

Код МРНТИ 86.40.00

М.К. Есенов¹, *Л. И. Раматуллаева¹, А.А. Волненко¹, Г.К. Ивахнюк²¹AUEZOV UNIVERSITY (Шымкент қ., Қазақстан),²САНКТ-ПЕТЕРБУРГ МЕМЛЕКЕТТІК ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ИНСТИТУТЫ,

(Санкт-Петербург қ., Ресей)

БАРАБАНДЫҚ АППАРАТТАРДЫҢ ЖҰМЫС ПАРАМЕТРЛЕРІНІҢ АТМОСФЕРАҒА ШАҢ МЕН ЛАСТАУШЫ ЗАТТАРДЫҢ ШЫҒАРЫЛУЫНА ӘСЕРІН ТАЛДАУ

Аннотация. Бұл мақалада саптаманың екі түрінде де барабанды материалмен толтыру коэффициенті құрылғыдағы салқындатқыш жылдамдығының жоғарылауымен төмендейтіні анықталды. Тәуелділік диаграммалары жылдамдықтың жоғарылауымен кептіру материалының тығыздығына қарамастан толтыру коэффициенті төмендейтінін көрсетеді. Материалды жүктеуге қарай көлбеу барабанды орнатқан жағдайда, барабанның айналу жиілігі N жоғарылаған кезде толтыру коэффициенті жоғарылайтыны көрсетілген. Дәл осындай жағдайларда, бірақ барабанды төменге еңкейткенде, кері байланыс байқалады. Зерттеулерде материалдар мен әдістер қарастырылып, кептіру процесінің математикалық моделі жасалды. Эксперименттік нәтижелер бойынша, барабанды материалмен толтыру коэффициенті және материал бөлшектерінің болу уақыты барабанның көлбеу бұрышына, айналу жылдамдығына, салқындатқыштың жылдамдығына және саптама тиімділігіне байланысты анықталды.

Түйінді сөздер: толтыру коэффициенті, кептіру, жылу және масса алмасу, барабанды кептіру машиналары, салқындатқыштың жылдамдығы мен коэффициенті.

Analysis of the impact of drum apparatus operating parameters on dust and pollutant emissions into the atmosphere

Abstract. In this paper, it was found that in both types of nozzles, the material fill factor of the drum decreases with increasing cooling rate in the device. The dependence diagrams show that as speed increases, the fill factor decreases, regardless of the density of the drying material. It is shown that in the case of installing an inclined drum, as the material is loaded, the filling coefficient increases when the drum rotation speed N increases. Under the same conditions, but when the drum is tilted towards the descent, feedback is observed. In the research, materials and methods were considered, and a mathematical model of the drying process was created. According to the experimental results, the drum filling coefficient with material and the residence time of material particles depend on the drum's inclination angle, rotation speed, coolant speed, and nozzle efficiency.

Key words: fill factor, drying, heat and mass transfer, drum dryers, speed and cooling coefficient.

Анализ влияния параметров работы барабанных аппаратов на выбросы пыли и загрязняющих веществ в атмосферу

Аннотация. В этой статье было обнаружено, что в обоих типах насадки коэффициент заполнения барабана материалом уменьшается с увеличением скорости охлаждения в устройстве. Диаграммы зависимости показывают, что с увеличением скорости коэффициент заполнения уменьшается независимо от плотности сушильного материала. Показано, что в случае установки наклонного барабана по мере загрузки материала коэффициент заполнения увеличивается, когда частота вращения барабана N увеличивается. В тех же условиях, но при наклоне барабана к спуску, наблюдается обратная связь. В исследованиях рассмотрены материалы и методы, создана математическая модель процесса сушки. По экспериментальным результатам было определено, что коэффициент заполнения барабана материалом и время нахождения частиц материала зависят от угла наклона барабана, скорости его вращения, скорости теплоносителя и эффективности насадки.

Ключевые слова: коэффициент заполнения, сушка, тепло- и массообмен, барабанные сушильные машины, скорость и коэффициент охлаждения.

