacer filaments [6-7]. However, the most of such researches were carried out for the cases of conventional designs of the spacers. In the current research the new design of the woven spacer net (figure 1) was developed. The study of its effectiveness was the objective of the current study. The flow in the membrane channel with the spacer was investigated using the CFD methods by the Solid Works software. During the research the spiral-wound membrane module was conditionally unfolded into the plane. Since it was shown by Ranade and Kumar [8] that in these cases the difference in flow characteristics is negligible no correction factors were used. The results of the simulation are shown on the figure 2.

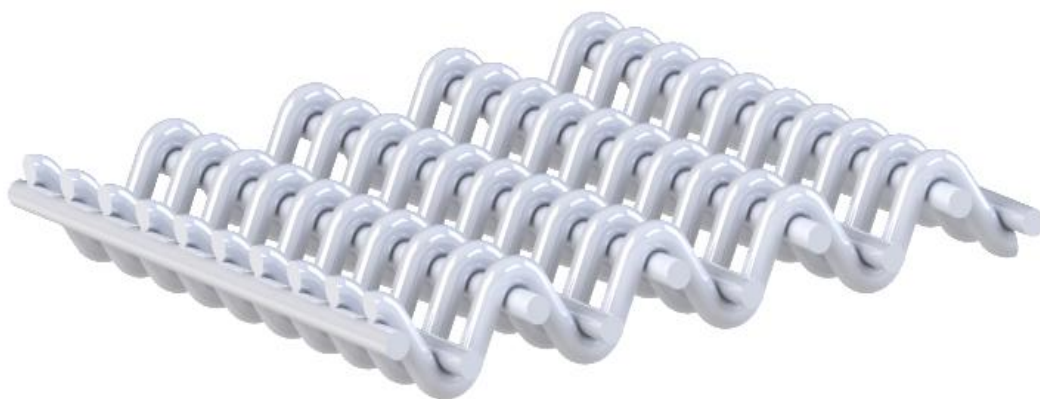


Figure 1 – The three-dimensional model of the developed spacer

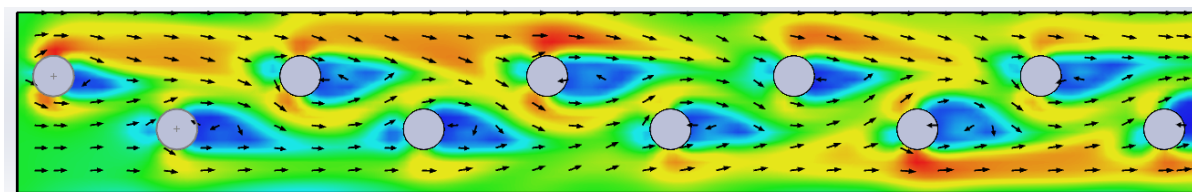


Figure 2 – The results of the flow simulations in the membrane channel

In summury, it may be conclude that the developed design of the spacer net is reasonable to the commercialization, taking into account that the number and the dimensions of the stagnant areas are much less in comparison with the convectional designs of the spacer net

References:

1. Ghidossi R., Veryret D., Moulin P. "Computational fluid dynamics applied to membranes: State of art and opportunities", Chemical Engineering and Processing, 45, pp. 437-454. 2006.
2. Ahmad A.L., Lau K.K. "Impact of different spacer filaments geometries on 2D unsteady hydrodynamics and concentration polarization in spiral wound membrane channel", Journal of Membrane Science, 286, pp. 77-92, 2006.
3. Shakalib M., Hasani S.M.F., Mahmood M. "Study on the effects of spacer geometry in membrane feed channels using three-dimensional computation flow modeling", Journal of Membrane Science, 297, pp. 74-89, 2007.
4. Schwinge J., Wiley D.E., Fletcher D.F. "A CFD study of unsteady flow in narrow spacer-filled channels for spiral-wound membrane modules", Desalination, 146, pp. 195-201, 2002.
5. Ma S., Song L. "Numerical study on permeate flux enhancement by spacers in crossflow reverse osmosis channel", Journal of Membrane Science, 284, pp. 102-109, 2006.
6. Fimbres-Weihs G.A., Wiley D.E. "Numerical study of mass transfer in three-dimensional spacer-filled narrow channels with steady flow", Journal of membrane Science, 306, pp. 228-243, 2007.
7. Li F., Meindersma W., de Haan A.B., Reith T. "Optimization of commercial net spacers in spiral wound membrane modules", Journal of membrane Science, 208, pp. 289-302, 2002.
8. Ranade V., Kumar A. "Fluid dynamics of spacer filled rectangular an curvilinear channels" Journal of membrane Science, 271, pp. 1-15, 2006.

THE VISCOMETER FOR NEWTONIAN LIQUIDS

student Koval V., asistant professor, Ph.D. Andreiev I.

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

ABSTRACT. *The design of a capillary viscometer designed to measure the viscosity of Newtonian fluids is discussed. A viscometer is proposed, which provides a significant simplification of the design and facilitates measurements of the rheological characteristics of the test media. The measuring tube of the device is conical, which makes it impossible to break the continuity of the flow in the test fluid and therefore eliminates the need for a wide knee, as is the case with standard viscometers. The proposed viscometer allows you to directly calculate the quantitative physical characteristics of liquids, while greatly simplifying the design of the device and facilitates its maintenance.*

KEY WORDS: *viscosity, viscometer, Newtonian fluid, conical channel.*

АНОТАЦІЯ. *Розглянута конструкція капілярного віскозиметра, який призначений для вимірювання в'язкості ньютонівських рідин. Запропоновано віскозиметр, у якому забезпечується суттєве спрощення конструкції і облегшення проведення замірів реологічних характеристик дослідних середовищ. Вимірювальна трубка приладу виконана конічною, що унеможливорює розриви суцільності плин у ній дослідної рідини і тому відпадає необхідність в широкому коліні, як це виконується у стандартних віскозиметрах. Пропонований віскозиметр дозволяє здійснити безпосередній розрахунок кількісних фізичних характеристик рідин, при цьому істотно спрощується конструкція приладу і облегшується його обслуговування.*

КЛЮЧОВІ СЛОВА: *віскозиметр, ньютонівська рідина, конічний канал.*

Viscometers are more common in chemical, oil refining, food, thermal power, construction and other industries and are used to measure viscosity of liquid media.

Standard capillary viscometers have relatively complex designs and require considerable time to perform viscosity measurements.

We have proposed a viscometer which provides a significant simplification of design and ease of measurement of viscosity. For this purpose measuring tube is made conical, which narrows downwards, and upper part of measuring tube is filled with pocket [1].

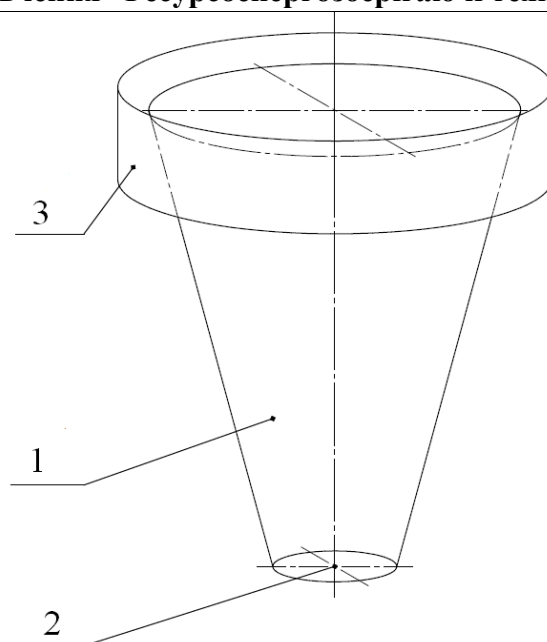
The design of the vertical conical measuring tube eliminates discontinuities in the flow of the research fluid therein and therefore there is no need for a wide knee, as in a standard viscometer ГОСТ-10028-81, which greatly simplifies the design of the device. The filling of the upper part of the measuring tube with a pocket provides a smooth supply of liquid and helps to maintain it at a constant level, and the viscosity measurements themselves are simplified.

The viscometer works in this way.

The outlet 2 is closed, whereupon the research fluid fills the conical vertical measuring tube 1 to its upper edge, which is facilitated by the presence of the pocket 3. After opening the outlet port 2, the liquid outflow time is changed and the viscosity is determined by the existing analytical formula of the flow of Newtonian liquid in the conical channel (see Figure 1).

The viscosity determinations can be carried out by maintaining a constant liquid level in the tube 1. For this purpose liquid is continuously supplied to tube 1 through pocket 3.

The proposed viscometer allows to perform direct calculation of quantitative physical characteristics of liquid, at the same time the design of the device is considerably simplified and its maintenance is facilitated.



1 – conical vertical measuring tube, 2 – outlet hole, 3 – liquid channel

Figure 1 – Viscometer

List of links:

1. Пат. 140265 У Україна МПК G01N 11/00 (2006.01), 2020. Вiskозиметр / Андреев І. А., Коваль В. О.; заявник і патентовласник вони ж. – № u201908141; заявл. 15.07.2019; опубл. 10.02.2020, Бюл. № 3.

THE VIBRATION VISCOMETER FOR FIBER-REINFORCED CONCRETE MIXTURES

student Kramar A., assistant professor, Ph.D. Andreiev I.

National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

ABSTRACT. The vibration viscometer is proposed, which simulates the process of forming flat fiber-reinforced concrete products and provides an increase in measurement accuracy. The considered design of the device is simple in production and operation, allows to perform viscosity measurements of fibrous concrete mixtures of different compositions, achieving more accurate results by conducting measurements only in the middle zone of the channel of the hopper of the vibro-extruder, where no influence of end sections on the volume flow is detected.

KEY WORDS: vibration viscometer, viscosity, vibration extrusion, fiber-reinforced concrete mix.

АНОТАЦІЯ. Запропоновано вібровіскозиметр, який моделює процес формування плоских фібробетонних виробів і забезпечує підвищення точності вимірювання. Розглянута конструкція приладу нескладна у виготовленні та експлуатації, дозволяє виконувати заміри в'язкості фібробетонних сумішей різних складів, досягаючи при цьому більш точні результати за рахунок проведення замірів виключно в серединній зоні каналу бункера віброекструдера, де не виявляється вплив торцевих ділянок на об'ємну витрату.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: вібровіскозиметр, в'язкість, віброекструзія, фібробетонна суміш.

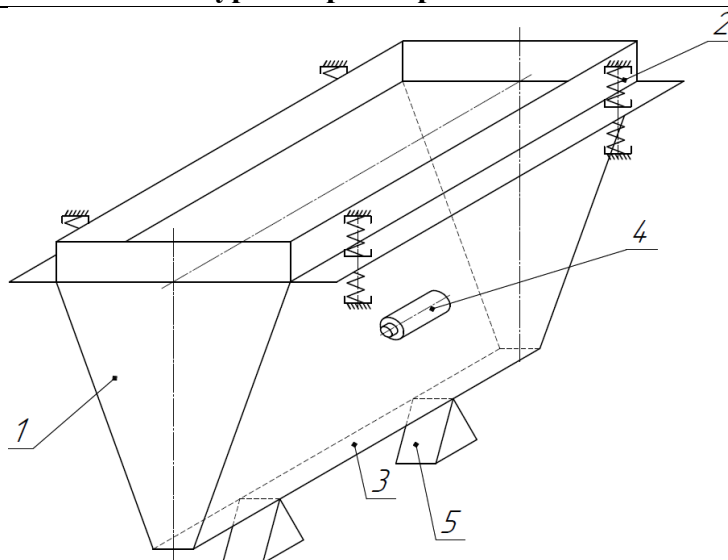
The design of vibration extraction equipment requires knowledge of the rheological characteristics of fibrobeton mixtures, which are determined by viscometers.

We have proposed a vibration viscometer that simulates the process of forming flat fibrobeton products and provides improved measurement accuracy. In the process of measuring the rheological characteristics of mixtures, fibrobetone is selected from the middle zone to the flow rate of the mixture, and therefore, existing analytical formulas are used more effectively, which describe the flow of liquids between flat fixed walls that converge.

Proposed vibration viscometer contains hopper 1 mounted on elastic supports 2 with inclined flat walls, which by their lower sections form distributing window 3, vibration exciter 4 fixed on hopper 1 and concrete mix distributor 5 (see figure 1).

In the process of measuring viscosity, a fibrobetone mixture is loaded into the upper part of the hopper 1 when the dispensing port 3 is closed and the vibration driver 4 is switched on. As a result of the vibrations which are transmitted from the vibration exciter 4 to the inclined flat planes, the fibrobeton mixture at the outlet of the hopper 1 is discharged separately from the middle and end faces of the dispensing port 3. During the experiment, the initial level of the concrete mixture in the hopper 1 and the time of complete outflow of the concrete mixture from the medium mixture of the dispensing port 3 are measured.

The determination of viscosity can be determined by maintaining a constant level of concrete mix in the hopper 1. For this purpose concrete mixture is continuously supplied to hopper 1 at activated vibration exciters 4.



1 – hopper, 2 – flexible supports, 3 – dispensing port, 4 – vibration exciter,
5 – distributor

Figure 1 – Vibration viscometer

The proposed design is easy to manufacture and operate, allows to measure viscosity of fibrobetone mixtures of various compositions, achieving more accurate results due to measurements exclusively in the middle zone of the hopper channel, where the effect of end sections on volumetric flow rate is not determined.

List of links:

1. Пат. 140266 У Україна МПК G01N 11/00 (2006.01), 2020. Вібровіскозиметр для бетонних сумішей / Андреев І. А., Крамар О. В.; заявник і патентовласник вони ж. – № u201908142; заявл. 15.07.2019; опубл. 10.02.2020, Бюл. № 3.

УДК 664.8.047

ВОЛОГООБМІН ПІД ЧАС ЗНЕВОДНЕННЯ

КОРЕНЕПЛОДІВ БАТАТУ

Шапар Р.О., Гусарова О.В.

Інститут технічної теплофізики НАН України,

вул. Булаховського, 2, м. Київ, Україна, 03164

АНОТАЦІЯ. *Об'єктами досліджень були коренеплоди помаранчевого батату. Результатами експериментальних досліджень визначено, що для інтенсифікації процесу сушіння крохмалевмісної сировини необхідно проводити гігротермічну обробку паренхімних тканин коренеплодів. Розроблено двостадійні режими сушіння, які забезпечують скорочення тривалості процесу на 15%, а отже і зниження енерговитрат.*

КЛЮЧОВІ СЛОВА: *коренеплоди батату, гігротермічна обробка, стадійне зневоднення, вологообмін, чипси, харчовий порошок, енергоефективність.*

ABSTRACT. *Objects of research were root crops of orange sweet potatoes. Studies have shown that to intensify the drying process, it is necessary to conduct hydrothermal treatment of root crops. According to the research of drying process developed regimes that provide high-quality dehydration, reducing the process time by 15%, reducing energy consumption.*

KEYWORDS: *sweet potato roots, hygrothermal treatment, stage process of dehydration, chips, food powder and energy efficiency.*

У світі росте популярність та попит на батат (солодку картоплю), і Україна теж не стала винятком. Через зростаючі потреби споживачів фермери почали вирощувати батат на своїх господарствах. Зі збільшенням обсягів виробництва коренеплодів виникає потреба у зберіганні та переробленні батату на харчові продукти.

Одним із найбільш ефективних методів збереження свіжої сільськогосподарської сировини є сушіння. На світовому ринку сушений батат представлений пластівцями, чипсами і так званим борошном – порошком дрібнодисперсної фракції.

Як і всі рослинні матеріали, батат – високовологий матеріал. Вміст сухих речовин коливається від 20 до 30%, при цьому 60...70% з них складає крохмаль. Хімічний склад батату залежить від сортових ознак, умов вирощування, ступеня зрілості, зберігання. Забарвлення м'якоті залежить від наявності каротиноїдів, антоціанів, поліфенолів у коренеплодах і буває білим, кремовим, жовтим, помаранчевим чи фіолетовим. Завдяки багатому складу споживання батату корисне для здоров'я людини.

Основними вимогами, які пред'являються до сушіння, є інтенсивність процесу та забезпечення максимально повного збереження природних властивостей коренеплодів батату при суттєвому скороченні тривалості зневоднення та зниженні енерговитрат.

Мета роботи полягає у дослідженні вологообміну під час конвективного сушіння батату для визначення шляхів інтенсифікації процесу та встановлення енергозберігаючих режимів.

Результатами теоретичних і експериментальних досліджень визначено оптимальні умови та параметри гіротермічної обробки батату, що забезпечують якісну зміну внутрішньої рівноваги колоїдної системи та сприятливо впливають на гідратацію крохмальних зерен і коагуляцію білків. Водночас відбувається інактивація ферментного комплексу за рахунок зсідання білкових носіїв ферментів, які є у сировині. Нами визначено, що необхідний ефект обробки досягається за температури матеріалу 80...95 °C протягом 50...600 с. Величина температури і часу витримки знаходяться у обернено пропорційній залежності.

На підставі узагальнення результатів експериментальних досліджень розроблено двостадійні режими зневоднення, відповідно до яких, на першій стадії процесу, температура теплоносія підтримувалась на рівні 80...100 °C, а

на другій – 55...70 °С. Процес проводили таким чином, щоб температура матеріалу впродовж зневоднення не перевищувала 50...65 °С. Температуру теплоносія знижували поетапно залежно від температури сировини. Завдяки цьому в одержаному продукті зберігаються усі біологічно активні компоненти.

Для аналізу основних закономірностей кінетики вологообміну використано метод В. Краснікова, який базується на узагальненні експериментальних даних у координатах $W-N\tau$ та визначенні критичних вологостей у характерних точках і відносних коефіцієнтів сушіння, значення яких записано в таблиці. Для порівняння, в таблиці наведено значення величин критичних вологостей та відносних коефіцієнтів сушіння для іншої крохмалевмісної сировини – картоплі. Як бачимо, батат має більшу початкову вологість, але величина відносних коефіцієнтів сушіння батату та картоплі для другого періоду відрізняються несуттєво. Основні закономірності вологообміну крохмалевмісної сировини є загальними і мають подібний характер.

Таблиця

Значення відносних коефіцієнтів сушіння крохмалевмісної сировини

Об'єкт сушіння	Батат	Картопля
Діапазон критичних вологостей, %	550...115 115...22 22...6	400...315 315...120 120...24 24...6
Величина відносних коефіцієнтів сушіння	$\chi_2 = 15 \cdot 10^{-4}$ $\chi_3 = 18 \cdot 10^{-4}$ $\chi_4 = 16 \cdot 10^{-4}$	$\chi_2 = 17 \cdot 10^{-4}$ $\chi_3 = 19 \cdot 10^{-4}$ $\chi_4 = 14 \cdot 10^{-4}$

Використовуючи розраховані величини можна визначити загальну тривалість процесу сушіння коренеплодів при зміні режимів зневоднення:

$$\tau_3 = \frac{1}{N} \left(W_{\text{п}}^c - W_{\text{кр1}}^c + \frac{1}{\chi_2} \lg \frac{W_{\text{кр1}}^c}{W_{\text{кр2}}^c} + \frac{1}{\chi_3} \lg \frac{W_{\text{кр2}}^c}{W_{\text{кр3}}^c} + \frac{1}{\chi_4} \lg \frac{W_{\text{кр3}}^c}{W_{\text{к}}^c} \right), \quad (1)$$

де N – відносна швидкість сушіння; $W_{\text{п}}^c$, $W_{\text{к}}^c$ – початкова та кінцева вологості, %; $W_{\text{кр1}}^c$, $W_{\text{кр2}}^c$, $W_{\text{кр3}}^c$ – перша та друга критичні вологості відповідно.

Висновки. Встановлено і рекомендовано оптимальні режими проведення гігротермічної обробки та процесу сушіння коренеплодів батату, які забезпечують якісне зневоднення при скороченні тривалості та зниженні енерговитрат і сприяють збереженню цінних термолабільних складових сировини. Розраховано значення відносних коефіцієнтів сушіння та наведено залежність для розрахунку тривалості зневоднення коренеплодів у загальному вигляді.

УДК 664.8.047

АДСОРБЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ЯБЛУК ПРИ ЗНЕВОДНЕННІ ДО НИЗЬКОЇ ЗАЛИШКОВОЇ ВОЛОГОСТІ

Шапар Р.О., Гусарова О.В.

Інститут технічної теплофізики НАН України,

АНОТАЦІЯ. Досліджено адсорбційні властивості яблук сорту Ренет Симиренко при зневодненні до низької залишкової вологості під час одержання чипсів. Розраховано кількість теплоти, яку необхідно підвести до сировини, щоб гарантовано отримати продукт із заданою вологістю.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: чипси з яблук, адсорбційні властивості, ізотерма адсорбції, ізотерична теплота адсорбції.

ABSTRACT. The adsorption properties of the apples of the Renet Simirenko variety under dehydration to low residual moisture during the production of chips were investigated. The amount of heat that must be supplied to the raw material is calculated to guarantee a product with a given humidity.

KEYWORDS: apples chips, adsorption properties, adsorption isotherm, heat of adsorption.

Під час одержання чипсів з яблук процес сушіння проводиться до низької залишкової вологості 6%, що ускладнює зневоднення та потребує додаткових витрат енергії. Знаючи величину рівноважної вологості матеріалу, можна передбачити поведження сировини при сушінні, пакуванні й зберіганні.

Мета роботи. Дослідити адсорбційні властивості яблук та визначити теплоту, яку необхідно підвести до сировини, щоб гарантовано отримати продукт із заданою вологістю.

Адсорбційні властивості визначають тільки експериментально по аналізу ізотерм адсорбції. Ізотерми адсорбції представляють собою функціональну залежність між відносною вологістю повітря та рівноважною вологістю сировини при постійній температурі та тиску, використовують для

Збірник тез доповідей XVIII міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"
вивчення форми зв'язку води з матеріалом, визначення теплових ефектів, що виникають при зв'язуванні води досліджуванним об'єктом [1].

Для одержання ізотерм адсорбції використано тензометричний спосіб (метод Ван Бамелена) визначення рівноважної вологості [2]. На підставі експериментальних даних по рівноважній вологості, побудовано ізотерму адсорбції $W^c_p = f(\varphi)$ в інтервалі відносних вологостей повітря, характерних для виробничих приміщень, при температурі 20 °С (рис. 1).

Отримана ізотерма має характерну для колоїдних капілярно-пористих матеріалів форму, описану О.В. Ликовим [1]. Якщо крива опукла в напрямку до вісі абсцис φ (область від $\varphi = 0,4$ до $\varphi = 0,9$), процес відбувається по механізму полімолекулярної адсорбції.

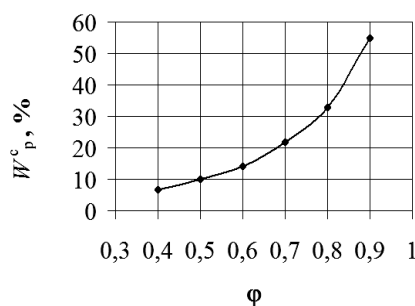


Рис. 1. Ізотерма адсорбції пари води яблуком

Шляхом екстраполяції дослідних даних визначено, що для яблука максимальна гігроскопічна вологість $W^c_{\Gamma} = 98\%$. Знаючи W^c_{Γ} , можна сказати, що область вища W^c_{Γ} – це вологий стан матеріалу (маємо осмотично-утримувану воду, воду у порах та макрокапілярах), а область нижча W^c_{Γ} – це область гігроскопічного стану (маємо воду мікрокапілярів та адсорбційно-зв'язану воду).

Аналізуючи ізотерми адсорбції пари води яблуком можна встановити рівноважний стан матеріалу при заданих параметрах, умови пакування та зберігання готового продукту.

На підставі одержаних даних, за рівнянням Клаузіуса-Клапейрона (1) визначено теплоту адсорбції. Вона дозволяє визначити необхідну кількість теплоти, що гарантує одержання продукту із заданою вологістю [3]:

$$\frac{\partial \ln p}{\partial \ln T} = \frac{q_{st}}{RT^2}, \quad (1)$$

де p – рівноважний тиск, T – абсолютна температура, К; R –

універсальна газова стала (8,314 Дж/(моль·К)).

Під час видалення зв'язаної води загальні витрати енергії на випаровування складаються з питомої теплоти випаровування та чистої теплоти адсорбції. Так, за температури $t = 60$ °С та вологості $W^c = 6\%$ додаткова енергія понад теплоту, необхідну для видалення води ($r_{60} = 2382$ кДж/кг, [4]) для яблука, становить

$q_a = 370$ кДж/кг, що на 15% більше ніж витрати на пароутворення. Тому для яблука на 1 кг сухого продукту необхідно витратити на подолання адсорбційних сил приблизно $Q_a = 2752$ кДж.

Висновки. Аналіз ізотерм адсорбції показав, що поглинання вологи яблуком – складний процес, який відбувається по механізму полімолекулярної адсорбції, ускладненої капілярною конденсацією, і супроводжується адсорбцією розчиненням. Такі явища ускладнюють процес сушіння та потребують додаткових витрат енергії.

Перелік посилань:

1. Лыков А. В. Теория сушки. [2-е изд., перераб. и доп.]. Москва: Энергия, 1968. 472 с.
2. Gal J. Die. Methodik der Wasser-dampf-Sorptions Messungen. Berlin-Heidenberg-New York: Springer-Verbad, 1967. 140 p.
3. Снежкин Ю.Ф., Дабижа Н.А., Шапарь Р.А. Определение энергетических затрат при сушке коллоидных капиллярно-пористых материалов. *Промышленная теплотехника*, 2003, 25 (4), с. 198-200.
4. Александров А.А., Григорьев Б.А. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара: справочник [рек. гос. службой стандартных справочных данных. ГСССД Р-776-98]. Москва: МЭИ, 1999. 168 с.

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА КОРМІВ НА ОСНОВІ ЕКСТРУДЕРА

к.т.н., с.н.с. Радченко Н.Л.

Інститут технічної теплофізики НАН України

АНОТАЦІЯ: Розглянуто проблеми в галузі вітчизняного виробництва кормів та особливості традиційних технологій. Запропоновано технологію одержання гранульованих комбікормів на основі теплової обробки зернового компонента в екструдері із наступним напиленням інших складових на одержаний гранулят в спеціально розробленому пристрої.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: екструдер, екструдат, корм, напилення.

SUMMARY: Theses describe problems of domestic feed production and traditional technologies. Describes a new granular compound feed technology. This technology is based on processing the novelty is the dusting of components in a specially designed device.

Keywords: extruder, granules, feed, spraying.

Основною умовою успішного розвитку тваринницької галузі України є збільшення кількості господарств та зростання в них числа поголів'я і птиці. В свою чергу, це створює необхідність у нарощуванні обсягів виробництва високоякісної кормової бази. Останні дані показали, що ринок виробництва вітчизняних кормів дещо зріс за останні роки, що можна пояснити збільшенням споживання комбікормів і преміксів птахівницькими фермами [1]. Однак, проблемою залишається високий відсоток на ринку України імпортованої кормової продукції і, відповідно, її висока вартість. Виправити цю ситуацію можна за рахунок ініціювання розвитку вітчизняного виробництва кормів шляхом впровадження нового енергоефективного обладнання та технологій невеликої потужності, які зможуть забезпечувати власні потреби навіть невеликих господарств. Наразі переважна більшість традиційних технологій виробництва комбікормів побудована на механічному подрібненні зернових компонентів та наступному їх перемішуванні в заданих пропорціях. Подрібнення основного зернового компонента, як правило, здійснюється в молоткових дробарках, а

перемішування – в спеціальних горизонтальних змішувачах. В якості складових використовується сировина рослинного, тваринного і мінерального походження [2]. Наразі корми такого виробництва дуже часто не достатньо збалансовані за своїм складом, мають не високу поживну цінність та не відповідають мікробіологічним показникам [3].

Якщо ж розглядати іноземні лінії виробництва кормів, то в переважній більшості в основу їх роботи покладено теплову обробку базового компоненту – зерна та наступне дозоване його змішування з іншими складовими згідно з рецептури. На кінцевому етапі виробництва тепла обробка дозволяє підвищити поживну цінність комбікорму. Реалізують таку теплову обробку в експандерах або ж в екструдерах. Однак, вартість і обслуговування такого обладнання для господарства зростають в рази.

В ІТТФ НАНУ була розроблена і пропонується технологія одержання багатокомпонентного гранульованого корму для птиці. Технологія включає теплову обробку зернового компонента в екструдері, що підвищує його поживну цінність з наступним етапом наплення вітамінного комплексу на зерновий екструдат при допомозі спеціально розробленого та запатентованого пристрою. Пристрій дозволяє використовувати теплоту екструзії для покращення рівномірності процесу наплення та знищення шкідливої мікрофлори, підвищуючи цим якість кінцевого продукту. При розробці технології експериментально підібрано оптимальні режими ведення процесу та лабораторно доведено високу якість одержуваного корму.

Перелік посилань

1.Електронний ресурс. – Режим доступу:

<http://agroportal.ua/news/ukraina/proizvodstvo->

2. Воецкая Е.Е. Оценка качества сырья для производства комбикормов. Наукові праці ОНАХТ. 2014. Т.1. №46. С. 65-70

3. Сыроватка В.И. Инновационные технологии производства комбикормов. Вестник ВНИИМЖ. 2014. Т.14 №2. С.35-48

ОПИС СТЕНДУ І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ БІНАРНИХ ВОДНИХ СИСТЕМ

к.т.н., пр.н.с Коник А.В.¹, студент Демченко В.В.²

¹Інститут технічної теплофізики НАН України,

²Національний технічний університет України

«КПІ ім. Ігоря Сікорського»

АНОТАЦІЯ: Для дослідження процесу теплообміну створено стенд, що моделює перебіг теплових процесів в мобільному тепловому акумуляторі ємнісного типу. Метою досліджень є підібрати бінарні водні системи, теплоакumuлюючі речовини з фазовим переходом (PCM) або комплекс PCM речовин, для подальшого застосування їх як теплоносіїв в теплових акумуляторах.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: теплоакumuлююча речовина, бінарні водні системи, мобільний тепловий акумулятор.

ABSTRACT: To study the process of heat exchange, a stand was created that simulates the flow of thermal processes in a mobile heat storage battery of a capacitive type. The purpose of the research is to select binary water systems, phase-transition heat-storage substances (PCMs), or complex PCM-substances, for further use as coolants in heat storage.

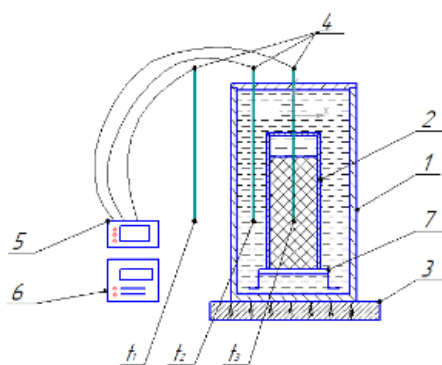
KEYWORDS: heat-accumulating substance, binary water systems, mobile heat storage.

Мета досліджень – вибрати бінарну систему можливого поєднання PCM матеріалу з іншими рідинами для компенсації вільного об'єму при заповненні «теплого ядра» мобільного теплового акумулятора (МТА); змодельовати процес акумуляції тепла ємності з «тепловим ядром» для визначення теплового навантаження при зарядці і розрядженні акумулятору ємнісного типу.

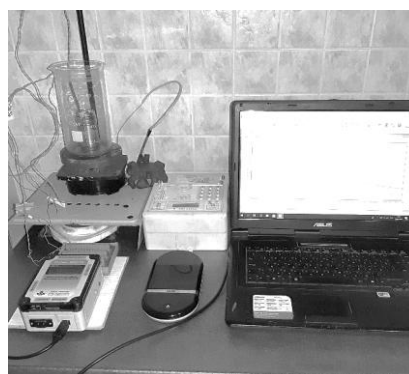
Об'єкт досліджень – процес теплообміну, що відбувається в моделі мобільного теплового акумулятора, «тепловому ядрі» в процесі зарядки і розрядки акумулятора.

Предмет досліджень – високомолекулярні сполуки з низькотемпературними фазовим переходом, вода, бінарні водні системи.

Для проведення досліджень створено експериментальний стенд, що дозволяє змодельовати процес зарядки та розрядження МТА (рисунок 1) [1,2]. Стенд складається з двох металевих герметично закритих ємностей 1 і 2, об'єми яких пропорційні об'ємам ємності акумулятора та «теплого ядра» МТА, відповідно. Ємність 1 встановлена на електричну плиту 3, ємність 2 встановлена на металеву опору 7. Температура вимірюється термопарами 4, реєстрація показань здійснюється за допомогою мікропроцесорного модуля 5. Візуалізація та опрацювання експериментальних досліджень здійснюється за допомогою програмного забезпечення DataRecorder встановленого на персональному комп'ютері. Витрати тепла здійснюються за допомогою лічильника 6 з урахуванням часу нагріву. Мікропроцесорний модуль реєстрації сигналів термопар "TRITON 6004TC" призначений для реєстрації температури по 16 каналам за допомогою термопар і автоматичної компенсації температури холодного з'єдн.



а)



б)

а) принципова схема стенду; б) фото стенду: 1, 2 – ємність, 3 – плита електрична, 4 – термопара; 5 - мікропроцесорний модуль TRITON 6004TC сполучений з ПК (на рисунку умовно не позначений), 6 – лічильник електроенергії, 7 – опора.

Рисунок 1 – Експериментальний стенд

НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ СПОСОБІВ ОЧИЩЕННЯ СИСТЕМ ВОДЯНОГО ОПАЛЕННЯ ВІД ВІДКЛАДЕНЬ НА ВНУТРІШНІЙ ПОВЕРХНІ

гол.технолог Щепкін В.І., с.н.с. Гартвіг А.П., пров.н.с. Іваницький Г.К.

Інститут технічної теплофізики НАН України

АНОТАЦІЯ: Розглянуто способи очищення трубопроводів системи водяного опалення від відкладень на внутрішній поверхні. Проаналізовано напрямки розвитку способів очищення систем водяного опалення.

ЛЮЧОВІ СЛОВА: способи очищення, система водяного опалення, відкладення, трубопроводи.

ABSTRACT: The ways of cleaning the pipelines of the water heating system from precipitate on the inner surface are considered. Directions for development of cleaning methods of water heating are analyzed.

KEYWORDS: cleaning methods, water heating system, precipitate, pipelines.

Відомо, що понад 30% палива, що спалюється в Україні, витрачається на опалювання будинків. Важливим напрямом вдосконалення системи тепlopостачання будинків є розроблення нових конструкцій опалювальних приладів, зниження їх матеріалоємності, підвищення теплової і гідравлічної стійкості, зниження витрат праці на обслуговування і ремонт даних систем. Для надійної роботи системи опалення і підтримання необхідних комфортних умов у приміщеннях необхідне прогнозування змін втрати тиску в системах протягом експлуатації і збереження пропускної спроможності трубопроводів. Дослідження причин пропускної спроможності систем опалення показало зниження пропускного перерізу труб внаслідок утворення відкладень на їх внутрішній поверхні. Наукове обґрунтування залежності гідравлічних характеристик труб систем водяного опалення від характеру відкладень і динаміки їх формування на внутрішніх поверхнях та розроблення методів боротьби з цим явищем наведені в роботах

А.Д. Альтшуля, Ф.А. Шевелева, К. Уайта та ін. Отримані результати досліджень використані при розробленні способів захисту металу труб від корозії та способів і пристроїв очищення систем водяного опалення від відкладень. Для очищення системи водяного опалення від відкладень на внутрішній поверхні застосовують наступні способи очищення:

1. Очищення механічним способом (ударні впливи твердими поверхнями, турбінами, йоржами, деформацією труб, щітками тощо).
2. Очищення гідродинамічним способом (струминами рідини, газу, пари, бульбашками газу, ударними хвилями, пневматичними ударами, міжфазовою турбулентністю, електрогідравлічними ударами).
3. Фізичне очищення (коливаннями звукової і ультразвукової частоти).
4. Хімічне очищення (циркуляцією в системі хімічних реагентів, ефективність дії яких може підсилюватись за рахунок додаткових пульсацій тиску за допомогою повітря чи іншого газу).
5. Термічне очищення (гострою парою або нагрітою рідиною).
6. Комбіновані способи (поєднання окремих способів з наведеного вище переліку).

На основі огляду патентної та наукової літератури і теоретичного аналізу визначено, що тенденція розвитку способів очищення систем водяного опалення від відкладень полягає в розробленні і створенні технологій, способів і пристроїв для очищення конкретних систем водяного опалення і опалювальних пристроїв. Розроблюються і впроваджуються в промисловість методики контролю ступеня очищення поверхні, технології утилізації очищених відкладень, повторного використання промивної рідини і хімічних реагентів.

