

Моделирование конструкции ошпаривателя для термохимической обработки свекловичной стружки перед экстрагированием сахарозы

Надежда Г. Кульнева¹ ngkulneva@ya.ru  0000-0003-3802-9071

Михаил В. Журавлев² zyrav2014@ya.ru  0000-0002-1331-0716

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

² Московский государственный университет пищевых производств, Волоколамское ш., 11, г. Москва, 125080, Россия

Аннотация. Экстрагирование сахарозы является ключевым процессом свеклосахарного производства, определяющим его эффективность. Этот процесс существенно ускоряется при комплексном тепловом, электрическом и химическом воздействии на свекловичную ткань в процессе ее подготовки и осуществляется в ошпаривателях различных конструкций. Конструктивные параметры ошпаривателя можно оценить с использованием методов математического моделирования. При разработке модели применили конечно-элементный подход путем представления сложных тел в виде большого количества отдельных однотипных элементов и метод динамики частиц. При моделировании введен ряд коэффициентов, связанных с разбиением стружки на отдельные шарообразные элементы: $m_э$, $c_э$, $d_э$, $c_ис$. Для их расчета использовали справочные и экспериментальные данные. Математическая модель реализована в виде системы дифференциальных и алгебраических уравнений, для обработки которых разработана компьютерная программа на языке Object Pascal. Разработанная модель позволяет варьировать большое число конструктивных и технологических параметров ошпаривателя и механико-геометрических параметров свекловичной стружки, и определять показатели, характеризующие эффективность термохимической обработки стружки. В качестве конструктивных параметров выбраны угол наклона форсунки в вертикальной плоскости, длина и диаметр форсунки. Эффективность конструкции ошпаривателя оценивали массой свекловичной стружки, накопившейся на форсунке, и временем контакта свекловичной стружки с внутренними поверхностями ошпаривателя. В ходе компьютерного эксперимента установлено, что увеличение угла наклона форсунок при различных их длине и диаметре существенно снижает массу накапливающейся стружки и время контакта стружки с поверхностью ошпаривателя. Полученная модель предназначена для конструирования опытных образцов ошпаривателя.

Ключевые слова: свеклосахарное производство, экстрагирование, свекловичная стружка, ошпариватель, математическая модель

Modeling the design of the scalding machine for thermochemical treatment of beet chips before extracting sucrose

Nadezhda G. Kulneva¹ ngkulneva@ya.ru  0000-0003-3802-9071

Mikhail V. Zhuravlev² zyrav2014@ya.ru  0000-0002-1331-0716

¹ Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

² Moscow State University of Food Production, Volokolamskoe sh., 11, Moscow, 125080, Russia

Abstract. The extraction of sucrose is a key process in sugar beet production that determines its efficiency. This process is significantly accelerated by a complex thermal, electrical and chemical effect on beet tissue in the process of its preparation and is carried out in scalding machines of various designs. The design parameters of the scalding machine can be estimated using mathematical modeling methods. When developing the model, a finite element approach was used by representing complex bodies in the form of a large number of separate elements of the same type and the method of particle dynamics. In the simulation, a number of coefficients were introduced related to splitting the chips into separate spherical elements: m_{sc} , c_{sc} , d_{sc} , c_{is} . Reference and experimental data were used to calculate them. The mathematical model is implemented in the form of a system of differential and algebraic equations, for the processing of which a computer program in the Object Pascal language has been developed. The developed model makes it possible to vary a large number of design and technological parameters of the scalding machine and mechanical and geometric parameters of beet chips, and to determine indicators characterizing the efficiency of thermochemical processing of chips. The angle of inclination of the nozzle in the vertical plane, length and diameter of the nozzle were chosen as design parameters. The efficiency of the scalding machine design was evaluated by the mass of beet chips accumulated on the nozzle and the contact time of the beet chips with the inner surfaces of the scalding machine. In the course of a computer experiment, it was found that an increase in the angle of inclination of the nozzles at different lengths and diameters significantly reduces the mass of accumulated chips and the time of contact of the chips with the surface of the scalding machine. The resulting model is intended for the design of prototypes of the scalding machine.

Keywords: sugar beet production, extraction, beet chips, scalding machine, mathematical model

Введение

Технология свеклосахарного производства представляет собой совокупность сложнейших тепло- и массообменных процессов, одним из которых является экстрагирование сахарозы из клеток свекловичной ткани. Для осуществления экстрагирования свекловичную ткань необходимо предварительно прогреть до температуры,

обеспечивающей денатурацию белков [1–3]. Этот процесс существенно ускоряется при комплексном тепловом, электрическом и химическом воздействии [4–9]. Предложена конструкция ошпаривателя для термохимической обработки свекловичной массы, уточнение параметров которой осуществляли с использованием методов математического моделирования [10–13].