Кіріспе

Өздеріңіз білетіндей, материал бөлшектерінің барабанда болу уақыты барабандағы бір реттік материалдың мөлшеріне, яғни толтыру коэффициентіне байланысты. Осыған байланысты, біз сондай-ақ барабан агрегатының режимдік параметрлеріне w коэффициентінің функционалдық тәуелділігін анықтау бойынша зерттеулер жүргіздік.

Жоғарыда айтылғандай, материалдарды кептіру процесі энергияны көп қажет етеді және оның тиімділігіне көптеген факторлар әсер етеді, технологиялық параметрлерді оңтайландыру үшін барабан қондырғысының энергия тұтынуына тәуелділікті жан-жақты зерттеу бойынша эксперименттік зерттеулер жүргізу үлкен қаржылық және уақытты қажет етеді.

Сондықтан [1-2] қолда бар әдеби мәліметтер мен барабанды кептіргіштердегі жылу және масса алмасу процестерін эксперименттік зерттеу нәтижелері негізінде процесті математикалық сипаттау, оларды кейіннен эксперименттік тексеру орынды. Бұл үлкен энергия шығынын қажет етпейтін сандық зерттеулер негізінде [3-6] сенімді нәтижелерге қол жеткізуге және кептіргіштің энергия тұтынуының әсер етуші факторлармен байланысын анықтауға, сондай-ақ [7-12] кептіру қондырғысының жобалау және оңтайландыру есептеулерін жасауға мүмкіндік береді.

Өзін-өзі шайқайтын саптама (ӨШС) бар кептіргіш барабан қондырғысында кептіру процесін талдау үшін біз [4, 12] қатты және газ фазаларындағы жылу мен ылғалдың тепетендік теңдеулерін қолданамыз.

Материалдар мен әдістер

Кептіру процесінің математикалық моделін жасау кезінде біз келесі болжамдарды қабылдаймыз [3, 12]:

1. Газ фазасы идеалды ығыстыру жағдайында, ал материал идеалды араластыру жағдайында;

2. Материалдың құрғақ бөлігінің жылу сыйымдылығы, кептіру процесінде ылғал өзгермейді және температураға тәуелді емес;

3. Қабаттың көлденең қимасындағы материалдың температурасы мен ылғалдылығы бірдей, бірақ аппараттың ұзындығы бойынша әр түрлі;

4. Барабанның көлденең қимасындағы салқындатқыштың температурасы мен ылғалдылығы бірдей, бірақ ұзындығы бойынша әр түрлі;

5. Біз жылуды барабаннан материалға беруді елемейміз, өйткені идеалды араластыру кезінде бөлшектер барабан қабығының бетімен өте қысқа уақыт байланыста болады;

6. Барабанның температурасы кептіргіштен шығатын газдың температурасына тең;

7. Сәулелену арқылы ауадан материалға жылу беру на- зардан тыс қалады;

8. Кептіргіштегі барлық материал жылу және масса алмасу процестеріне қатысады.

Нәтижелер

Эксперименттер белгілі әдістеме бойынша жүргізілді [2-12]. Қондырғы стационарлық жұмыс режиміне шыққаннан кейін ол тоқтады және одан барабандағы Барлық материалдар түсірілді, өлшенді және келесі тәуелділік бойынша аппаратты толтыру коэффициенті есептелді:

$$\psi = \frac{100G_{\text{ост}}}{V_b \rho_n}, \quad (1)$$

$G_{\text{ост}}$ – барабандағы материалдың массасы, кг;

V_b – барабан көлемі, м³;

ρ_n – материалдың жаппай тығыздығы, кг/м³.

Зерттеу деректері саптаматердің екі түрін қолдана отырып жүргізілді: қозғалмайтын Г – тәрізді саптама және өзін-өзі шайқайтын саптама [3].