Досконалість систем теплопостачання будинків та надійність систем опалення характеризується гідравлічною і тепловою стійкістю, що забезпечується стабільністю розрахункового параметра пропускної спроможності системи.

УДК 75.080

ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВОДНО-ПАЛИВНИХ ЕМУЛЬСІЙ

гол.технолог Щепкін В.І., с.н.с., к.т.н. Целень Б.Я.,с.н.с. Гартвіг А.П.,
пров.н.с. Іваницький Г.К.

Інститут технічної теплофізики НАН України

АНОТАЦІЯ: Розглянуто основні фізико-хімічні властивості емульсій води з бензином, гасом та дизельним паливом отриманих з використанням аніонних, катіонних і неіоногенних емульгаторів. Досліджено вплив поверхнево активних речовин, їх структури і кількості на в'язкість, щільність і стійкість емульсії. Встановлено, що використання 10% водно-паливної емульсії в двигунах внутрішнього згорання призводить до зниження у відпрацьованих газах вмісту оксидів вуглецю і азоту та зниження теплового напруження двигуна.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: водно-паливна емульсія, в'язкість, щільність, дисперсність.

ABSTRACT: The basic physicochemical properties of water emulsion with gasoline, kerosene and diesel fuel obtained using anionic, cationic and nonionic emulsifiers are considered. The influence of surfactants, their structure and quantity on the viscosity, density and stability of the emulsion was investigated. It is established that the use of 10% water-fuel emulsion in internal combustion engines leads to a reduction in the exhaust gas content of carbon and nitrogen oxides and a decrease in the thermal stress of the engine.

KEYWORDS: water-fuel emulsions, viscosity, density, dispersion.

Енергетика і транспорт є основними споживачами палива. Існуючі екологічні проблеми диктують вимоги щодо ефективного його використання і створення нових видів палива як на основі нетрадиційних джерел енергії, так і створенні паливних композицій.

Розглянуто основні фізико-хімічні властивості емульсій води з бензином, гасом та дизельним паливом отриманих з використанням аніонних, катіонних і неіоногенних емульгаторів. Досліджено вплив поверхнево активних речовин, їх структури і кількості на в'язкість, щільність і стійкість емульсії. Важливими параметрами, які визначають область застосування водно-паливної емульсії є в'язкість, поверхневий натяг і щільність. В'язкість водно-паливної емульсії залежить від в'язкості дисперсної фази і дисперсійного середовища, співвідношення між ними, природи і концентрації емульгатора. Щільність емульсії визначається властивостями її складових.

Емульгатори, в залежності від їх структури і кількості в емульсії, сприяють утворенню прямих чи оборотних макро- і мікроемульсій. Стійкість паливної емульсії пояснюється утворенням на зовнішній поверхні краплини дисперсної фази адсорбційно-сольватного шару. Підвищення ступеня диспергування емульсії сприяє зростанню її кінетичної стійкості.

Проведені лабораторні дослідження показали зростання кінематичної в'язкості і щільності емульсії від концентрації води і структури поверхнево активних речовин. Підтверджено, що збільшення частки води сприяє переходу оборотної емульсії в пряму.

Встановлено, що використання 10% водно-паливної емульсії в двигунах внутрішнього згорання приводить до зниження у відпрацьованих газах вмісту оксидів вуглецю і азоту та зниження теплового напруження двигуна.

Перелік посилань:

1. Щепкин В.И., Целень Б.Я., Радченко Н.Л. Исследование влияния кавитации на качество эмульсии при получении топливных композиций. // Наукові праці ОНАХТ. Випуск 45, Т.3, 2014. – С. 196–199.

УДК 662.6.536.4

ДОСЛІДЖЕННЯ ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН З ФАЗОВИМ ПЕРЕХОДОМ З МЕТОЮ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ В АКУМУЛЯТОРАХ ТЕПЛОТИ

зав. лаб. ПГТТ, к.т.н. Демченко В.Г., с.н.с., к.т.н. Целень Б.Я.,

пр.н.с., к.т.н. Коник А.В.

Інститут технічної теплофізики НАН України

АНОТАЦІЯ: Розглянуто переваги і недоліки речовин для акумулювання теплоти. З метою вибору оптимальної теплоакумуючої речовини визначено закономірності зміни температури в часі для озокериту, церезину і петролатуму при їх початковому нагріванні і подальшому охолодженні (термоциклуванні). Встановлено, що церезин як теплоакумуюча речовина вигідно виділяється серед досліджуваних зразків.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: акумулятор теплоти, озокерит, церезин, петролатум, нагрівання-охолодження, термоциклування.

ABSTRACT: Advantages and disadvantages of substances for heat storage are considered. In order to choose the optimum heat-accumulating substance, regularities of temperature change over time for ozokerite, ceresin and petrolatum were determined at their initial heating and subsequent cooling. It has been established that ceresin as heat-accumulating substance stands out favorably among the samples tested.

KEYWORDS: heat accumulator, ozokerite, ceresin, petrolatum, heating-cooling, thermocycling.

Нерівномірність споживання і надходження теплової енергії, наприклад, при використанні поновлюваних джерел енергії, призводить до необхідності застосування акумуляторів теплоти, широке використання яких лише в країнах Європи дозволить щороку економити приблизно 1,4 млн. ГВт·год енергії і на 400 млн. т. скоротити викиди діоксиду вуглецю.

Наразі однією з основних проблем, що стримує широке впровадження мобільних акумуляторів теплоти є відсутність надійної теплоакумуючої речовини, що повинна відповідати наступним критеріям: відповідність вимогам санітарної і пожежної безпеки, низька вартість, компактність, низька корозійна активність, висока питома теплоємність, відповідність температурному діапазону використання і тривалий термін експлуатації.

Найбільше поширення в якості теплоакумуючої речовини в енергетиці отримала вода, однак низька щільність акумуляції теплоти не дозволяє створювати компактні акумулятори теплоти на її основі. Більш високу щільність акумуляції теплоти одержують застосовуючи теплоакумуючі речовини з фазовим переходом. Найбільш широке застосування отримали кристалогідрати та деякі органічні сполуки (парафіни, жирні кислоти та ін.). Основними недоліками кристалогідратів є нестабільність фізико-хімічних властивостей при багатократних циклах плавлення-кристалізації, суттєве переохолодження при переході в тверду фазу, низька термостійкість при тривалих періодах експлуатації, корозійна активність, сегрегація фаз і невеликий ресурс роботи, що обмежують їх застосування [1]. Органічні сполуки добре вивчені, широко застосовуються в промисловості і не мають вищезазначених недоліків.

З метою вибору теплоакумуючої речовини для практичного використання проведено дослідження з метою визначення закономірностей зміни температури в часі зразків теплоакумуючих речовин – озокериту, церезину і петролатуму при їх початковому нагріванні і подальшому охолодженні (термоциклуванні). Дослідження проводили на лабораторному стенді до складу якого входили: нагрівач; водяна баня з встановленою на днищі решіткою; ємності для досліджуваних речовин; термопари (тип L з відкритим спаєм, діаметр проводу 0,2 мм); аналого-цифровий перетворювач і пристрій для реєстрації даних. Підготовку зразків проводили наступним чином: в скляні ємності набирали по 50 г кожної речовини, розплавляли на водяній бані, вводили термопару, герметично закривали і охолоджували до

початкової температури. Дослідження проводили шляхом нагрівання всіх зразків до температури 90°C після чого нагрівання продовжували ще протягом 15 хв. Далі нагрівання припиняли і продовжували вимірювати температуру речовин до досягнення 40°C. Після охолодження зразків до температури оточуючого середовища експеримент повторювали. Інтервал реєстрації даних з термопар становив 1 с. Всього проведено 11 циклів нагрівання-охолодження зразків озокериту, церезину і петролатуму.

При дослідженні вибраних зразків деструктивних змін матеріалів не виявлено, закономірність їх нагрівання-охолодження залишилась незмінною. Встановлено, що тривалість нагрівання (до 90°C) церезину найдовша і перевищує таку в 1,5÷2 рази для озокериту і петролатуму внаслідок його найвищої середньої питомої теплоємності. Середня температура зразка церезину при охолодженні від 90°C до 50°C є найвищою, що вигідно виділяє церезин як теплоакумуючу речовину серед досліджуваних зразків.

Перелік посилань:

1. Thermal Energy Storage | Technology Brief , IEA-ETSAP and IRENA©
Technology Brief E17 – January 2013, pp. 10–13

УДК 621.671

**ШЛЯХИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ВІДЦЕНТРОВИХ НАСОСІВ ДЛЯ
ПЕРЕКАЧУВАННЯ МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ І МИЮЧИХ РЕЧОВИН**

гол.технолог Щепкін В.І., с.н.с. Гартвіг А.П., с.н.с., к.т.н. Целень Б.Я.

Інститут технічної теплофізики НАН України

АНОТАЦІЯ: *Наведено переваги і недоліки відцентрових насосів з відкритим робочим колесом для перекачування молочних продуктів і миючих речовин. Вказано напрямки подальшої модернізації насосів даного типу.*

КЛЮЧОВІ СЛОВА: *відцентровий насос, модернізація, молочні продукти, миючі речовини.*

ABSTRACT: *Advantages and disadvantages of centrifugal pumps with open impeller for pumping dairy products and detergents are presented. The directions of further modernization of pumps of this type are given.*

KEYWORDS: *centrifugal pumps, modernization, dairy products, detergents.*

Для відкачування молочних продуктів з гомогенізаторів і вакуумапаратів, а також для перекачування миючих речовин використовують відцентрові насоси з відкритими робочими колесами – відцентровими діагональними з лопатями подвійної кривизни кут виходу яких з робочого колеса не перевищує 50°. Незначна залежність напору даних насосів від торцевого зазору між лопатями і стінками корпуса зменшує вірогідність забивання каналів колеса жирами, білками і твердими частинами при зношуванні лопатей. Відносно великі зазори між корпусом і робочим колесом, а також відсутність передніх щілинних ущільнень спрощує складання насоса і підвищує його надійність при перекачуванні молочних продуктів. Крім цього, вони мають підвищений ресурс, простіші в ремонті, безпечні при експлуатації, володіють найбільш широкими діапазонами частот обертання ротора і температурних режимів перекачуваних продуктів,

низьким коефіцієнтом швидкохідності, а також найбільшим значенням коефіцієнта напору, що дозволяє зменшити розміри проточної частини насоса (робочого колеса, патрубків подачі і напору) знижуючи металоємність.

Однак, гідравлічні втрати рідини внаслідок течії через зазор між корпусом і торцевою поверхнею лопатей колеса, кромкові і ударні втрати від небажаного обтікання вхідної кромки лопатей, гідродинамічні втрати від вихрових утворювань в каналах колеса дають підстави для подальшої модернізації конструкції відцентрових насосів для перекачування молочних продуктів і миючих речовин з метою розширення полів подачі і напору та збільшення максимальної температури перекачуваного продукту. Встановлено, що застосування зварно-штампувальної конструкції проточної частини забезпечує високі показники якості відцентрових насосів і знижує масу конструкції.

**ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THE CRITERIA OF
HYDRODYNAMIC SIMILARITY ON THE LENGTH OF THE
REGENERATOR AND COSTS ON OVERCOMING HYDRAULIC
RESISTANCE.**

undergraduate Yevziutin P. Y., Ph.D., senior lecturer Dvoinos Y. G.,

National Technical University of Ukraine

"Kyiv Polytechnic Institute"

***АНОТАЦІЯ.** Проектування теплообмінних апаратів регенераторного типу для теплообміну між газами ускладнений низьким коефіцієнтом тепловіддачі та значними витратами на подолання гідравлічного опору насадки. Перший недолік збільшує розміри апарату і, відповідно капітальні витрати, другий збільшує експлуатаційні. Для обґрунтованого вибору гідродинамічного режиму у регенераторі тепла газів з сітчастою дровою насадкою запропоновано провести аналіз методом чисельного та симуляційного експериментів таких апаратів з різними режимами руху теплоносія, сформульовано вимоги до апарату та обрано основні закономірності для моделювання.*

***КЛЮЧОВІ СЛОВА:** регенератор тепла, коефіцієнт тепловіддачі, сітчаста насадка*

***ABSTRACT.** The design of regenerative type heat exchangers for heat exchange between gases is difficult by the low heat transfer coefficient and significant costs for overcoming the hydraulic resistance of the nozzle. The first disadvantage increases the size of the device and, accordingly, capital costs, the second increases the operating. For a reasonable choice of hydrodynamic regime in the heat regenerator of gases with a mesh wire nozzle, is offered to analyse by the method of numerical and simulation experiments of such devices with different modes of coolant movement, formulated requirements for the device and selected basic laws for modelling.*

KEYWORDS: heat regenerator, heat transfer coefficient, mesh nozzle.

Regenerative type heat exchangers are widely used in heat exchange processes between gases. The advantage of this type of heat exchangers is the high specific surface area of heat exchange and simplicity of design, the main disadvantages of mixing flows and the need to install gas distribution devices.

Parametric calculation of heat exchangers is to determine the surface area of heat transfer from the values of thermal power obtained in the heat balance. When designing a shell-and-tube heat exchanger, the hydrodynamic mode of movement of liquid heat carriers is chosen to be turbulent, within $Re=10^4 \div 1.5 \cdot 10^4$ [1]. When designing regenerators for gas-gas systems, there are many more variations in the modes of movement of gaseous heat carriers.

The physical model of air heat exchange with a nozzle shown in Figure 1.

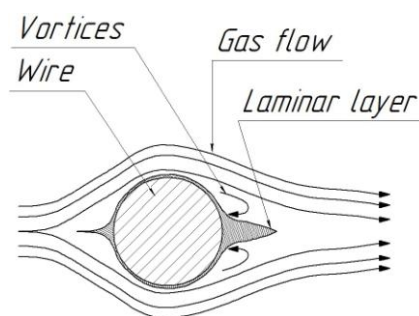


Figure 1 - Physical model of gas heat exchange with a nozzle

The aim of the work is to choose a tool for analyzing the influence of the criterion of hydrodynamic similarity on the length of the device and the cost of overcoming the hydraulic resistance.

In the work of F. Duprat & G. Lopez [2] the non-uniformity of the influence of the number Re on the hydrodynamic resistance and heat transfer coefficient is shown, the economically optimal mode is substantiated, which takes into account the size of the device and its operating costs. The difficulty of experimental verification of theoretical calculations is the need to build a new experimental setup for each value of Re in order to ensure a stable regeneration coefficient. It is proposed to use criterion dependences obtained from experiments on the

interaction of gas flow with a small diameter cylinder and simulation experiment, aimed at summarizing the data obtained for the nozzle of nets woven from wires. A range was chosen for the gas heat regenerator model $Re=0.01\div140$, and used the patterns obtained D.C. Collis and M.J. Williams [3]:

$$Nu \left(\frac{T_m}{T_g} \right)^{-0,17} = A + BRe^n$$

$$\alpha = A + BRe^n \left(\frac{\lambda}{d} \right) \left(\frac{T_m}{T_g} \right)^{0,17},$$

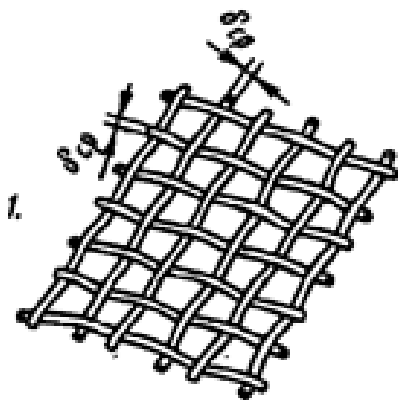
where Nu and Re - similarity criteria, A , B , n - coefficients that depend on Re :

Coefficients	$0,02 < Re < 44$	$44 < Re < 140$
n	0,45	0,51
A	0,24	0
B	0,56	0,48

To determine the hydraulic resistance of the nozzle from the wire mesh, it is proposed to use the dependence [4]: $\Delta P = \zeta_{Re} \frac{\rho W_1^2}{2}$, where ζ_{Re} – coefficient of resistance; ρ – gas density, kg/m^3 ; W_1 – the average gas velocity in the cross section of the apparatus, m/s .

$$Re = \frac{W_0 \delta_{cp}}{\nu}, \text{ where } W_0 = \frac{W_1}{f} - \text{gas velocity in the mesh holes, m/s, } \bar{f} = \frac{F_{ome}}{F}$$

is equal to the ratio of the area of the holes to the total area of the grid; δ_{cp} – mesh wire diameter, m ; ν – kinematic viscosity of the gas, $\text{Pa}\cdot\text{s}$.



$$50 < Re < 1000 \Rightarrow \zeta_{Re} = k_{Re} + \zeta, \text{ where } \zeta \text{ i } k_{Re} \text{ are determined from the graph in Figure 2,}$$

$$Re < 50 \Rightarrow \zeta_{Re} = \frac{22}{Re} + \zeta.$$

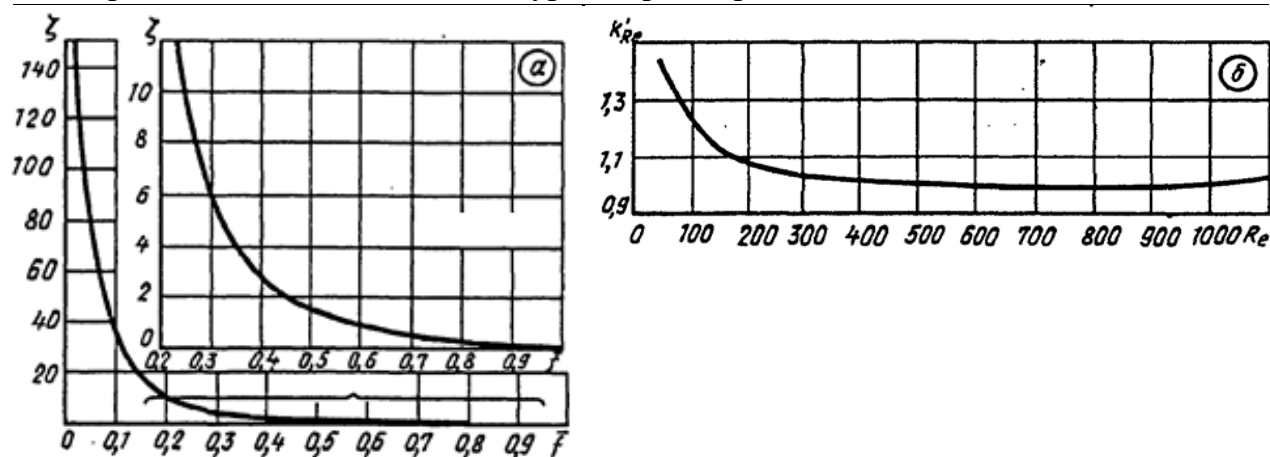


Figure 2 - Graphs for determining the coefficients of hydrodynamic resistance [4]

Conditions for modeling processes in a heat regenerator can be the regeneration coefficient $q=0,96$ [1] and the average temperature difference between the nozzle and the gas 1,5 K [5], as a nozzle selected copper mesh 0056 according to GOST 6813-73, the distance between the grids of 0.12 mm and simulation experiment in CFD system (computational hydrodynamics).

For the simulation experiment, it is proposed to use the application SolidWorks Flow Simulation, Figure 3.

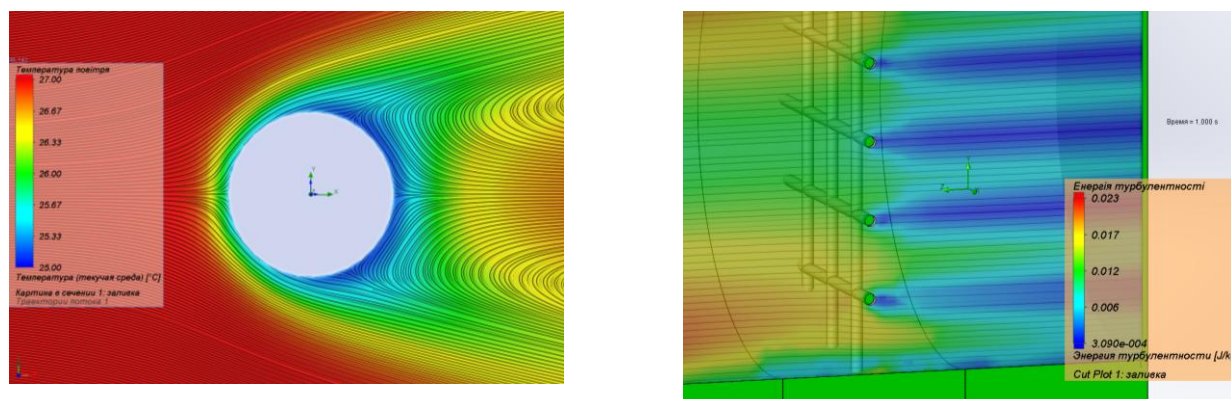


Figure 3 - Preliminary results of simulation

References:

1. Osnovnye processy i apparaty himicheskoy tekhnologii: Posobie po proektirovaniyu / G.S. Borisov, V.P. Brykov, YU.I. Dytterskij i dr. Pod red. YU.I. Dytterskogo, 2-e izd., pererab. i dopoln. M.: Himiya, 1991. – 496 s.2. Duprat, F., & Lopez Lopez, G. (2001). Comparison of performance of heat regenerators: Relation between heat transfer efficiency and pressure drop. International Journal of Energy Research, 25(4), 319–329. doi:10.1002/er.681

3. Collis, D. C., & Williams, M. J. (1959). Two-dimensional convection from heated wires at low Reynolds numbers. *Journal of Fluid Mechanics*, 6(03), 357. doi:10.1017/s0022112059000696

4. Idel'chik I. E. *Spravochnik po gidravlicheskim soprotivleniyam* / pod red. M. O. SHtejnberga. – 3-e izd., pererab. i dop. – M.: Mashinostroenie, 1992. – 672 s.: il.

5. Novotel'nov V. N. *kriogennye mashiny: Uchebnik dlya vuzov po spec. "Tekhnika i fizika nizkih temperatur"* / V.N. Novotel'nov, A. D. Suslov, V.B. Poltaraus – Spb.: Politekhnik, 1991. – 335 s.: il.

UDC 536.242

**VALIDATION OF THE SIMULATION MODEL OF HEAT EXCHANGE
IN A PLATE HEAT EXCHANGER**

master student Italiantsev O., senior lecturer, Ph.D. Dvoinos Y.

National Technical University of Ukraine

"Kyiv Polytechnic Institute"

ABSTRACT: *The simulation model of heat exchange process between the solid wall and the fluid flow of the plate heat exchanger in the space between the plates is validated by setting up the experiment and comparing the results with the calculation according to known criteria equations. The difference was less than 5%, which confirms the validity of the chosen simulation model.*

KEYWORDS: *plate heat exchanger, heat transfer, simulation model.*

АНОТАЦІЯ: *Проведено валідацію симуляційної моделі процесу теплообміну між стінкою пластинчастого теплообмінника та потоком рідини у просторі між пластинами шляхом постановки експерименту та порівнянні результатів з розрахунком за відомими критеріальними рівняннями. Розбіжність складала менше 5%, що підтверджує достовірність обраної симуляційної моделі.*

КЛЮЧОВІ СЛОВА: *пластинчастий теплообмінник, тепловіддача, симуляційна модель.*

To verify the validity of the results of the research of the process of heat transfer in a plate heat exchanger in SolidWorks environment, the results of the simulation experiment were compared with the calculations by criterion dependence. Designing an experiment: $a = 2 \cdot 10^{-3}$ – channel height, m; $b = 30 \cdot 10^{-3}$ channel width, m; $L = 0.25$ – length of the plate, m; $G = 0.2$ – mass flow rate, kg/s; $t_{av} = 20$ – average coolant temperature, °C; coolant: water.

Calculation of the average value of the coefficient of heat transfer by experimental dependencies [1]:

Equivalent diameter for rectangular channel, m:

$$d_e = \frac{4 \cdot S}{\Pi} = \frac{4 \cdot 6 \cdot 10^{-5}}{0.064} = 3.75 \cdot 10^{-3} \quad ,$$

where S - cross-sectional area of the channel, m:

$$S = a \cdot b = 2 \cdot 10^{-3} \cdot 30 \cdot 10^{-3} = 6 \cdot 10^{-5} \quad ;$$

Π - wetted perimeter, m:

$$\Pi = 2 \cdot a + b = 2 \cdot 2 \cdot 10^{-3} + 30 \cdot 10^{-3} = 0.064 \quad .$$

Average velocity of fluid in channel, m/s:

$$W = \frac{G}{S \cdot \rho} = \frac{0.2}{6 \cdot 10^{-5} \cdot 997} = 3.75 \quad ,$$

where $\rho = 997 \text{ kg/m}^3$ - density of water at average temperature[2].

Reynolds number:

$$\text{Re} = \frac{W \cdot \rho \cdot d_e}{\eta} = \frac{3.75 \cdot 997 \cdot 3.75 \cdot 10^{-3}}{1004 \cdot 10^{-6}} = 12450.199 \quad ,$$

where $\eta = 1004 \cdot 10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ - dynamic viscosity of water at average temperature [2].

Prandtl number:

$$\text{Pr} = \frac{\eta \cdot c_p}{\lambda} = \frac{1004 \cdot 10^{-6} \cdot 4183}{0.599} = 7.011 \quad ,$$

where $c_p = 4183 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)}$ - heat capacity of water at average temperature [2];

$\lambda = 0.599 \text{ Вт/(м} \cdot \text{K)}$ - thermal conductivity of water at average temperature [2];

Nusselt number:

$$\text{Nu} = 0.021 \cdot \text{Re}^{0.8} \cdot \text{Pr}^{0.43} \left(\frac{\text{Pr}}{\text{Pr}_w} \right)^{0.25} = 0.021 \cdot 12450.199^{0.8} \cdot 7.011^{0.43} \cdot 1 = 91.633 \quad ,$$

де $\text{Pr}/\text{Pr}_w^{0.25} = 1$ - correction of Mikheyev.

The average value of the heat transfer coefficient, $\text{W/(m}^2 \cdot \text{K)}$:

$$\alpha = \frac{\text{Nu} \cdot \lambda}{d_e} = \frac{91.633 \cdot 0.599}{3.75 \cdot 10^{-3}} = 14656.85 \quad .$$

Research of the average heat transfer coefficient by simulating the process in SolidWorks.

The results of the simulation experiment are shown in Figure 1.

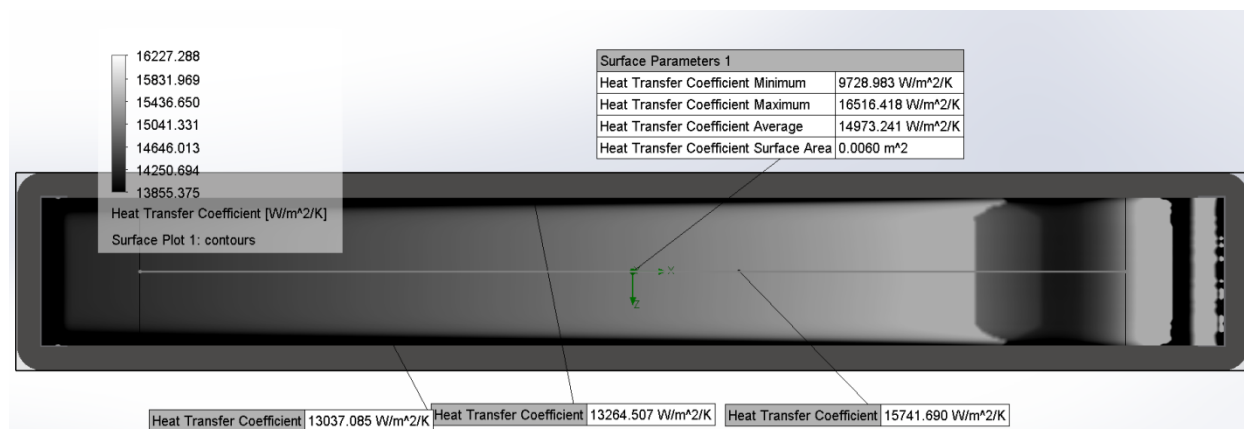


Figure 1 - Results of the simulation experiment

The average value of the heat transfer coefficient from SolidWorks, $W/(m^2K)$:

$$\alpha_c = 14973.241 \quad .$$

Divergence, %:

$$\delta = \frac{|\alpha - \alpha_c|}{\alpha} \cdot 100 = \frac{|14636.85 - 14973.241|}{14636.85} \cdot 100 = 2.298 \quad .$$

Conclusion: the divergence is less than 5%, which is acceptable; the simulation model of the plate heat exchanger has been validated.

References

1. (1972) N.B. Vargaftik. Spravochnik po teplofizicheskim svojstvam gazov i zhidkostej, M.
2. (1987) Pavlov K. F., Romankov P. G., Noskov A. A. Primery` i zadachi po kursu proccessov i apparatov khimicheskoy tekhnologii. Uchebnoe posobie dlya vuzov / Pod red. chl.-korr. AN SSSR P. G. Romankova. – 10-e izd., pererab. i dop. – L.: Khimiya, 576 p.

THE IMPORTANCE OF THE SOLUTION PHYSICAL PROPERTIES FOR THE EQUIPMENT PROJECTING FOR SUGAR PRODUCTIONS

student Havrylenko V.V., asistant professor, Ph.D. Huliienko S.V.,

associate professor, Ph.D. Zubriy O. G.

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

АНОТАЦІЯ: Розглянуто питання щодо ролі випарювання у виробництві цукру та впливу температурної депресії на процес. Розроблена методика експериментальних досліджень та наведено опис експериментальної установки.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: цукор, випарювання, температурна депресія, кипіння

АНОТАЦІЯ: The questions about the role of evaporators in sugar production and the impact the temperature depression on process are considered. The technique of experimental investigation is created and the description of the experimental set-up is represented.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: sugar, evaporation, temperature depression, boiling

The sugar is the carbohydrate with consists almost completely from the saccharose ($C_{12}H_{22}O_{11}$). It has the sweet taste and digest by the organism easily and almost completely. During the period from 2018 to 2019 the world sugar consumption was more than 173,95 million of tons [1].

The white beet and sugar cane are widely used as a raw material for sugar production. The root crops of white beets include 20-25% of dry substance in which the content of saccharose is varied from 14 to 18%. The sac saccharose is extracted from white beets by diffusion method. The obtained diffusion juice consists the 15-16% of the dry substance in which 14-15% is the saccharose and about 2% is the other substance. In order to removing of the admixtures, the

purification of the diffusion juice by the lime carbonate (the sugar-juice defecation) with following removing of its overbalance by the carbon dioxide (saturation). For the reducing of the colority and the alkalinity the filtered juice of the second saturation is treated by sulphur dioxide (sulphitation) [2].

The evaporators are used for the concentration of the juice, which is carried out in two stages. Firstly, it is concentrated on the evaporator to the concentration of the dry substance of 55–65% (the saccharose does not crystalized), then after the additional purification the viscous syrup in the vacuum apparatus is concentrated to the content of the dry substance of 92.5–93.5% and the fillmass is obtained. The prepared fillmass is crystalized and the sugar crystals are separated in the centrifuges [2].

In the evaporators the temperature loss occur which lead to the decreasing of the temperature differences between the heating vapor and the separated solution. The main reason of it is the temperature depression, with equal to the difference between the boiling temperature of the solution and the pure solvent correspondingly under the same pressure [3].

The temperature depression values depend from the solute and solvent nature and from the solution concertation and pressure [3]. Usually, the values of temperature depression are represented in reference and specialized literature. The experimental values for the sugar solutions are represented in the literature in limited number and it availability is limited, therefore the it is necessary to carry out the experiments for the determination of the temperature depression of the sugar solutions.

For the determination of the temperature depression the technique of the experimental research experimental set-up (Figure 1) were developed.

The set-up includes the experimental tank 1 with electric heater 2, in which the investigated solution is added. In the solution the thermocouples 3 are installed which are contacted using the controller 4 to the personal computer 5, where using the software IndexTem the indication на thermocouples are registered and automatically plotted versus time.

The set-up allows to determinate the boiling temperature of the solutions, which can be easily detection the temperature plot, since the temperature during the boiling pure solvent remain constant and during the boiling solution the increasing of temperature is dramatically slack (the increasing of the temperature during the solution boiling is determined by change in concentration due to solvent evaporation). As mentioned above? the temperature depression is equal to the difference between the boiling temperature of the solution and the pure solvent.

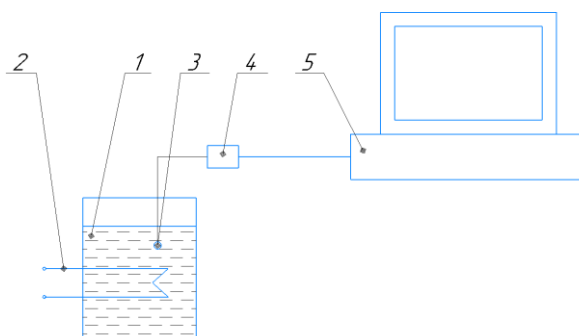


Figure 1 – The schemo of the experimental set-up

The presence of available experimental data about the temperature depression of the sugar solutions allows decreasing the difficulties during the technological equipment for sugar production design especially evaporators.

References:

1. <https://www.statista.com/statistics/496002/sugar-consumption-worldwide/>
2. Машины и аппараты пищевых производств. В 2 кн. Кн. 1: Учеб. Для вузов/С.Т.Антипов, И.Т.Кретов, А.Н.Остриков и др.; Под ред. Акад.РАСХН В.А. Панфилова. - М.: Высш.шк., 2001.-703 с.
3. Чорнобильський Й.І. Випарні установки. Київ: Вища школа, 1970. — 240 с.

THE PROCESS OF SEPARATION OF DUST-CONTAINING POLYDISPERSE TWO-PHASE SYSTEMS IN A CYCLON UNDER PHASE TRANSITION CONDITIONS

graduate student Kichak R. V., Associate Professor? PhD Stepanyuk A. R.

National Technical University of Ukraine

"Kyiv Polytechnic Institute named after Igor Sikorsky"

АНОТАЦІЯ: *Виробництво органо-мінеральних добрив є багатостадійним, одним з етапів якого є газоочистка. Із-за складності даного процесу, який супроводжується декількома взаємопов'язаними, протікаючими одночасно з ним, вдаються до комплексних методів із застосуванням кількох апаратів, одним з яких є циклон. Для інтенсифікації відділення полідисперсних двофазних систем в циклоні, окрім відцентрової газоочистки в циклоні створюють умови фазового переходу, при наявності градієнта температур. При цьому частинки зазнають дію кількох складових процесу для інтенсифікації процесу седиментації та відведення з апарату.*

КЛЮЧОВІ СЛОВА: *органо-мінеральні добрива, багатокомпонентні викиди, циклон, фазовий перехід, розчинність, седиментація, температурне поле.*

ABSTRACT: *The production of organo-mineral fertilizers is multi-stage, one of the stages of which is gas cleaning. Due to the complexity of this process, which is accompanied by several interrelated, occurring simultaneously with it, resort to complex methods with the use of several devices, one of which is a cyclone. To intensify the separation of polydisperse two-phase systems in the cyclone, except centrifugal gas cleaning in the cyclone create the conditions of the phase transition, in the presence of a gradient temperatures. In this case, the particles are exposed to several components of the process to intensify the process sedimentation and drainage from the apparatus.*

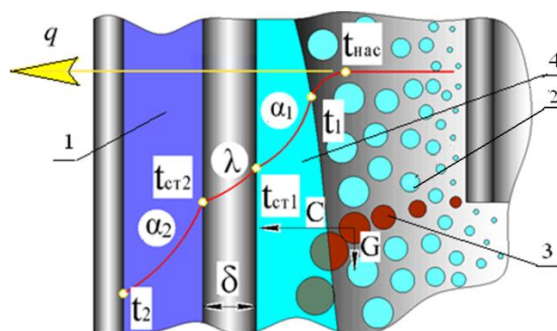
KEY WORDS: *organo-mineral fertilizers, multicomponent emissions, cyclone, phase transition, solubility, sedimentation, temperature field.*

The production of organo-mineral fertilizers generates a significant amount of multicomponent emissions that need to be captured. Traditionally, several devices are installed in series. It is proposed to use a combined method of capturing multicomponent emissions in an upgraded cyclone. Their capture is carried out in the cyclone while providing the conditions of the phase transition of water vapor, which is created by the cooling shell and the supply of additional initial mixture into the stream before the cyclone. In this case, the following processes occur [1 – 4]:

- heat dissipation through the cylindrical wall; volume and film condensation of the vapor phase;
- formation of enlarged dust particles;
- centrifugal deposition of the solid phase.

The physical model of the process is shown in Figure 1.

