

Куаныш Даулетович Орманбеков – техника ғылымдарының магистрі; «Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті» КЕАҚ, Қазақстан Республикасы; «материалдар бетін өзгерту» FO кіші ғылыми қызметкері; e-mail: ormanbekov_k@mail.ru

Айбек Бақытжанұлы Шынарбек – «Машина жасау» мамандығының магистранты; «Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті» КЕАҚ, Қазақстан Республикасы; «материалдар бетінің модификациясы» FO кіші ғылыми қызметкері; e-mail: shinarbekov16@mail.ru

Сведения об авторах

Нұржан Серікбекұлы* – магистрант специальности «Техническая физика»; НАО «Университета имени Шакарима города Семей», Республика Казахстан; Младший научный сотрудник НЦ «Модификация поверхности материалов»; e-mail: nurzhan.serikbek@gmail.com

Айнур Жасулановна Жасулан – магистр естественных наук НАО «Университета имени Шакарима города Семей», Республика Казахстан; Старший научный сотрудник НЦ «Модификация поверхности материалов»; e-mail: ainur.99.99.99@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-5887-0135>.

Куаныш Даулетович Орманбеков – магистр технических наук НАО «Университета имени Шакарима города Семей», Республика Казахстан; младший научный сотрудник НЦ «Модификация поверхности материалов»; e-mail: ormanbekov_k@mail.ru

Айбек Бакытжанович Шынарбек – магистрант специальности «Машиностроение»; НАО «Университета имени Шакарима города Семей», Республика Казахстан; младший научный сотрудник НЦ «Модификация поверхности материалов»; e-mail: shinarbekov16@mail.ru

Information about the authors

Nurzhan Serikbekuly* – Master's student of the specialty «Technical Physics»; NAO «Shakarim University of Semey», Republic of Kazakhstan; Junior researcher of the NC «Modification of the surface of materials»; e-mail: nurzhan.serikbek@gmail.com

Ainur Zhassulankyzy Zhassulan – Master of natural science; "Shakarim University of Semey", Republic of Kazakhstan; senior researcher of the NC "Modification of the surface of materials"; e-mail: ainur.99.99.99@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-5887-0135>.

Kuanyshe Dauletovich Ormanbekov – Master of technical science; NAO «Shakarim University of Semey», Republic of Kazakhstan; Junior researcher of the NC «Modification of the surface of materials»; e-mail: ormanbekov_k@mail.ru

Aibek Bakhytzhanyky Shynarbek – Master's student of the specialty «Mechanical Engineering»; NAO «Shakarim University of Semey», Republic of Kazakhstan; Junior researcher of the NC «Modification of the surface of materials»; e-mail: shinarbekov16@mail.ru

Редакцияға енуі 02.04.2024

Жариялауға қабылданды 04.05.2024

DOI: 10.53360/2788-7995-2024-2(14)-47

МРНТИ: 55.13.17



А.А. Шаханов¹, А.А. Шаханов¹, А.И. Купреенко², С.Х. Исаев²

¹Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина"

010011, Республика Казахстан, г. Астана, пр. Женис, 62

²ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет»

243365, Российская Федерация, с. Кокино, ул. Советская, 2а

*e-mail: shahanov_aa@mail.ru

МАТЕРИАЛЬНЫЙ И ТЕПЛОВЫЙ БАЛАНС СУШИЛКИ

Аннотация. Необходимо получить сухое вещество, удалив из него всю влагу. Сделать это можно с помощью разных устройств, но наиболее распространенными из них в промышленности и науке являются сушильные шкафы. Они позволяют быстро удалить лишнюю влагу из материалов путем ее испарения и вытяжения из камер. При этом необходимо рассчитать объем сухого воздуха и энергии, необходимых для процесса. Для решения этих задач требуется рассчитать материальный и тепловой баланс сушки.

Они представляют собой измерение и вычисление количества материала и энергии, затрачиваемых на нее.