Саптаманың екі түрінде де барабанды материалмен толтыру коэффициенті төмендейтіні анықталды (1-сурет) құрылғыдағы салқындатқыштың жылдамдығы артқан кезде. Бұл табиғи, өйткені сонымен бірге құлаған бөлшектерге әсер ететін газдың қысым күші артады және олар оның әсерінен қозғалыс барысында үлкен қашықтыққа ауысады. Сонымен қатар, ӨШС-мен бірге аппаратта төмен мәндерге ие. Сонымен қатар, $w = 1$ м/с жылдамдықта 8% құрайды, ал $w = 4$ м/с кезінде айырмашылық шамамен 50% құрайды. Бұл материалдың біркелкі таралуына байланысты, нәтижесінде бөлшектердің көп бөлігі кептіру агентінің қысым күшіне ұшырайды. Осылайша, әзірленген саптама

экологиялық тұрғыдан жетілдірілген, өйткені шаңсорғыш аз түзіледі.

1-3 суреттерді талдау жылдамдықтың жоғарылауымен кептіру материалының тығыздығына қарамастан толтыру коэффициенті төмендейтінін көрсетті. Алайда тығыздығы жоғары Материалды өңдеу кезінде теріс көлбеу барабанда бір уақытта көп материал болады.

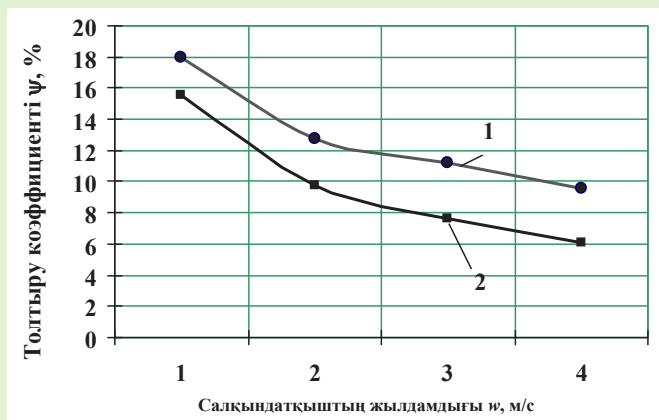
4-суреттен барабанның көлбеу бұрышының шамасы коэффициентке айтарлықтай әсер ететіндігін көруге болады. Сонымен, $b = -10$ шкаласы кезінде қозғалмайтын Г-тәрізді саптамасы бар аппарат үшін толтыру коэффициенті 12,2%, ал құрамдас ӨШС фракциясы = 9,4% құрайды. Барабанды плюс екі градусқа орнатқанда, бірінші жағдайда 1,1% және екінші жағдайда 0,6% мәнін құрайды.

Бұл функция анықталды $\psi = f(n)$ оң және теріс көлбеу бұрышында қарама-қарсы тенденцияға ие (5 және 6-суреттер).

Материалды тиеу жағына қарай еңісі бар барабанды орнатқан жағдайда (5-сурет) N барабанның айналу жиілігі артқан кезде толтыру коэффициенті жоғарылайтынын көруге болады. Дәл осындай жағдайларда, бірақ барабанды түсіру жағына қарай еңкейту кезінде (6-сурет) кері байланыс байқалады. Сонымен қатар, толтыру коэффициентінің мәндері де ерекшеленеді. Сонымен, теріс коэффициенті оң көлбеу бұрышына қарағанда жоғары мәндерге ие.

Инженерлік есептеулер үшін жеткілікті дәлдікпен ӨШС бар аппаратта кептірілетін материалдың орташа болу уақытын белгілі теңдеу бойынша есептеуге болатындығы анықталды:

$$\tau = (1 - \kappa_3) \frac{G_a}{G}, \quad (2)$$

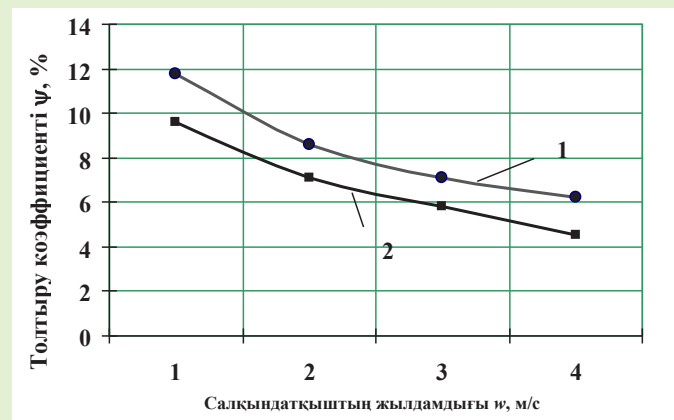


Қисықтарды белгілеу: 1 – Г – тәрізді саптама; 2 – ӨШС. $\alpha = -1^\circ$; $n = 6,96$ об/мин; $\rho_n = 1160$ кг/м³ болғанда.