The vapor contained in the air is cooled by introducing a cold initial solution, until it becomes supersaturated and begins to condense, forming an aerosol of liquid and solid particles. Upon cooling, the vapor partially condenses on the droplets of the initial solution. Part of the vapor condenses on the inner surface of the cyclone wall. The condensate flows laminarly in the form of a film with a thickness δ .



1 - cold coolant; 2 - drops of the initial solution; 3 - solid phase; 4 - condensate film

Figure 1 – Physical model of capture

Because there are solid particles in the water vapor, the surface of which is wetted by the condensing liquid or drops of the initial solution, this leads to an intensification of the capture process. A thin film of condensate is adsorbed on the surface of the particles. Therefore, in the future, the particles behave like droplets of the same size [5].

The solubility of the constituent solid particles in the condensed liquid or droplets of the initial solution causes a decrease in both its vapor pressure and supersaturation, which is necessary for the onset of condensation [5].

Particles settle under the action of centrifugal force C and gravity G . In addition, in the presence of a temperature gradient, the particles are affected by the temperature field, further driving them along its lines (thermophoresis), in the direction of lowering the temperature. The directions of action of these components coincide, which accelerates the sedimentation of particles on the surface of the film [5].

Due to the active turbulence of the flow during sedimentation, there is an intense collision of particles with each other, adhesion and enlargement, which enhances the action of the driving components of the process. The precipitated particles are removed from the cyclone together with the flowing film.

Conclusions: For the possibility of unambiguous modeling of the process of centrifugal separation of two-phase emissions in a cyclone, in the conditions of phase transition and design of devices, it is necessary:

- experimentally investigate the mutual influence of processes and deposition factors in the modernized apparatus;
- select a mathematical model of the process of centrifugal separation of two-phase emissions in the cyclone and check its adequacy;
- provide recommendations for the design of modernized equipment.

References:

1. Cyclone / Kichak Ruslan Vitaliyovych, Stepanyuk Andriy Romanovych - in 2019 131590; declared 06/27/2019; publ. January 25, 2019, Bull. № 2.

2. The process of obtaining modified granular humic-mineral fertilizers: way. J.M. Kornienko, A.M. Lubeck, S.S. Gaidai. - Kyiv: KPI named after Igor Sikorsky, 2017. - 206 p.

3. https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fbteg/kulinchenko_teploper/10.htm

4. Processes and equipment of chemical technology / Ya.M. Kornienko, Yu.Yu. Lukach, IO Mikulyonok, BL Rakytsky, GL Рябцев. К .: NTUU "KPI", 2011. - [p. 1. - 300 p .; Part 2.- 416 p.]

5. X. Green, W. Lane. Particulate clouds: dusts, smokes and mists. Second Edition. London 1961

PROCESS OF COOLING POLYETHYLENE PIPES

graduate student Podiman G., master student Rudnytskyi Y.,

Senior Lecturer, Ph.D. Dvoinos Y.

National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv

ABSTRACT: *Analyzed the regularities of the process of non-stationary cooling of polyethylene pipes, the use of a simulation model in the CFD system (computational hydrodynamics) is proposed, such an experiment is performed in the FlowSimulation application of SolidWorks, the results are compared with the results of the numerical experiment.*

KEYWORDS: *non-stationary heat transfer, simulation modeling, polyethylene pipe.*

АНОТАЦІЯ: *Проаналізовано закономірності процесу нестационарного охолодження труб з поліетилену, запропоновано використання симуляційної моделі у системі CFD (обчислювальна гідродинаміка), виконано такий експеримент у додатку FlowSimulation програми SolidWorks, результати порівняно з результатами чисельного експерименту, зроблено висновок про можливість верифікації результатів.*

КЛЮЧОВІ СЛОВА: *нестационарний теплообмін, симуляційне моделювання, труба з поліетилену.*

The production of polyethylene pipes by extrusion involves the stage of cooling, using equipment - water baths, or fans that blow the pipe. Criteria for completing the cooling process can be the annular rigidity of the pipe, which is sufficient to prevent plastic deformation in the drawing device, and the possibility of mechanical cutting of the pipe in the cutting device (cutter or knife). Thus, the length of the production line of polyethylene pipes is mainly determined by the time required for their cooling, and the topic of modeling the cooling process is relevant. The non-stationary process of cooling polyethylene pipes can be

represented as cooling a flat wall and use the dependences [1] to calculate the temperature field with conditions of the third kind for the outer surface, Figure 1.

Provided the temperature is uniform at the beginning of cooling $T(\tau=0, x)=T_0$ (initial conditions) and a known heat transfer coefficient and temperature of the cooling medium T_c (boundary conditions). The wall thickness is equal to two wall thicknesses of the pipe ($R=\delta$ due to cooling of the plate on both sides) the temperature in the pipe wall depends on the current wall thickness and cooling time:

$$\frac{T(x, \tau) - T_0}{T_c - T_0} = 1 - \sum_{i=1}^{i=6} \left[\frac{2 \sin \mu_i}{\mu_i + \sin \mu_i \cos \mu_i} \cos \mu_i \frac{x}{R} \exp \left(-\mu_i^2 \frac{a\tau}{R^2} \right) \right],$$

where the coefficients μ_i are determined from $\operatorname{ctg} \mu_i = \frac{1}{Bi} \mu_i$; criterion $Bi = \frac{\alpha R}{\lambda}$;

thermal conductivity of polyethylene $\lambda = 0,2 \frac{W}{mK}$; coefficient of thermal

conductivity of polyethylene $a = \frac{\lambda}{C_p} = \frac{0,2}{3220} = 6,21 \cdot 10^{-5} \frac{m^2}{s}$.

To determine the heat transfer coefficient $\alpha \frac{J}{m^2 K}$ from the surface of the polyethylene pipe to the cooling medium proposed to use the dependences [2, 3] and simulation model in CFD system (computational hydrodynamics) of FlowSimulation application SolidWorks.

For the numerical experiment, the cooling condition was chosen - forced convection in water, pipe diameter $D=0,032$ m, water temperature $T_c=+20^\circ\text{C}$, flow rate $W=0,1$ m/s, kinematic viscosity of water $\nu=1,006 \cdot 10^{-6}$ m²/s, thermal conductivity $\lambda_c=0,599$ W/(mK).

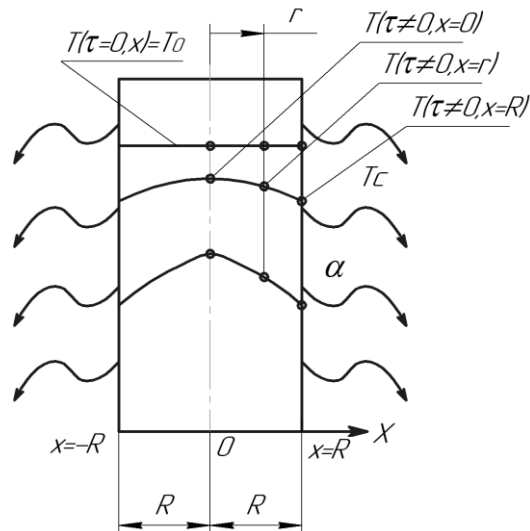


Figure 1 - Calculation scheme of non-stationary cooling of the flat plate

$$Re = \frac{WD}{\nu} = \frac{0,1 \cdot 0,032}{1,006 \cdot 10^{-6}} = 3181 \Rightarrow$$

$$Nu = 0,28 Re^{0,6} Pr^{0,36} \left(\frac{Pr}{Pr_{cm}} \right)^{0,25} = 0,28 \cdot 3181^{0,6} \cdot 7,01^{0,36} \cdot 1 = 71,315$$

$$\alpha = \frac{Nu \cdot \lambda_c}{D} = \frac{71,315 \cdot 0,599}{0,032} = 1335 \frac{W}{m^2 K}.$$

The result of the simulation experiment shown in Figures 2, 3.

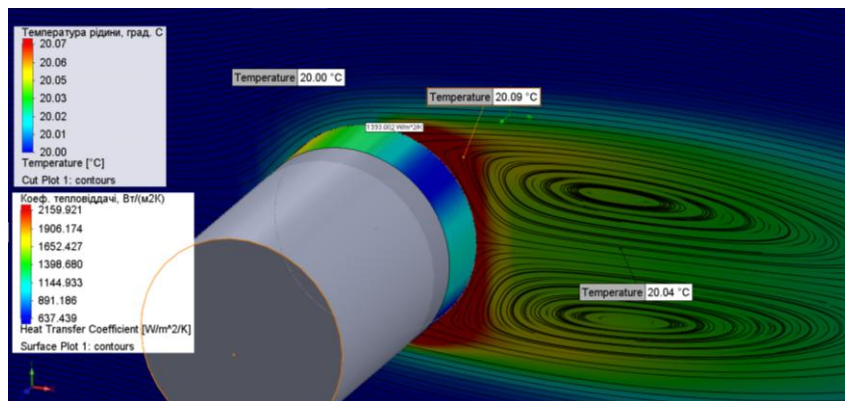


Рисунок 2 – Умови охолодження труби діаметром 32 мм з поліетилену у воді з швидкістю потоку 0,1 м/с

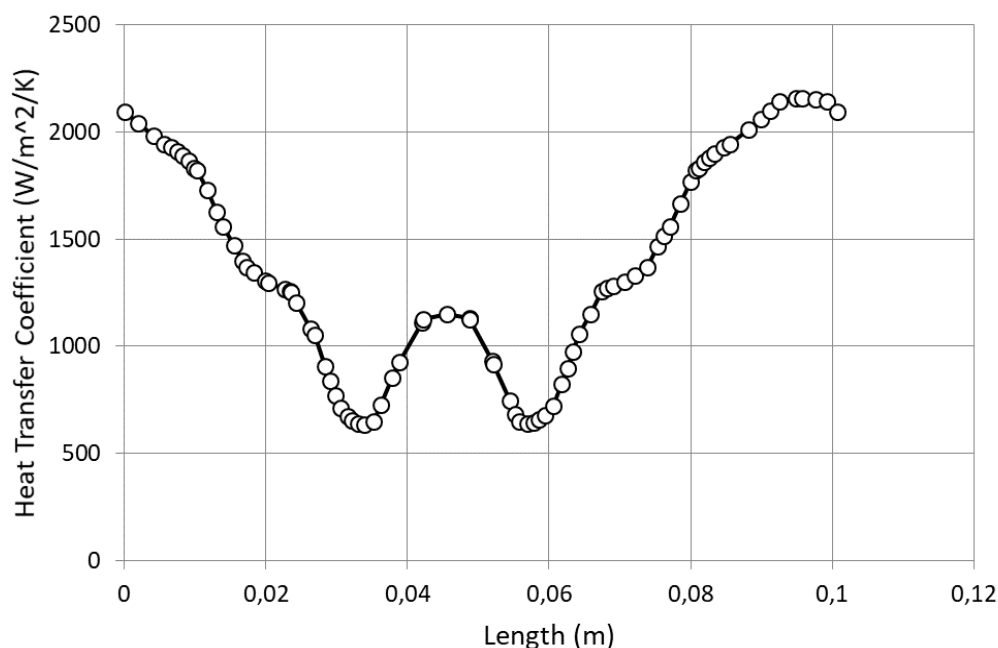


Figure 3 - Coefficient of heat transfer around the perimeter of the pipe, $\frac{W}{m^2 K}$

Parameter	Minimum	Maximum	Average	Average value
Heat Transfer Coefficient [W/m ² /K]	594,87195 4	2166,3508 7	1387,1414 6	$\alpha_{simul} = 1387,14 \frac{W}{m^2 K}$

Relative error of simulation results and numerical experiments, %:

$$\varepsilon = \left| \frac{\alpha - \alpha_{simul}}{\alpha} \right| 100\% = \left| \frac{1335 - 1387,14}{1335} \right| 100\% = 3,9\% .$$

Conclusion: an approach to study the cooling conditions of polyethylene pipe in the CFD system is proposed, the results of the simulation experiment compared to the calculations by the criterion equations, the determined error ensures the accuracy of engineering calculations obtained by simulation, and the method can be considered verified.

References

1. Lykov A.V. Teoriya teploprovodnosti. M., Vysshaya shkola, 1967. – 600 s.
2. Mikheev M.A., Mikheeva I.M. Osnovy teploperedachi. Izd. 2-e, stereotip. M., «Energiya», 1977.
3. Kreit F., Blek U. Osnovy teploperedachi: Per. s angl. – M.: Mir, 1983. – 512 s., il.

ІННОВАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА ПРЕСОВАНОГО БІОПАЛИВА

к.т.н. Корінчук Д. М., Бунецький В.О.

Інститут технічної теплофізики НАН України

Дефіцит традиційних енергоносіїв в Україні, підвищення вартості імпортованих, та необхідність сталого розвитку енергетики спричинили залучення в енергетику альтернативних енергоносіїв. Біомаса як енергоносіїв становить найбільшу частку серед альтернативних джерел за темпами росту обсягів використання в енергетичній сфері. Попит на високоякісне біопаливо постійно зростає як в Україні так і в усьому світі, а саме брикетування та гранулювання дозволяє підвищити об'ємну теплоту горіння палива, покращити логістику перевезень, нормалізувати паливо за вологістю та гранулометричним складом. В Україні за останні два десятиліття виникло більше 500 виробництв паливних брикетів та гранул з сировини рослинного, деревинного походження та торфу

Через недостатню кількість досліджень щодо підготовки торфу, агробіомаси, деревинної біомаси та твердих органічних відходів як сировини до пресування частими є перевитрати енергії під час виробництва біопалива з такого виду сировини, а відпрацьовують режими роботи обладнання безпосередньо під час виробничого процесу, часто отримуючи при цьому паливо з низькими якісними показниками. Недосконалість процесу гранулювання та неврахування властивостей породного складу біосировини, зміни технологічних факторів протягом річного циклу виробництва призводить до підвищення енергоемності процесу та відмови обладнання.

Пошук ефективних технологій переробки біомаси на паливо, забезпечення повноти біоенергоконверсії в поєднанні з екологічною безпекою та сталим виробництвом в Україні біопалив, викликало розвиток нових наукових напрямків досліджень процесів підготовки палива та його енергетичного використання.

Технічний аналіз діючих виробництв гранул та брикетів виявив наступні проблеми, що потребують наукового вирішення:

- Низька енергетична ефективність виробництв, перевищення питомих енерговитрат на одиницю продукції особливо взимку робить виробництва нерентабельними;
- Складність регулювання ключових ланок виробництва
- Коливання продуктивності в річному циклі виробництва викликане кліматичними факторами
- Швидке вичерпання сировинної бази
- Недостатній рівень знань щодо механізмів гранулоутворення
- Низька якість палива, за показниками зольності, міцності, густини, теплоти згоряння

Вирішення зазначених проблем потребувало комплексного підходу до створення енерго-ресурсозберігаючих технологій виготовлення біопалив.

Дослідження та виявлення факторів впливу на експлуатаційні показники процесів підготовки сировини, сушіння та гранулоутворення біопалива дозволили підвищити якість гранул та брикетів, забезпечити сталий цілорічний цикл роботи підприємств.

Авторським колективом запропоновано розглядати паливні біогранули як композиційний біополімер з неорієнтованою структурою та обґрунтовано доцільність використання композицій в виробництвах пресованого палива. Для аналізу фізико-хімічної природи молекулярних зв'язків у гранулі розроблено методологічні засади неізотермічного аналізу паливних гранул, що дозволило визначити роль окремих складових біомаси та вплив активаційних процесів на механізми утворення міцних зав'язків при гранулюванні однорідної біомаси та композиційних сумішей біомаси різних видів рослинного та деревинного походження, торфу повітряно сухого, торфу хімічно – активованого. Аналіз, механічних, термічних, термовологістних та хімічних методів активації торфу та біомаси перед гранулюванням дозволив обґрунтувати впровадити енергоефективні режими

гранулювання, розробити заходи стабілізації продуктивності лінії виробництва палива в річному циклі. Розроблено режимні параметри термічної та тармовологістної активації гранулювання та композиційний склад біомаси з часткою механічно-активованої складової як однорідної біомаси так і сировини іншого виду деревинного та рослинного походження, що дозволяє знизити енергетичні витрати на процес пресування в 4-8 рази.

В перше проведено енергетичний аналіз методів регулювання продуктивності барабанної сушарки та розроблено енергоефективну сушарку з динамічним регулюванням кута нахилу в межах $-3^{\circ} < \beta < 3^{\circ}$ що забезпечує збільшення часу перебування вологих часток в апараті, підвищення ступеня заповнення сушарки та поверхні контакту між матеріалом та сушильним агентом в одиниці об'єму сушарки, забезпечується збільшення ефективності використання сушильного агенту та його використання, що приводить до зменшення питомих витрат теплоти на випаровування вологи в межах 4750 – 5000 кДж/кг за суміщення з регулюванням кількості обертів, в межах 5000 – 5300 кДж/кг за суміщення з регулюванням температури сушильного агенту та 4700 – 5200 кДж/кг у випадку регулювання дисперсного складу, що відповідає підвищенню енергоефективності установки на 10 – 15%. Показано, що впровадження схеми з розділенням стадій подрібнення та механо-активації проміжною стадією сушіння або суміщення в сушильному апараті процесів сушіння та подрібнення веде до зниження на 15% енерговитрат гранулоутворення.

Комплекс теоретичних досліджень процесів подрібнення, сушіння та гранулювання започаткував в Україні створення енергоефективних технологій виробництва композиційного гранульованого палива (рис. 1, табл. 1).

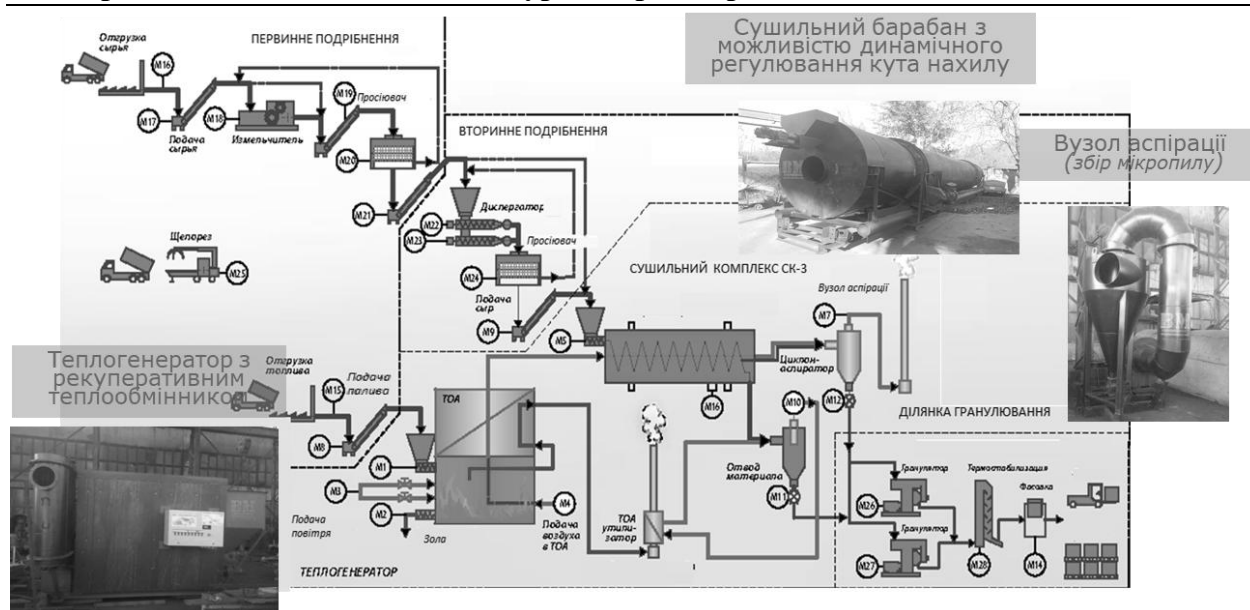


Рис.1. Енергоефективна технологія виробництва композиційного гранульованого палива.

Таблиця 1.Інноваційні складові енергоефективної технології виробництва композиційного гранульованого палива.

Інноваційні рішення	Технічний переваги	Економічні переваги
Динамічне регулювання кута нахилу барабану	Регулювання об'ємної продуктивності сушарки в залежності від вологості сировини на вході	Можливість безперервної роботи при змінних входних параметрах сировини, підвищення продуктивності до 25%
Двостадійна система аспірації	Збір та повернення в процес мікропили	Зменшення втрат до 10%.
Теплообмінник димових газів	Відсутність додаткового зазолення сировини	Зменшення зольності до 5%
Підігрів сировини перед пресуванням	Підвищення реакційної здатності сировини	Підвищення продуктивності грануляторів до 25%
Двостадійне подрібнення	Інтенсифікація процесів сушіння та гранулювання	Зменшення енерговитрат на пресування до 20%.

Розроблений комплекс виробництва композиційного біопалива (рис.1., табл.1) продуктивністю 1 т/год має як стаціонарне, так і мобільне виконання, та забезпечує до 20 % заощадження енергії при цілорічній безвідмовній роботі з виробництва якісного біопалива, що дозволяє щорічно замістити використання викопного природного газу у кількості 3,5 млн. м³. Результати роботи впроваджені *ТОВ «БМ–Інжиніринг»*.

MELTING PROCESS IN A DISK EXTRUDER

PhD student Novodvorskiy V.V., Ph.D., Associate Professor Shved M.P.,

Ph.D., Shved D.M

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

In the process of extrusion the raw material is dosed into the loading neck of the disk extruder (figure 1), where it is entrained by the multistage screw cutting of the loading and plastic zone (LPZ), it is further heated by dissipation energy and in the form of a melt enters the working gap, where the melting of the polymer is completed, homogenization takes place and the melt is prepared in a melt of 3-7 MPa into the gear pump.

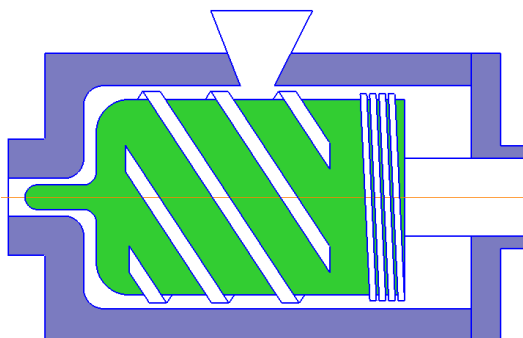


Figure 1 - Disk extruder

Consider the main variants of the melting process, which occurs in the disk extruder (the vertical line corresponds to the zone of onset of melting):

- 1) The granules melt not far from the neck, then sticking is possible, as well as the inability to create pressure to push the material (figure 2);
- 2) Most pellets melt just before the homogenization zone and then the melt is better mixed (figure 3);
- 3) Part of the pellets are melted after the homogenization zone, so less melting requires mechanical energy to melt and this saves electricity, but then the non-melted pellets can fall into the working gap (figure 4).

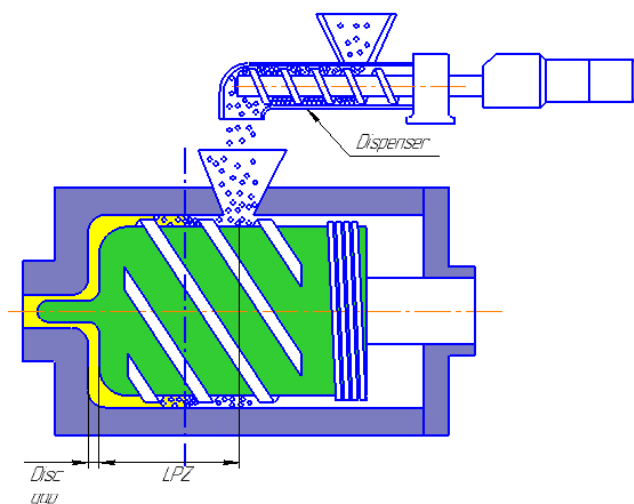


Figure 2 - Premature melting of raw materials

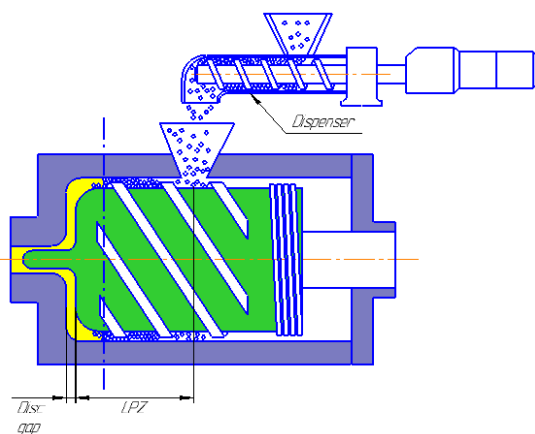


Figure 3 - Melting of raw materials in front of the homogenization zone

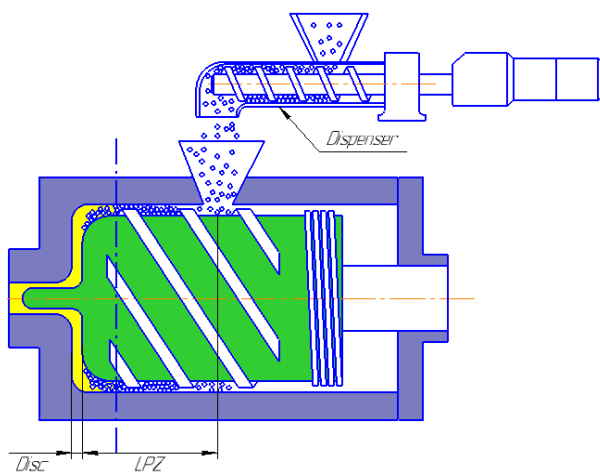


Figure 4 - Part of the granules melt after the homogenization zone

A feature of the extrusion process, in this case, is that it passes in a “hunger” feeding mode, when the material is dosed into the extruder feeder, which is characterized by the fact that the productivity is determined by the feeder, the pressure begins to increase gradually, such nutrition reduces the effective length of

the feeding zone [1]. And the efficiency of the power zone is limited by one of the factors: the length of the zone and the conditions of heat transfer on the friction surfaces or the strength of the granules.

Temperature sensors installed in the body of the extruder capture the change in temperature along the length of the LPZ and allow you to determine the location of the maximum temperature gradient along the length of the body. By adjusting the rotation speed of the disk and the size of the working gaps at a given performance, the maximum temperature gradient is set so that it is at the end of the LPZ, indicating that the melting process takes place in the LPZ, and homogenization in the disk gap and in the designated places [2].

What is special about the melting process is that it passes in accordance with two models: the Tadmor model and the dispersion melting model (the energy consumption for melting is reduced by 30% and the melt temperature is more homogeneous and lower).

References:

1. Shved M.P., Shved D.M, Keba O.V, Vuznachennya dovjunu zavantajuvalno plastikuvalnoi zonu duskovogo ekstrudera pru kaskadnyi ekstrusii, "Determination of length of feeding and plastifying zone of a disk extruder in the process of cascade extrusion", «Young Scientist». – 2017. – №3(43). – C.772–775.
2. Shved M.P., Shved D.M, Boiarkin O.O., Rozplavlyvach-gomogenizator rozplaviv polimeriv na bazi duskovogo ekstrudera, "Smoothing agent homogenizer of polymer melts on the basis of a disk extruder", «Young Scientist». – 2017. – №3(43). – C.769–771.

СЕКЦІЯ 2

«ОБЛАДНАННЯ ЛІСОВОГО КОМПЛЕКСУ»

WAYS OF MODERNIZATION OF THE GAUCH-PRESS CARDBOARD MACHINE

student Galaykovskiy A.O., senior lecture, Ph.D. Novokhat O.A.,

assistant professor, Ph.D. Zubrii O.H.

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

ABSTRACT.

The analysis of the development of gauch press designs. The following directions of the modernization of structures are defined: compensation of the deflection of the lower shaft, reduction of metal consumption of structures. The tasks are solved by installing a shaft with hydraulic support of the shell. A hollow shaft design is proposed to compensate for the bending of the shaft and reduce the metal consumption of the structure.

KEYWORDS: *gauch-press, pressing, shaft with hydraulic support, cardboard canvas, cardboard machine*

АНОТАЦІЯ

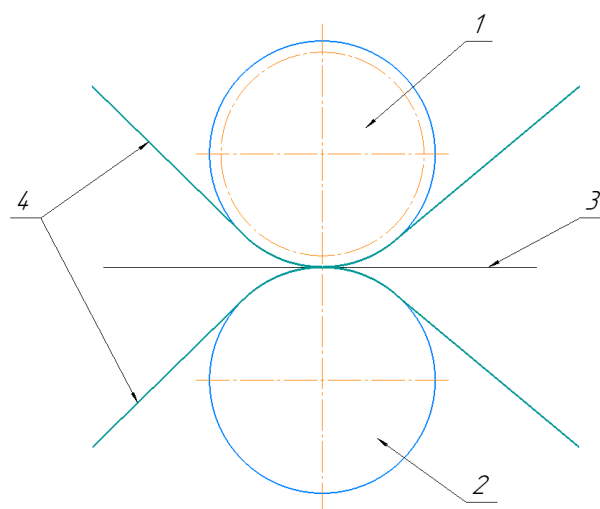
Проаналізовано розвиток конструкцій гауч пресів. Визначені наступні напрями модернізації конструкцій – компенсування прогину нижнього валу та зменшення металоємності конструкцій. Поставлені задачі вирішені встановленням валу з гідронідримкою оболонки. Запропонована конструкція вала з пустотілим осердям, яка дає змогу компенсувати прогин валу та зменшити металоємність конструкції.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: *гауч-прес, пресування, вал з гідронідримкою, картонне полотно, картоноробна машина*

In today's world, there is an urgent problem in upgrading or replacing legacy gauge presses. In Ukraine, paper and cardboard industries still use outdated gauge presses, but have recently been actively replaced. Manufacturers are trying to

reduce the energy costs and metal consumption of cardboard presses. Increase their efficiency without reducing the technical characteristics of the cardboard cloth [1].

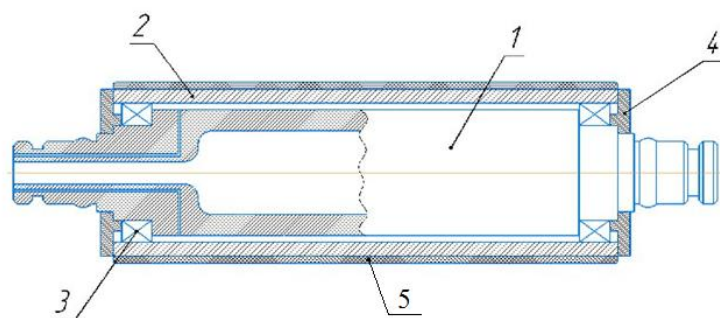
Modern designs of gauche presses have the following disadvantages: 1) uneven distribution of the linear pressure in the grip of the press, as in the area of contact of the shaft over time there is a bend, which significantly affects the quality of the cloth; 2) significant metal intensity of press structures, especially shafts. To solve these shortcomings, it is decided to install a gauge shaft on the top, and to compensate for the deflection to place the bottom shaft with hydraulic support shell (Figure 1).



1 – gauche shaft; 2 – shaft with hydraulic support; 3 – cardboard canvas; 4 – cloth.

Figure 1 – Gauche-Press scheme.

This decision is caused by the following. New pressures with more efficient hydraulic systems are used to increase the line pressure in the grip and in the shaft contact area. In such cases, the deflection of the shaft increases, which negatively affects the quality of pressing [2]. To prevent this, use hydraulically supported shafts that compensate for the deflection of the shell by feeding it into the inner space of the lubricant.



1 – core; 2 – shaft sheath; 3 – bearings; 4 - end sealing covers; 5 - polymer coating.

Figure 2 – Scheme of modernized construction of the shaft with hydro support of the shell

To reduce the metal intensity of the shaft, it is suggested to make the core hollow (Fig. 2). This will greatly facilitate the shaft without reducing its rigidity and strength.

It is known that, in the metal core, the outer layers are used for bending and stretching. Therefore, using the calculation, you can determine the required thickness of the core with the hole inside, reducing its metal intensity, but retaining the necessary degree of rigidity and strength.

Due to this modernization of the shaft with hydraulic support of the shell, it is possible to reduce the deflection and increase the uniformity of pressing along the width of the web, which will reduce the costs of pressing the cardboard web and metal consumption of the structure.

References:

1. Пресс бумагоделательной машины: пат. 964045. СССР: МПК D21F 3/00 / Д.А. Алмакаев; заявитель Центральный научно-исследовательский и проектноконструкторский институт по проектированию оборудования для целлюлозно-бумажной промышленности; 07.10.82 Бюл. № 37.

2. Иванов С.Н. Технология бумаги.-М.: Школа бумаги, 2006-643 с.

UDC 676.056.521

**INTENSIFICATION OF THE DRYING PROCESS
OF CARDBOARD CLOTH**

student Zaporozhets O.V., assistant professor, Ph.D. Zubrii O.H.,
senior lecturer, Ph.D. Novokhat O. A.

**National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»**

Abstract.

The process of drying the cardboard cloth and the opportunity to intensify the drying process are described. The existing methods of drying cardboard cloth, the suitability of combining them are considered. The scheme of a combination of devices for intensification of the process and the principle of their operation is offered.

KEYWORDS: CONDUCTIVE METHOD, CONVECTIVE DRYING, INFRARED EMISSION, CARDBOARD

Анотація.

Описано процес сушіння картонного полотна та можливість інтенсифікувати процес сушіння. Розглянуто існуючі методи сушіння картонного полотна, доцільність їх комбінування. Запропоновано схему поєднання пристроїв для інтенсифікації процесу та принцип їх роботи.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: КОНДУКТИВНИЙ СПОСІБ, КОНВЕКТИВНЕ СУШІННЯ, ІНФРАЧЕРВОНЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ, КАРТОН

The process of drying the cardboard cloth is to remove moisture by evaporation through heating. An important factor is the drying mode, which determines the quality of the final product.

At the beginning of drying, the paper pulp has high humidity, which allows intensifying the process of heating and drying by increasing the thermal load on

the cardboard. This can be achieved by increasing the heat flow and combining different drying methods. However, increasing the intensity of drying should not impair the quality of the final product and be economically feasible [1].

Consider existing drying methods and variants of their combination.

On a cardboard machine, a conductive method of drying is essential. Heat is transferred from the heated body (the drying cylinder) to the cardboard. In the first drying period, the drying process should be intensified as quickly as possible for rapid heating and to provide the cardboard web with sufficient strength for further safe transport. To increase the intensity of heat and drying, the cardboard can be combined conductive method with convective or radiation.

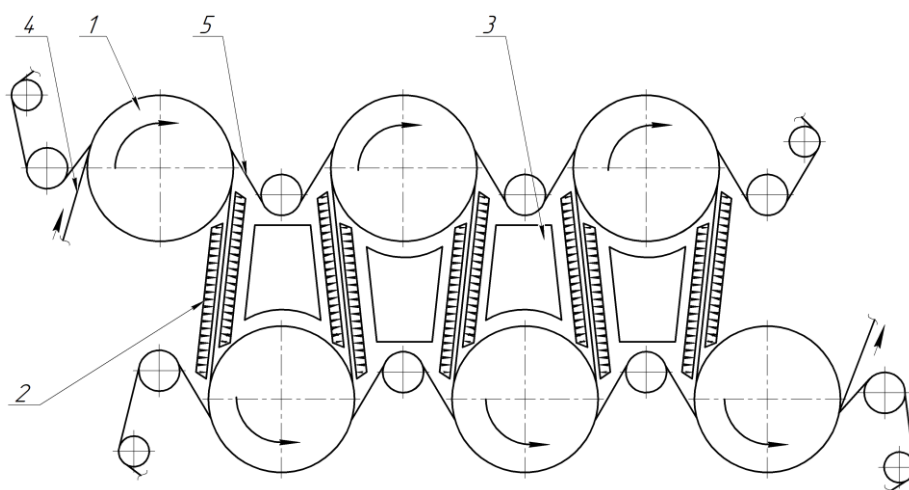
In the convective method of drying, heat is transferred from the heat source to the surface of the material, which is dried using a heated coolant. However, this method has several disadvantages: energy consumption and low intensity when used only. Also, the units for the supply of coolant (hot air) are overall, which complicates their installation together with the drying cylinders.

The radiation method of drying a cardboard web is to direct infrared radiation inside the material. This method should be used as an intensifier of the drying process along with the conductive because it has several advantages over the previous one. These include the compactness of infrared panels that can be installed directly in the space between the drying cylinders. Such groups also have a considerable heat load, which, when combined with the conductive method, can generate significant heat flow [2].

In Fig. 1 shows an arrangement of intensifying devices in the drying part. The principle of operation of this scheme is as follows. The cardboard cloth is gradually dried on both sides on the drying cylinders. At the free interval between them, infrared radiation is applied to the surface of the cardboard web, free of cloths or nets. This will increase the thermal load on the canvas, accelerate its heating and drying. Moisture and evaporation with air are removed from the drying zone by vacuum boxes. Therefore, excess moisture will not reduce the intensity of drying.