Материальный и тепловой баланс сушилки, в качестве которого выступает воздух, вычисляется с помощью формул и уравнений. Он характеризует начальную и финальную массу вещества и воды, которая выпарилась в результате сушки, причем абсолютно сухая масса вещества остается постоянной.

Авторы исследовали количество влаги и подставили его значение в соответствующую формулу и вычислили массу абсолютно сухого вещества и количество полученного продукта. Таким образом, пользуясь формулой теплового баланса определили требуемый объем воздуха для процесса. Все расчеты проводили для каждой модели и результаты получили разными.

После вычисления материального баланса определили количество затрачиваемой энергии. При вычислении теплового баланса различают теоретическую и практическую сушилку. В первом случае считается, что в процессе работы сушильного шкафа нет потерь тепла или его прихода извне. В практике такого не происходит, поэтому при вычислении теплового баланса необходимо учитывать многие факторы: приход тепла с сушильным агентом, самим материалом и его влагой, транспортными устройствами и внешними источниками энергии. Также учитывали в данном исследовании расход энергии с уходящим сушильным агентом.

Полученные выражения материального и теплового баланса сушилки позволяют определить технологические параметры рабочего процесса сушки и технические параметры сушилки, что, в конечном итоге, позволяет определить технико-экономические показатели работы сушилки.

Ключевые слова: сушилка аэродинамического нагрева, материальный баланс, тепловой баланс.

Введение.

Перспективным направлением развития сушильной техники в сельскохозяйственном производстве является переход от сушилок, работающих нагазу или жидком топливе, к установкам (печаам) аэродинамического подогрева (ПАП) [2, 5, 7].

Технология аэродинамического нагрева заключается в преобразовании электрической энергии привода ротора центробежного вентилятора не имеющего корпуса, в тепловую энергию аэродинамических потерь, возникающих в межлопаточном пространстве ротора. При этом циркуляция сушильного агента в сушильной камере должна осуществляться по замкнутому контуру. Ротор обеспечивает как генерацию теплоты, так и циркуляцию сушильного агента.

Такая сушилка проста по конструкции, пожаробезопасна, имеет КПД около 80% [6]. На рисунке 1 представлена сушилка аэродинамического нагрева камерного типа с лотками для сушки плодово-ягодного сырья, овощей, орехов и т.п.

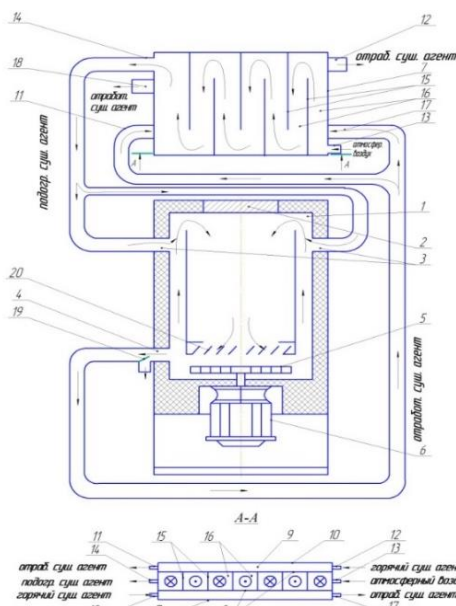


Рисунок 1 – Сушилка аэродинамического нагрева

Эксплуатация сушилки показала, что продолжительность сушки сильно зависит от температуры окружающей среды.

При низкой температуре атмосферного воздуха скорость сушки снижается, т.к. больше теплоты расходуется на его дополнительный нагрев [3].

Поэтому была предложено использовать теплоту отработанного сушильного агента за счет комбинированного теплообменника, который совмещает в одном теплообменном аппарате пластинчатый теплообменник и воздушный солнечный коллектор (рис. 2) [4].