Для цитирования

Кульнева Н.Г., Журавлев М.В. Моделирование конструкции ошпаривателя для термохимической обработки свекловичной стружки перед экстрагированием сахарозы // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 3. С. 39–44. doi:10.20914/2310-1202-2020-3-39-44

For citation

Kulneva N.G., Zhuravlev M.V. Modeling the design of the scalding machine for thermochemical treatment of beet chips before extracting sucrose. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82 no. 3. pp. 39–44. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-3-39-44

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Процесс термохимической обработки свекловичной стружки в ошпаривателе является достаточно сложным с точки зрения описания. В математической модели необходимо максимально адекватно представить отдельные элементы свекловичной стружки, их способность к изгибу, движение в пространстве, взаимодействие между собой, с каплями реагента и с рабочими поверхностями ошпаривателя.

Многие модели аналогичных процессов используют приближения постоянства геометрических параметров обрабатываемого объекта или грубые приближения сплошной среды. Однако указанные приближения при описании термохимической обработки свекловичной стружки существенно снижали бы адекватность модели. Поэтому в настоящей работе была поставлена задача разработки математической модели термохимической обработки свекловичной стружки с высокой детализацией и адекватностью на основе вычислительных возможностей современных компьютеров.

Материалы и методы

В работе применили конечно-элементный подход путем представления сложных тел в виде большого количества отдельных однотипных элементов. При этом каждый элемент свекловичной стружки разбивали на шарообразные частицы диаметром $d_э$ 0,5 см (рисунок 1). Для моделирования использовали метод динамики частиц.

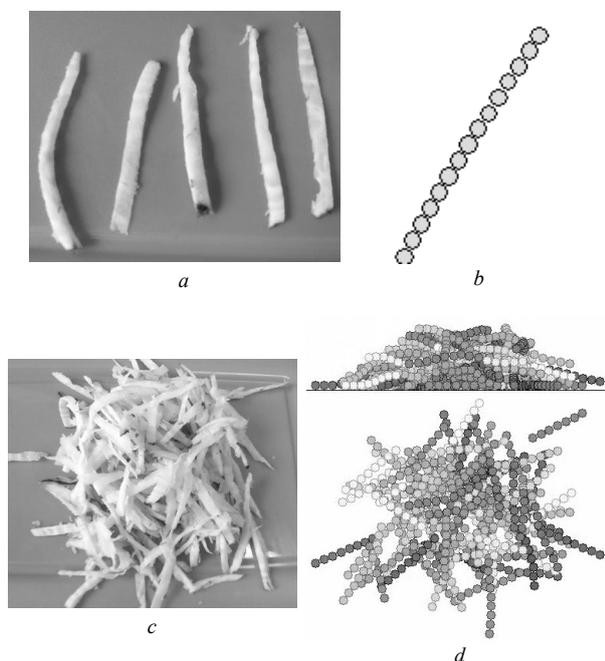


Рисунок 1. Представление свекловичной стружки в процессе моделирования: *a, c* – фото реальной стружки; *b, d* – представление в модели

Figure 1. Representation of beet chips in the modeling process: *a, c* – photo of real chips; *b, d* – representation in the model

При моделировании процесса введен ряд коэффициентов, связанных с дискретизацией стружки (разбиением на отдельные шарообразные элементы): $m_э$, c_c , $d_эc$, $c_{ис}$. Их расчет осуществляли по справочным данным и специально проведенным калибровочным экспериментам.

Расчет массы одного элемента стружки $m_э$ проводили с использованием значения плотности сахарной свеклы и простых геометрических соображений:

$$m_э = \rho \cdot \frac{\pi d_э^2}{4} d_э, \quad (1)$$

где ρ – характерная плотность корнеплода сахарной свеклы; $d_э$ – эффективный диаметр свекловичной стружки.

Для расчета коэффициента жесткости взаимодействия двух элементов c_c провели испытания на сжатие образцов свеклы исходной и обработанной растворами сульфатов алюминия и аммония (рисунок 2). Обнаружено, что образцы размерами 40x40x50 мм³ сжимаются в вертикальном направлении с 50 до 40 мм при приложении давления около 2,5 МПа. Тогда коэффициент жесткости можно рассчитать по формуле

$$c_c = \frac{P}{\Delta H} H d_э, \quad (2)$$

где P – давление при испытании на изгиб; H – высота образца; ΔH – изменение высоты образца в процессе испытаний [14].



Рисунок 2. Испытание на сжатие образца свеклы, обработанного раствором сульфата аммония

Figure 2. Compression test of a beet sample treated with ammonium sulfate solution

Подставляя значения переменных в последнюю формулу, получаем $c_c = 6,5 \cdot 10^4$ Н/м.