There are also other ways of drying. For example, in a vacuum, filtration, high-frequency currents, etc. However, their use is limited by the design features of the associated equipment or, for example, a large mass of square meter of cardboard.

Therefore, a combination of different methods of drying a cardboard machine is advisable in the production of cardboard cloth, especially at the beginning of the process during its heating. After all, the high humidity of the cardboard cloth at the start of drying makes it impossible for the appearance of destructive phenomena and deterioration of the physical and mechanical properties of the fabric. And the right combination of drying devices (drying cylinders, sealing the bottle, infrared emitters, blowers) will increase the intensification of drying and heating of the cardboard.



1 – drying cylinder; 2 – drying device (a combination of infrared emitters with hot air supply); 3 – vacuum box; 4 – cardboard cloth; 5 – cloth or net

Figure 1 – Drying part with a combination of intensifying mechanisms

References:

1. Jamal, S.Y. and Jefferson, W.W. (2001) An experimental study of gas-fired infrared drying of paper. *Drying Technology* 19 (6) pp. 1099–1112
2. S. I Tkachenko, O. Y. Spivak / DRYING PROCESSES AND INSTALLATIONS, 2008. - 68 p.

UDC 676.056.521

**PHYSICAL MODEL OF THE PROCESS OF DRYING PERLITE BY THE
RADIATION METHOD**

student Hritsiuk H.I., assistant professor, Ph.D. Zubrii O.H.,
senior lecturer, Ph.D. Novokhat O. A.

**National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»**

Abstract.

The physical model of the process of drying of perlite by radiation method are presented and substantiated. The process of drying of perlite is analyzed. The main features of drying perlite exist given. The temperature and humidity distribution in the perlite particle during radiation drying are analyzed.

KEYWORDS: PERLITE, DRYING, INFRARED EMISSION, MOISTURE

Анотація.

Наведено та обґрунтовано фізичну модель процесу сушіння перліту радіаційним методом. Проаналізовано процес сушіння перліту. Наведено основні особливості сушіння перліту. Проаналізовано розподіл температур і вологовмісту в частинці перліту під час радіаційного сушіння.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА: ПЕРЛІТ, СУШІННЯ, ІНФРАЧЕРВОНЕ
ВИПРОМІНЮВАННЯ, ВОЛОГОВМІСТ**

We consider the process of drying perlite as the drying of a capillary-porous body.

The driving force of the drying process in the first period is the expansion between those saturated water vapor in the boundary layer on the first and even steam pairs in the surrounding area, and in the other periodically drying - massive streams and the final equilibrium hair fibers. [1] During drying, moisture

evaporation can occur not only with a high depth of layer for the penetration of thermal winds.

The perlite contains free and adsorbed bound moisture. In the first drying period, free moisture evaporates, and the intensity of the heat flow limits the processing speed. In the second drying period, the velocity is initially limited by the diffusion of moisture into the evaporation zone, and at the end of the drying is limited by the destruction of the adsorption bonds of the humidity with the perlite and its evaporation. [2]

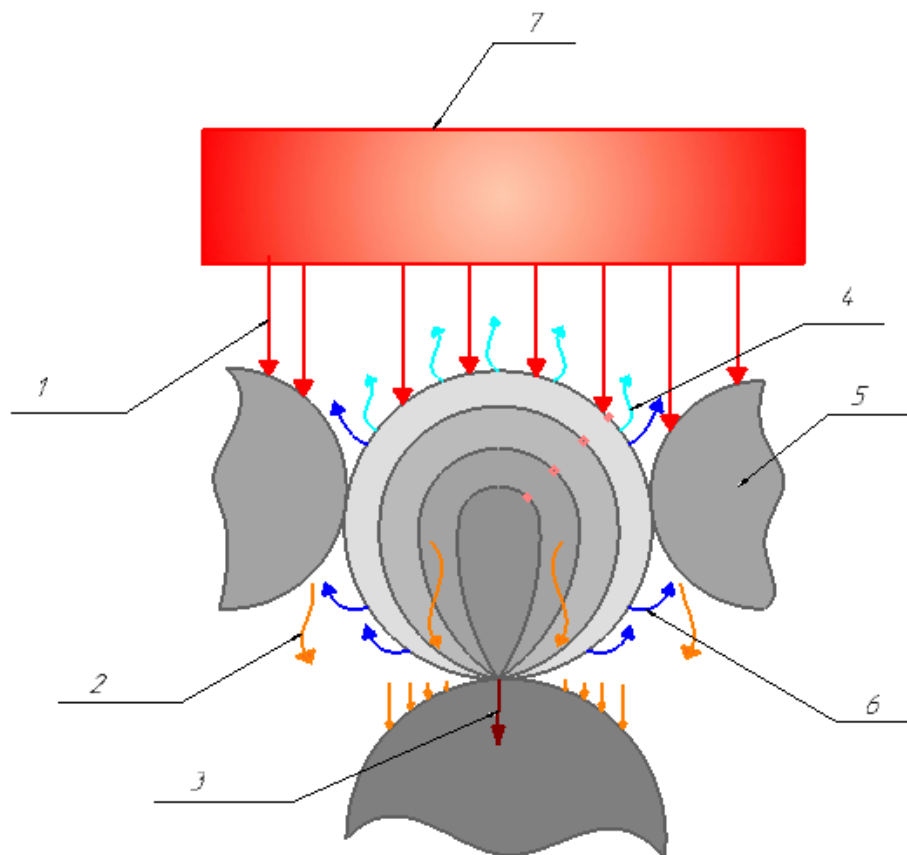
Before drying, the moisture content and the temperature is the same throughout the perlite radius. During drying in surface layers, where the highest amount of heat absorbed, the temperature value is highest, and the moisture content is lowest. Since, during the drying of perlite, the heat flux decreases in the thickness of the particle, the temperature decreases accordingly, and the moisture content increases in the direction of the center of the particle of the perlite. At the end of drying, the moisture content reaches an equilibrium value along with the entire thickness (Fig. 1)

Consider the assumptions made.

Perlite in the form of small spherical particles is located on an infinite plane. The plane has a solid flat surface and is chemically inert to perlite. The particle size of the perlite affects only the porosity of the layer and, accordingly, the mass per square meter of bulk perlite. The particles are arranged in a dense layer with some porosity. The thermal conductivity of the material transmits the heat between the particles at the point of contact. Heat exists also sent to the upper layers due to the ability of the infrared radiation to absorb the equipment.

Above the upper surface of the perlite is an infrared emitter (heater), which is a source of heat. The space between it, and the perlite is filled with gas, the role of which is moist air. The heat absorbed by the perlite particles is spent on evaporating the moisture in the material and increasing its degree of heat. The weather is removed from the upper surface of the perlite by heat transfer to moist air and by touching the lower plane. [1] The heat from the inner layers also passes

through the heat transfer to the air in the pores between them. Due to the convective flows, this heated air can rise upward and outward.



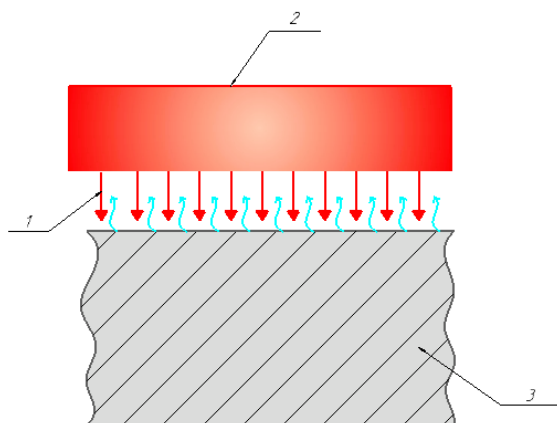
1 – total infrared radiation; 2 - infrared radiation that has passed through; 3 – heat transfer; 4 – heat flow from heat transfer; 5 – perlite; 6 – heat with steam generated; 7 – infrared emitter

Figure 1 – Physical model of the process of drying perlite by the radiation method

Since the particles of perlite are placed in a dense layer, and the heat flux from the IR radiator comes from above, the particle is heated unevenly along with the entire thickness. The temperature of the perlite particle decreases from the surface to the center with downward displacement (Fig. 1). As the heat enters from above, the outer surface of the particle is heated best, but closer to the center and downward, the heat comes less, and, accordingly, the temperature of these particle layers will be lower. The moisture content, on the contrary, increases from the outer surface of the perlite particle and down to the center.

The physical model of radiation drying of perlite involves the following processes: radiation of the heat flux by the heated surface of the emitter; absorption of the bulk of the heat flux by perlite particles; loss of a small part of the heat flux on reflection from the perlite surface; Absorption of heat in the volume of perlite; heating the Perlite surface to a wet thermometer temperature; evaporation of surface moisture and moisture of large capillaries; mass transfer of steam from the surface of perlite to the environment; evaporation of water from microcapillaries and adsorption bound water and subsequent rapid heating of perlite.

Since the particles of perlite are tiny (up to 5 mm), it is tough to study the drying process. Therefore, it is possible to accept perlite particles as a continuous layer with a given porosity (Fig. 2).



1 – total infrared radiation; 2 – total infrared radiation; 3 – a layer of perlite with a given porosity

Figure 2 – Generalized simplified physical model

References:

1. Marchevsky, V. Kinetics of Corrugated Board Flute Drying with the Use of Infrared Radiation [Text] / V. Marchevsky // The Advanced Science Journal. – 2015. – Vol. 2015, Issue 6. – P. 69–72. doi: 10.15550/asj.2015.06.069
2. Marchevsky V. Numerical modeling of physical fields in the process of drying of paper for corrugating by the infrared radiation / A. Karavatskii, V. Marchevsky, O. Novokhat // Eastern-European journal of enterprise technologies – Vol 2, No 5(86) – (2017) – P. 14-22.

UDC 676.056.42

KINETICS OF CARDBOARD CONTACT DRYING

Postgraduate V. Telestakova, PhD, prof. V. Marchevsky,

PhD, assist. Y. Grobovenko

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Abstract: *the description and results of cardboard contact drying are given.*

Keywords: *kinetics, cardboard, contact drying.*

Анотація: *наведено опис і результати дослідження контактного сушіння картону.*

Ключові слова: *кінетика, картон, контактне сушіння.*

Drying cardboard is one of the important processes in its manufacture. This process is the removal of moisture from the cardboard by evaporation, which requires significant energy consumption and special drying modes required to obtain high-quality special cardboard. Energy for the evaporation of moisture is transferred to the cardboard by contact with the heated surface of the drying cylinder. As a source of energy using the heat of condensation of water vapor supplied to the middle of the cylinder where it condenses on its inner surface. The heat of condensation is transferred by thermal conductivity through the wall of the cylinder shell to its outer surface. If the outer surface of the cylinder shell is polished, it can be assumed that the heat flow from the surface of the cylinder shell to the cardboard is transferred by thermal conductivity rather than convection. With positive results of the calculation of drying of single-layer cardboard, it is planned to refine its mathematical model to describe the drying process of multilayer cardboard.

The purpose of this work: make and solve the mathematical model of drying of a single-layer cardboard at heat transfer from a surface of a cover of the cylinder to a cardboard by thermal conductivity.

In the following researches it is planned to create a multilayer cardboard (figure 1) with various properties of layers: where 1 is a bottom layer that allows to keep moisture and has high durability; 2 is a middle layer that consists of a fibrous mass with a concentrated content of mineral filler, which allows you to retain constant moisture in future packaging (used filler is a good adsorbent (studies have shown that cardboard made with mineral filler has no odor and protects food from spoilage)). The upper (porous) layer of cardboard 3 protects the middle layer of cardboard from destruction.



1 – a bottom layer; 2 – a middle layer; 3 – an upper (porous) layer

Figure 1 – The structure of multilayer cardboard

To compile a mathematical model of drying single-layer cardboard, a physical model was developed in which the heat transfer of cardboard from the cylinder is by thermal conductivity, and is removed from the outer surface of the cardboard by convection:

$$q_p(\tau) = q_t - q_k,$$

where q_t – heat transfer by thermal conductivity, $\frac{W}{m^2}$; q_k – heat transfer by convection, $\frac{W}{m^2}$.

Based on the physical model, the equations of the mathematical model are compiled, which makes it possible to determine [1]:

1. The speed of drying cardboard;
2. The rate of change of temperature of the cardboard from the time of drying.

Equations of conductive heat and mass transfer [2, 3] :

$$c\rho_0 R_v \frac{dt}{d\tau} + \lambda_{eff}(\nabla t)_{gr} = rj$$

$$j = \beta(P_s - P_{parc}) + K(U_{1k} - Up)$$

Initial conditions:

$$t_{init}, t_{cylinder}, t_{env}, \tau = 0$$

Boundary conditions:

$$t_{cylinder} = const$$

$$q = - \lambda_{eff} \left(\frac{\partial t}{\partial z} \right) = \alpha_1 (t_p - t_{env})$$

Heat flow conversion:

$$q = - \lambda_{eff} (\nabla t)_{gr} = \lambda_{eff} \left(\frac{t_{gr} - t_k}{h_k} \right)$$

where c – the average heat capacity, J/kg·K; ρ_0 – cardboard density; $\frac{dt}{d\tau}$ – cardboard heating rate, K/s; λ_{eff} – effective thermal conductivity, W/m·K; ∇t – temperature gradient in the middle of the cardboard on the border with the heated surface of the drying cylinder, K/m; r – specific heat of vaporization, J/kg; j – mass flow, kg/m²·s; β – moisture exchange coefficient, m/s; P_s – saturation pressure, Pa; P_{parc} – partial pressure, Pa; K – drying ratio in the second drying period, s⁻¹; U_{1k} – the first critical moisture content, kg/kg; U_p – equilibrium moisture content, kg/kg; $\frac{\partial t}{\partial z}$ – temperature gradient; α_1 – heat transfer coefficient, W/m²·K; t_p – surface temperature, °C; t_{env} – temperature inside the cardboard, °C; t_{gr} – heating surface temperature, °C; t_k – cardboard temperature, °C; h_k – the thickness of the layer of cardboard.

To solve the system of equations, a program was developed and values were obtained to construct theoretical dependences of the moisture content of cardboard on the drying time and the temperature of the cardboard on the drying time.

On the figures 2 and 3 are presented the dependence of cardboard temperature on drying time and cardboard moisture content on drying time at different heat flux densities for cardboard by weight 200 g/m².

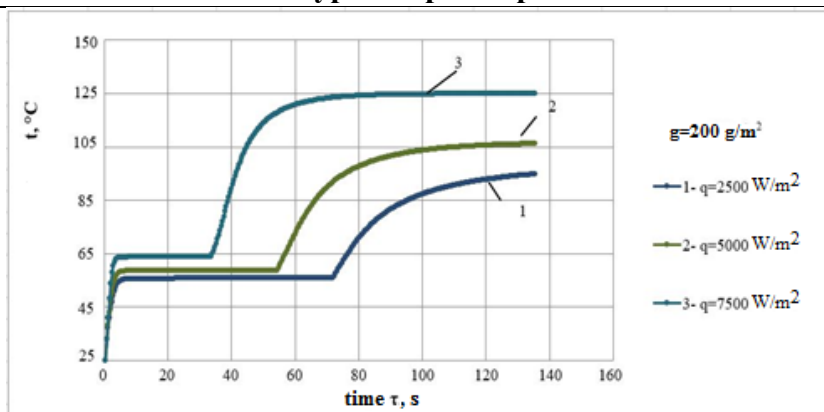


Figure 2 – The dependence of the temperature of the cardboard on the drying time at different heat flux densities

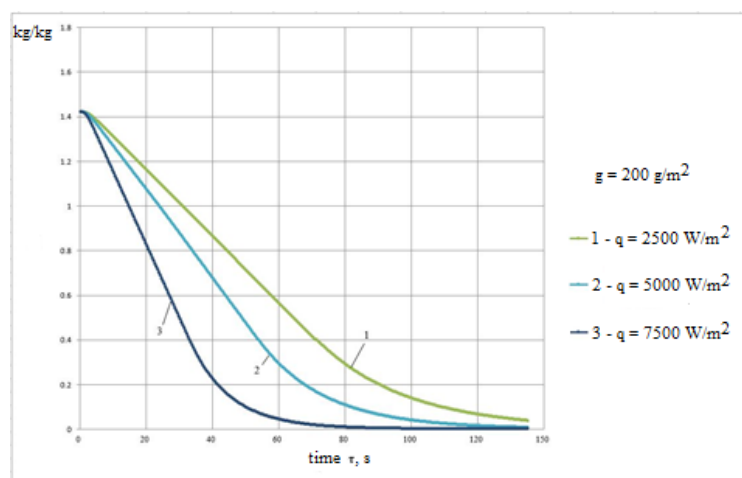


Figure 3 – The dependence of moisture content of cardboard on drying time

Figure 2 shows that in a short period of time there is a rapid increase in temperature. The temperature rises to the temperature of the wet bulb thermometer, which does not increase significantly with increasing heat flux. When the temperature of the wet thermometer reaches an average of 60 °C, the heating period of the cardboard sample ends and the first drying period begins. In the first period there is an intensive evaporation of surface moisture, and the evaporation temperature depends on the partial pressure of steam over the wet surface of the cardboard. With the end of the evaporation of surface moisture, the first period ends and the second drying period begins with a sharp increase in temperature, caused by a decrease in the amount of water that evaporates from the microcapillaries. Further temperature rise first at a constant rate in small initial sections, and then the rate of temperature rise gradually decreases to zero, and the

temperature of the cardboard rises, approaching the surface temperature of the shell of the drying cylinder.

Figure 3 shows that at a given heat flux, the cardboard is heated to the beginning of the first drying period quickly enough in 2-3 seconds. In the first period, the surface moisture that makes up the bulk of the cardboard moisture evaporates at a constant rate. In the second period there is a decrease in moisture content over time according to the logarithmic law. The drying rate in the second period is limited by: diffusion of moisture from microcapillaries and diffusion of moisture from the volume of fibers.

Conclusions:

The mathematical model of process of contact drying of a cardboard is made and the decision of mathematical model for various thermal modes of drying of a cardboard is received. The analysis of the obtained kinetic regularities showed that the tested mathematical model can be used to study the drying kinetics of multilayer cardboard, using the boundary conditions of the fourth kind at the contact points of the layers.

The results of this work will be used in further studies of the drying kinetics of multilayer cardboard.

References

1. Telestakova V.V. Kontaktne sushinnja pakoval'nogo kartonu / V.V. Telestakova, V.M. Marchevs'kij // XVII Mzhinarodna naukovo-praktichna konferenciï studentiv, aspirantiv i molodih vchenih: materiali konf. – Kiïv, 2019. – S. 134 – 135.
2. Marchevsky V. Paper drying process for corrugation (fluting) using radiant energy / V. Marchevsky, O. Novokhat, O.Tsepalo // Ukrainian Journal of Food Science – 2015 - #2 – p.310 -321.
3. Lykov, A. V. Teoriya sushki /A. V. Lykov - M.: Jenergija, 1968 – 472 s.

UDC 664.661

INVESTIGATION OF HYDRAULIC RESISTANCE OF GAS DISTRIBUTION GRID

student Voitiuk V., PhD, professor Marchevsky V.,
PhD, assistant Grobovenko Y.

**National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»**

Abstract: *the description and results of hydraulic resistance research of a gas-distributing lattice are given.*

Keywords: *hydraulic resistance, gas distribution grate, fluidized bed.*

Аннотація: *наведено опис і результати дослідження гідравлічного опору газорозподільної решітки.*

Ключові слова: *гідравлічний опір, газорозподільна решітка, псевдозріджений шар.*

Gas distribution devices are widely used to create a uniform distribution of gaseous coolant in devices with a fluidized bed.

The main purpose of the study is to determine the parameters of the gas distribution grid to ensure uniform and stable parameters of the fluidized bed of perlite without the failure of particles in the sublattice space and the formation of a stable superlattice zone.

The coefficient of hydraulic resistance (ξ) of the gas distribution device (FDD) is determined by the static pressure difference in front of and behind the grid using a highly sensitive differential pressure gauge. Determination of the absolute, constant coefficient of hydraulic resistance of the perforated lattice ξ is not possible. Due to the fact that the coefficient of resistance depends on many parameters: the share of the living cross-sectional area, the diameter of the holes, the velocity of the coolant [1].

To determine the coefficient of hydraulic resistance of the perforated lattice ξ in a laboratory installation [2]. three gas distribution grids with different hole

diameters of 3 mm, 4 mm, and 5 mm were investigated. The results of the study are shown in Table 1. The coefficient of hydraulic resistance of the gas distribution grille with holes with a diameter of 3 mm is much lower than the resistance coefficients of gas distribution grilles with a diameter of 4 mm and 5 mm (Figure 1), which reduces energy consumption during the process [3].

Table 1 - Parameters of experimental research

№ exp eri me nt	Coolant costs m ³ /s			Speed in the holes of the lattice m/s			Hydraulic resistance Pa			Dynamic pressure Pa		
	3 mm	4 mm	5 mm	3 mm	4 mm	5 mm	ΔP_3	ΔP_4	ΔP_5	P_3	P_4	P_5
1	0,0086	0,009	0.015	24,50	15,72	15.33	294	29	49	366	151	143
2	0,014	0,016	0.016	38,85	25,89	16.57	441	245	127	921	409	167
3	0,015	0,018	0.022	41,13	29,38	22.62	539	470	303	1033	527	312
4	0,018	0,023	0.024	50,45	36,69	24.48	931	666	392	1554	822	365
5	0,019	0,025	0.026	55,07	39,74	26.50	1274	882	490	1852	964	428
6	0,021	0,027	0.027	60,37	43,02	27.67	1470	1078	588	2225	1130	467
7	0,022	0,028	0.03	61,87	43,91	30.15	1764	1196	695	2337	1177	555
8	0,023	0,029	0.031	65,24	46,70	31.32	1901	1372	774	2599	1332	598
9	0,025	0,03	0.031	69,77	47,73	32.07	2313	1470	842	2973	1391	628

The decrease in the coefficient of living cross section is accompanied by an increase in the velocity of the gaseous coolant and a decrease in the coefficient of hydraulic resistance (Figure 1).

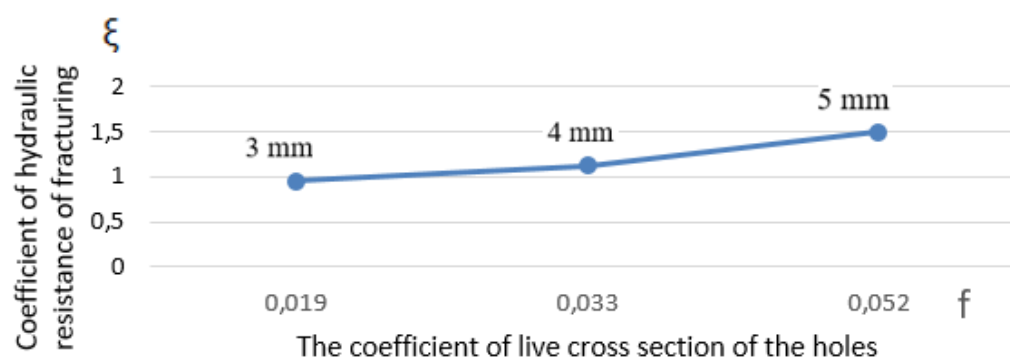


Figure 1 - the dependence of the coefficient of hydraulic resistance of fracturing on the coefficient of live cross section of fracturing holes

Also as a result of the carried-out researches for a gas-distributing lattice with a diameter of apertures of 3 mm there is a possibility of more exact adjustment of speed of the heat carrier. Which allows to provide uniform and constant parameters of the fluidized bed.

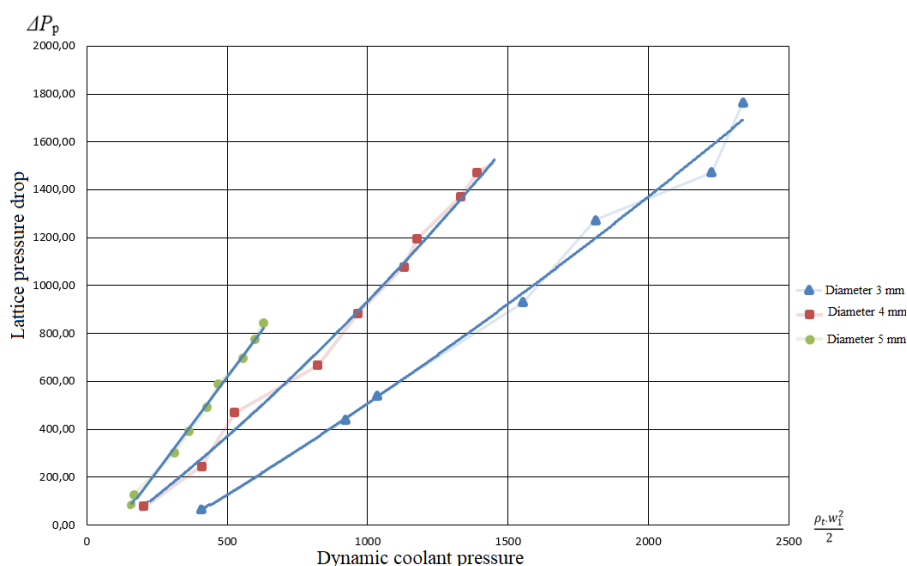


Figure 2 - the dependence of the pressure drop on the fracturing lattice on the dynamic pressure of the coolant

Conclusions: the dependences for calculation of coefficients of hydraulic resistance of fracturing lattices are established; the dependence of the coefficient of hydraulic resistance on the live cross-section of the holes of the fracturing lattice is determined.

References:

1. Derbunovich G. I., Zemskaja A.S., Repik E.U., Sosedko Ju.P. K voprosu o gidravlicheskom soprotivlenii setok. – Uchenye zapiski CAGI, 1980, Vol. 11, No. 2.
2. Vojtjuk V.O., Marcheys'kij V.M., laboratorna ustanovka dlja doslidzhennja oholodzhennja perlitu Resursoenergozberigajuchi tehnologii ta obladnannja material: XVII vseukr. nauk.-prakt. konf. stud., asp. i mol. vchen., m. Kiïv, 25-25 listop. 2019r. Kiïv, 2019 r. pp. 10-11.
3. Kutateladze S.S. Teploperedacha i gidrodinamicheskoe soprotivlenie; Spravochnoe posobie. M. Jenergoatomizdat, 1990, 369 p.

UDC 676.058.1

MODERNIZATION OF ROLLING PAPER MACHINE

student Kovalenko S.P., Professor, PhD Marchevsky V.M.

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Анотація.

Наведено опис модернізації накату папероробної машини шляхом встановлення циліндра накату з системою охолодження. Модернізація полягає у встановленні циліндру накату з системою підведення холодної води та відведення теплої, що дозволить додатково зволожувати папір перед намотуванням на тамбурний вал, та покращить щільність і якість намотування.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЦИЛІНДР, ПАПІР, МОДЕРНІЗАЦІЯ, НАМОТУВАННЯ.

Annotation.

The description of modernization of a reel-up of a paper-making machine by installing a roller cylinder with a cooling system is given. The core of the modernization is to install a roller cylinder with a cold water supply system and heat removal system, which will further allow the paper to humidify before winding it on a reel spool, and will improve the winding density and quality.

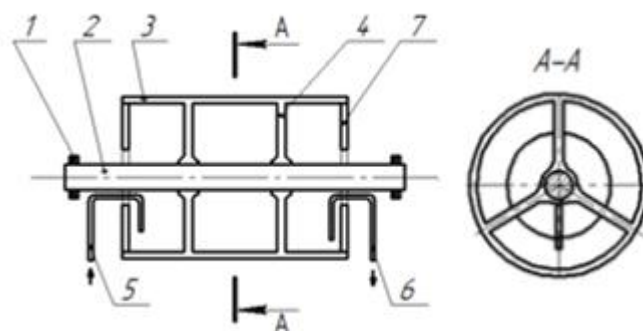
KEYWORDS: CYLINDER, PAPER, MODERNIZATION, WINDING

Today, paper is considered to be a very valuable commodity to be recycled and remanufactured from processed raw materials [1]. The major giants in the paper and cardboard industry are: International Paper, Mondi, Weyerhaeuser, Sappi and others. Therefore, the development of this industry is only accelerating due to the high demand among consumers. Manufacturers of paper machine equipment are constantly upgrading and improving their performance.

A paper machine consists of a great number of parts. However, one of the

most important parts is a reel-up. It is because due to a reel-up a paper web is wound on reel spools and sent to a paper-cutting machine. The reel-up provides a tight winding of the paper on the reel spools.

The peripheral reel-up of a paper machine was taken as the basis [2] with upgraded roll pressing system. But it was suggested to install a reel drum with a water supply and drainage system for cooling the paper web. The design of the cylinder is shown in Fig. 1.



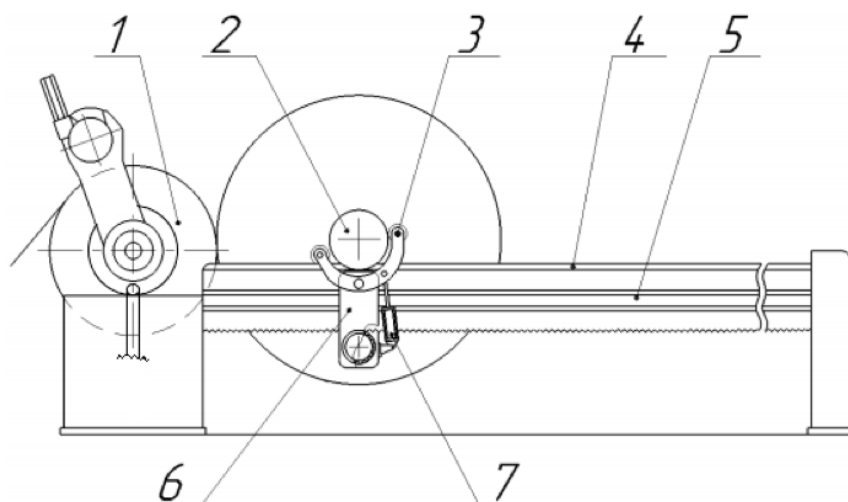
- 1 - bearings; 2 - solid shaft; 3 - shell; 4 - metal spokes; 5 - cold water supply pipe;
6 - a pipe of removal of warm water; 7 - diaphragms.

Fig.1 – The reel drum with a system of supply and drainage of water for cooling of paper web

The main objective of the upgrade is to improve the ductility of the paper web to improve the density and quality of the winding.

The task is solved by the installation of a fundamentally new design of the reel-up drum (Fig. 2) with a system of supply and removal of cold water. This will allow the paper to humidify before winding it on a reel spool.

Firstly, the paper web gets on the reel shaft. Then after the contact with it, the paper is moistened and wound on the reel spool, which is housed in the levers of the carriage pressing mechanism, which are used for tightly pressing the roll to the reel drum. In addition, a new carriage drive mechanism makes it possible to increase the diameter of a wound roll. The pressing force applied to the roll is controlled by the brake device and the carriage movement.



1 - a roll cylinder with a system of supply and drainage of water for cooling the paper web; 2 - the tambour shaft; 3 - clamping mechanism; 4 - bed; 5 - guides; 6 - carriage; 7 - pneumatic cylinder

Figure 2 - Peripheral armature of PFM

Conclusion: Upgrading of the reel drum will improve the quality and density of the winding, the new pressing mechanism will allow the winding of rolls of different diameters, that's why modernization is advisable.

References:

1. Чичаев В. А. "Оборудование целлюлозно-бумажного производства" в 2 томах. Том 2. "Бумагоделательные машины" / Чичаев В. А. — М.: Лесная промсть, 1981. — 264 с
2. Патент № 133786 України. МПК (2019.01) D21G 9/00. Периферичний накат папероробної машини/ Марчевський В.М., Ніколаєв В. О.; заявники Ніколаєв В. О., Марчевський В.М.; № у 2018 10700; заявл. 29.10.2018; опубл. 25.04.2019, Бюл. № 8.

UDC 678.5

BIOPLASTIC QUALITY TEST METHODS

M. Byshko, PhD-student; O. Seminskyi, supervisor

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Анотація

Розглянуто та виділено основні методи визначення якісних показників біоплатиску на основі крохмалю та наведено короткі описи їх сутності, а також їх переваги на недоліки. Описано спектроскопію, хроматографію, термічний аналіз, методи визначення фізичного стану біополімеру, його взаємодію з вологою та парою та здатність до розкладання у природніх умовах, віскозиметрію, дисперсний аналіз гранул та методи визначення механічних властивостей.

Ключові слова: *біопластик, крохмаль, механічні властивості, структура.*

Summary

The main methods of determining the qualitative indicators of bioplastics based on starch are considered as well as brief descriptions of their essence, as well as their advantages and disadvantages are given. Spectroscopy, chromatography, thermal analysis, methods for determining the physical state of the biopolymer, its interaction with moisture and steam and the ability to decompose in natural conditions, viscosimetry, disperse analysis of granules and methods for determining mechanical properties are described.

Keywords: *bioplastic, starch, mechanical properties, structure.*

Today, one of the global problems of mankind is the pollution of the environment with synthetic polymers. It is possible to reduce the harmful impact on the environment by using polymers from biodegradable materials. Starch-based polymers are becoming more widespread due to their bioconversion into

environmentally friendly substances, easy renewability of their raw materials and the possibility of using equipment for their production similar to that used in the processing of synthetic polymers. The novelty of biodegradable materials and technologies of their production determine the lack of common standards for assessing the quality of the obtained polymers based on starch.

The purpose of the publication is a brief overview of methods for assessing the quality of polymers from starch-containing raw materials.

Among the main methods of analysis of polymers based on starch the most used are:

1. Spectroscopy: ultraviolet, infrared, X-ray, mass spectrometry, as well as the method of nuclear magnetic resonance.

Ultraviolet spectroscopy makes it possible to study the processes of complexation, to study the kinetics of chemical reactions, as well as prediction of the polymerization kinetics parameters. The main disadvantage of this method is the inability to assess the configuration and conformation of macromolecules [1].

IR spectra are used to identify polymeric materials, structural group analysis, quantitative analysis, to study intra- and intermolecular interactions, to establish the configuration of macromolecules, to study the kinetics of polymerization, etc. The main disadvantage of this method is the complexity, as well as the complexity of the analysis of the obtained data [2].

Nuclear magnetic resonance (NMR) is usually used to determine the structure of a substance as well as to determine the molecular weight of the polymer. The advantage of NMR spectroscopy is the relative simplicity of evaluation of the obtained results and the ability to perform absolute quantitative determinations (without model calibration). A limitation of the method is the condition of sufficient solubility of the polymer. The main disadvantage is the high cost of equipment and quite serious safety requirements [3].

X-ray diffraction allows to identify crystalline substances with a high degree of selectivity and accuracy. X-ray diffraction can be used to identify mainly crystalline compounds [2, 4].

Mass spectrometry of polymers is a method of studying the chemical structure, composition and properties of polymers by determining the mass (often the ratio of mass to charge) and the number of ions obtained by ionization of volatile decomposition products of the analyte. This allows you to use this method for identification of polymers as well as for analysis of polymer compositions. In addition to the analysis of the composition, this method is widely used in the study of the mechanism and kinetics of chemical transformations in polymers [5].

2. Chromatography: gel permeation chromatography (GPC), pyrolytic gas chromatography (PGS).

Currently, for starch-containing polymers, chromatography is widely used to address a wide range of issues: analysis of monomers, solvents, plasticizers, the study of kinetics, etc.

Gel-permeation chromatography is the most common method of determining the molecular weight distribution, due to the possibility of complete automation of the method, relatively low cost of devices, high analysis speed and the ability to use for all polymers without exception [6].

In the case of pyrolytic gas chromatography, the polymeric material is subjected to decomposition at high temperatures and then chromatography of gaseous degradation products is performed. This method identifies the polymer by pyrolysis products in stationary conditions, evaluates the thermal stability of polymers and materials based on them and determines the volatile products formed at different pyrolysis temperatures. [7].

3. Thermal analysis, mainly thermogravimetry and differential thermal analysis.

Thermogravimetry is used in the study of thermal destruction of biodegradable polymers (kinetics and mechanism of destruction), heat resistance of biopolymers, oxidative destruction, solid-phase reactions, determination of moisture, ash content of polymers, study of absorption, adsorption and desorption [8, 9].

Differential thermal analysis is used in the study of processes occurring in polymers during heating or cooling. Usually used to determine the glass transition temperatures, melting, crystallization and decomposition of polymers [10].

4. Methods for determining the physical state of polymers: thermomechanical and frequency-temperature.

The essence of the thermomechanical method is to determine the main stages of change in physical condition: vitreous, highly elastic and viscous. It is also used to study the effect of plasticizers on the mechanical and technological properties of polymer systems, fillers and other ingredients injected into polymers [11, 12].