- 1 – камера; 2 – загрузочная дверь; 3 – подающие патрубки; 4 – выходной патрубок; 5 – нагревательный ротор;
 6 – привод; 7 – теплообменник; 8 – поверхности теплообмена; 9 – гелиоколлектор; 10 – остекление;
 11 – патрубок подачи в верхнюю камеру; 12 – патрубок отвода из верхней камеры;
 13 – патрубок подачи в среднюю камеру; 14 – патрубок отвода из средней камеры; 15 – разделители;
 16 – воздушные каналы; 17 – патрубок подачи в нижнюю камеру; 18 – патрубок отвода из нижней камеры;
 19 – клапан; 20 – жалюзийная решетка

Рисунок 2 – Схема сушилки аэродинамического нагрева

Целью работы является определение материального и теплового баланса сушилки аэродинамического нагрева.

Материалы и методы.

Рассмотрим материальный баланс сушилки.

Материальный баланс имеет вид:

$$G_H = G_K + W, \text{ кг}, \quad (1)$$

где G_H, G_K, W – соответственно начальная, конечная масса материала и удаленной влаги, кг.

Количество удаленной влаги [1,11]

$$W = \frac{G_H W_H - G_K W_K}{100}, \text{ кг}, \quad (2)$$

где W_H, W_K – соответственно начальная, конечная влажность материала, %.

Также, количество удаленной влаги:

$$W = G_1 \left(1 - \frac{K_H}{100}\right), \text{ кг}, \quad (3)$$

где K_H – норма выхода продукта, %.

Производительность сушилки по конечной массе материала

$$Q_H = \frac{G_K}{t_c} \cdot \frac{100 - W_K}{100 - W_H}, \text{ кг/ч}, \quad (4)$$

по начальной массе материала

$$Q_K = \frac{G_H}{t_c} \cdot \frac{100 - W_H}{100 - W_K}, \text{ кг/ч}, \quad (5)$$

где t_c – продолжительность сушки, ч.

Тогда, материальный баланс по влаге:

$$\frac{G_H W_H}{100} + 10^{-3} L_c x_H t_c = \frac{G_K W_K}{100} + 10^{-3} L_c x_K t_c, \text{ кг}, \quad (6)$$

где L_c – расход воздуха, кг/ч.

Подставим (2) в выражение (6):

$$W = \frac{G_H W_H - G_K W_K}{100} = 10^{-3} L_c (x_K - x_H) t_c. \quad (7)$$

Расход сухого воздуха из (7)

$$L_c = \frac{10^3 W}{(x_K - x_H) t_c}, \text{ кг/ч.} \quad (8)$$

Удельный расход сухого воздуха l_c на 1 кг испаренной влаги:

$$l_c = \frac{10^3}{(x_K - x_H) t_c}, \text{ кг/ч.} \quad (9)$$

На рисунке 3 представлен баланс теплоты, участвующей в процессе сушки.

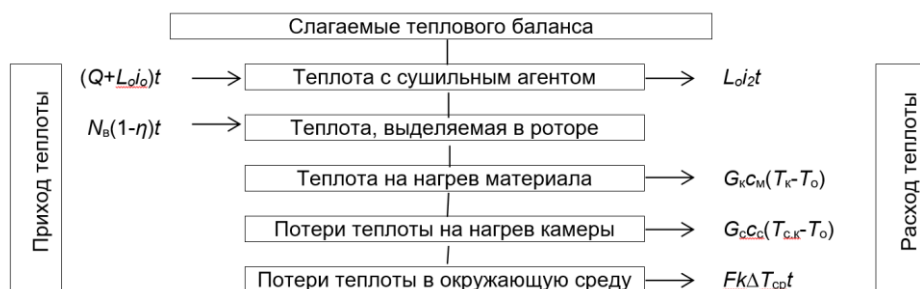


Рисунок 3 – Баланс теплоты, участвующей в процессе сушки

Баланс теплоты, участвующей в процессе сушки имеет вид:

$$(Q + L_o i_o) t + N_b (1 - \eta) t = L_o i_2 t + G_K c_m (T_K - T_o) + G_c c_c (T_{c,K} - T_o) + F q_y t, \quad (10)$$

где Q – теплота, получаемая сушильным агентом в теплообменнике, Дж/с;

N_b – мощность привода ротора, Вт;

η – КПД ротора;

c_m – теплоемкость материала, Дж/(кг·°C);

T_K – температура нагрева материала, °C;

G_c – масса камеры, кг;

c_c – теплоемкость материала камеры, Дж/(кг·°C);

$T_{c,K}$ – температура нагрева материала камеры, °C;

F – площадь поверхности камеры, м²;

q_y – тепловой поток в атмосферу, Вт/м².