Сурет 1. Барабанды материалмен толтыру коэффициентінің барабандағы салқындатқыштың жылдамдығына тәуелділігі.

Figure 1. Dependence of the drum filling coefficient with material on the coolant speed in the drum.

Рис. 1. Зависимость коэффициента наполнения барабана материалом от скорости теплоносителя в барабане.

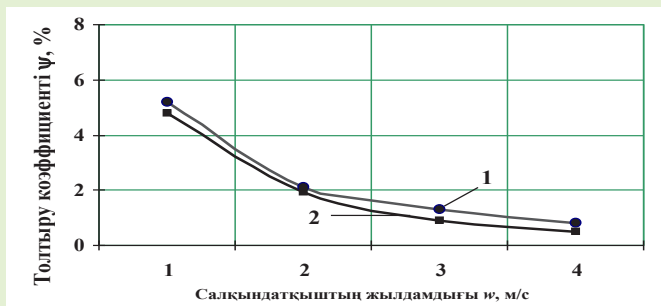


Қисықтарды белгілеу: 1 – Г – тәрізді саптама; 2 – ӨШС. $\alpha = -1^\circ$; $n = 6,96$ об/мин; $\rho_n = 560$ кг/м³ болғанда.

Сурет 2. Барабанды материалмен толтыру коэффициентінің барабандағы салқындатқыштың жылдамдығына тәуелділігі.

Figure 2. Dependence of the drum filling coefficient with material on the coolant speed in the drum.

Рис. 2. Зависимость коэффициента наполнения барабана материалом от скорости теплоносителя в барабане.

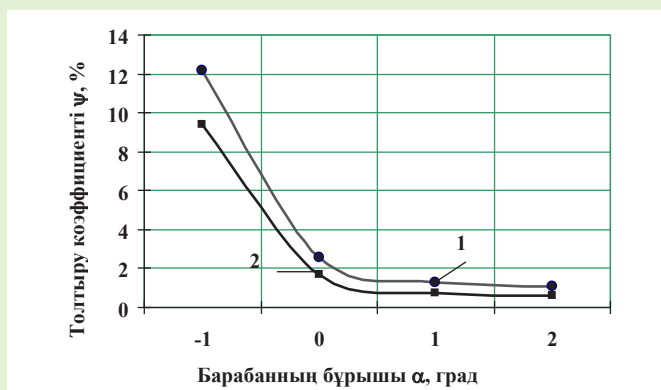


Қисықтарды белгілеу: 1 – Γ – тәрізді саптама; 2 – Θ ШС.
 $\alpha = 1^\circ$; $n = 4,16$ об/мин; $\rho_m = 560$ кг/м³ болғанда.

Сурет 3. Барабанды материалмен толтыру коэффициентінің барабандағы салқындатқыштың жылдамдығына тәуелділігі.

Figure 3. Dependence of the drum filling coefficient with material on the rate of coolant removal in the drum.

Рис. 3. Зависимость коэффициента наполнения барабана материалом от скорости хладоудаления в барабане.



Қисықтарды белгілеу: 1 – Γ – тәрізді саптама; 2 – Θ ШС.
 $n = 4,16$ об/мин; $\rho_m = 560$ кг/м³ болғанда.

Сурет 4. Барабанды материалмен толтыру коэффициентінің барабанның көлбеу бұрышына тәуелділігі.

Figure 4. Dependence of the fill factor of the drum with material on the angle of inclination of the drum.

Рис. 4. Зависимость коэффициента заполнения барабана материалом от угла наклона барабана.