5. Viscosimetry. To determine the viscosity of biopolymers, capillary (constant flow or constant pressure) or rotary (mainly coaxial cylinders) viscometers are used, as well as «cone-plane» plastomers [13, 14].

6. Methods for determining the structure and particle size distribution: optical microscopy, thermomicroscopy, cryomicroscopy, scanning electron microscopy and other automated methods.

Optical microscopy is performed manually using conventional light microscopes. This method can visually assess the morphology of changes in starch granules - their size, shape [15].

Thermo- and cryomicroscopy is used to determine the nature of changes in the morphological state of starch granules with the supply of different temperatures [16, 17].

SEM-microscopy is generally used to obtain a three-dimensional image of starch granules for a more accurate visual assessment of their change [18].

A common disadvantage of microscopic methods is the complexity of the analysis, which can be reduced by automated systems for determining the size of the granules and determining the dispersion of their composition [19].

7. Methods for determining the physical and mechanical properties of biopolymers. Among the main indicators of physical and mechanical properties of biopolymers are primarily density, strength, hardness, modulus of elasticity, vapor permeability, sensitivity to moisture and biodegradability [20, 21, 22].

The ability of polymeric materials to withstand loads applied at high speed, is assessed by their impact strength. For this, one mainly method is used which consists of testing the sample in the form of a standard bar with an incision (Charpy method) or without it, which is examined on a standard pendulum copra. According to the second method, the sample with a notch (Izodom method) or without it (Dinstat method) is fixed cantilevered.

Known methods for determining the hardness differ in the geometry of the indenter. According to Brinell's method, a steel ball is pressed into the polymer, according to Rockwell's method – a diamond or metal cone, according to Vickers' method – a diamond pyramid. Either the depth of indentation of the indenter or the size of the obtained imprint is measured.

Due to the fact that bioplastic is quite sensitive to moisture and relative humidity in the environment as a whole, it is also necessary to determine its vapor permeability and analyze the amount of moisture absorbed under normal conditions, as well as in conditions of high relative humidity. The obtained results make it possible to assess the suitability of the obtained bioplate for use in various fields and conditions [23, 24].

Also, one of the main indicators of the quality of the obtained bioplastic is its ability to ability to safely decompose in the environment. In general, to determine this characteristic, bioplastics are placed in environmental conditions (soil, compost, etc.), and determine the time during which the biopolymer is completely decomposed [25].

Based on this review, we can conclude that in the absence of standards, a set of quality indicators of bioplastics and test methods for its determination are chosen based on the requirements for each case of a particular material, taking into account technical measurement capabilities, time and other constraints. In terms of production, it is desirable to choose the minimum required number of quality indicators, which will be sufficient to ensure the requirements for the products.

References:

1. Mohammad Amini, Asad & Razavi, Seyed & Mortazavi, Seyed. (2015). Morphological, physicochemical, and viscoelastic properties of sonicated corn starch. *Carbohydrate Polymers*. 122. 282-292. 10.1016/j.carbpol.2015.01.020.
2. Wang, Shujun & Wang, Jinrong & Wang, Shaokang & Wang, Shuo. (2016). Annealing improves paste viscosity and stability of starch. *Food Hydrocolloids*. 62. 10.1016/j.foodhyd.2016.08.006.
3. Shogren, R.L., Swanson, C.L. and Thompson, A.R. (1992), Extrudates of Cornstarch with Urea and Glycols: Structure/Mechanical Property Relations. *Starch/Stärke*, 44: 335-338. doi:10.1002/star.19920440905
4. Mohammad Amini, Asad & Razavi, Seyed & Mortazavi, Seyed. (2015). Morphological, physicochemical, and viscoelastic properties of sonicated corn starch. *Carbohydrate Polymers*. 122. 282-292. 10.1016/j.carbpol.2015.01.020
5. Waterschoot, Jasmien & Gomand, Sara & Delcour, Jan. (2016). Impact of swelling power and granule size on pasting of blends of potato, waxy rice and maize starches. *Food Hydrocolloids*. 52. 69-77. 10.1016/j.foodhyd.2015.06.012.
6. Simsek, Senay & Ovando-Martínez, Maribel & Whitney, Kristin & Bello-Pérez, Luis. (2012). Effect of acetylation, oxidation and annealing on physicochemical properties of bean starch. *Food chemistry*. 134. 1796-803. 10.1016/j.foodchem.2012.03.078.
7. R.F. Tester, S.J.J. Debon, J. Karkalas, (1998). Annealing of wheat starch, *Journal of Cereal Science*, Volume 28, Issue 3, 259-272, doi.org/10.1016/S0733-5210(98)90006-6.
8. Wojtasz-Mucha, Joanna & Carlstedt, Jonas & Fyhr, Peter & Kocherbitov, Vitaly. (2015). Hydration and swelling of amorphous cross-linked starch microspheres. *Carbohydrate Polymers*. 135. 10.1016/j.carbpol.2015.08.085.
9. Mariappan Kadarkarainadar, Marichelvam & Jawaid, Mohammad & Asim, Mohammad. (2019). Corn and Rice Starch-Based Bio-Plastics as Alternative Packaging Materials. *FIBER*. 7. 32. 10.3390/fib7040032.

10. Gonzalez-Gutierrez, Joamin & Partal, P & García-Morales, Moisés & Gallegos, C. (2009). Development of highly-transparent protein/starch-based bioplastics. *Bioresource technology*. 101. 2007-13. 10.1016/j.biortech.2009.10.025.
11. C.J.A.M. Keetels, T.van Vliet, P. Walstra, (1996). Gelation and retrogradation of concentrated starch systems: 2. Retrogradation, *Food Hydrocolloids*, Volume 10, Issue 3, 355-362, doi.org/10.1016/S0268-005X(96)80012-9.
12. C.J.A.M. Keetels, T.van Vliet, P. Walstra, (1996). Gelation and retrogradation of concentrated starch systems: 1 Gelation, *Food Hydrocolloids*, Volume 10, Issue 3, 343-353, doi.org/10.1016/S0268-005X(96)80011-7
13. Chen, Xu & Guo, Li & Du, Xianfeng & Chen, Peirong & Ji, Yishun & Hao, Huili & Xu, Xiaonan. (2017). Investigation of glycerol concentration on corn starch morphologies and gelatinization behaviours during heat treatment. *Carbohydrate Polymers*. 176. 10.1016/j.carbpol.2017.08.062.
14. Chen X, Du X, Chen P, et al. Morphologies and gelatinization behaviours of high-amylose maize starches during heat treatment. *Carbohydrate Polymers*. 2017 Feb;157:637-642. DOI: 10.1016/j.carbpol.2016.10.024.
15. [Carlstedt, Jonas & Wojtasz-Mucha, Joanna & Fyhr, Peter & Kocherbitov, Vitaly. \(2015\). Understanding Starch Gelatinization: the Phase Diagram Approach. *Carbohydrate Polymers*. 129. 62-69. 10.1016/j.carbpol.2015.04.045.](#)
16. Desam, Gnana & Li, Jinsha & Chen, Guibing & Campanella, Osvaldo & Narsimhan, Ganesan. (2017). A mechanistic model for swelling kinetics of waxy maize starch suspension. *Journal of Food Engineering*. 222. 10.1016/j.jfoodeng.2017.11.017.
17. Muñoz, Loreto & Pedreschi, Franco & Leiva, Angel & Aguilera, José. (2015). Loss of birefringence and swelling behavior in native starch granules: Microstructural and thermal properties. *Journal of Food Engineering*. 152. 10.1016/j.jfoodeng.2014.11.017.

18. [Casasnovas, J., & Anantheswaran, R. C. \(2016\). Dynamic measurement of starch granule swelling during microwave heating. Carbohydrate Polymers, 151, 1052-1057. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.06.065>](#)

19. Tester, Richard & Debon, Stephane & Sommerville, M.. (2000). Annealing of maize starch. Carbohydrate Polymers - CARBOHYD POLYM. 42. 287-299. 10.1016/S0144-8617(99)00170-8.

20. Avérous, Luc & Boquillon, N.. (2004). Biocomposites based on plasticized starch: Thermal and mechanical behaviours. Carbohydrate Polymers. 56. 111-122. 10.1016/j.carbpol.2003.11.015.

21. van Soest, Jeroen & Hulleman, S.H.D. & Wit, D. & Vliegenthart, Johannes. (1996). Changes in the mechanical properties of thermoplastic potato starch in relation with changes in B-type crystallinity. Carbohydrate Polymers. 29. 225-232. 10.1016/0144-8617(96)00011-2.

22. Van Soest, J.J.G., De Wit, D. and Vliegenthart, J.F.G. (1996), Mechanical properties of thermoplastic waxy maize starch. J. Appl. Polym. Sci., 61: 1927-1937. doi:10.1002/(SICI)1097-4628(19960912)61:11<1927::AID-APP7>3.0.CO;2-L

23. Soliman, Emad & Furuta, Masakazu & Soliman, E & Furuta, M. (2014). Influence of Phase Behavior and Miscibility on Mechanical, Thermal and Micro-Structure of Soluble Starch-Gelatin Thermoplastic Biodegradable Blend Films. Food and Nutrition Sciences. 5. 1040-1055. 10.4236/fns.2014.511115.

24. Van Soest, J.J.G., De Wit, D. and Vliegenthart, J.F.G. (1996), Mechanical properties of thermoplastic waxy maize starch. J. Appl. Polym. Sci., 61: 1927-1937. doi:10.1002/(SICI)1097-4628(19960912)61:11<1927::AID-APP7>3.0.CO;2-L

25. Ashok, A & Abhijith, R & C R, Rejeesh. (2018). Material characterization of starch derived bio degradable plastics and its mechanical property estimation. Materials today: proceedings. 5. 2163 - 2170. 10.1016/j.matpr.2017.09.214.

UDC 676.056.712

**SIPHON SYSTEMS FOR COOLING AND DRYING CYLINDERS
OF PAPER AND BOARD MACHINES**

student Koshurnikov M.,; supervisor Seminskyi O.,

National Technical University of Ukraine

"Igor Sykorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Abstract

The description of the fluid flow during cylinder rotation of cardboard paper machine. Was allocated constructions of stationary and rotating siphons as components of circulation systems of heat medium of cylinders. Was indicated the areas of their application.

Keywords: *cooling, heat-transfer, siphon, water, differential pressure, cylinder.*

Анотація

Наведено опис руху води під час обертання холодильного циліндра паперо- або картоноробної машини. Виділено конструкції статичних та обертових сифонів, як складових систем циркуляції теплоносіїв циліндрів. Зазначено області їх застосування.

Ключові слова: *охолодження, тепелопередача, сифон, вода, різниця тисків, циліндр.*

Cold water is used as the heating medium in a cooling cylinder and enters the cylinder through water sprayer. The cooling cylinder must reduce the sheet temperature uniformly across the web. To ensure uniform heat reduction, an effective cooling system introduces a mixture of cold water and air to provide the required differential pressure to evacuate the warmer water at a rate that keeps the cylinder's surface temperature constant. Removal of the warm water from cooling

cylinder by means of siphon the same as removal of condensate in the dryer section. All modern syphons require a certain amount of differential pressure, which provides continuous evacuation of water through a siphon which is located inside the cooling cylinder shell [1].

In cooling cylinder by means of centrifugal force causes the 3 stages water behavior at various speeds (puddling, cascading and rimming). A schematic drawing the four main stages of water behavior shown in Figure 1:

- Stage 1, no rotation – cold water forms a pool in the bottom of the cylinder.
- Stage 2, puddling – as the cylinder begins to turn, the puddle moves up with the rotating cylinder shell, and a thin film of water forms around the shell surface.
- Stage 3, cascading – faster rotation of the cylinder causes the puddle to move farther up the shell until gravity forces overcome centrifugal forces and the water showers back into the bottom of the cylinder.
- Stage 4, rimming – as the cylinder rotation speed is increased further, centrifugal forces overcome gravity forces so that the film thickness is uniform all around the cylinder shell.

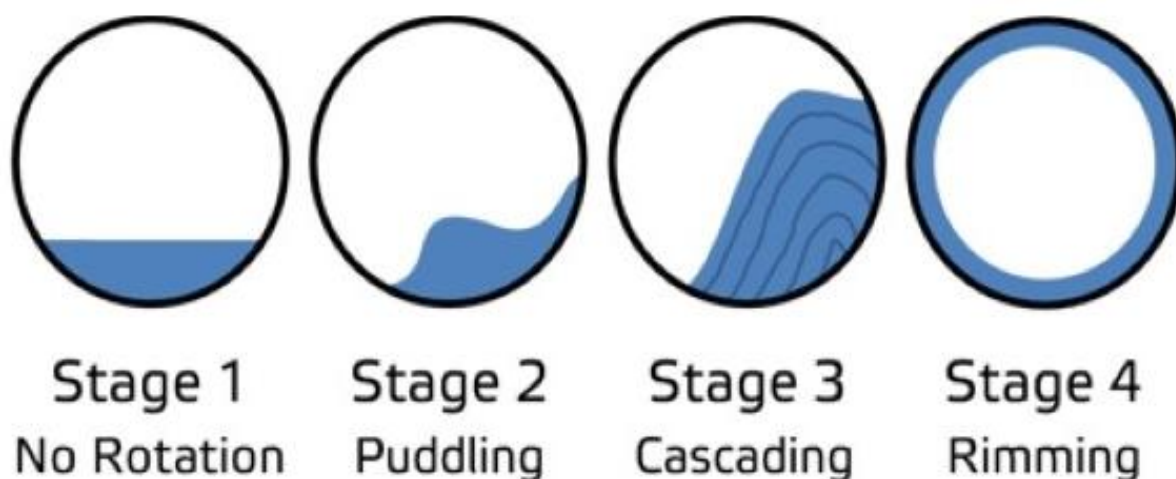


Fig. 1 Water behavior in cooling cylinder

The cascading stage offers the best heat transfer because of the very turbulent conditions inside the cylinder, but the power surges may cause gear and bearing problems [2].

The siphons could be of stationary or rotary type. For rotary siphons, the centrifugal force of the water must be overcome, meaning requirement of higher differential pressure. Stationary siphons are more efficient and are not very speed dependent with respect to differential pressure. Comparison of rotary and stationary siphons shown in the schematic drawing in Figure 2.



1 – rotary siphon, 2 – stationary siphon

Fig. 2 Comparison of rotary and stationary siphons

Stationary siphons usually are used for low- and middle-speed open gear machines. The wide scoop-like frontal opening of the shoe is ideally suited for

machines operating at speeds that promote puddling and initial rimming behavior of the water – conditions at which the water ramps over a narrow cylinder circumference. The wide opening profile maximizes water evacuation during the relatively short time it rotates through the water layer. Rotating siphons usually are used for high-speed machines that promote puddling and rimming water behavior.

Modern paper and board machines often have dual-purpose (cooling or drying) cylinders. These versatile “swing” cylinders have special requirements to enable them to perform effectively in either mode. A schematic drawing of a dual-purpose stationary siphon shown in Figure 3 [3].

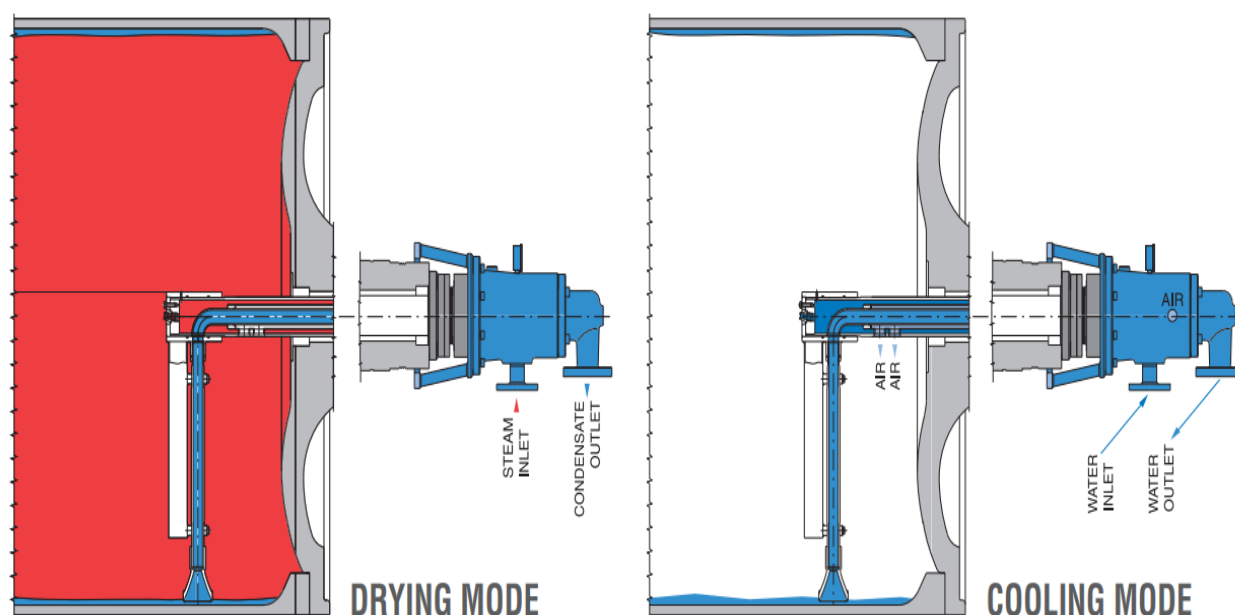


Fig. 3 Stationary siphon for cooling and dryer cylinders

On high-speed machines, stainless steel turbulence bars are normally used to break up the laminar water layer and thus improve heat transfer. Turbulence bars form a cage-like structure around the inside diameter of the cylinder. This improves the uniformity of the dryer surface temperature, ensuring an improved sheet moisture profile. The configuration, spacing and bar size determine the degree of turbulence inside the cylinder shell. Turbulence bars are especially effective in combination with stationary siphons [4].

References:

1. Ajit K Ghosh Fundamentals of Paper Drying – Theory and Application from Industrial Perspective, Evaporation, Condensation and Heat Transfer, 2011. – 582 p.
2. Valmet Company Steam & condensate, heat transfer, glossary and water evaporation, dryer steam and condensate system.
3. Deublin Company. Rotating Joints and Siphon Systems for the Paper Industry, 2013. – 16 p.
4. K. Berlin; Steam and Condensate for Paper Machine, 2013 – 33 p.
5. Kormano, P. Steam and Condensate Systems: Consideration for Dryer Section Runnability, 2008, Dallas, TX, USA.

UDC 676.026.4

**MODERNIZATION OF THE BELT OF THE SHOE PRESS OF THE
CARDBOARD MACHINE**

student Nikolaiev V. O., professor, Ph. D. Marchevskiy V. M.

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Abstract:

The method of intensification of pressing on the shoe press of a cardboard machine is given. A fundamentally new design of the press tape of shoe press is proposed, which allows to significantly reduce the hydraulic resistance and, accordingly, increase the speed of the water filtration process in the cardboard and dress, which provides a significant increase in cardboard dryness after pressing.

KEY WORDS: SHOE PRESS, PRESSING, BELT, CARDBOARD

Анотація:

Наведено спосіб інтенсифікації пресування на башмачному пресі картоноробної машини. Запропоновано принципіально нову конструкцію пресувальної стрічки башмачного преса, яка дозволяє значно зменшити гідравлічний опір і відповідно збільшити швидкість процесу фільтрації води в картоні і сукні, що забезпечує суттєве збільшення сухості картону після пресу.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: БАШМАЧНИЙ ПРЕС, ПРЕСУВАННЯ, СТРИЧКА, КАРТОН

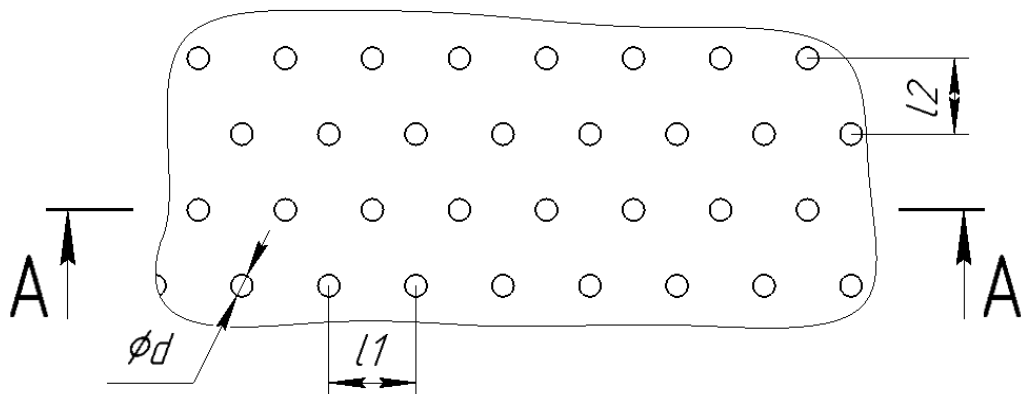
An urgent problem of increasing the productivity of cardboard machines, reducing energy consumption is to increase the dryness of the pressed cardboard sheet.

Shoe presses are used as the final presses of the press part of paper and cardboard machines. The dryness of the cardboard at the entrance to the drying part depends on their efficiency.

In the process of modernization, the existing design objects were analyzed [1], [2], [3] and the following problem was revealed in the construction of the shoe press belt, grooves for drainage of extruded water are made on the bearing surface of the tape, prone to compression. The negative factor leads to their clogging with cardboard mass, which increases the filtration resistance and impairs the process of removing water from the cardboard cloth. This disadvantage is very significant in terms of efficient use of resources for drying, because the greater the dryness of the cardboard after the shoe press, the less heat is consumed by the drying part. Approximate increase in dryness after the shoe press by 1% allows to reduce heat consumption by the drying part by 5%.

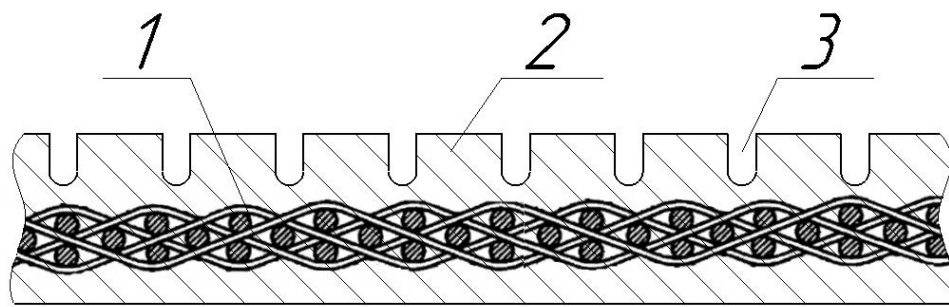
The main task of this work is to create a belt with a new coating, which will solve the lack of clogging of the grooves and improve the quality of cardboard pressing.

This tape is made of wear-resistant polyurethane reinforced with Kevlar threads. On the outer surface of which are made blind holes (Fig. 1). A feature of the grooves is the possibility of self-cleaning. This is due to the action of compressed air in them and the centrifugal force.



d – hole diameter; $l1, l2$ – the distance between the holes

Figure 1 – Outer layer of shoe press belt

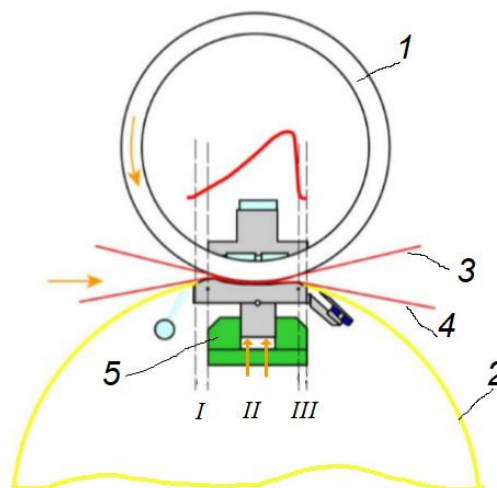


1 – Kevlar threads; 2 – polyurethane coating; 3 – blind holes

Figure 2 – Cross section along A-A to Figure 1

The pressing process takes place in three stages (Fig. 3):

- 1) cloth fall under in capture with a cardboard cloth;
- 2) under the action of the pressure that creates the shoe, the cloth and the cardboard cloth are deformed, while the water from the deformed capillaries of the cardboard and partially the cardboard mass is filtered into the cloth, and through the cloth into the blind holes of the belt;
- 3) under the action of centrifugal force and compressed air in the blind holes, the pressed fibers of the mass are pushed out of the blind holes.



1 – clamping shaft; 2 – belt ; 3 – cloth;

4 – cardboard cloth; 5 – shoe

Figure 3 – Stages of pressing cardboard cloth

Conclusion: the proposed new design of the shoe belt will strengthen the process of filtering water into the cardboard and fabric and increase the dryness of the cardboard after the press, so it is advisable.

References:

1. Патент № 8486230 (US), D 21 F 3/00. Shoe press belt / Inoue, Hideo, Kawamata, Tomoyuki, – Appl. No.: 13/257,718, 09.04.2010; PCT Pub. Date: 14.10.2010;
2. Патент № 8282784 (US), D 21 F 3/02. Paper-making shoe-press belt/ Takano, Satoshi, Takamura, Hiroyuki, – Appl. No.: 12/532,175, 14.03.2008; PCT Pub. Date: 16.09.2008;
3. United States Patent CPC Class: D21F 3/0227;Current International Class: D21F 3/02. Shoe press belt 4,559,258

СЕКЦІЯ 3

«ЕКОЛОГІЯ ТА ТЕХНОЛОГІЯ РОСЛИННИХ ПОЛІМЕРІВ»

EFFICIENT UTILIZATION OF SPENT BIOSORBENTS

PhD, Assoc. Prof. Halysh V.^{1,2}, PhD, Assoc. Trus I.¹, Dr. Sc., Prof. Gomelya M.¹

¹ – **Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute,**

² – **O.O. Chuiko Institute of Surface Chemistry of NASU**

The problem of plant wastes utilization is important and urgent not only in Ukraine. One of the most promising way for the processing of such kind of wastes is the application as biosorbents for heavy metal ions removal from wastewaters. The attractiveness of biosorbents application is connected with its cheapness and availability, as well as annual renewability. Such raw materials include primary plant materials, such as timber, and secondary plant resources - waste from wood processing, agriculture, and the food industry. In order to create a low-waste technology of wastewater treatment from heavy metal ions, it is necessary to develop efficient methods for for the utilization of spent biosorbents. One of the most promising ways for the disposal of the sludge formed through water treatment is their use in the composition of building materials. The sediments after water treatment can be used as the activators of cement hardening or can partially replace cement in the concrete.

The aim of this study was to study the effect of initial and modified walnut shells as additives on the physical and mechanical properties of cement.

For this purpose, ground walnuts shells (particle size of 0,5-1,0 mm) consist of 41,2%, cellulose, 37,5% lignin, 5,2% resins, fats, waxes, 2,3% minerals and modified with 10-75 wt.% H_3PO_4 were used as a raw material. Initial and modified shells were used as additives in the composition of cement. The cement of I/500 type was used for this purpose. The mineralogical composition of the cement is the following, wt. %: C_3S – 57,10, C_2S – 21,27, C_3A – 6,87, C_4AF – 12,19. The samples preparation was done by mixing all components in the ball mill for 20 min. The samples were then tested for normal density, hardening time, compressive strength and coefficient of water removal.

While evaluating the effect of unmodified walnut shell on the physical and chemical properties of cement, it was established that the unmodified walnut shells play the role of a fine additive, that increases the normal density and accelerates the hardening as can be seen from Table 2. The acceleration of hardening takes place due to the fact that the fine additive acts as a thickener (similar to clay). The compressive strength of cement samples decreases with the increase in the walnut shells content but the effect is a minor. This can be explained by the increased normal density of the cement paste. The coefficient of water removal also increases, but not significantly, and the increase in the content of the shells above 3% does not lead to any changes in values.

Table 1 – The effect of walnut shells content in the composition of cement on its properties

Walnut shells content, wt. %	Normal density, %	Hardening time, min		Compressive strength, %		Coefficient of water removal, %
		beginning	end	at the age of 2 days	at the age of 28 days	
-	24,0	62	140	100	100	4,1
1	24,5	60	130	98	98	4,5
3	27,1	45	90	68	95	6,0
5	28,4	40	75	65	80	6,0

The influence of adding of 1,5% of modified walnut shell on the properties of cement is shown in Fig. 2. The data show that the impact of the modified walnut shells on normal density is quite insignificant if compared to the initial material. It is also obvious, that the acid modification of shells leads to a decrease in the beginning of hardening of cement due to the higher lignin content. The compressive strength increases in all cases due to the fact that lignin shows good binding properties. The coefficient of water removal changes insignificantly in comparison with the initial material.

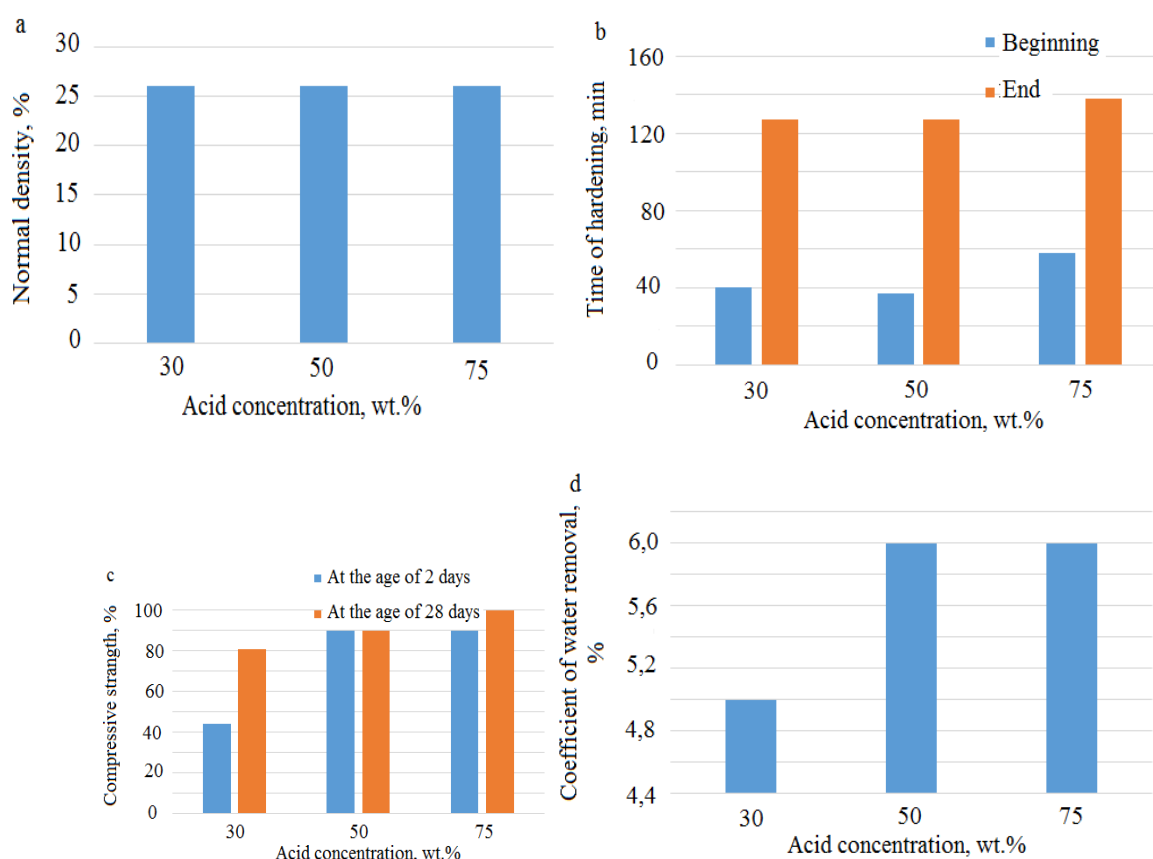


Figure 1 - Properties of cement with the adding of 1.5% modified walnut shells, prepare with the application of H_3PO_4 of different concentrations:

a – normal density; b – hardening time; c – compressive strength;

d – coefficient of water removal.

Thus, taking into account the positive effect of adding the shells on the physicochemical properties of the cement, it can be recommended to use this fact in the development of an effective method of its utilization through the application in cement production in quantity of 1-3%.

The utilization of waste biosorbents through the use in the composition of building materials is effective from an economic point of view and is also very important for resource saving. This approach allows to ensure the sustainable development of many branches of industry as well as of agro-industrial complex.

AGRICULTURAL RESIDUES DELIGNIFICATION

Master student Kovalenko A.¹, PhD, Assoc. Prof. Halysh V.^{1,2},

PhD, Assoc. Prof. Skiba M.³

¹ – **Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute,**

² – **O.O. Chuiko Institute of Surface Chemistry of NASU**

³ – **Ukrainian State Chemical-Engineering University**

Nowadays it is necessary to develop new native resources of raw materials for produce of consumer goods. In the last decade, the increasing interest to develop new methods of producing valuable products from renewable raw materials is observed all over the world. Of particular interest is the chemical and biochemical processing of secondary lignocellulosic materials, namely, plant residues of the agro-industrial complex. Today, this residue is used in small quantities as organic compost. A small part of this waste also is burned as solid fuel, but most of it is still not useful and needs utilization. In this regard, there is a need to develop effective ways of its processing. Any plant material consists of cellulose, hemicelluloses, lignin and other components in small quantities that exhibit different properties, including sorption, due to the multicomponent composition and the presence of different active functional groups. The processing of waste and by-products of plant materials into pulp, cellulose and biosorbents is considered to be a promising field of chemical technology and ecology.

Bagasse (stalk residues after juice extraction) and straw (leaves) are low-value by-products that result from the processing of sugarcane and can be considered as promising material for a number of valuable products. The results of the study showed that bagasse (cellulose 42.1%, hemicelluloses 33.8%, lignin 21.4%, extractives 0.8%, ash 3%), and straw (cellulose 37.2% hemicelluloses 30.6%, lignin 19.6%, extractive substances 4.3%, ash 7.8%) of sugarcane are close in content of the main components. In general, the data obtained indicate a

high content of carbohydrate components in the investigated materials. The high content of the high molecular weight polysaccharide component may indicate the high mechanical strength of the fibers.

The aim of this study was to obtain pulp from sugarcane residues using alkaline treatment, and to investigate its yield and lignin content.

The surface of the materials is heterogeneous and contains macro- and micro-pores (Fig. 1).

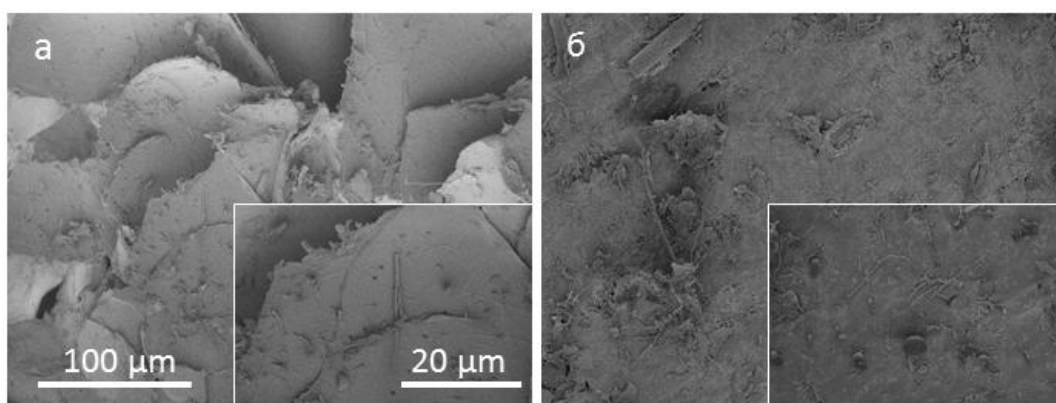


Figure 1. Micrographs of the surface of sugarcane processing waste:

a – bagasse; b - straw.

Methods of adsorption/desorption of nitrogen and sorption of benzene vapor were used to study the porous structure of raw materials. According to the data obtained, the specific surface area and battle of adsorption pores of bagasse and straw are 1,35 m²/g and 0,08 cm³/g and 1,93 m²/g and 0,05 cm³/g, respectively.

The sugarcane bagasse and straw were subjected to alkaline treatment. Materials were cooked in two stages with a solution of NaOH with a concentration of 4%, solid/liquor ratio was 1:5, the temperature for the both stages were 120 °C, cooking time varied from 30 to 120 minutes.

The results are shown in Table 1 and on Fig. 2. The analysis of the data shows that increasing in cooking time from 30 to 120 min reduces the yield of the product in both stages. This is explained by the dissolution of low molecular weight fractions of carbohydrates, partial removal of lignin and ash components. Fig. 1 shows that with increasing cooking time lignin content decreases, which is explained by the partial dissolution of lignin and its removal into solution.