КПД ротора η составляет 0,12 [6,7,8].

Теплота, воспринимаемая сушильным агентом в комбинированном теплообменнике,

$$Q = L_o c_{o,c} (T_1 - T_o). \quad (11)$$

Коэффициент утилизации теплоты агента сушки можно определить по формуле:

$$K_{yT} = \frac{L_o c_{o,c} (T_1 - T_o)}{L_o c_2 T_2}, \quad (12)$$

где c_2 – теплоемкость агента сушки, Дж/(кг·°C).

Теплоемкость влажного воздуха может быть определена [1,9,10]:

$$c_{в.л.в} = \frac{c_{с.в} + x c_{п}}{1 + x}. \quad (13)$$

Тогда, выражение (12) с учетом (13) будет иметь вид:

$$K_{yT} = \frac{c_{с.в} + x_H c_{п}}{1 + x_H} \cdot \frac{1 + x_K}{c_{с.в} + x_K c_{п}} \cdot \frac{T_1 - T_o}{T_2}. \quad (14)$$

Из выражения (10) с учетом (11) и (14), принимая, что $T_{c,K} = T_K = T_2$, получим мощность привода ротора:

$$N_b = (L_o (i_2 - i_o - K_{yT} c_2 T_2) + (G_K c_m + G_c c_c) (T_2 - T_o) t + F q_y) / (1 - \eta). \quad (15)$$

Таким образом, мощность привода ротора уменьшается при повышении коэффициента утилизации теплоты, а также температуры окружающей среды.

Выводы. Полученные выражения материального и теплового баланса сушилки позволяют определить технологические параметры рабочего процесса сушки и технические

параметры сушилки, что, в конечном итоге, позволяет определить технико-экономические показатели работы сушилки.

Список литературы

1. Атаназевич В.И. Сушка зерна / В.И. Атаназевич. – М: ДеЛипринт, 2007. – 480 с.
2. Дианов Л.В. Универсальная сушилка для пиломатериалов и продукции растениеводства / Л.В. Дианов, А.С. Ключников // Вестник АПК Верхневолжья. – 2012. – № 3 – С. 55-59.
3. Исаев С.Х. Сушильная установка аэродинамического подогрева с утилизатором теплоты / С.Х. Исаев // Современные аспекты развития АПК: труды Всероссийского совета молодых ученых и специалистов аграрных образовательных и научных учреждений. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – С. 60-64.
4. Купреенко, А.И. Плодово-ягодная сушилка с комбинированным теплообменником / Х.М. Исаев, А.И. Купреенко, С.Х. Исаев // Сельский механизатор. – 2020. – № 1. – С. 16-17.
5. Купреенко, А.И. Определение продолжительности сушки яблок в сушилке аэродинамического нагрева / А.И. Купреенко, Х.М. Исаев, С.Х. Исаев // Техника и технологии в сельскохозяйственном производстве : материалы межд. науч.-пр. конф., 29-30 апреля 2021 г. – Уссурийск: ФГБОУ ВО Приморская ГСХА, 2021. – С. 73-78.
6. Рециркуляционные установки аэродинамического нагрева / Под общ. ред. Е.Г. Шадека. – М.: Машиностроение, 1986. – 208 с.
7. Установка для сушки древесины «СВЧ-лес» / Материалы сайта «СВЧ-технологии» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://SVChlesyandex.ru/images>.
8. Сутягин В.М. Основы проектирования и оборудование производства полимеров. Учебное пособие / В.М. Сутягин, В.П. Лопатинский, А.А. Ляпков. – Томск: Изд. ТПУ, Часть 1. – 1998. – 118 с., Часть 2. – 1999. – 114 с., Часть 3. – 2004. – 68 с.
9. Сутягин В.М. Полимеризаторы в примерах и задачах / В.М. Сутягин, А.А. Ляпков // Сборник примеров и задач. – Томск: Изд. ТПУ, 2003. – 72 с.
10. Ляпков А.А. Расчеты реакционной аппаратуры химических производств. Учебное пособие / А.А. Ляпков, Г.Н. Иванов, В.В. Бочкарев. – Томск: Изд. ТПУ, 2002. – 122 с.
11. Ровкина Н.М. Технологические расчеты в процессах синтеза полимеров. Сборник примеров и задач / Н.М. Ровкина, А.А. Ляпков. – Томск: Изд. ТПУ, 2004. – 167 с.