G_a – барабанда бір мезгілде болатын материалдың салмағы, кг;

G – құрылғының өнімділігі, кг/с;

K_f – толтыру коэффициенті.

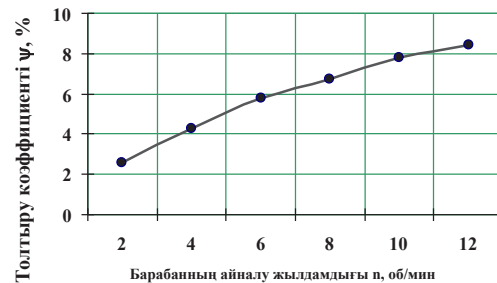
Материалдың салмағы G_a формула бойынша есептеледі [12]:

$$G_a = \frac{\pi D_\delta^2}{4} L_\delta \psi \rho, \quad (3)$$

D_δ – барабанның диаметрі, м;

L_δ – барабанның ұзындығы, м;

ρ_a – материалдың жапшай тығыздығы, кг/м³.

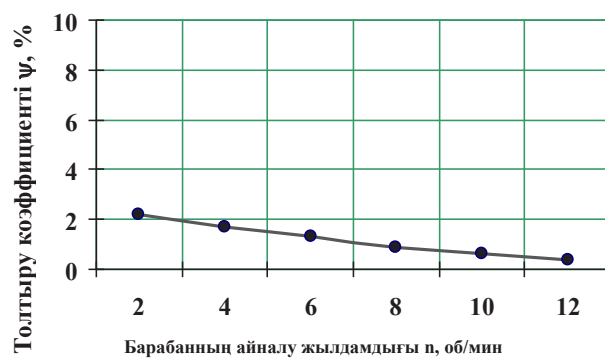


$\alpha = -1^\circ$; $n = 4,16$ об/мин; $\rho_m = 560$ кг/м³ болғанда.

Сурет 5. Барабанды материалмен толтыру коэффициентінің барабанның айналу жылдамдығына тәуелділігі.

Figure 5. Dependence of the drum filling coefficient with material on the drum rotation speed.

Рис. 5. Зависимость коэффициента наполнения барабана материалом от скорости вращения барабана.



$\alpha = 1^\circ$; $n = 4,16$ об/мин; $\rho_m = 560$ кг/м³ болғанда.

Сурет 6. Барабанды материалмен толтыру коэффициентінің барабанның айналу жылдамдығына тәуелділігі.

Figure 6. Dependence of the drum filling coefficient with material on the drum rotation speed.

Рис. 6. Зависимость коэффициента наполнения барабана материалом от скорости вращения барабана.

Алынған деректерді талдау және жалпылау нәтижесінде барабанды материалмен толтыру коэффициенті және аппараттағы бөлшектердің болу уақыты барабанның көлбеу бұрышына, оның айналу жылдамдығына, барабандағы салқындатқыштың жылдамдығына және саптаманың тиімділік коэффициентіне байланысты екендігі анықталды.

Қорытынды

Қайнаған қабаттағы ылғалдың алдын-ала әсер етуі және барабанның қимасы бойынша кептірілген материалды біркелкі бөлу арқылы «өлі» аймақтарды жою арқылы жылу алмасу процесінің тиімділігін арттыру, өйткені

құлаған бөлшектерді ыстық газдармен үрлеу кезінде материалға жылудың 70%-дан астамы беріледі. Сусызданған кезде ұсақ бөлшектерді бөлуді қолдану олардың қызып кетуіне және барабанның бүкіл ұзындығы бойынша қажетсіз тасымалдауға энергия шығындарының алдын алады. Айналымды қабаты бар аймақта кептіру агентінің жыл-