Table 1 – The effect of cooking time on yield of the product after in each stage варіння

Raw material	Time, min	Yield after first stage, %	Yield after second stage, %
Bagasse	30	53,27	74,71
	60	51,14	73,27
	90	48,38	71,41
	120	44,14	69,12
Straw	30	42,16	73,87
	60	38,86	72,49
	90	37,13	71,49
	120	35,81	70,12

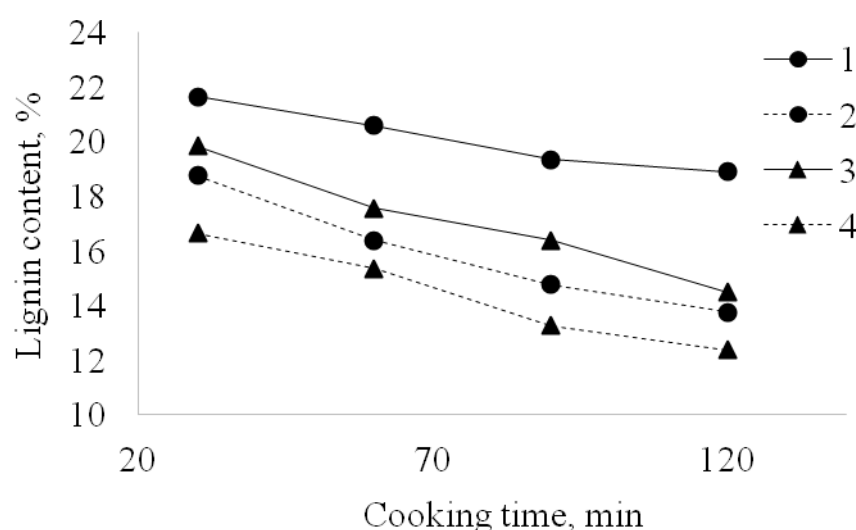


Figure 2 – Lignin content in product after sugarcane residues cooking:

1 – bagasse in 1 stage; 2 – bagasse in two stage; 3 – straw in 1 stage;
4 – straw in two stage

In general, it can be concluded that sugarcane residues can be successfully delignified to produce pulp for different purpose, for example, or the needs of pulp and paper industry, further chemical processing into valuable products, for the production of biosorbents.

UTILIZATION OF SOLID WASTES OF PAPER PRODUCTS IN THE COMPOSITION OF POLYMER MATERIALS

Master student Hanzhuk A.¹, PhD, Assoc. Prof. Halysh V.^{1,2}, PhD, Researcher
Starokadomsky D.²

¹ – **Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute,**

² – **O.O. Chuiko Institute of Surface Chemistry of NASU**

The paper industry is one of the sources of environment pollution because of the consumption of a large amount of water and formation of a huge quantities of wastewaters, which differ in composition, depending on the range of products produced. The paper and cardboard manufacturing is a quite complex and multi-stage process. The equipment for paper formation produces wastewater with a high content of soluble and insoluble substances. In order to reduce the anthropogenic load, the implementation of using recycling water can be created. But this method is too difficult to perform, because of the formation and accumulation of dissolved mineral salts and mucus in system. During treatment of such wastewaters, a large amount of solid wastes which contains, not only natural fibers but also mineral components, is formed. The main part of this wastes remains unused and requires the development of effective disposal methods.

Methods for solid wastes of paper industry utilization have been described in many publications (as a component of concrete mixtures, in the manufacture of bricks, as a base of gypsum plaster, as a component of wood-fiber boards, as a filler of insulation blocks), but none of the investigated methods has acquired industrial use. For nowadays, only landfill or incineration is used on an industrial scale for the utilization of solid wastes of paper industry, which has a negative impact on the environment. Therefore, the problem of efficient utilization of such wastes is an urgent one. One of the possible effective methods of its utilization can be the application in epoxy composites.

In this work solid waste of paper industry in the form of fibrous material (FM) was used as the raw material. The value of the redox potential (pH) is 6,5, humidity – 85,4%. The mineral constituent includes ions of Pb(II), Zn(II), Cu(II), Cd(II), Cr(II), Ni(II), Mn(II). The commercially available epoxy resin CHS-EPOXY520 and hepolyethylene polyamine (a curing agent) were used to prepare composites. The content of FM in composites was 20%. It was added immediately after stirring main components, and then the composition was homogenized and formed into samples. The polymerization was occurred at a room temperature during 72 h.

Investigation of the mechanical properties of obtained composite testifies about good compatibility between CHS-EPOXY520 and FM (due to the fact that both materials contain a significant content of hydroxyl groups) and about high strength and flexibility of the composites. The results of the laboratory experiments are shown in Table 1. As can be seen the adding of FM in the composition of composites leads to the increase in some parameters.

Table 1 - Strength parameters of epoxy composites.

Strength parameters	Unfilled	With adding of 20% FM
Bending strength, kg/mm ²	5,0	5,1
Module I*1000, kg/cm ²	16,2	20
Compression load, kgf	320	300
Abrasion, mg	100	90
Fire resistance, sec	1	2

Epoxy plastics are quite resistant to many aggressive mediums. But there are a number of solvents and mediums, such as acetone and its solutions with ethyl acetate, nitric acid, chlorocarbons, peroxides, that are very aggressive for polyepoxides. The effects of acetone and hydrogen peroxide onto epoxy composites swelling degree are shown in Fig. 1 and Table 2. As seen from Fig. 1, the filling of epoxy composites with FM leads to an increase in its resistance to acetone. If unfilled cannot stand in acetone for more than 2 days, then filled

sample can withstand more than 10 days. At the same time, the lower degree of swelling is observed for filled sample.

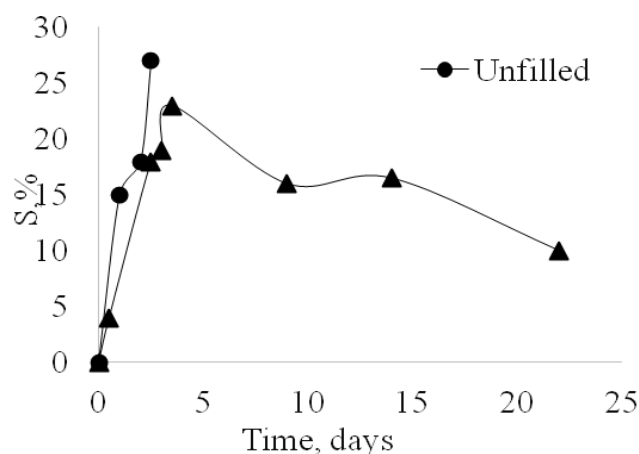


Figure 1 - Effect of acetone onto epoxy composites swelling degree.

Table 2 - Effects of hydrogen peroxide onto epoxy composites swelling degree.

Days	Swelling degree, %	
	Unfilled	With adding of 20% FM
0	0	0
1	2,1	0
2	6,2	1,0
3	6,2	2,4
4	6,2	2,9
19	12,4	9,0
55	19,6	20,0

Table 2 shows that filling of epoxy composite with 20% of FM also leads to an increase in resistance to concentrated hydrogen peroxide. This is effect is pronounced during first month of investigation. However, increasing the duration of the experiment indicates that the swelling values becomes are almost the same for both unfilled and filled composites.

In general, it can be concluded that solid wastes after paper production can be regarded as perspective and promising material for application as a filler of epoxy composites, which is confirmed by the results of the present studies.

AGRICULTURAL RESIDUES DELIGNIFICATION

PhD student Sokolovska N.¹, PhD, Assoc. Prof. Halysh V.^{1,2},

PhD, Assoc. Prof. Trembus I.¹

¹ – **Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute,**

² – **O.O. Chuiko Institute of Surface Chemistry of NASU**

Today, a promising area for research and development work is the development of resource-saving methods of environment protection with the application of wastes and residues of agriculture. One way to reduce the amount of pollutants in wastewater is to use sorbents of different origins for toxin removal. In recent years, special attention has been directed by researchers toward the development of sorbents and enterosorbents derived from available raw materials such as components of plants. From an economic point of view, it is promising to use solid plant wastes, i.e., lignocellulosic materials from the agriculture and food industry and their components, as the sorbents.

Lignin is the most common natural polymers of aromatic nature. For nowadays, one of the important tasks of chemical technologies is to study the properties of lignin as a multitone by-product of delignification.

The aim of this work was the investigation of the sorption properties of lignin after organosolv cooking of wheat straw towards methylene blue.

The efficiency of methylene blue sorption is largely determined on the pH of its aqueous solution. This is due to the property of the surface of the different plant material to get positive, neutral or negative charge depending on the pH of the aqueous solutions. The results of the study the pH influence onto methylene blue sorption capacity of organosolv lignin era given in Fig. 2. The sorption efficiency increases rapidly with an increase in pH from 3.0 to 5.0. The further increase is smaller and the maximum sorption capacity is reached at pH 6 and for further it remains constant with the next increase in pH.

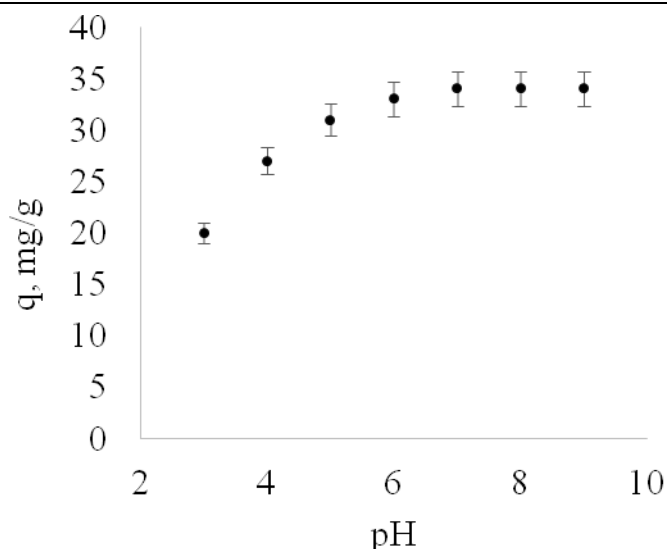


Figure 1 - Influence of pH onto the sorption capacity of organosolv lignin to methylene blue.

The dependence of the sorption efficiency of organosolv lignin towards methylene blue on the time of the process is given in Fig. 3. It can be seen that on the first period of time, which ends 60 min, the maximum removal of methylene blue is observed, but the further sorption occurs a little bit slower and the full sorption equilibrium reaches after 120 min from the beginning of the experiment.

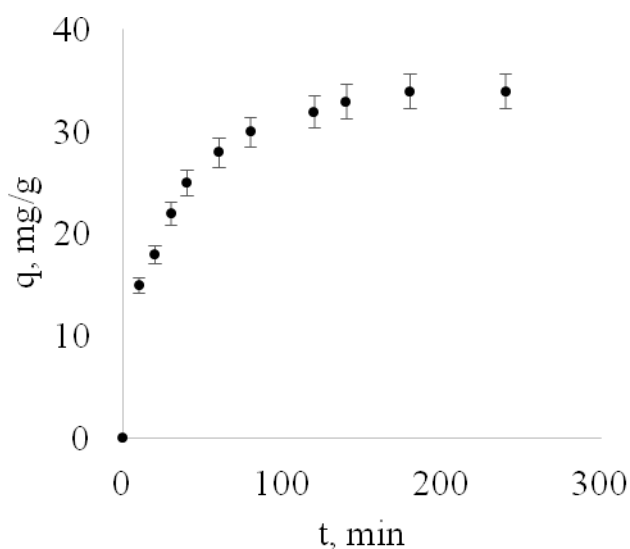


Figure 2 - The dependence of the sorption capacity of organosolv lignin on methylene blue on the duration of sorption.

The adsorption isotherm plays an important role in description of how the adsorbate interacts with the adsorbent and gives an idea of the adsorption capacity of the sorbent. The study of adsorption equilibrium was carried out with initial concentrations of methylene blue in aqueous solution from 30 to 500 mg/l. At the concentration of methylene blue in the solution lower than 100 mg/l, the sorption efficiency increases linearly with the increase of the dye concentrations (Fig. 3). Further increase in the sorption efficiency occurs more slowly and the maximum of 44.7 mg/g is reached.

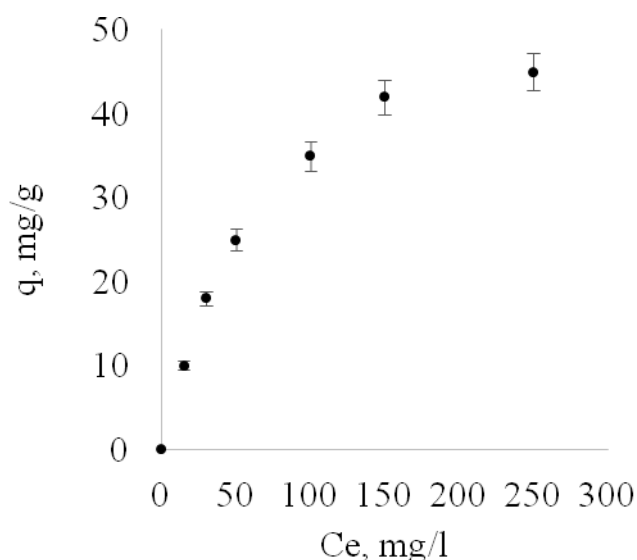


Figure 3 - The dependence of the sorption capacity of organosolv lignin on the equilibrium concentration of methylene blue.

In general, the presented data correspond well to the literature data. It is promising for further to study the structure of organosolv lignin and to investigate its sorption ability towards heavy metal ions.

Such approach important for our country because of the fact that Ukraine is a developed agricultural country, which produces a lot of solid wastes and residues of cereals that can be regarded as promising material for delignification and for the obtaining of different goods for different purpose. Also, it will help to ensure environment protection through the efficient utilization of solid wastes.

USE OF MODIFIED WHEAT STARCH ADHESIVES FOR THE IMPROVEMENT OF QUALITY PAPERWAY

Undergraduate students Lastovyak Yu., Nazarenko D.,
technical sciences candidate, senior scientist, assistant professor Ploskonos V.G.

National Technical University of Ukraine

"The Igor Sykorsky Polytechnical Institute of Kyev "

***Анотація.** В ході виконання роботи проведено дослідження з метою виявлення позитивного впливу модифікованих пшеничних крохмальних клеїв на комплекс фізико-механічних показників паперового полотна. Зважаючи на те, що основним цінним компонентом макулатури є целюлозні волокна, дослідження, які проведені під час виконання даної дослідницької роботи, спрямовані на максимально можливе утримання цих волокон паперовим полотном без суттєвого погіршення його якості. Проведено серію експериментів за використання в якості зміцнювального агента пшеничного крохмалю. З метою скорочення кількості дослідів та підвищення інформативності експерименту попередньо розроблено матрицю експериментальних досліджень за використання критеріїв інформативності та шумостійкості. За результатами експериментальних досліджень будуть розроблені математичні моделі, дослідження яких дасть експериментатору можливість відслідкувати всі процеси, що відбуваються за використання пшеничного крохмалю, та підібрати оптимальні його дози в процесі виготовлення певного виду паперу із заданими фізико-механічними властивостями.*

***Ключові слова:** крохмальні клеї, паперове полотно, фізико-механічні показники, матрицю експерименту, математичні моделі.*

***Summary.** In the course of the work, a study was conducted to identify the positive effect of modified wheat starch adhesives on the complex of physical and mechanical parameters of the paper web. Considering that the main valuable*

component of waste paper is cellulose fibers, the researches carried out in the course of this research work are aimed at the maximum possible retention of these fibers with paper web without any significant deterioration of its quality. A series of experiments were conducted to use wheat starch as a fortifying agent. In order to reduce the number of experiments and increase the informativeness of the experiment, a matrix of experimental studies has been pre-developed using informative and noise immunity criteria. According to the results of the experimental researches, mathematical models will be developed, the researches of which will give the experimenter the opportunity to trace all the processes occurring with the use of wheat starch and to find the optimal doses of it in the process of making a certain type of paper with the given physical and mechanical properties.

Key words: *starch adhesives, paper cloth, physico-mechanical parameters, experiment matrix, mathematical models..*

The purpose of this work is to study the effect of modified wheat starch adhesives on the complex of physical and mechanical parameters of the paper web in the process of its formation.

As is known [1,2], the secondary fiber, which is obtained in the process of recycling waste, is today an important source of raw materials for the manufacture of paper and cardboard in the enterprises of the industry. However, partial or complete replacement of expensive pulp for waste paper in cardboard and paper products leads to a number of technological problems, although the cost of finished products is reduced. Considering that the main valuable component of waste paper is cellulose fibers, the researches carried out in the course of this research work are aimed at the maximum possible retention of these fibers with paper web without any significant deterioration of its quality.

To maximize the trapping of fibers on the mesh of the paper machine and to maintain a complex of physico-mechanical parameters of products manufactured at a sufficiently high level, starch adhesives are used.

As adhesive agents for paper and cardboard cloth, starch adhesives are widely used in the world practice of cardboard and paper production [3]. The prospect of increasing the use of starch in the cardboard and paper industry is also explained by the fact that starch is a renewable natural product. Starch is a complex carbohydrate that is regarded as a polymerization product containing several thousand monosaccharides in the molecule. The role of starches is especially increasing in the context of deficiency of high quality cellulose fiber. The environmental benefits of using starches as a means of enhancing the production of fine fibers on the paper machine mesh are related to the natural nature of the starches themselves.

To enhance starch retention, synthetic polymers are added, or modified starch is used instead of conventional starch. This approach increases the retention of starch on the fiber of the paper web in the process of releasing the paper pulp to the grid of the paper machine, respectively, and during pressing and drying of the paper web. Thus, it is possible to reduce the degree of pollution of the sewage, namely: saturation with fine fibers.

Non-modified starch, modified starch, starch phosphates, starch diesters and low-substitution starch acetates may be used in the waste weight compositions.

Normal unmodified starch is rarely used because of its poor solubility. Starch dispersion in cold water has no binding force. The stickiness of the starch is properly linked to the gelatinization temperature, which is a parameter dependent on the plant from which the starch is made. Starch paste obtained from unmodified starch has a relatively high viscosity at a very low concentration of dense particles. Another disadvantage is that starch is not related to cellulose fibers that are negatively charged. This impairs the retention of starch in the process of forming a paper web. Modifications are used to eliminate these disadvantages.

In the process of modification, the hydrolysis (break) of glycosidic bonds occurs, resulting in a decrease in the molecular weight of starch polysaccharides and a decrease in the viscosity of its dispersions. Particular attention should be paid to cationic modified starches, which may be the most unique class of starch

derivatives that have recently become widespread. Their large scale of industrial importance lies in their affinity for negatively charged cellulose molecules. Thus, in solution, starch 'sticks' to the fibers, which helps to increase its retention on the canvas and, accordingly, the physical and mechanical properties of paper or cardboard.

Thus, in the course of research, a series of experiments were conducted to use wheat starch as a fortifying agent. In order to reduce the number of experiments and increase the informativeness of the experiment, a matrix of experimental studies was previously developed using informative and noise immunity criteria [4]. According to the results of experimental researches, mathematical models will be developed [5], the researches of which will give the experimenter the opportunity to trace all the processes occurring with the use of wheat starch and to find the optimal doses of it in the process of making a certain type of paper with the given physical and mechanical properties.

References

1. *Primakov SP, Barbash VA* Paper and cardboard technology: A guide for universities in Kiev. ECMO - 2008. - 396 p.
2. *Ivanov SN* Paper technology. - M.: Easy. 2006, 696 p.
3. Review information. The use of starch glue in the manufacture of packaging. Cellulose, paper and cardboard. - M.: VNIPIEI Lesprom. - 1985.- №10.-p.36-45.
4. *Ploskonos VG* The use of computer technologies in the development of plans for experimental research of complex technological systems for the production of paper and cardboard // International Scientific Journal "Internauka" .- 2018.- № 21 (61), vol.3, p.50-54. DOI: 10.25313 / 2520-2057-2018-21-4428.

ОДЕРЖАННЯ ЦЕЛЮЛОЗИ ДЛЯ ХІМІЧНОГО ПЕРЕРОБЛЕННЯ ІЗ СТЕБЕЛ ОЧЕРЕТУ

магістрант Гондовська А. С., інженер Ященко О. В.

професор, к. х. н. Барбаш В. А

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Досліджено хімічний склад стебел очерету та процес отримання з нього целюлози для хімічного перероблення шляхом проведення двох стадій хіміко-термічної обробки. Встановлено, що за хімічним складом очерет близький іншим представникам рослинної сировини. Показано, що лужна обробка сировини зменшує вміст мінеральних речовин у волокнистому напівфабрикаті, а проведення органосольвентного варіння призводить до отримання целюлози, придатної для хімічного перероблення.

Ключові слова: стебло очерету, хімічне перероблення, целюлоза, лужна обробка, органосольвентне варіння, лігнін, зольність

The chemical composition of reed stalks and the process of obtaining pulp from it for chemical processing by carrying out two stages of chemical-thermal treatment were investigated. It is established that the chemical composition of the reed is close to other representatives of plant raw materials. It is shown that alkaline processing of plant raw material reduces the content of minerals in the pulp, and carrying out organosolvent cooking leads to the production of cellulose, suitable for chemical processing.

Keywords: reed stalk, chemical processing, cellulose, , alkaline treatment, organosolvent cooking, lignin, ash

Забезпечення світової тенденції зростання обсягів використання целюлозовмісної продукції потребує збільшення обсягів виробництва целюлози, зокрема для хімічного перероблення на етери та естери целюлози, оксигелюлозу і наноцелюлозу. Основною сировиною для отримання

целюлози у світовій целюлозно-паперовій промисловості залишається деревина хвойних і листяних порід. Зменшення світових запасів деревини за рахунок її інтенсивного використання надає поштовх для пошуку альтернативної рослинної сировини. Такою альтернативою може бути недеревна рослинна сировина, яка за хімічним складом основних компонентів та довжиною волокон не поступається деревині. До недеревної рослинної сировини відносяться різні види однорічних і багаторічних рослин, зокрема стебла очерету. Це багаторічна рослина з циліндричними або тригранним стеблом висотою до 3,5 м, поширена по всій земній кулі, росте в болотистій місцевості [1].

Існуючі традиційні методи одержання целюлози, серед яких найбільш розповсюдженими є сульфатний та сульфітний способи делігніфікації рослинної сировини, наносять шкоду довкіллю і потребують нових більш екологічно чистих технологій, зокрема органосольвентних способів одержання целюлози. Тому метою даної роботи є дослідження методів одержання із стебел очерету целюлози для хімічного перероблення. Для цього в роботі використовували очерет, вирощений у Київській області, і за стандартними методиками визначили наступний хімічний склад очерету: целюлоза – 49,3 %, лігнін – 22,9 %, зола – 2,3 %, смоли, жири, воски – 3,54 % від маси абсолютно сухої сировини (а. с. с).

Стандартами до целюлози для хімічного перероблення передбачено, що вона має мати низький вміст лігніну та незначну зольність (не більше 0,3 %), високу хімічну чистоту (вміст α -целюлози 95-99 %), високу молекулярну та структурну однорідність [2]. Для зниження вмісту мінеральних речовин та лігніну в сировині подрібнені стебла очерету піддавали обробці розчином NaOH концентрацією 30 та 50 г/л та гідромодуля 10:1 за температури 95 ± 2 °C протягом 60-240 хв. На рис. 1 наведено залежності зольності ВНФ із очерету від тривалості лужної обробки.

Як видно із рисунку, підвищення тривалості лужної обробки і концентрації NaOH призводить до зменшення вмісту мінеральних речовин у

волокнистому напівфабрикаті із стебел очерету. На другій стадії оброблення волокнистого напівфабрикату проводили варіння сумішшю оцтової кислоти та H_2O_2 у співвідношенні 70:30 об'ємних % за гідромодуля 10:1, температури 95 °С впродовж 30-120 хв, результати яких наведено у таблиці.

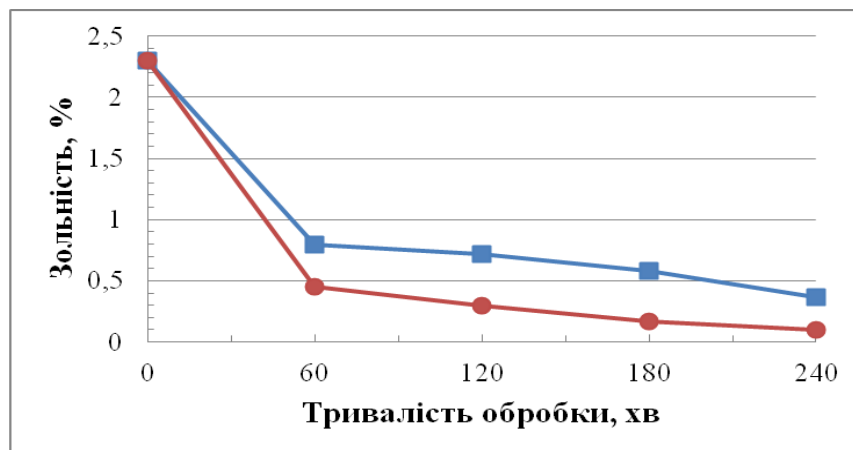


Рис. 1 – Залежність зольності ВНФ із очерету від тривалості лужної обробки розчином NaOH різної концентрації: 30 г/л (■) і 50 г/л (●)

Таблиця – Залежності показників якості целюлози із стебел очерету від тривалості варіння

Концентрація NaOH, г/л	Тривалість, хв	Вихід, %	Лігнін, %	Зола, %
30	30	83,0	0,41	0,137
	60	81,8	0,38	0,124
	90	79,5	0,36	0,094
	120	77,4	0,17	0,078
50	30	82,7	0,41	0,089
	60	80,5	0,31	0,084
	90	73,1	0,26	0,035
	120	71,8	0,14	0,013

Як видно з даних таблиці, збільшення тривалості органосольвентного варіння закономірно зменшує вихід целюлози і залишковий вміст в ній лігніну і мінеральних речовин. На основі отриманих результатів можна зробити висновок про придатність отриманої целюлози для хімічного перероблення на целюлозовмісні продукти.

Перелік посилань

1. Барбаш В. А. Інноваційні технології рослинного ресурсозбереження: навч. посібн. – Київ: Каравела, 2018. – 288 с.
2. Барбаш В. А., Дейкун І. М. Хімія рослинних полімерів: навч. посібн. – Київ: Едельвейс, 2014. – 440 с.

УДК 676.056

**ЗМЕНШЕННЯ ВТРАТ ВОЛОКНА В ПРОЦЕСІ РОЗПУСКУ
МАКУЛАТУРИ**

Магістранти Третяк С.В., Мякінін Е.Ю., Харитончук М.А.,
к.т.н., доц Трембус І.В.

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

***Анотація.** Розглянуто питання необхідності та можливості використання вторинної волокнистої сировини в композиції картонно-паперової продукції. Описано метод ефективного розпуску та очищення макулатурної маси від забруднень неволокнистого характеру. Показано, що застосування такої схеми очищення дозволяє зменшити втрати волокна на 8 %.*

***Ключові слова:** макулатура, розпуск, очищення маси, відходи, втрати волокна.*

***Abstract.** The necessity and possibility of the use of secondary fibrous raw materials in the composition of cardboard and paper products are considered. The method of effective dissolution and purification of waste paper from non-fibrous impurities is described. It is shown that the application of such a cleaning scheme allows to reduce fiber losses by 8%.*

***Keywords:** waste paper, dissolution, purification of mass, waste, loss of fiber.*

Інтерес до широкого використання вторинної волокнистої сировини для отримання продукції широкого призначення виник давно, але особливо зріс на початку 70-х років минулого століття. Більшість розвинених країн світу з обмеженими запасами лісових ресурсів почали різко підвищувати частку вторинного волокна в композиції картону і паперу. Значення вторинного волокна для паперової промисловості зростало і під тиском захисників навколишнього середовища [1].

Різке збільшення використання макулатурної маси в композиції майже всіх видів паперу і виникнення великого стратегічно важливого макулатурного бізнесу, відкрили для паперової промисловості широке джерело сировинних матеріалів.

Одним з найважливіших етапів підготовки макулатурної маси для виробництва паперу та картону є процес розпуску. Під час розпуску важливим є зменшення втрат волокна та підвищення якості його очищення. Саме з цією метою на сучасних виробництвах галузі встановлюють ефективні системи очищення, метою яких є не тільки видалення відходів, а також зменшення втрат волокна у цих відходах [2].

Прикладом такої системи очищення є система розроблена інженерами фірми GWFASERTECHNIK (рис. 1) [3]. Така система дозволяє значно зменшити споживання енергоресурсів та сировини, завдяки покращенню ефективності розпуску і очищення ванни гідророзбивача від забруднень неволокнистого характеру (поліетилену, ганчір'я, пластику та ін.).

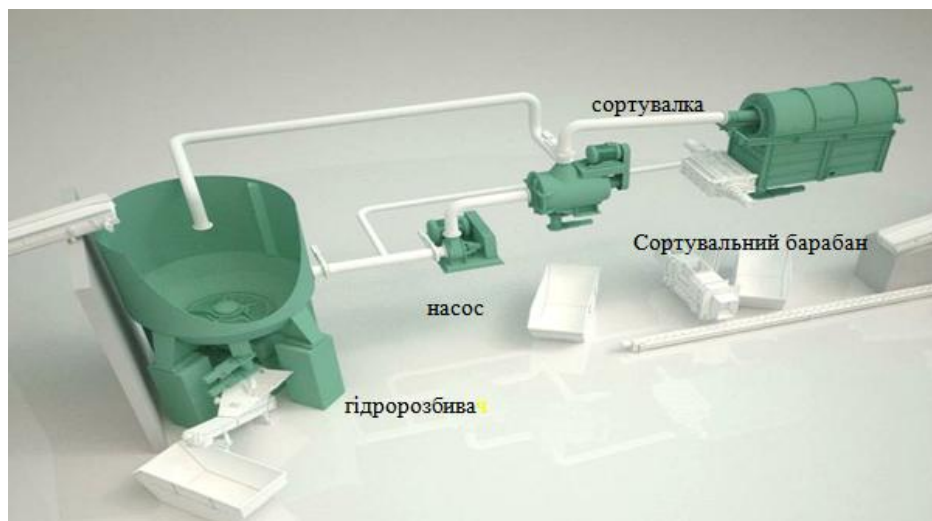


Рисунок 1 - Технологічна схема вузла розпуску GWFASERTECHNIK

Очищення за схемою GWFASERTECHNIK відбувається безперервно в 4 стадії: збір, розпуск, промивання та видалення відходів з макулатурної маси. Тривалість стадій регулюється в залежності від складу сировини і

необхідного ступеня очищення завдяки системі автоматизованого керування.

З метою зменшення тривалості процесу очищення встановлюють насос для переміщення відходів з ванни гідророзбивача на сито сортувалки. Перед насосом встановлюють засувку, яка автоматично відсікає ванну гідророзбивача після завершення стадії збирання відходів. Дорозпуск пучків і фрагментів макулатури відбувається в сортувалці типу "JANKSCREEN" [3]. На стадії промивання в сортувалку через насос подається обігова вода для забезпечення необхідного режиму відділення віходів від волокна. Остаточне сортування відбувається на сортувальному барабані на стадії видалення відходів. Відміте з відходів волокно разом з водою повертається на виробництво.

Використання сучасних систем розпуску та очищення макулатурної маси дозволяє скоротити втрати вторинного волокна з відходів на 8 % і тим самим покращити енергоефективність виробництва та значно зменшити собівартість готової продукції.

Перелік посилань:

1. Електронний ресурс. Асоціація українських підприємств целюлозно-паперової галузі. Режим доступу: <http://www.papirandlife.ukr.com>
2. Технология целлюлозно-бумажного производства. Справочные материалы: в 3-х томах. Т.1. Сырье и производство полуфабрикатов. Ч. 2. Производство полуфабрикатов. – СПб.: ЛТА, 2002. – 432 с.
3. Електронний ресурс. Офіційний сайт компанії «GW». Режим доступу: <https://www.gw-fasertechnik.de>

ОТРИМАННЯ СОЛОМ'ЯНОЇ ЦЕЛЮЛОЗИ В СИСТЕМІ «ОЦТОВА КИСЛОТА - ПЕРОКСИД ВОДНЮ - ЕТИЛОВИЙ СПИРТ»

аспірантка Семененко Н.В., магістрант Свінціцький О.

к.т.н., доц. Трембус І.В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

***Анотація.** Досліджено вплив тривалості просочення та процесу делігніфікації на вихід і вміст залишкового лігніну в одержаних окисно-органосольвентних солом'яних волокнистих напівфабрикатах.*

***Ключові слова:** пшенична солома, просочення, делігніфікація, волокнистий напівфабрикат, вихід, лігнін.*

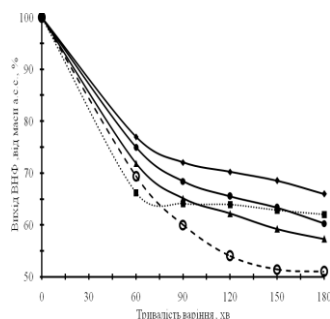
***Abstract.** The influence of the duration of impregnation and the process of delignification on the yield and content of residual lignin in the obtained oxidized organosolvent straw fiber semi-finished products was investigated.*

***Keywords:** wheat straw, impregnation, delignification, fibrous semi-finished product, yield, lignin.*

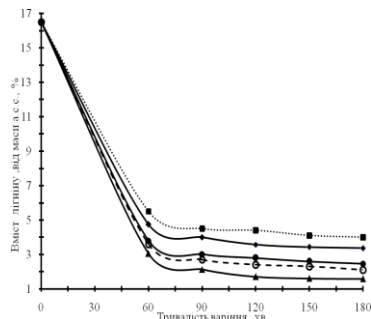
Технологічні та екологічні проблеми, що виникають в процесі одержання целюлози потребують нових технічних рішень, включаючи вирішення проблеми сировинної бази. Саме її відсутність є основним бар'єром для збільшення обсягів целюлозно-паперового виробництва. Необхідною умовою подальшого розвитку галузі є зниження негативного впливу підприємств на навколишнє середовище. Одним із шляхів вирішення екологічних проблем є створення принципово нових способів отримання целюлози. Альтернативою традиційним способам варіння, які є екологічно шкідливими, енергоємними, багатостадійними технологіями одержання целюлози із деревини є органосольвентні способи делігніфікації рослинної сировини [1]. Органосольвентні способи, будучи екологічно безпечними, дозволяють отримувати целюлозу з досить високим виходом. При цьому за їх використання відсутності сірковмісні викиди і промислові стоки.

Метою роботи було одержання екологічно безпечним способом делігніфікації солом'яної целюлози в системі "оцтова кислота – пероксид водню – етиловий спирт".

При дослідженні процесу одержання целюлози із січки пшеничної соломи в системі "оцтова кислота – пероксид водню – етиловий спирт" за основу було взято технологічні режими, розроблені авторами роботи [2]. З метою визначення оптимальної тривалості просочення проведено серію лабораторних варінь стебел пшеничної соломи. Попереднє просочення січки соломи проводили за співвідношенням $\text{CH}_3\text{COOH} : \text{H}_2\text{O}_2 = 70 : 30$ об'ємних %, температури 50°C , тривалістю від 60 до 120 хв., ГМ процесу просочення становив $10 : 1$. Після закінчення процесу просочення відібрано 40 % відпрацьованого варильного розчину і замінено його на відповідну кількість етилового спирту ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$). Окисно-органосольвентне варіння проводили за температури $90 \pm 2^\circ\text{C}$, тривалістю від 60 до 180 хв, ГМ становив $10 : 1$. Результати проведених досліджень наведено на рис. 1 (а, б)



а)



б)

Рисунок 1 – Залежність виходу (а) та вмісту залишкового лігніну (б) солом'яних ВНФ від тривалості процесу делігніфікації: -◆- $\text{CH}_3\text{COOH} : \text{H}_2\text{O}_2 : \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ (просочення 60 хв); -●- $\text{CH}_3\text{COOH} : \text{H}_2\text{O}_2 : \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ (просочення 90 хв); -▲- $\text{CH}_3\text{COOH} : \text{H}_2\text{O}_2 : \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ (просочення 120 хв); -■- ASAE [3]; -○- ПОК [3]

Як видно з наведених залежностей вихід целюлози і вміст в ній залишкового лігніну зі збільшенням тривалості просочення та процесу

варіння зменшується. Слід відзначити, що у порівнянні з варінням січки пшеничної соломи пероцтовою кислотою делігніфікація рослинної сировини в системі $\text{CH}_3\text{COOH} : \text{H}_2\text{O}_2 : \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ дозволяє отримати целюлозу з більшим виходом – на 9 – 13 % і меншим вмістом залишкового лігніну на 1 %. Це означає що введення етилового спирту підвищує швидкість та вибірковість процесу делігніфікації січки пшеничної соломи пероцтовою кислотою, яка утворюється в процесі варіння.