References

1. Atanazevich V.I. Sushka zerna / V.I. Atanazevich. – M: DELiprint, 2007. – 480 s. (In Russian).
2. Dianov L.V. Universal'naya sushilka dlya pilomaterialov i produktsii rastenievodstva / L.V. Dianov, A.S. Klyuchnikov // Vestnik APK Verkhnevolzh'ya. – 2012. – № 3 – S. 55-59. (In Russian).
3. Isaev S.KH. Sushil'naya ustanovka aehrodinamicheskogo podogreva s utilizatorom teploty / S.KH. Isaev // Sovremennye aspekty razvitiya APK: trudy Vserossiiskogo soveta molodykh uchenykh i spetsialistov agrarnykh obrazovatel'nykh i nauchnykh uchrezhdenii. – M.: FGBNU «RosinformagroteKH», 2019. – S. 60-64. (In Russian).
4. Kupreenko, A.I. Plodovo-yagodnaya sushilka s kombinirovannym teploobmennikom / KH.M. Isaev, A.I. Kupreenko, S.KH. Isaev // Sel'skii mekhanizator. – 2020. – № 1. – S. 16-17. (In Russian).
5. Kupreenko, A.I. Opredelenie prodolzhitel'nosti sushki yablok v sushilke aehrodinamicheskogo nagreva / A.I. Kupreenko, KH.M. Isaev, S.KH. Isaev // Tekhnika i tekhnologii v sel'skokhozyaistvennom proizvodstve: materialy mezhd. nauch.-pr. konf., 29-30 aprelya 2021 g. – Ussuriisk: FGBOU VO Primorskaya GSKHA, 2021. – S. 73-78. (In Russian).
6. Retsirkulyatsionnye ustanovki aehrodinamicheskogo nagreva / Pod obshch. red. E.G. Shadeka. – M.: Mashinostroenie, 1986. – 208 s. (In Russian).
7. Ustanovka dlya sushki drevesiny «SVCH-leS» / Materialy saita «SVCH-tekhnologil» [Ehlektronnyi resurs]. Rezhimdostupa: <http://SVChlesyandex.ru/images>. (In Russian).
8. Sutyagin V.M. Osnovy proektirovaniya i oborudovanie proizvodstva polimerov. Uchebnoe posobie / V.M. Sutyagin, V.P. Lopatinskii, A.A. Lyapkov. – Tomsk: Izd. TPU, Chast' 1. – 1998. – 118 s., Chast' 2. – 1999. – 114 s., Chast' 3. – 2004. – 68 s. (In Russian).
9. Sutyagin V.M. Polimerizatory v primerakh i zadachakh / V.M. Sutyagin, A.A. Lyapkov // Sbornik primerov i zadach. – Tomsk: Izd. TPU, 2003. – 72 s. (In Russian).

10. Lyapkov A.A. Raschety reaktionnoi apparatury khimicheskikh proizvodstv. Uchebnoe posobie / A.A. Lyapkov, G.N. Ivanov, V.V. Bochkarev. – Tomsk: Izd. TPU, 2002. – 122 s. (In Russian).
11. Rovkina N.M. Tekhnologicheskie raschety v protsessakh sinteza polimerov. Sbornik primerov i zadach / N.M. Rovkina, A.A. Lyapkov. – Tomsk: Izd. TPU, 2004. – 167 s. (In Russian).