дамдығы артқан кезде қайнаған қабат аймағындағы материалдың мөлшері азаятыны дәлелденді, содан кейін берілген ылғал мөлшерін кетіру үшін қайнаған қабат аймағына аз мөлшерде газ беру керек. *W* ұлғаюымен материалдың қайнаған қабат аймағында болу уақыты да төмендейтіні анықталды.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Yessenov M.K. Тау-кен және өңдеу өндірісінің шаң-тозаң деңгейін төмендету үшін технологиялық жабдықтарды экологиялық жаңғырту аспектілері. / Yessenov M.K., Ramatullaeva L.I., Kolesnikov A.S., Ivakhniyuk G.K. // Тау-кен ақпараттық-аналитикалық бюллетень. 2023. №10. Б. 136-148 (ағылшын тілінде)
2. Johnson D. Барабанның айналу жылдамдығының және бөгет конструкциясының бөлшектер жүйелерінің толтыру деңгейіне әсерін тәжірибелік және сандық зерттеу. / Johnson D., Williams R. // Ұнтақ және сусымалы машина жасау. 2021. №35 (5). Б. 77-86 (ағылшын тілінде)
3. Li Y. Айналымды барабандардағы бөлшектерді толтыру коэффициентіне қалқа конфигурацияларының әсері. / Li Y., Wang J., Zhang X. // Ұнтақ технологиясы. 2018. №331. Б. 100-110 (ағылшын тілінде)
4. Романков П.Г., Фролов В.Ф. Химиялық технологияның масса алмасу процесері (дисперсті қатты фазасы бар жүйелер): Л.: Химия, 1990. 296 б. (орыс тілінде)
5. Баумштейн И.П., Майсель Ю.А. Химиялық ойлаудағы кептіру процесерін автоматтандыру: М.: Химия. 1970. 269 б. (орыс тілінде)
6. Земскова В.Т. Дисперсті материалдарды дірілдейтін сұйық қабатта кептіру процесін математикалық модельдеу: автореф. дисс. ... т.ғ.к. Владимир: 1997. 15 б. (орыс тілінде).
7. Кафаров В.В., Дорохов И.Н. Жылу және масса тасымалдау процесерін жүйелік талдау: ИФЖ, 1980, Т. 39,3. 396 б. (орыс тілінде)
8. Кафаров В.В. Химия және химиялық технологиядағы кибернетика әдістері: М.: Химия, 1976, 464 б. (орыс тілінде)
9. Серімбетов Б.А. Жылжымалы тарату құрылғысы бар барабанды кептіру аппараттарын есептеу және модельдеу: автореф. дисс. ... канд. Шымкент: 1999. 27 б. (орыс тілінде)
10. Баумштейн И.П. Кептіру процесерін оңтайлы басқару міндеттерінің жіктелуі. // Химия өнеркәсібі. 1979. №6. Б. 370-372 (орыс тілінде)
11. Бояринов А.И., Кафаров В.В. Химиялық технологиядағы оңтайландыру әдістері: М.: Химия, 1975, 575 б. (орыс тілінде)
12. Альпеисов Е.А. Барабан агрегатында майлы дақылдардың тұқымын кептіру процесерін күшейту: дисс. ... т.ғ. к. Л.: ЛТИХП, 1986. 174 б. (орыс тілінде)