Введення стадії просочення призводить до того, що процес делігніфікації проходить в досить сприятливих умовах при сильному набуханні січки соломи та має двостадійний характер: фрагментація лігніну з подальшою окисною деструкцією цього лігніну з переведенням його до варильного розчину.

Експериментальні дослідження показали, що процес делігніфікації січки соломи в системі $\text{CH}_3\text{COOH} : \text{H}_2\text{O}_2 : \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ припиняється після 90 – 120 хв варіння за температури 90 ± 2 °С. Подальше продовження варіння призводить до деструкції вуглеводневих компонентів рослинної сировини, а саме за майже однакового вмісту залишкового лігніну, відбувається зниження виходу на 4 – 6 %.

Перелік посилань:

1. Трембус І.В., Савченко С.С., Сиротюк С.В. Одержання солом'яної целюлози для хімічного перероблення. «Young Scientist» – 2017. – №3 (43). – С. 753-755.
2. Ву Куок Бао Получение беленой целлюлозы из древесины осины в системе перуксусная кислота – изобутиловый спирт – вода: автореф. ... канд. техн. наук: Ву Куок Бао - Санкт-Петербург, 1995. – 45 с.
3. Барбаш В.А., Трембус І.В., Гапон О.С., Шевченко В.М. Одержання солом'яних волокнистих напівфабрикатів пероцтовим способом делігніфікації. Наукові вісті НТУУ «КПІ». – 2010. – № 3. – С. 42–49.

УДК 676.2052.8

МОДЕРНІЗАЦІЯ ПРЕСОВОЇ ЧАСТИНИ ПРМ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ОФСЕТНОГО ПАПЕРУ

магістранти Кошленко О.В., Ошита В.Р., Тіщенко Д.В.,

к. т. н. Трембус І.В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

***Анотація.** Розглянуто процес зневоднення паперового волокна в пресовій частині папероробної машини. Запропоновано встановлення гранітного валу, що дозволить збільшити сухість паперового полотна при виробництві офсетного паперу.*

***Ключові слова:** паперове полотно, зони пресування, гранітний вал, сухість полотна.*

***Abstract.** The process of dehydration of paper fibers in the press part of the paper machine is considered. It is proposed to install a granite shaft, which will increase the dryness of the paper web in the production of offset paper.*

***Keywords:** paper web, pressing areas, granite shaft, dryness of the web.*

Важлива роль в процесі виготовлення паперу на папероробній машині (ПРМ) відводиться пресовій частині. Вона повинна забезпечувати максимальне зневоднення паперового полотна, рівномірну його вологість та відсутність обривів під час процесу пресування. Актуальність розробки та модернізації пресових частин ПРМ для виготовлення офсетного паперу полягає в зменшенні енергозатрат на сушіння паперу шляхом підвищення сухості паперового полотна після пресової частини. Встановлення гранітного валу в пресовій частині ПРМ при виробництві офсетного паперу дозволить покращити якість зневоднення паперового волокна.

В даний час весь період проходження полотна через зону контакту валів ділять на чотири періоди або зони. У I зоні полотно проходить на сукні

шлях від місця зіткнення сукна з нижнім валом до входу в зону контактів валів; в II зоні - від місця надходження полотна паперу і сукна в зону контакту до її середини; в III зоні - від середини зони контакту до виходу з неї паперу і сукна; в IV зоні - від місця виходу паперу і сукна із зони контакту до точки відриву сукна від валу (рис. 1) [1].

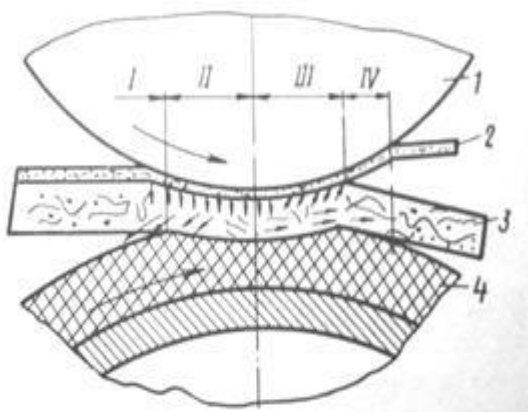


Рисунок – 1. Зони видалення води на пресах: 1 - гранітний вал; 2 - полотно паперу; 3 - сукно; 4 - прогумований вал; I - IV - зони пресування

Під час використання звичайного валу у процесі пресування швидкість сукна проти його руху повинна бути більше швидкості папероробної машини. Тільки в цьому випадку вода буде видалятися на нижній вал пресу. Вода що була віджата з паперового полотна утворює перед входом в зону контакту валів водяний клин. Полотно паперу перед надходженням в прес додатково зволожується, перепад гідравлічного тиску між полотном і сукном зменшується через підвищення гідравлічного тиску. Підвищення тиску пресування на звичайних пресах за високої швидкості машини викликає так зване роздавлювання полотна. Для інтенсифікації зневоднення паперу на пресах в II фазі необхідно підтримувати високий питомий тиск і високу пористість сукна в стислому стані [1].

На вихідній стороні зони контакту пресових валів (фаза III) тиск в сукні і паперовому полотні поступово зменшується. Відновлюється товщина паперового полотна, сукна і пружного облицювання валу. З припиненням

тиску градієнт гідравлічного тиску падає до нуля і теоретично можливе виникнення часткового вакууму, при цьому у твердій структурі (волокнах) все ще можуть діяти напруга стиснення. Таким чином показно, що волога в III зоні переміщається з сукна в паперове полотно.

Для інтенсифікації процесу зневоднення під час виробництва офсетного паперу запропоновано конструкцію пресової частини ПРМ, що складається з трьох окремо розташованих пресів. Перший прес складається з гранітного валу ($D = 1050$ мм) і жолобчастого валу ($D = 830$ мм). Другий і третій преси - відсмоктуючі, в яких гранітний вал як і у першого, а відсмоктуючий вал $D = 1150$ мм [2]. В табл. 1 наведено значення зміни сухості паперового полотна під час його проходження через пресову частину ПРМ.

Таблиця 1. Сухість паперового полотна, %

	Прес № 1	Прес № 2	Прес № 3
Сухість паперового полотна перед пресуванням	19,0	24,7	31,2
Сухість паперового полотна після пресуванням	24,7	31,2	37,9

Після встановлення гранітного валу пресова частина має просту конструкцію, високу ступінь взаємозамінності, компактність. Гранітний вал розрахований на міцність і жорсткість. При цьому слід пам'ятати, що граніт є анізотропним матеріалом, який має низьку межу міцності при розтягуванні (10-40 МПа), тому при роботі в гранітному блоці не повинні виникати розтягнення більше 2-3 МПа.

Перелік посилань:

1. Крылов В. Н. Справочник бумажника – технолога. Сырье. Общие сведения / В. Н. Крылов. – СПб. – Петербург, 1993. – 71 с.

ОДЕРЖАННЯ НАНОЦЕЛЮЛОЗИ ІЗ ПШЕНИЧНОЇ СОЛОМИ

магістрант Бойко В. В. , інженер Ященко О. В.

професор, к. х. н. Барбаш В. А

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Досліджено хімічний склад пшеничної соломи та процеси отримання з неї целюлози з використанням пероцтового варіння та лужної обробки. Встановлено, що збільшення тривалості варіння призводить до зменшення виходу целюлози та залишкового вмісту в ній лігніну і мінеральних речовин, а лужна обробка дозволяє отримати целюлозу з мінімальним вмістом екстрактивних речовин. Показана можливість отримання із пшеничної соломи органосольвентної целюлози і наноцелюлози, яка може бути використана в різних галузях промисловості.

Ключові слова: пшенична соломи, целюлоза, варіння, лужна обробка, лігнін, зольність

The chemical composition of wheat straw and the processes of its production from cellulose with the use of peracetic cooking and alkaline treatment were investigated. It was found that increasing the duration of cooking leads to a decrease in the yield of cellulose and residual content of lignin and minerals, and alkaline treatment allows to obtain cellulose with a minimum content of extractives. The possibility of obtaining organosolvent pulp and nanocellulose from wheat straw, which can be used in various industries, is shown.

Keywords: wheat straw, cellulose, cooking, alkaline processing, lignin, ash

В даний час у світі наявне зростання використання целюлозно-паперової продукції для запобігання екологічної кризи, тому потреба у збільшенні виробництва целюлози та її похідних росте. Для отримання целюлози основною сировиною в світі залишається деревина хвойних і листяних порід. Для зменшення витрат деревини вченими здійснюють пошук альтернативних джерел рослинної сировини, зокрема за рахунок недеревна рослинна сировина (НДРС). За хімічним складом основних компонентів та довжиною волокон НДРС не поступається деревині. До НДРС відносяться

різні види однорічних і багаторічних рослин, зокрема пшенична солома, яка є відходом сільського господарства після збору врожаю зерна [1].

В целюлозно-паперовій промисловості (ЦПП) існують традиційні методи отримання целюлози, серед них найбільш розповсюдженні сульфатний та сульфітний спосіб делігніфікації, які наносять шкоду навколишньому середовищу. ЦПП потребує розробки більш екологічно чистих технологій отримання целюлози, одним з яких є пероксокислотний спосіб одержання целюлози. Тому метою даної роботи є дослідження методів одержання із пшеничної соломи целюлози для хімічного перероблення.

Для цього в роботі використовували пшеничну солому із Київської області. Після сортування і подрібнення стебел пшеничної соломи на січку довжиною 5-15 мм проводили її термохімічну обробку. Варіння целюлози проводили сумішшю оцтової кислоти і пероксиду водню за співвідношення 70 : 30 об'ємних в скляних колбах за температури 98 ± 2 °C і гідромодуля 10:1. Результати варіння наведено у табл. 1.

Таблиця 1 – Показники органосольвентної солом'яної целюлози, % від а.с.с.

Час варіння	30 хв	1 год	1 год 30 хв	2 год
Вихід	58,2	51,1	50,0	48,9
Лігнін	0,93	0,65	0,55	0,27
Зольність	4,05	3,7	3,5	3,05

Як видно із даних табл. 1, збільшення тривалості варіння призводить до зменшення виходу целюлози та залишкового вмісту в ній лігніну і мінеральних речовин, що пояснюється інтенсифікацією процесу делігніфікації рослинної сировини із часом варіння [2].

Оскільки целюлоза для хімічного перероблення має містити тільки сліди інших, крім целюлози, компонентів, необхідно було провести додаткову обробку органосольвентної целюлози для зменшувати вмісту лігніну і мінеральних речовин. Для цього проведено лужну обробку отриманих зразків целюлози 7 % розчином NaOH, в результаті чого отримана

целюлоза із залишковим вмістом лігніну 0,1 % і мінеральних речовин 0,4 % від маси а.с.с.

Для отримання наноцелюлози проводили гідроліз органосольвентної целюлози розчином сульфатної кислоти концентрацією 45 %, за температури 60°C впродовж 60 хвилин за гідромодуля 10:1. Для отримання однорідної гелеподібної суспензії наноцеллюлози проводили її ультразвукову обробку протягом 30 - 60 хв з використанням ультразвукового дезінтегратора UZDN-A. Для спостереження змін морфології рослинної сировини, органосольвентної целюлози, целюлози після лужної обробки та наноцеллюлози використовували скануючий електронний мікроскоп РЕМ-106І. Аліквоти наноцеллюлозної суспензії поміщали в чашки Петрі для отримання плівок, які досліджували на щільність, термічну стійкість в термоаналізаторі Netzsch STA-409, прозорість в областях від 200 до 1100 нм на двопробеному спектрофотометрі 4802, визначення ступеня кристалічності після аналізу рентгенограм на дифрактометрі Ultima IV, нанорозмірність на електронному мікроскопі TEM125K.

Аналіз зображень скануючої електронної мікроскопії показав, що стебло соломи пшениці складаються з великої кількості щільно з'єднаних між собою клітин, що утворюють щільну структуру. Делігніфікація соломи в кислому середовищі приводить до поділу їх на фібрили. Лужна обробка призводить до часткового зменшення довжини волокон і вилучення лігніну та мінеральних речовин. Електронні мікрофотографії наноцеллюлози після кислотного гідролізу та ультразвукової обробки показують відсутність будь-яких домішок, що свідчить про отримання нанорозмірних частинок. Таким чином, показана можливість отримання із пшеничної соломи органосольвентної целюлози і наноцеллюлози, яка може бути використана в різних галузях промисловості, зокрема у целюлозно-паперовій як зміцнююча добавка у виробництві паперу і картону.

1. Барбаш В. А. Інноваційні технології рослинного ресурсозбереження: навч. посібн. – Київ: Каравела, 2018. – 288 с.

2. Непенин Н.Н., Непенин Ю.Н. Технология целлюлозы: В 3т. / М.: Экология, 1994. – Т.3: Очистка, сушка и отбелка целлюлозы. Прочие способы производства целлюлозы. - 592 с.

ВПЛИВ УМОВ ПРОСОЧЕННЯ ВІДХОДІВ УПАКОВКИ ПЮР-ПАК НА ШВИДКІСТЬ ВОДОПОГЛИНАННЯ

магістрант Зуйков І.А, к.т.н., доц. Мовчанюк О.М.

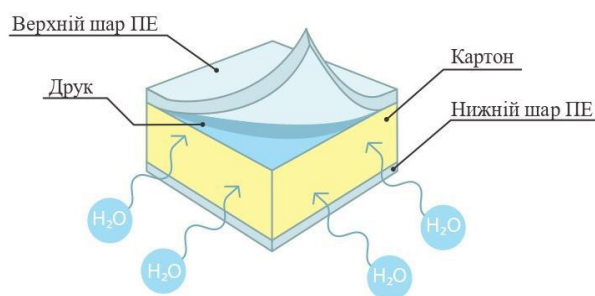
Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Обсяг продажів упаковки Pure-Pak виробництва компанії «Elorak» у світі складає 8,3 млрд. шт. на рік, продукція представлена більш ніж в 100 країнах світу. Сучасна упаковка Pure-Pak виробляється з багатошарового комбінованого матеріалу, що переважно складається з картону. Міцний крейдований картон покривається інертною до харчових продуктів термозварювальною поліетиленовою плівкою. Картонна основа дозволяє наносити багатоколірні високоякісні зображення, забезпечує формостійкість і міцність упаковки. На рис. 1, а, представлено класичну картонну упаковку Pure-Pak. Вона присутня на полицях всіх продуктових магазинів [1, 2].



а



б

Рисунок 1 – Класична картонна упаковка Pure-Pak:

а – зовнішній вигляд; б – склад комбінованого матеріалу

Після використання така упаковка стає привабливою сировиною для паперової промисловості, адже вона містить цінне целюлозне волокно, що пройшло лише один цикл перероблення.

Однак, існують певні складнощі, що пов'язані з відділенням волокна від поліетиленової плівки, що вкриває картон з обох сторін (рис. 1, б). Через

це використана упаковка Pure-Pak до теперішнього часу не знаходить належного використання як в Україні, так і в країнах Близького Зарубіжжя, і в більшості випадків потрапляє на звалище.

Розпуск сухих волокнистих напівфабрикатів є першим процесом технологічного потоку, що працює за традиційною технологією виробництва паперу та картону. У випадку макулатури розпуск передбачає не лише перетворення її у волокнисту суспензію, а й видалення найбільш крупних фракцій забруднень, що надходять у гідророзбивач разом з макулатурою. Від ефективності виконання цих задач залежить складність і вартість всіх подальших технологічних процесів, кількість відходів, якість готової продукції.

Одним із ключових чинників, що значно впливає на здатність макулатури до розпуску, є її вологостійкість, яка залежить від ступеня ороговіння вторинного волокна, а також від тих хімічних допоміжних речовин, що використовувались у попередніх циклах виробництва [3]. Під час зволоження макулатури вода, в результаті фізико-хімічних процесів, проникає в пори, розсовує волокна і спричиняє їх набухання. Відбувається розрив міцних водневих зв'язків між волокнами і заміщення цих зв'язків слабкими водними містками [4].

Слід відзначити, що зазначені фізико-хімічні процеси не можуть самостійно забезпечити реального розділення макулатури на окремі волокна. Їх основне призначення – послабити механічну міцність листа і тим самим створити сприятливі умови для розпуску [4].

У випадку перероблення упаковки Pure-Pak, площа контакту картону, що з двох боків вкритий шарами поліетилену, з водою є обмеженою (рис. 1, б). І тому процес просочення картону суттєво уповільнюється.

Метою даної роботи є дослідження впливу умов просочення відходів споживання упаковки Pure-Pak на швидкість водопоглинання.

Для дослідження було підготовлено зразки із упаковки Pure-Pak, що використовувалася для зберігання молока, розміром 2x4 см. Просочення

частини зразків відбувалося впродовж 150 хв, в дистильованій воді, за постійної температури. Температуру води підтримували за допомогою термостату. Кожні 15 хв контролювали масу зразків. Для кожного наступного досліді змінювали температуру від 15 до 60 °С, з інтервалом 15 °С. Для просочення другої частини зразків використовували розчини NaOH концентрацією 0,1; 0,3; 0,5 %, з температурою 15 °С. За базовий обрали варіант просочення в дистильованій воді за 15 °С.

Водопоглинання Δm , %, розраховували за формулою:

$$\Delta m = \frac{m - m_0}{m_0} \cdot 100,$$

де m_0 і m – маса зразка до і після просочення, г.

Результати для найбільш ефективних досліджених умов просочення наведено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Поглинання води за різних умов просочення

Умови просочення	Δm , %, за тривалості просочення, хв			
	30	60	90	150
15 °С, дист.вода (базовий варіант)	7,6	16,3	36,3	36,5
45 °С, дист.вода	61,6	71,4	74,4	78,6
60 °С, дист.вода	63,5	81,4	84,9	86,4
15 °С, NaOH, c=0,5 %	15,7	38,1	68,02	70,3

З таблиці 1 видно, що температура значно впливає на рівень і швидкість процесу водопоглинання. За базового варіанту максимальне водопоглинання було досягнуто через 90 хв, подальше просочення протягом 60 хв ефекту практично не дало. Температура, як 60, так і 45 °С, дозволяє отримати аналогічне значення водопоглинання за 15 хв, тобто у 6 разів швидше.

За температури 60 °С водопоглинання зразків через 30 хв просочення вже у 8,4 рази перевищує базовий варіант. Підвищення температури сприяє зниженню в'язкості води і збільшенню поглинання її картоном.

Швидкість водопоглинання під час просочення зразків у розчині луку з концентрацією 0,5 % впродовж всього дослідженого часу перевищувала

швидкість за базовим варіантом приблизно в 2 рази. Однак застосування лужних хімікатів має побічні негативні наслідки, такі як утворення піни, погіршення умов зневоднення на папероробній машині та інші [4].

Таким чином, в результаті проведених досліджень було встановлено залежності водопоглинання матеріалу упаковки Pure-Pak від тривалості, температури просочення і концентрації лугу. Просочення такої упаковки за температури 45 °С рекомендовано як підготовчу стадію до основного розпуску. Це дозволить підвищити ефективність процесу розпуску та зменшить кількість волокнистих відходів.

Перелік посилань:

1. Упаковка Pure-Pak. URL: <http://purepak.by/products/pure-pak/> (Дата звернення: 20.04.2020).
2. Современные упаковочные технологии. Что такое упаковка Пюр-Пак. URL: http://promupac.com/o_predpriyatii/blog/chto_takoe_upakovka_ruur_pak (Дата звернення: 20.04.2020).
3. Лук'янова В.В., Остапенко А.А. Екологічні аспекти переробки макулатури з використанням хімічних допоміжних речовин // Екологічна безпека та природокористування. 2017. № 1—2 (23). С. 78—82.
4. Ванчаков М.В., Кулешов А.В., Александров А.В., Гаузе А.А. Технология и оборудование переработки макулатуры: учеб. пособ. — СПб: ВШТЭ СПбГУПТД, 2019. Ч. I. — 107 с.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ФЛОТАЦІЇ МАКУЛАТУРНОЇ МАСИ

студентка Андріянець Р.М, к.т.н., доц. Мовчанюк О.М.

**Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"**

Важливим аспектом переробки книжково-журнальної, газетної та інших видів задрукованої макулатури є видалення друкарської фарби та зольних елементів. Одним із способів видалення друкарської фарби з макулатурної маси, що не видаляється з неї при очищенні та сортуванні, є флотація. Сьогодні флотаційні апарати успішно використовуються на паперових підприємствах світу. Включення флотації в технологічну схему переробки макулатури є особливо необхідним у випадку виробництва тих видів паперу, до чистоти яких пред'являються особливі вимоги [1, 2].

Основним принципом процесу флотації є введення у волокнисту суспензію бульбашок повітря, до яких приєднуються частки друкарської фарби. Піна, що утворюється в результаті аерації волокнистої суспензії, піднімається до її поверхні й віддаляється спеціальними пристосуваннями у верхній частині флотаційної камери [2].

Процес флотації макулатурної маси базується на відмінності гідрофобності поверхні різних компонентів суспензії, таких як частки друкарської фарби, наповнювачів, липких забруднень і волокон суспензії. Чим вище гідрофобність часток домішок, тим краще відбувається їхнє прикріплення до бульбашок повітря, і тим стійкішою є піна. Для підвищення стабільності піни застосовуються флотореагенти: емульсії неіоногенних поверхнево-активних речовин (акрилові ефіри оксиду поліетилену), модифіковані жирні кислоти, тощо. При цьому відбувається агрегація невеликих часток друкарської фарби й частково змінюється природа часток наповнювачів, внаслідок чого вони здобувають здатність

прикріплюватися до бульбашок повітря. Під час флотації ефективно видаляються частки розміром від 10 до 250 мкм при збереженні обривків волокон і часток наповнювачів. У деяких випадках вдається забезпечити видалення часток розміром до 500 мкм [1].

Умови експлуатації флотаційної камери: концентрація маси – 0,8–1,5%, температура – 40–70°C, рН – 7–9. Відношення об'ємної витрати повітря до об'ємної витрати волокнистої суспензії становить 300%, іноді до 1000%.

Одним з істотних недоліків сучасної технології видалення друкарської фарби із макулатурної маси методом флотації є низький вихід і великі втрати волокна. Втрати дрібного волокна й зольних елементів можуть досягати 5–20%.

Дрібні волокна з невідокремленими частками друкарської фарби при флотації спливають на поверхню більш інтенсивно, ніж волокна без фарби, тому одним з шляхів скорочення волокнистих втрат під час флотації є підвищення ефективності відділення часток друкарської фарби й зольних елементів від волокон на етапі підготовки макулатурної маси до флотації (під час розволокнення макулатури й диспергування макулатурної маси) [1].

Ще одним способом зменшення втрат волокна і підвищення виходу після флотації може бути використання ступеневої флотації. В цьому випадку флотаційна піна, яка утворилася від первинної флотації, піддається вторинній флотації, що здійснюється за більш низької концентрації маси, оскільки у флотопіні після першого ступеня флотації міститься незначна кількість волокон.

Флотаційна камера типу SelectaFlot™ фірми Andritz має два рівні в одному апараті (рис. 1), для здійснення первинної і вторинної флотації [1, 3]. Мультиінжектор забезпечує оптимальний розподіл бульбашок повітря в суспензії. Видалення часток друкарської фарби й аніонних домішок здійснюється за мінімальної втрати волокна. Щоб зменшити втрати волокна, піна з першого ступеня флотації подається на другий. Питома витрата енергії флотаційної камери типу SelectaFlot™ на 20% є нижчою, ніж в аналогічних

Збірник тез доповідей XVIII міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"
апаратах, за рахунок оптимальної аерації маси по всьому об'єму камери. Продуктивність камери становить від 20 до 1200 т/добу [1, 3].



Рис. 1 – Флотаційна камера типу SelectaFlot™

Крім того, флотаційна камера типу SelectaFlot™ оснащена простою системою керування вузлом аерації, є зручною для огляду й технічного обслуговування, що дозволяє скоротити витрати на її експлуатацію [1, 2].

Таким чином, ефективність процесу флотації у технологічних потоках писально-друкарських і санітарно-гігієнічних видів паперу можна підвищити шляхом більш повного відділення часток друкарської фарби й зольних елементів від волокон на етапі підготовки макулатурної маси до флотації, а також використанням флотаційних камер SelectaFlot™, що передбачають ступеневу флотацію. Це дозволить не лише знизити втрати волокна, але й скоротити енергетичні та експлуатаційні витрати на флотацію.

Перелік посилань:

1. Ковалева О. Ресурсосберегающая технология переработки макулатуры. Часть 11. Удаление печатной краски методом флотации // ЛесПромИнформ. 2007. № 9 (49). С. 138—141.

2. Ванчаков М.В., Кулешов А.В., Александров А.В., Гаузе А.А. Технология и оборудование переработки макулатуры: учеб. пособ. — СПб: ВШТЭ СПбГУПТД, 2019. Ч. III. — 139 с.

3. Modernizing to face competitive challenges // FiberSpectrum. 2005. №1. С. 8—11. URL:
<https://www.andritz.com/resource/blob/58170/3590ac506b5e7752c300bf959abf2cf/d/fiberspectrum-2005-01-en-data.pdf> (Дата звернення: 20.04.2020).

ЕЛЕКТРОПРОВІДНІСТЬ КАТІОНООБМІННИХ ЦЕЛЮЛОЗНИХ МЕМБРАН ДЛЯ ЕЛЕКТРОДІАЛІЗУ

магістрант Кекух М.В., к.т.н., доц. Мовчанюк О. М

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Метод електродіалізу широко використовується для очищення води від розчинних солей. Головною перевагою процесу електродіалізу з іонітовими мембранами є те, що всі іони, які видалені з камер знесолення, можуть збиратися в камери концентрування, які межують з наступними камерами знесолення [1, 2].

В даний час відомо кілька сотень мембранних матеріалів, з них близько 50 типів належать до іонообмінних мембран. Заряджені мембрани добре проводять електричний струм і мають властивість вибірково пропускати іони певного знаку. За знаком заряду матриці мембрани поділяються на катіонообмінні, аніонообмінні та біполярні. Ідеально селективна катіонообмінна мембрана має пропускати на 100% лише катіони, але повинна служити бар'єром для потоку аніонів [2].

За фіксовані іони для катіонообмінних мембран використовують такі групи: $-\text{SO}_3$, $-\text{COO}$, $-\text{PO}_3$, $-\text{HPO}_2$, $-\text{AsO}_3$, $-\text{SeO}_3$. Негативний заряд цих груп компенсується позитивними протиіонами. Природа фіксованих зарядів і протиіонів істотно впливає на селективність і електропровідність мембран. Більшість промислових катіонообмінних мембран містять сульфогрупи. Електродіалізні мембрани найчастіше виготовляють на основі іонообмінних смол з полістиролу, що зшитий дивінілбензолом. Ці матеріали являють собою полімерні композиції гетерогенного типу, що складаються з розмеленої в пудру смоли (60–65 мас.%) і інертних полімерів (поліетилену, полівінілхлориду та інших добавок), і часто містять армуючі волокна для надання мембрані механічної міцності.

На рис. 1 схематично зображено катіонообмінну мембрану як фрагмент електромембранної системи [2].



R – фіксовані іони; K, A – протиіони і коіони в мембрані і розчині електроліту; 1 – ланцюги полімерної матриці, що утворюють каркас; 2 – містки полімерного крос-агента, що зшивають основні полімерні ланцюги; 3 – включення інертного полімеру, що додає композиції термічну і механічну міцність

Рис. 1. Схематичне зображення фрагмента електромембранної системи

Мембрана являє собою поліелектроліт, тобто плівку, що добре набухає, і має на полімерній матриці фіксовані негативні заряди. Висока щільність цих зарядів всередині макромолекули створює так званий просторовий заряд, який компенсується еквівалентним числом зарядів протилежного знака – протиіонами. Останні в околиці пришитих, фіксованих зарядів створюють іонну атмосферу і забезпечують електронейтральність полімеру. У мембрані міститься також невелика кількість рухливих іонів, що мають однаковий знак

заряду з фіксованими іонами, які називаються коіонами. Під час контакту мембрани з розбавленим розчином електроліту коіони практично повністю виключаються з фази мембрани і не беруть участі в перенесенні струму. Цей ефект називають «доннанівським винятком». Накладення на мембрану постійного електричного поля спричиняє спрямований рух протиіонов, або електроміграцію. Тому кажуть, що ідеальна мембрана, яка набухла у воді або розчині електроліту, є поліелектролітом з уніполярною провідністю (на відміну від розчинів електролітів, де струм переносять і катіони і аніони). Питома електропровідність мембран порівнянна з електропровідністю розчинів електролітів. У сухому стані ці мембрани майже не проводять струм, і їх відносять до діелектриків.

Висока електропровідність і ідеальна селективність мембран – це їх основні транспортні властивості, що забезпечують високу продуктивність електромембранного процесу поділу. Збільшення електропровідності пов'язано з ростом кількості впроваджених в обсяг мембрани переносників заряду. Між електропровідністю і селективністю існує певний функціональний зв'язок [2].

Мета роботи – оцінити вольт-амперну характеристику нових целюлозних катіонообмінних мембран; порівняти її з серійною катіонообмінною мембраною МК-41.

Катіонообмінні целюлозні мембрани виготовлялися в лабораторії за методикою [2, 3]. Одна частина мембран була виготовлена з модифікованої аніонним реагентом сульфатної хвойної вибіленої целюлози, друга частина була отримана шляхом просочення зразка з немодифікованої целюлози розчином того ж аніонного реагенту.

Для визначення вольт-амперної характеристики мембран і модельного розчину електроліту використовували двокамерну комірку, схема підключення якої наведена у [2]. Розчином сульфату натрію концентрацією 20 г / дм^3 заповнювали обидві камери. Використовували електроди з

Збірник тез доповідей XVIII міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"
нержавіючої сталі 12Х18Н10Т і змінний струм. Напругу встановлювали в діапазоні від 1 до 10 В. З кроком в 1 В фіксували значення сили струму.

Визначали питомий електричний опір і електропровідність целюлозних мембран та серійної катіонообмінної мембрани МК-41, що виготовляється на основі фосфорнокислотного катіонообмінника.

Отримані результати показали, що залежності сили струму від напруги є лінійними. Просочені аніонним реагентом целюлозні мембрани мають питому електропровідність на рівні серійної катіонообмінної мембрани МК-41. Питома електропровідність мембран з модифікованої целюлози на 18-22 % нижча. Подальші дослідження будуть спрямовані на визначення чисел переносу протиіонів та селективності нових мембран.

Перелік посилань:

1. Мовчанюк О.М., Гомеля М.Д. Гетерогенные ионообменные целлюлозные мембраны для электродиализа // Энерготехнологии и ресурсосбережение. 2016. № 4. С. 51 – 60.

2. Горячий Н.В. Электромембранные процессы: учебное пособие. – М.: РХТУ им.Д.И.Менделеева. 2007. URL: http://www.175720.patriot-izdat.ru/books/?id_b=14 (Дата звернення: 30.04.2020).

3. Патент України на корисну модель № 106565, МПК В01D 61/00, В01D 67/00. Спосіб отримання гетерогенних іонообмінних мембран / О.М. Мовчанюк, М.Д.Гомеля, А.В.Семенюк. – № u201511621; заявл. 24.11.15; опубл. 25.04.16, Бюл. № 8.

ПОКАЗНИКИ МІЦНОСТІ ОКИСНО-ОРГАНΟΣΟΛЬВЕНТНОЇ СОЛОМ'ЯНОЇ ЦЕЛЮЛОЗИ

студент Шайдуров О.С., к. т. н., доц. Трембус І.В.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Анотація. Розглянуто процес одержання пшеничної соломи в системі оцтова кислота-пероксид водню-етиловий спирт. Досліджено вплив тривалості варіння на показники міцності солом'яних волокнистих напівфабрикатів.

Ключові слова: пшенична солома, окисно-органосольвентне варіння, показники міцності.

Abstract. The process of obtaining wheat straw in the system of acetic acid-hydrogen peroxide-ethyl alcohol is considered. The influence of cooking duration on the strength indicators of straw fibrous semi-finished products has been studied.

Key words: wheat straw, oxidative-organosolvent cooking, strength indicators.

Експерименти з екстракції лігніну із деревини водними розчинами спиртів з'явилися в літературі ще у 1893 році, але більшість з них надрукована у 30-х роках минулого століття. Водно-спиртові варіння целюлози були серед перших органосольвентних способів одержання ВНФ завдяки ряду патентів Клейнерта, який запропонував проводити делігніфікацію деревини 50 % розчином етанолу або метанолу у воді. Вибір етанолу і метанолу пов'язаний з тим, що їх виробництво є багатотоннажним. Водно-спиртове варіння целюлози починається за рН близького до нейтрального, а закінчується за рН = 2,8 – 3,8.

З літературних джерел відомо [1], що проведення органосольвентних варінь за рН < 7 сприяє одержанню целюлози з виходом на 3 – 5 % вищим

ніж за $\text{pH} > 7$. Тому проведення окисно-органосольвентного варіння січки пшеничної соломи в системі $\text{CH}_3\text{COOH} : \text{H}_2\text{O}_2 : \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ сприяє наближенню за показниками якості одержаних солом'яних волокнистих напівфабрикатів (ВНФ) до ВНФ одержаних за лужного рН, наприклад АSAЕ варіння рослинної сировини.

Варіння пшеничної соломи проводили варильним розчином, який готували змішуванням льодяної оцтової кислоти (CH_3COOH) з розчином пероксиду водню (H_2O_2) концентрацією 30 % у співвідношенні 70 : 30 об. %. Даним розчином проводили процес просочення соломи за тривалості 120 хв, температури 50 °С. Далі проводили відбір 40 % відпрацьованої пероцтової кислоти і додавали до розчину відповідну кількість етилового спирту ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$). Тривалість варіння варювалась від 60 до 180 хв, температура 90 ± 2 °С. В результаті процесу делігніфікації вдалося отримати целюлозу з виходом 51 – 65 % і вмістом залишкового лігніну 2,1 – 5,8 % від маси абс. сух. сировини.

В ході виконання роботи було визначено фізико-механічні характеристики солом'яної целюлози одержаної. Результати проведених досліджень наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Показники міцності одержаних окисно-органосольвентних солом'яних волокнистих напівфабрикатів

Тривалість варіння, хв	Тривалість просочення хв.	Розривна довжина, м	Опір роздиранню, мН	Опір продавлюванню, кПа
60	120	2480	222	60
90		7110	235	150
120		8690	261	170
150		6590	248	160
180		5440	237	140

Із наведених в табл. 1 даних видно, що зі збільшення тривалості варіння до 120 хв, фізико-механічні показники одержаних волокнистих напівфабрикатів зростають, що пояснюється кращими паперотворними

властивостями солом'яної целюлози за рахунок утворення додаткових водневих зв'язків між полісахаридами і високим вмістом в них геміцелюлоз, які сприяють покращенню механічної міцності. Слід зауважити, що подальше збільшення тривалості варіння призводить до зменшення фізико-механічних показників одержаних ВНФ, за рахунок деструкції вуглеводневої частини солом'яної целюлози.

Відомо [2, 3], що фізико-механічні показники органосольвентних целюлоз також залежать від рН органічних розчинів. Так, волокнисті напівфабрикати, одержані в кислому середовищі, як правило, нижчі, ніж одержані у лужному середовищі. Особливо це стосується опору роздиранню, на значення якого впливає вміст геміцелюлоз у ВНФ, структура одержаних ВНФ, властивості поверхні волокон. З експериментальних даних, видно, що солом'яна целюлоза одержана дослідженим способом делігніфікації за показником розривної довжини наближається до відповідних показників целюлози одержаних за лужного рН. Показник опору роздиранню у два рази менший, що погоджується з літературними даними.

Перелік посилань:

2. Ву Куок Бао Получение беленой целлюлозы из древесины осины в системе перуксусная кислота – изобутиловый спирт – вода: автореф. ... канд. техн. наук: / Ву Куок Бао «Санкт-Петербургская лесотехническая академия».- Санкт-Петербург, 1995. – 45с.
3. Fernandez E. O. Properties of cellulose pulps from acidic and basic processes / E. O. Fernandez, R. A. Young // Cellulose. – 1996. – № 3. – P. 21–44.
4. Барбаш В. А. Органосольвентные методы получения волокнистых полуфабрикатов из пшеничной соломы / В. А. Барбаш, И. В. Трембус, В. М. Шевченко // Энерготехнологии и ресурсозбережение. – 2009. – № 1. – С. 37-41.