А.А. Шаханов*, А.А. Шаханов¹, А.И. Купреенко², С.Х. Исаев²

¹С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті
010011, Қазақстан Республикасы, Астана қ., Жеңіс даңғылы, 62

²ФГБОУ «Брянск мемлекеттік аграрлық университетіне»
243365, Ресей Федерациясы, Кокино ауылы, Советская көшесі, 2а
*e-mail: shahanov_aa@mail.ru

МАТЕРИАЛДЫҚ ЖӘНЕ ЖЫЛУ БАЛАНСЫ

Барлық ылғалды алып тастап, құрғақ зат алу керек. Мұны әртүрлі құрылғылардың көмегімен жасауға болады, бірақ олардың ішінде өнеркәсіп пен ғылымда ең көп кездесетіні-кептіру шкафтары. Олар булану және камералардан шығару арқылы материалдардан артық ылғалды тез кетіруге мүмкіндік береді. Бұл жағдайда процеске қажетті құрғақ ауа мен энергияның көлемін есептеу керек. Бұл мәселелерді шешу үшін кептірудің материалдық және жылу балансын есептеу қажет.

Олар оған жұмсалатын материал мен энергия мөлшерін өлшеу және есептеу болып табылады.

Ауа ретінде әрекет ететін кептіргіштің материалдық және жылу балансы формулалар мен теңдеулер арқылы есептеледі. Ол кептіру нәтижесінде буланған зат пен судың бастапқы және соңғы массасын сипаттайды, ал заттың мүлдем құрғақ массасы тұрақты болып қалады.

Авторлар ылғалдың мөлшерін зерттеп, оның мәнін тиісті формулаға ауыстырып, абсолютті құрғақ заттың массасын және алынған өнімнің мөлшерін есептеді. Осылайша, жылу балансының формуласын қолдана отырып, олар процесс үшін қажетті ауа көлемін анықтады. Барлық есептеулер әр модель үшін жүргізілді және нәтижелер әртүрлі болды.

Материалдық балансты есептегеннен кейін жұмсалған энергия мөлшері анықталды. Жылу балансын есептеу кезінде теориялық және практикалық кептіргіш ажыратылады. Бірінші жағдайда, кептіру шкафының жұмысында жылу шығыны немесе оның сырттан келуі болмайды деп саналады. Іс жүзінде бұл болмайды, сондықтан жылу балансын есептеу кезінде көптеген факторларды ескеру қажет: кептіру агентімен, материалдың өзімен және оның ылғалымен, көлік құрылғыларымен және сыртқы энергия көздерімен жылудың келуі. Сондай-ақ, осы зерттеуде шығатын кептіру агентімен энергия шығыны ескерілді.

Кептіргіштің материалдық және жылу балансының алынған өрнектері кептіргіштің жұмыс процесінің технологиялық параметрлерін және кептіргіштің техникалық параметрлерін анықтауға мүмкіндік береді, нәтижесінде кептіргіштің техникалық-экономикалық көрсеткіштерін анықтауға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: *аэродинамикалық жылыту кептіргіш, материалдық баланс, жылу балансы.*

A.A. Shahanov¹, A.A. Shakhonov¹, A.I. Kupreenko², S.Kh. Isaev²

¹Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin
010011, Republic of Kazakhstan, Astana, 62 Zhenis ave.,

²FGBOU VO «Bryansk State Agrarian University»
243365, Russian Federation, Kokino village, Sovetskaya str., 2a
*e-mail: shahanov_aa@mail.ru

THE MATERIAL AND THERMAL BALANCE

It is necessary to obtain a dry substance by removing all moisture from it. This can be done using various devices, but the most common of them in industry and science are drying cabinets. They allow you to quickly remove excess moisture from materials by evaporation and extraction from the chambers. At the same time, it is necessary to calculate the volume of dry air and energy required for the process. To solve these problems, it is necessary to calculate the material and thermal balance of drying.