REFERENCES

1. Yessenov M.K. Aspects of ecological modernization of technological equipment to reduce the level of dust from mining and processing production. / Yessenov M.K., Ramatullaeva L.I., Kolesnikov A.S., Ivakhniyuk G.K. // Mining Informational and Analytical Bulletin. 2023. №10. p. 136-148 (in English)
2. Johnson D., Williams R. Experimental and numerical study of the effects of drum rotation speed and baffle design on the fill level of particulate systems. / Johnson D., Williams R. // Powder and Bulk Engineering. 2021. №35 (5). P. 77-86. (in English)
3. Li Y. Influence of baffle configurations on the fill factor of particulate materials in rotary drums. / Li Y., Wang J., Zhang X. // Powder Technology. 2018. №331. P. 100-110. (in English)
4. Romankov P.G., Fpolov V.F. Massoobmennye protsessy khimicheskoi tekhnologii (sistemy s dispersnoi tverdoi fazoi): L.: Khimiya, 1990. 296 s. [Romankov P.G., Frolov V.F. Mass transfer processes of chemical technology (systems with dispersed solid phase): L.: Chemistry, 1990. 296 p.] (in Russian)
5. Baumshtein I.P., Maizel' Yu.A. Avtomatizatsiya protsessov sushki v khimicheskoi promyshlennosti: M.: Khimiya. 1970. 269 s. [Baumshtein I.P., Maizel Yu.A. Automation of drying processes in the chemical industry: M.: Chemistry, 1970. 269 p.] (in Russian)
6. Zemskova V.T. Matematicheskoe modelirovanie protsessa sushki dispersnykh materialov v vibropsevdoozhizhennom sloe: avtoref. diss. ... k.t.n. Vladimir: 1997. 15 s. [Zemskova V.T. Mathematical modeling of the drying process of dispersed materials in a vibrofluidized bed: author's abstract. diss. ... Ph.D. Vladimir: 1997. 15 p.] (in Russian)
7. Kafarov V.V., Dorokhov I.N. Sistemnyi analiz protsessov teplo- i massoperenosa: IFZh, 1980, T. 39,3. 396 s. [Kafarov V.V., Dorokhov I.N. System analysis of heat and mass transfer processes: IFZH, 1980, Vol. 39,3. 396 p.] (in Russian)
8. Kafarov V.V. Metody kibernetiki v khimii i khimicheskoi tekhnologii: M.: Khimiya, 1976, 464 s. [Kafarov V.V. Methods of cybernetics in chemistry and chemical technology: M.: Chemistry, 1976. 464 p.] (in Russian)
9. Baumshtein I.P. Klassifikatsiya zadach optimal'nogo upravleniya protsessami sushki. // Khimicheskaya promyshlennost'. 1979. №6. S. 370-372 [Baumshtein I.P. Classification of problems of optimal control of drying processes. // Chemical industry. 1979. №6. P. 370-372] (in Russian)
10. Serimbetov B.A. Raschet i modelirovanie barabannykh sushil'nykh apparatov s podvizhnym raspredelitel'nyim ustroystvom: avtoref. diss. ... kand. Shymkent: 1999. 27 s. [Serimbetov B.A. Calculation and modeling of drum dryers with a moving distribution device: author's abstract. diss. ... Ph.D. Shymkent: 1999. 27 p.] (in Russian)

11. Boyarinov A.I., Kafarov V.V. *Metody optimizatsii v khimicheskoi tekhnologii*: M.: Khimiya, 1975, 575 s [Boyarinov A.I., Kafarov V.V. *Optimization methods in chemical technology*: M.: Chemistry, 1975. 575 p.] (in Russian)
12. Al'peisov E.A. *Intensifikatsiya protsessov sushki semyan maslichnykh kul'tur v barabannom agregate: diss. ... k.t.n.* L.: LTIKhP, 1986. 174 s. [Alpeisov E.A. *Intensification of drying processes of oilseeds in a drum unit. diss. ... Ph.D.* L.: LTIHP, 1986. 174 p.] (in Russian)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Yessenov M.K. *Аспекты экологической модернизации технологического оборудования для снижения уровня запыленности горнодобывающего и перерабатывающего производства*. / М.К. Yessenov, L.I. Ramatullaeva, A.S. Kolesnikov, G.K. Ivakhniyuk. // *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2023. №10. С. 136-148 (на английском языке)
2. Johnson D. *Экспериментальное и численное исследование влияния скорости вращения барабана и конструкции перегородок на уровень заполнения сажевых систем*. / Johnson D., Williams R. // *Порошковая и сыпучая техника*. 2021. №35 (5). С. 77-86 (на английском языке).
3. Li Y. *Влияние конфигурации перегородок на коэффициент заполнения сыпучими материалами во вращающихся барабанах*. / Li Y., Wang J., Zhang X. // *Порошковые технологии*. 2018. №331. С. 100-110 (на английском языке)
4. Романков П.Г., Фролов В.Ф. *Массообменные процессы химической технологии (системы с дисперсной твердой фазой)*: Л.: Химия, 1990. 296 с. (на русском языке)
5. Баумштейн И.П., Майзель Ю.А. *Автоматизация процессов сушки в химической промышленности*: М.: Химия. 1970. 269 с. (на русском языке)
6. Земскова В.Т. *Математическое моделирование процесса сушки дисперсных материалов в вибропсевдооживленном слое: автореф. дисс. ... к.т.н.* Владимир: 1997. 15 с. (на русском языке)
7. Кафаров В.В., Дорохов И.Н. *Системный анализ процессов тепло- и массопереноса: ИФЖ*, 1980, Т. 39,3. 396 с. (на русском языке)
8. Кафаров В.В. *Методы кибернетики в химии и химической технологии*: М.: Химия, 1976, 464 с. (на русском языке)
9. Баумштейн И.П. *Классификация задач оптимального управления процессами сушки*. // *Химическая промышленность*. 1979. №6. С. 370-372 (на русском языке)
10. Серимбетов Б.А. *Расчет и моделирование барабанных сушильных аппаратов с подвижным распределительным устройством: автореф. дисс. ... канд.* Шымкент: 1999. 27 с. (на русском языке)
11. Бояринов А.И., Кафаров В.В. *Методы оптимизации в химической технологии*: М.: Химия, 1975, 575 с. (на русском языке)
12. Альпеисов Е.А. *Интенсификация процессов сушки семян масличных культур в барабанном агрегате: дисс. ... к.т.н.* Л.: ЛТИХП, 1986. 174 с. (на русском языке)