М'ЯКІСТЬ, ЯК ОДИН З ОСНОВНИХ ПОКАЗНИКІВ ВИРОБІВ САНІТАРНО-ГІГІЄНИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

магістранти Анчук І.В., Грищенко Т.А., Подгорнов Є.А.,

к.т.н., доц. Трембус І.В.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

***Анотація.** Розглянуто вимоги до показників якості санітарно-гігієнічного паперу. Описано особливості визначення показника м'якості органолептичним методом оцінювання.*

***Ключові слова:** санітарно-гігієнічний папір, м'якість, органолептичні властивості, аналізатор м'якості тис'ю.*

***Abstract.** The requirements to the quality indicators of sanitary paper are considered. The peculiarities of determining the softness index by organoleptic evaluation method are described.*

***Keywords:** sanitary paper, softness, organoleptic properties, tissue softness analyzer.*

Виробництво паперу основи для санітарно-гігієнічної (СГ) продукції у відсотковому співвідношенні регулярно посідає провідне місце серед інших виробів асоціації "УкрПапір". Такі дані пояснюються високим попитом на даний вид продукції, що виробляється з паперу основи СГ призначення.

До паперу СГ призначення висуваються спеціальні вимоги, такі як підвищена м'якість, висока поглинаюча здатність, пухкість при відносно невисокій механічній міцності, низька маса 1м^2 .

М'якість СГ видів паперу, поряд з підвищеною вбирною здатністю, є одним з основних її споживчих властивостей. На жаль, її не можна визначити однозначно, і в загальному випадку поняття м'якості паперу об'єднує комплекс пружнопластичних і органолептичних властивостей. М'якість характеризують пружнодеформаційні показники, такі, як пружність,

пластичність, еластичність, гнучкість, а також пухкість і стан поверхні паперового листа, тобто її рельєф, шорсткість, коефіцієнт тертя. Певне співвідношення цих параметрів характеризує показник найвищої м'якості. М'якість паперу визначають як рухливість його структурних елементів (волокон), їх властивості. Чим вище рухливість волокон при інших рівних умовах, тим вище м'якість паперу і вище значення його пластичності. Паралельно СГ види паперу повинні характеризуватися певними значеннями пружності, тобто повертатися в початковий стан (недоформований) після зняття зовнішнього навантаження, зберігаючи свою пухкість.

Під час оцінювання властивостей волокнистих матеріалів органолептичними методами потрібна якомога точніша конкретизація у формулюванні всіх можливих тактильних відчуттів, особливостей зовнішнього вигляду, форми, кольору та інших показників, характерних для волокнистих матеріалів.

Для визначення м'якості застосовують метод, що дозволяє оцінити пружні властивості волокнистого матеріалу із застосуванням приладу "Аналізатор м'якості тис'ю" (TSA) (Tissue Softness Analyzer) який, зокрема, дає можливість оцінити характеристики матеріалів, а також одночасно враховує їх вплив на м'якість.

Принцип його дії базується на визначенні сили, яка передається досліджуваним зразком на сенсор реєстраційного елемента приладу під час згинання та для оцінювання споживчих властивостей матеріалів, а також їх динамічного розтягування, м'якості та інших дотичних параметрів. Принцип дії приладу ґрунтується на вимірюванні вібрації досліджуваного зразка і подальшої побудови частотного спектра шумів. Водночас змінні фактори, від яких залежать кількісні значення отриманих показників, поділяють на дві групи:

- показники, що визначають якість вихідного волокнистого матеріалу;
- показники, що визначаються технологічним процесом виготовлення матеріалу (для паперу санітарно-технічного

призначення – ступінь млива, режим пресування, процес відливання, сушіння та подальшого оброблення).

В залежності від загального випадку коли говорять про м'якість, то це означає тактильне відчуття при дотику до матеріалу, наприклад, тис'ю. Відчуття м'якості є комбінація трьох складових – істинна м'якість, гладкість/шорсткість, жорсткість.

Три параметри – істинна м'якість TS7, гладкість/шорсткість TS750, жорсткість D разом з товщиною і числом шарів комбінуються у формулі розрахунку показника м'якості по тому або іншому алгоритму розрахунку:

$$HF = f(TS7, TS750, D, \text{товщина шару, маса, число шарів})$$

При розрахунку показника м'якості зразків тис'ю доступний вибір різних алгоритмів, які використовують в залежності від характеристик або від застосування матеріалу зразка. При цьому рівняння в цих алгоритмах дозволяють вирахувати показник м'якості різними методами.

Можна зробити висновок, що органолептичний метод оцінювання показника м'якості є дуже суб'єктивним і багато в чому залежить від емоційної характеристики особистості експерта.

Аналізатор (TSA) дозволяє обрахувати показник м'якості за допомогою різних алгоритмів, які використовуються головним чином для оцінки якості під час вхідного та вихідного контролю, оптимізації процесу, розробки і стандартизації продукту, розгляду реклами.

Перелік посилань:

4. Л. Андрієвська, Т. Глушкова, С. Пилипенко / Оцінка якості паперової продукції санітарно-гігієнічного призначення // Товари і ринки. – 2012 – № 1. – с. 164-170.

5. Л.В. Андрієвська, Т.Г. Глушкова, Л.А. Коптюх, К.В. Мостика / Поліпшення властивостей паперу для виробів санітарно-гігієнічного призначення // вісник Черкаського державного технічного університету. – 2015 – № 2. – с. 141-146.

AMPHOTERIC POLYMER RESINS AS CHEMICAL ADDITIVES FOR THE PRODUCTION OF PAPER FROM RECYCLED FIBERS

Student O. Ivanova, E. Kolesnykova, senior lecturer A. Ostapenko

The National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute

It is known the paper production huge negative impact effects on the environment. There are many technologies that can mitigate the negative impacts on the environment and they also give a positive economical effect [1]. One of these processes is the recycling, which is not only the subsequent use of waste, but and a double decrease of the environment loading, known as an environmental impact reducing [1].

From the first view point, the natural resources conserves at side of the manufacturing process inputs, from the second view point, the number of hazardous components amount leaking to the environment is reduced in terms of productivity of the production process. Recycled paper production requires less energy, conserves the natural resources viz. wood and decreases the environmental pollution [2]. At the repeat use of the secondary fibres, it need deliberate the paper properties alter due to the fiber deterioration during the recycling, when many alteration are irreversible. The alteration depth depends on the cycle's number and way to the fibres use.

This decrease is an effect of many alterations, which can but need not arise in the secondary pulp during the recycling process. The recycling causes the hornification of the cell walls that result in the decline of some pulp properties. It is due to the irreversible alterations in the cells structure during the drying. The main problem is the decrease of the secondary pulp mechanical properties with the continuing recycling, mainly the paper strength. One of the effective ways to increase the strength of paper products from secondary fibres is the addition of chemical additives [3]. Environmentally friendly synthetic products, amphoteric

polymer resins, which are characterized by compatibility with the surface of the fibers due to the energy and the number of bonds formed [4], are functionally suitable for use in paper production. It is known that in highly polluted environments in the paper production of from recycled fibers, synthetic-based hardeners are effective, having a low molecular weight and including reactive fragments of the cationic type. Depending on the functional affiliation of the components, amphoteric polymer resins are introduced into the system to form new waterproof compositions by implementing the appropriate mechanism. Strength characteristics of paper with resins have been studied in a number of works [4,5].

To a large extent, the effectiveness of amphoteric polymer resins is determined by the content of azetidine groups that provide cellulose macromolecules with cationic charge, and substantially increase their reactivity with cellulose macromolecules. That is, the flocculating ability of these polymers, and their ability of chemical binding with cellulose fibers, depends on the content of azetidine groups. Despite a wide range of these reagents on the market, there is no a detailed comparison of their characteristics, and the content of azetidine groups in the studied resins is unknown. Therefore, in order to select the most effective reagents, we have conducted a study on the content of these functional groups in resins of various types using the methods of ^1H and ^{13}C NMR spectroscopy [4].

It is shown that the use of ^1H NMR spectra is useful only for qualitative assessment of amphoteric polymer resins azetidine groups and it is expedient to use ^{13}C NMR spectroscopy to studying the structural and functional features of resin macromolecules. Using ^{13}C NMR spectroscopy, the relative content of azetidine groups in amphoteric polymer resins various types was calculated and the mechanism of interaction of amphoteric polymer resins with cellulose macromolecules of auxiliary fibrous intermediates was studied. The regularities of the influence of amphoteric polymer resins azetidine groups on the physical and mechanical properties of paper and cardboard were determined, taking into account

various conditions for the formation of paper and cardboard. It is shown that, depending on the amphoteric polymer resins type, the content of these groups from theoretically possible varies within a wide range from 7% to 81% [5].

The confirmation for the formation of chemical bonds due to the transformation of azetidinic groups with the formation of covalent chemical bonds with macromolecules of cellulose resulted in the interaction of amphoteric polymer resins with methylolinium compounds [5].

Reference

1 Мовчанюк О.М. Підвищення якості паперу та картону з макулатури шляхом використання волокна з відходів асептичного пакування // Вісник Національного технічного університету України Київський політехнічний інститут. Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження.- 2012.- № 1.- с.91-93

2 Bouchard, J., Douek, M. The effects of recycling on the chemical properties of pulps // Journal of pulp and paper science.-1994.- Vol. 20(5),- pp. 131-136

3 The effect of chemical additives on the strength, stiffness and elongation potential of paper / Strand A., Khakalo A., Kouko J., [et al] // Nordic Pulp & Paper Research Journal. – 2017. – Vol 32. – No 3. – P. 325 – 335.

4 Obokata T. The mechanism of wet-strength development of cellulose sheets prepared with polyamideamine-epichlorohydrin (PAE) resin // Colloids and Surfaces A.- 2007.- Vol. 57.- p. 525-531.

5 A. Ostapenko, M. Gomelya, O. Movchaniuk, I. Trembus Reinforcing a testliner with supporting chemical materials // Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii.- 2019.-No. 6.- pp. 149-156.

СЕКЦІЯ 4

«ТЕОРЕТИЧНА МЕХАНІКА»

УДК 531/534

**ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІЇ ГАМІЛЬТОНА НА ПРИКЛАДІ РУХУ
МАТЕМАТИЧНОГО МАЯТНИКА.**

студент Іванов Д.В., к.т.н., доцент Штефан Н. І

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Знайдемо функцію Гамільтона та складемо канонічні рівняння руху математичного маятника.

Для цього за узагальнену координату приймемо кут відхилення маятника від вертикалі φ , тоді функцію Гамільтона запишемо у вигляді:

$$H = p_{\varphi} \dot{\varphi} - L, \quad (1)$$

де P_{φ} - узагальнений імпульс, що відповідає узагальненій координаті φ ;

L - функція Лагранжа.

Використовуючи відому функцію Лагранжа математичного маятника

$$L = \frac{1}{2} ml^2 \dot{\varphi}^2 - mgl(1 - \cos \varphi)$$

знайдемо, що

$$P_{\varphi} = \frac{\partial L}{\partial \dot{\varphi}} = ml^2 \dot{\varphi}. \quad (2)$$

Тоді :

$$H = p_{\varphi} \dot{\varphi} - \frac{1}{2} ml^2 \dot{\varphi}^2 + mgl(1 - \cos \varphi). \quad (3)$$

Оскільки у формулу (1), яка є лише означенням функції Гамільтона, одночасно входять і лагранжеві, і гамільтонові змінні, то в такому вигляді її використовують, як правило, при загальних теоретичних дослідженнях. При розв'язуванні задач функцію H виражають у гамільтонових змінних. Тому в формулі (3), на підставі співвідношення (2), слід перейти до змінних φ та p_φ .

З виразу (2) визначаємо узагальнену швидкість

$$\dot{\varphi} = \frac{1}{ml^2} p_\varphi$$

і підставляємо її в (3).

Роблячи відомі алгебраїчні операції та перетворення знайдемо вираз функції Гамільтона математичного маятника

$$H(\varphi, p_\varphi) = \frac{1}{2ml^2} p_\varphi^2 + mgl(1 - \cos\varphi). \quad (4)$$

Використовуючи співвідношення (4), складемо канонічні рівняння його руху, які матимуть гамільтонову форму :

$$\dot{\varphi} = \frac{\partial H}{\partial p_\varphi}, \quad \dot{p}_\varphi = -\frac{\partial H}{\partial \varphi}. \quad (5)$$

Знайдемо частинні похідні:

$$\frac{\partial H}{\partial p_\varphi} = \frac{p_\varphi}{ml^2}; \quad \frac{\partial H}{\partial \varphi} = mgl \sin \varphi. \quad (6)$$

Отже, отримуємо явний вигляд канонічних рівнянь руху математичного маятника після рідстановки (6) у праву частину (5):

$$\dot{\varphi} = \frac{P_{\varphi}}{ml^2}, \quad \dot{P}_{\varphi} = -mgl \sin \varphi. \quad (7)$$

Таким чином, визначаючи фізичний стан математичного маятника канонічними змінними φ і P_{φ} , замість одного диференціального рівняння другого порядку у формі Лагранжа відносно однієї змінної – узагальненої координати φ приходимо до системи двох рівнянь першого порядку (7) в гамільтоновій формі відносно двох канонічних змінних : φ і P_{φ} .

УДК 531/534

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ОСТРОГРАДСЬКОГО-ГАМІЛЬТОНА-ЯКОБІ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ РУХУ СФЕРИЧНОГО МАЯТНИКА

студентка Музика С.М., к.т.н., доцент Штефан Н.І.

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Дослідимо питання про рух сферичного маятника, застосовуючи при цьому метод Остроградського-Гамільтона-Якобі, тобто знайдемо його повний інтеграл та інтеграл руху.

Як впливає з теоретичних досліджень, твірну функцію для даного випадку (виключаємо з інтеграла енергії циклічну швидкість на підставі циклічного інтегралу) знаходимо у вигляді:

$$V^* = -ht + b_\psi \psi + V_0^*(\theta), \quad (1)$$

де $V_0^*(\theta)$ – повний інтеграл рівняння

$$H(\theta, b_\psi, \frac{\partial V_0^*}{\partial \theta}) = h, \quad (2)$$

тут b_ψ – стала інтегрування, яка відповідає циклічному інтегралу

$$P_\psi = b_\psi = \text{const.}$$

Запишемо відомий інтеграл енергії, потім розв'яжемо отримане рівняння відносно похідної і отримаємо:

$$\frac{\partial V_0^*}{\partial \theta} = l\sqrt{2m} \sqrt{h + mgl\cos\theta - \frac{b_\psi^2}{\sin^2 \theta}},$$

з якого інтегруванням знаходимо:

$$V_0^* = l\sqrt{2m} \int \sqrt{h + mgl\cos\theta - \frac{b_\psi^2}{\sin^2 \theta}} d\theta.$$

Тепер на основі співвідношення (1) отримуємо твірну функцію шуканого канонічного перетворення:

$$V^* = -ht + b_\psi\psi + l\sqrt{2m} \int \sqrt{h + mgl\cos\theta - \frac{b_\psi^2}{\sin^2 \theta}} d\theta.$$

Тоді теорема Остроградського-Гамільтона-Якобі в такому випадку виражається співвідношеннями:

$$\frac{\partial V^*}{\partial h} = -a_1; \quad \frac{\partial V^*}{\partial b_\psi} = -a_\psi; \quad \frac{\partial V^*}{\partial \psi} = P_\psi; \quad \frac{\partial V^*}{\partial \theta} = P_\theta,$$

де a_1, a_ψ – нові довільні сталі.

Отже, записуємо отримані інтеграли в квадратурах, які дають відповідь на питання про рух сферичного маятника:

$$t - a_1 = l \sqrt{\frac{m}{2}} \int \frac{d\theta}{\sqrt{h + mgl\cos\theta - \frac{b_\psi^2}{\sin^2 \theta}}};$$

$$\psi + a_\psi = \int \frac{b_\psi d\theta}{\sin^2 \theta \sqrt{h + mgl\cos\theta - \frac{b_\psi^2}{\sin^2 \theta}}};$$

$$P_{\theta} = \sqrt{2m} \sqrt{h + mgl \cos \theta - \frac{b_{\psi}^2}{\sin^2 \theta}}.$$

УДК 531/534

ДОСЛІДЖЕННЯ РУХУ МАТЕМАТИЧНОГО МАЯТНИКА ЗА МЕТОДОМ ОСТРОГРАДСЬКОГО-ГАМІЛЬТОНА-ЯКОБІ

студентка Заболотна Н. В., к.т.н., доцент Штефан Н. І.

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Дослідження задачі про рух математичного маятника за допомогою методу Остроградського-Гамільтона-Якобі зводиться до знаходження твірної функції канонічного перетворення як повного інтеграла рівняння Остроградського-Гамільтона-Якобі у формі:

$$\frac{\partial v^*}{\partial t} + H\left(t, g, \frac{\partial v^*}{\partial t}\right) = 0. \quad (1)$$

У даному питанні вивчається система з однією степінню вільності, якій відповідає узагальнена координата φ . Застосуємо метод відділення змінних. Так як в'язь стаціонарна й має місце інтеграл енергії, то задача зводиться до визначення твірної функції V^* у вигляді:

$$V^* = -ht + V^*(\varphi, h), \quad (2)$$

де $V_0^*(\varphi, h)$ – повний інтеграл рівняння

$$H\left(\varphi, \frac{\partial V_0^*}{\partial \varphi}\right) = h.$$

Використаємо відповідні канонічні рівняння руху у гамільтоновій формі та отримаємо твірну функцію канонічного перетворення у вигляді:

$$V^* = -ht + l\sqrt{2m} \int \sqrt{h - mgl(1 - \cos\varphi)} d\varphi. \quad (3)$$

Відповідно до теореми Остроградського-Гамільтона-Якобі диференціюємо повний інтеграл (3) і отримуємо розв'язок задачі:

$$\frac{\partial V^*}{\partial h} = -a_1;$$

$$-t + l\sqrt{\frac{m}{2}} \int \frac{d\varphi}{\sqrt{h - mgl(1 - \cos\varphi)}} = -a_1, \quad (4)$$

або в кінцевому вигляді:

$$t - a_1 = l\sqrt{\frac{m}{2}} \int \frac{d\varphi}{\sqrt{h - mgl(1 - \cos\varphi)}},$$

де a_1 – нова довільна стала.

Таким чином,

$$\frac{\partial V^*}{\partial \varphi} = p\varphi;$$

$$P_\varphi = l\sqrt{2m[h - mgl(1 - \cos\varphi)]}. \quad (5)$$

Співвідношення (4) та (5) дають у квадратурах розв'язок задачі про рух математичного маятника. Сталі a_1 та h визначаються з початкових умов.

Перелік посилань:

1. Кильчевський Н. А. Курс теоретической механики: В 2 т. – М.: Наука, 1972 – 1977. – Т. 2. – 543 с.
2. Кошляков В. Н. Краткий курс теоретической механики. Кинематика. Кинетика: Учеб. – К.: Вища шк., 1933. – 312 с.
3. Павловский М. А. Теоретична механіка: Підруч. – К.: Техніка, 2002. – 512 с.
4. Лойцянский Л. Г., Лурье А. И. Курс теоретической механики: В 2 т. – М.: Наука, 1982 – 1983. – Т. 1. – 352 с.; Т. 2. – 630 с.

КОЕФІЦІЄНТ ВИКОРИСТАННЯ КІНЕТИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ПРИ УДАРІ ДЛЯ ВИПАДКУ ЗАБИВКИ ПАЛЬ

студент Фурман А.В., к.т.н., доцент Штефан Н.І.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Розглянемо питання про коефіцієнт використання кінетичної енергії для розповсюдженого практичного випадку, а саме, для випадку забивки паль. Відомо, що в цьому випадку корисної вважають енергію палі після удару

$$T_2 = m_2 u_2^2 / 2.$$

При цьому вихідна енергія молота

$$T_0 = m_1 v_1^2 / 2.$$

ККД процесу забивання палі

$$\eta_1 = T_2 / T_0.$$

За умови, що швидкість палі до удару дорівнювала нулеві ($v_2 = 0$), з відомих співвідношень, які визначають швидкості тіл після прямого центрального удару, визначимо швидкість палі після удару:

$$u_2 = \frac{m_1(1+K)v_1}{m_1 + m_2}.$$

Тоді для ККД маємо

$$\eta_1 = \frac{m_1 m_2}{(m_1 + m_2)^2} (1+K)^2. \quad (1)$$

Позначимо :

$$m_1 / m_2 = x ,$$

тоді з (1) знаходимо, що ККД

$$\eta_1 = \frac{x}{(1+x)^2} (1+K)^2 . \quad (2)$$

Якщо прийняти $K = const$, то $\eta_1 = \eta_1(x)$. Згідно (2), $\eta_1 = 0$ при $x = 0$; а також

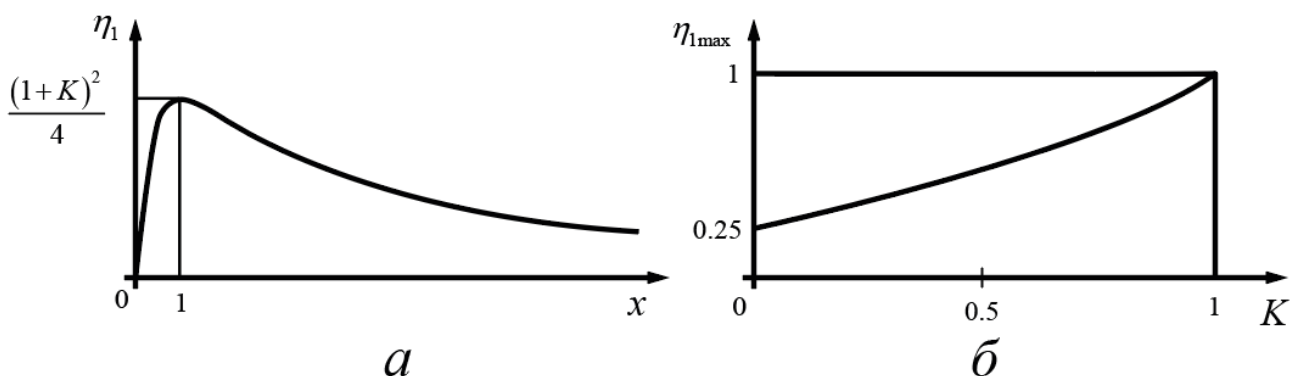
$$\eta_1 \rightarrow 0 \text{ при } x \rightarrow \infty .$$

Тому робимо висновок про існування максимуму. Визначимо його за відомими математичними підходами, а саме візьмемо похідну від функції за відповідним параметром:

$$\frac{d\eta_1}{dx} = (1+K)^2 \frac{1+x^2 - 2x}{1+x^4} = 0 .$$

Аналізуючи отриману математичну залежність, приходимо до висновку, що максимум досягається при $x = 1$.

Залежність $\eta_1 = \eta_1(x)$ представлена на рисунках, які розташовані нижче.



Якщо $x=1$, то отримуємо

$$\eta_{1max} = \frac{1+K^2}{4} .$$

Перелік посилань:

1. Кильчевський Н. А. Курс теоретической механики: В 2 т. – М.: Наука, 1972 – 1977. – Т. 2. – 543 с.
2. Павловский М. А. Теоретична механіка: Підруч. – К.: Техніка, 2002. – 512с.
3. Кошляков В. Н. Краткий курс теоретической механики. Кинематика. Кинетика: Учеб. – К.: Вища шк., 1933. – 312 с.
4. Лойцянский Л. Г., Лурье А. И. Курс теоретической механики: В 2 т. – М.: Наука, 1982 – 1983. – Т. 1. – 352 с.; Т. 2. – 630 с.

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ 1

«ПРОЦЕСИ ТА АПАРАТИ ХІМІЧНИХ І НАФТОПЕРЕРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ»

CONDITIONS OF REALIZATION THE QUALITATIVE NON- UNIFORM FLUIDIZATION WITH INCREASED BED HEIGHT

Kornienko Y.M., Haidai S.S., Stebletskii I.M. 6

CONDITIONS OF REALIZATION THE HIGH-QUALITY NON- UNIFORM JET-PULSATING FLUIDIZATION IN AN AUTO- OSCILLATING MODE

Kornienko Y.M., Haidai S.S. 12

THE MODERNIZATION OF THE ADSORBER FOR THE TEXTILE WASTEWATERS TREATMENT PLANT

Kuznetsova A., Hulienko S.V., Novokhat O.A. 18

THE CORRECTING OF THE RELATIONSHIP FOR THE DETERMINATIONS OF THE MASS TRANSFER COEFFICIENTS DURING THE SPIRAL WOUND MEMBRANE MODULES REGENERATION

Tereschenko I.Y., Metlina M.S., Hulienko S.V., Novokhat O.A. 21

PHYSICAL AND MATHEMATICAL MODEL OF ISOTHERMIC MASS CRYSTALLIZATION OF HETEROGENEOUS LIQUID SYSTEMS

Hotskiy Y. G., Stepaniuk A. R. 24

THE PROCESS OF ISOTHERMAL CRYSTALLIZATION TO CREATE GRANULATED ORGANIC-MINERAL FERTILIZERS

Iatsiuk I., Stepaniuk A. 28

THE INVESTIGATION OF THE FLOW IN MEMBRANE CHANNEL WITH WOVEN SPACER BY THE CFD METHOD

Shakhunov M.O., Hulienko S.V., Novokhat O.A., Dvoinos Y. H. 34

THE VISCOMETER FOR NEWTONIAN LIQUIDS

Koval V., Andreiev I. 37

THE VIBRATION VISCOMETER FOR FIBER-REINFORCED CONCRETE MIXTURES

Kramar A., Andreiev I. 40

ВОЛОГООБМІН ПІД ЧАС ЗНЕВОДНЕННЯ КОРЕНЕПЛОДІВ БАТАТУ

Шапар Р.О., Гусарова О.В. 43

АДСОРБЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ЯБЛУК ПРИ ЗНЕВОДНЕННІ ДО НИЗЬКОЇ ЗАЛИШКОВОЇ ВОЛОГОСТІ

Шапар Р.О., Гусарова О.В. 47

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА КОРМІВ НА ОСНОВІ ЕКСТРУДЕРА

Радченко Н.Л. 50

ОПИС СТЕНДУ І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ БІНАРНИХ ВОДНИХ СИСТЕМ

Коник А.В., Демченко В.В. 52

НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ СПОСОБІВ ОЧИЩЕННЯ СИСТЕМ ВОДЯНОГО ОПАЛЕННЯ ВІД ВІДКЛАДЕНЬ НА ВНУТРІШНІЙ ПОВЕРХНІ

Щепкін В.І., Гартвіг А.П., Іваницький Г.К. 54

ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВОДНО-ПАЛИВНИХ ЕМУЛЬСІЙ

Щепкін В.І., Целень Б.Я., Гартвіг А.П., Іваницький Г.К. 56

ДОСЛІДЖЕННЯ ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН З ФАЗОВИМ ПЕРЕХОДОМ З МЕТОЮ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ В АКУМУЛЯТОРАХ ТЕПЛОТИ

Демченко В.Г., Целень Б.Я., Коник А.В. 58

ШЛЯХИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ВІДЦЕНТРОВИХ НАСОСІВ ДЛЯ ПЕРЕКАЧУВАННЯ МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ І МИЮЧИХ РЕЧОВИН

Щепкін В.І., Гартвіг А.П., Целень Б.Я. 61

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THE CRITERIA OF HYDRODYNAMIC SIMILARITY ON THE LENGTH OF THE REGENERATOR AND COSTS ON OVERCOMING HYDRAULIC RESISTANCE.	
Yevziutin P. Y Dvoinos Y. G.,	63
VALIDATION OF THE SIMULATION MODEL OF HEAT EXCHANGE IN A PLATE HEAT EXCHANGER	
Italiantssev O., Dvoinos Y.	68
THE IMPORTANCE OF THE SOLUTION PHYSICAL PROPERTIES FOR THE EQUIPMENT PROJECTING FOR SUGAR PRODUCTIONS	
Havrylenko V.V., Hulienko S.V., Zubriy O. G.	71
THE PROCESS OF SEPARATION OF DUST-CONTAINING POLYDISPERSE TWO-PHASE SYSTEMS IN A CYCLON UNDER PHASE TRANSITION CONDITIONS	
Kichak R. V., Stepanyuk A. R.	74
PROCESS OF COOLING POLYETHYLENE PIPES	
Podiman G., Rudnytskyi Y., Dvoinos Y.	78
ІННОВАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА ПРЕСОВАНОГО БІОПАЛИВА	82
Корінчук Д. М., Бунецький В.О.	
MELTING PROCESS IN A DISK EXTRUDER	
Novodvorskiy V.V., Shved M.P., Shved D.M	87

СЕКЦІЯ 2

«ОБЛАДНАННЯ ЛІСОВОГО КОМПЛЕКСУ»

WAYS OF MODERNIZATION OF THE GAUCH-PRESS CARDBOARD MACHINE	
Galaykovskiy A.O., Novokhat O.A., Zubrii O.H.	91
INTENSIFICATION OF THE DRYING PROCESS OF CARDBOARD CLOTH	
Zaporozhets O.V., Zubrii O.H., Novokhat O. A.	94
PHYSICAL MODEL OF THE PROCESS OF DRYING PERLITE	

BY THE RADIATION METHOD

Hritsiuk H.I., Zubrii O.H., Novokhat O. A. 97

KINETICS OF CARDBOARD CONTACT DRYING

Telestakova V., Marchevsky V, Grobovenko Y. 101

INVESTIGATION OF HYDRAULIC RESISTANCE OF GAS DISTRIBUTION GRID

Voitiuk V., Marchevsky V/, Grobovenko Y. 106

MODERNIZATION OF ROLLING PAPER MACHINE

Kovalenko S.P., Marchevsky V.M. 109

BIOPLASTIC QUALITY TEST METHODS

Byshko M. , Seminskyi O. 112

SIPHON SYSTEMS FOR COOLING AND DRYING CYLINDERS OF PAPER AND BOARD MACHINES

Koshurnikov M., Seminskyi O., 120

MODERNIZATION OF THE BELT OF THE SHOE PRESS OF THE CARDBOARD MACHINE

Nikolaiev V. O., Marchevskyi V. M. 124

СЕКЦІЯ 3

«ЕКОЛОГІЯ ТА ТЕХНОЛОГІЯ РОСЛИННИХ ПОЛІМЕРІВ»

EFFICIENT UTILIZATION OF SPENT BIOSORBENTS

Halysh V., Trus I., Gomelya M. 130

AGRICULTURAL RESIDUES DELIGNIFICATION

Kovalenko A., Halysh V., Skiba M. 133

UTILIZATION OF SOLID WASTES OF PAPER PRODUCTS IN THE COMPOSITION OF POLYMER MATERIALS

Hanzhuk A., Halysh V., Starokadomsky D. 136

AGRICULTURAL RESIDUES DELIGNIFICATION

Sokolovska N. Halysh V., Trembus I. 139

USE OF MODIFIED WHEAT STARCH ADHESIVES

FOR THE IMPROVEMENT OF QUALITY PAPERWAY

Lastovyak Yu., Nazarenko D., Ploskonos V.G 142

ОДЕРЖАННЯ ЦЕЛЮЛОЗИ ДЛЯ ХІМІЧНОГО ПЕРЕРОБЛЕННЯ ІЗ СТЕБЕЛ ОЧЕРЕТУ

Гондовська А. С., Яценко О. В. Барбаш В. А 146

ЗМЕНШЕННЯ ВТРАТ ВОЛОКНА В ПРОЦЕСІ РОЗПУСКУ МАКУЛАТУРИ

Третьак С.В., Мякінін Е.Ю., Харитончук М.А., Трембус І.В. 150

ОТРИМАННЯ СОЛОМ'ЯНОЇ ЦЕЛЮЛОЗИ В СИСТЕМІ «ОЦТОВА КИСЛОТА - ПЕРОКСИД ВОДНЮ - ЕТИЛОВИЙ СПИРТ»

Семененко Н.В., Свінціцький О. Трембус І.В. 153

МОДЕРНІЗАЦІЯ ПРЕСОВОЇ ЧАСТИНИ ПРМ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ОФСЕТНОГО ПАПЕРУ

Кошленко О.В., Ошита В.Р., Тіщенко Д.В., Трембус І.В. 156

ОДЕРЖАННЯ НАНОЦЕЛЮЛОЗИ ІЗ ПШЕНИЧНОЇ СОЛОМИ

Бойко В. В. , Яценко О. В., Барбаш В. А 159

ВПЛИВ УМОВ ПРОСОЧЕННЯ ВІДХОДІВ УПАКОВКИ ПЮР-ПАК НА ШВИДКІСТЬ ВОДОПОГЛИНАННЯ

Зуйков І.А, Мовчанюк О.М. 162

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ФЛОТАЦІЇ МАКУЛАТУРНОЇ МАСИ

Андріянець Р.М, Мовчанюк О.М. 166

ЕЛЕКТРОПРОВІДНІСТЬ КАТІОНООБМІННИХ ЦЕЛЮЛОЗНИХ МЕМБРАН ДЛЯ ЕЛЕКТРОДІАЛІЗУ

Кекух М.В., Мовчанюк О. М 169

ПОКАЗНИКИ МІЦНОСТІ ОКИСНО-ОРГАНΟΣОЛЬВЕНТНОЇ СОЛОМ'ЯНОЇ ЦЕЛЮЛОЗИ

Шайдуров О.С., Трембус І.В. 173

М'ЯКІСТЬ, ЯК ОДИН З ОСНОВНИХ ПОКАЗНИКІВ ВИРОБІВ САНІТАРНО-ГІГІЄНИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Анчук І.В., Грищенко Т.А., Подгорнов Є.А., Трембус І.В. 176

**AMPHOTERIC POLYMER RESINS AS CHEMICAL ADDITIVES
FOR THE PRODUCTION OF PAPER FROM RECYCLED
FIBERS**

Ivanova O., Kolesnykova E., Ostapenko A.

179

СЕКЦІЯ 4

«ТЕОРЕТИЧНА МЕХАНІКА»

**ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІЇ ГАМІЛЬТОНА НА ПРИКЛАДІ
РУХУ МАТЕМАТИЧНОГО МАЯТНИКА.**

Іванов Д.В., Штефан Н. І

183

**ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ОСТРОГРАДСЬКОГО-
ГАМІЛЬТОНА-ЯКОБІ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ РУХУ
СФЕРИЧНОГО МАЯТНИКА**

Музика С.М., Штефан Н.І.

186

**ДОСЛІДЖЕННЯ РУХУ МАТЕМАТИЧНОГО МАЯТНИКА ЗА
МЕТОДОМ ОСТРОГРАДСЬКОГО-ГАМІЛЬТОНА-ЯКОБІ**

Заболотна Н. В., Штефан Н. І.

189

**КОЕФІЦІЄНТ ВИКОРИСТАННЯ КІНЕТИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ПРИ
УДАРІ ДЛЯ ВИПАДКУ ЗАБИВКИ ПАЛЬ**

Фурман А.В., Штефан Н.І.

192

Рішення

XVIII міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених. «Ресурсоенергозберігаючі технології і обладнання»

На заключному пленарному засіданні конференції було прийнято наступне рішення:

1. Роботу Ради молодих вчених Інституту технічної теплофізики ІТТФ НАН України, Організаційного комітету Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», та Програмний комітет з підготовки та проведення заходів у рамках міжнародної науково-практичної конференції «РЕСУРСОЕНЕРГО-ЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ» схвалити.

2. За результатами обговорення представлених на конференції доповідей визнати перспективність виконаних досліджень та схвалити доцільність подальшого розвитку та поглиблення наукових розробок у відповідних наукових напрямках, що визначені в проблематиці конференції.

3. З метою створення науково-методологічних основ вивчення основних ресурсоенергозберігаючих заходів, обладнання теплотехнологій та хімічних технологій в Україні рекомендується залучити матеріали конференції до дисциплін «Основні процеси та обладнання ресурсоенергозберігаючих технологій» та «Сучасне обладнання хімічних технологій» з розробкою відповідного методичного забезпечення.

4. Підвищити рівень залучення студентів, аспірантів до наукових досліджень України в галузі ресурсо- та енергозбереження.

5. Видати збірник праць конференції.

6. Рекомендувати публікацію пленарних доповідей в журналах «Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження», «Хімічна промисловість України» та «Промислова теплотехніка». Просити голів секцій конференції визначити доповіді від секцій для опублікування в «Українському антарктичному журналі». Учасникам конференції представити рекомендовані доповіді у вигляді публікацій згідно правил публікацій відповідних журналів.

7. Визначити за доцільне поширення інформації про конференцію в засобах масової інформації та залучення до наступних конференцій широкого кола вітчизняних і іноземних науковців.

8. Організатори конференції висловлюють вдячність всім учасникам конференції.

Завідувач кафедри машин та апаратів
хімічних і нафтопереробних виробних
виробництва



Я.М.Корнієнко