They are the measurement and calculation of the amount of material and energy spent on it. The material and thermal balance of the dryer, which is air, is calculated using formulas and equations. It characterizes the initial and final mass of the substance and water that evaporated as a result of drying, and the absolutely dry mass of the substance remains constant.

The authors examined the amount of moisture and substituted its value into the appropriate formula and calculated the mass of an absolutely dry substance and the amount of the resulting product. Thus, using the heat balance formula, the required volume of air for the process was determined. All calculations were performed for each model and the results were different.

After calculating the material balance, the amount of energy consumed was determined. When calculating the heat balance, a theoretical and a practical dryer are distinguished. In the first case, it is assumed that during the operation of the drying cabinet there is no heat loss or its arrival from the outside. In practice, this does not happen, therefore, when calculating the thermal balance, many factors must be taken into account: the arrival of heat with the drying agent, the material itself and its moisture, transport devices and external energy sources. The energy consumption of the outgoing drying agent was also taken into account in this study.

The obtained expressions of the material and thermal balance of the dryer allow us to determine the technological parameters of the drying workflow and the technical parameters of the dryer, which ultimately allows us to determine the technical and economic performance of the dryer.

Key words: aerodynamic heating dryer, material balance, thermal balance.

Сведения об авторах

Асанхан Андакулович Шаханов* – доктор экономических наук, профессор кафедры «Аграрная техника и технологии», Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина; e-mail: shahanov_aa@mail.ru

Арслан Асанханович Шаханов – докторант кафедры «Технологические машины и оборудование», Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина; e-mail: arslan_shahanov@mail.ru

Алексей Иванович Купреенко – д.т.н., профессор кафедры технологического оборудования животноводства и перерабатывающих производств; Брянский государственный аграрный университет, Российская Федерация; e-mail: kupreenkoai@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3781-9592>.

Самир Хафизович Исаев – к.т.н., доцент кафедры технологического оборудования животноводства и перерабатывающих производств; Брянский государственный аграрный университет, Российская Федерация; e-mail: Samir.isaev.94@inbox.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6877-3128>.

Авторлар туралы мәлімет

Асанхан Андакулович Шаханов* – экономика ғылымдарының докторы, «Аграрлық техника және технологиялар» кафедрасының профессоры; С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті; e-mail: shahanov_aa@mail.ru

Арслан Асанханович Шаханов – «Технологиялық машиналар және жабдықтар» кафедрасының докторанты С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті; e-mail: arslan_shahanov@mail.ru

Алексей Иванович Купреенко – «Мал шаруашылығы және қайта өңдеу өндірістерінің технологиялық жабдықтары» кафедрасының профессоры, т.ғ.д.; Брянск мемлекеттік аграрлық университеті, Ресей Федерациясы; e-mail: kupreenkoai@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3781-9592>.

Самир Хафизович Исаев – «Мал шаруашылығы және қайта өңдеу өндірістерінің технологиялық жабдықтары» кафедрасының доценты, т.ғ.к.; e-mail: Samir.isaev.94@inbox.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6877-3128>.

Information about the authors

Asankhan Andakulovich Shahanov* – Doctor of economic sciences, professor of the department of «Agrarian technique and technology»; S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University; e-mail: shahanov_aa@mail.ru

Arslan Asanhanovich Shahanov – Doctoral student of the department of «Technological Machines and Equipment»; S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University; e-mail: arslan_shahanov@mail.ru

Alexey Ivanovich Kupreenko – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Technological Equipment of Animal Husbandry and Processing Industries; Bryansk State Agrarian University, Russian Federation; e-mail: kupreenkoai@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3781-9592>.

Samir Hafizovich Isaev – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technological Equipment of Animal Husbandry and Processing Industries; Bryansk State Agrarian University, Russian Federation; e-mail: Samir.isaev.94@inbox.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6877-3128>.

*Поступила в редакцию 25.04.2024
Поступила после доработки 10.06.2024
Принята к публикации 11.06.2024*