Авторлар туралы мәліметтер:

Есенов М.К., М. Әуезов атындағы Қазақстан университетінің КеАҚ «Тіршілік қауіпсіздігі және қоршаған ортаны қорғау» кафедрасының докторанты (Шымкент қ., Қазақстан), kticz@bk.ru; <https://orcid.org/0009-0009-9925-5049>

Раматуллаева Л.И., М. Әуезов атындағы Қазақстан университетінің КеАҚ «Тіршілік қауіпсіздігі және қоршаған ортаны қорғау» кафедрасының байланысты профессоры, т.ғ.к. (Шымкент қ., Қазақстан), Ramatullaeva_l@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1771-9903>

Волненко А.А., М. Әуезов атындағы Қазақстан университетінің КеАҚ «Механика және машина жасау» ФЗИ директоры, т.ғ.д., профессор (Шымкент қ., Қазақстан), nii_mt@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6800-9675>

Ивахнюк Г.К., Санкт-Петербург мемлекеттік технологиялық институтының профессоры 2328 (Санкт-Петербург қ., Ресей), fireside@inbox.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3983-2328>

Information about authors:

Yessenov M.K., doctorant of the Department of «Life Safety and Environmental Protection» of the NCJCK of the South Kazakhstan University named after M. Aueyzov (Shymkent, Kazakhstan)

Ramatullaeva L.I., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of «Life Safety and Environmental Protection» of the NCJCK of the M. Aueyzov South Kazakhstan University (Shymkent, Kazakhstan)

Volnenko A.A., Doctor of Technical Sciences, Professor, Director of the Research Institute «Mechanics and Mechanical Engineering» of the NCJCK of the M. Aueyzov South Kazakhstan University (Shymkent, Kazakhstan)

Ivakhniyuk G.K., Professor St.-Petersburg State Technological Institute (St. Petersburg, Russia)

Информация об авторах:

Есенов М.К., докторант кафедры «Безопасность жизнедеятельности и защиты окружающей среды» НАО Южно-Казахстанского университета им. М. Ауезова (г. Шымкент, Казахстан)

Раматуллаева Л.И., к.т.н, асоц. профессор кафедры «Безопасность жизнедеятельности и защиты окружающей среды» НАО Южно-Казахстанского университета им. М. Ауезова (г. Шымкент, Казахстан)

Волненко А.А., д.т.н, профессор, директор НИИ «Механика и машиностроение» НАО Южно-Казахстанского университета им. М. Ауезова (г. Шымкент, Казахстан)

Ивахнюк Г.К., профессор Санкт-Петербургского государственного технологического института (г. Санкт-Петербург, Россия)