Расстояние обнуления взаимодействия между соседними элементами стружки d_0 рассчитывали через предел прочности на растяжение для корнеплода сахарной свеклы, определяемый в механических испытаниях образца. Экспериментально получено значение d_0 0,07 $d_э$.

Для расчета коэффициента изгибной жесткости $c_{ис1}$, приведенного к тройке соседствующих элементов, проведены испытания стружки на изгиб по схеме, представленной на рисунке 3. Испытания проводили в горизонтальной плоскости, чтобы исключить влияние на результаты силы тяжести.

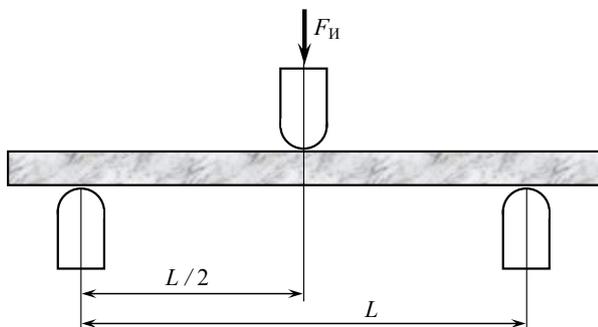


Рисунок 3. Схема испытания свекловичной стружки на изгиб для определения коэффициента изгибной жесткости $c_{ис}$

Figure 3. Scheme of beet chip bending test to determine the coefficient of bending stiffness $c_{ис}$

При данной схеме испытаний оценочное значение коэффициента $c_{ис1}$ можно рассчитать по формуле

$$c_{ис1} = \frac{F_H}{\Delta H} \cdot \frac{d_э}{(L/2)^2}, \quad (3)$$

где F_H – сила, необходимая для изгиба стружки; ΔH – величина прогиба стружки под действием силы; L – расстояние между упорами, на которых расположена стружка. Измерения показали, что при длине $L = 50$ мм и величине изгибающей силы 0,1 Н величина прогиба в центре составляет $\Delta H = 6-10$ мм. Тогда, приняв для определенности $\Delta H = 8$ мм, в расчете по формуле получили $c_{ис1} = 100$ Н/м и использовали это значение при дальнейшем моделировании.

При описании взаимодействия рабочих поверхностей ошпаривателя (форсунки и центральной трубы) (рисунок 4) с отдельными элементами стружки использовали упруго-вязкие характеристики для расчета силы взаимодействия $F^{эп}$. Для расчета силы упругого взаимодействия между i -м элементом стружки и поверхностью необходимо определить величину внедрения $r_{внi}$ элемента в поверхность ошпаривателя, а также определить вектор $\{n_{xi}, n_{yi}, n_{zi}\}$ к поверхности в точке внедрения. Далее упругая сила вычисляется по закону Гука с коэффициентом жесткости $2 \times c_s$, при этом направление силы, действующей на элемент, считается вдоль нормального вектора. Декартовы составляющие силы вязкого трения пропорциональны составляющим абсолютной скорости элемента v_{xi}, v_{yi}, v_{zi} с коэффициентом вязкого трения k_v .

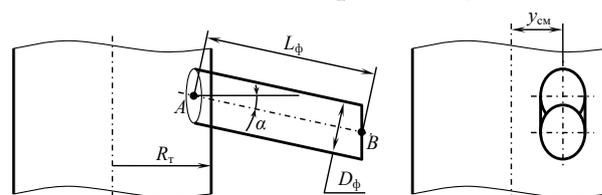


Рисунок 4. Геометрические параметры форсунки и центральной трубы

Figure 4. Geometric parameters of the nozzle and the central pipe

Результаты и обсуждение

Предлагаемая математическая модель реализована в виде системы большого числа дифференциальных и алгебраических уравнений. Для удобства исследования системы разработана компьютерная программа на языке Object Pascal в интегрированной среде программирования Borland Delphi 7.0, предназначенная для проведения компьютерных экспериментов по взаимодействию потока свекловичной стружки с поверхностями ошпаривателя.

В начальный момент времени свекловичная стружка в количестве 100 элементов распределяется случайным образом выше исследуемой области вблизи форсунки. Координата центра стружки, угол наклона стружки в вертикальной плоскости, угол ориентации стружки в горизонтальной плоскости определяются с помощью генератора случайных чисел, реализующего равномерный закон распределения. Начальные скорости движения элементов стружки равны нулю: $v_{xi}^0 = 0, v_{yi}^0 = 0, v_{zi}^0 = 0$.

Перемещение элементов ограничено границами модельного пространства. На расстоянии 1 м под исследуемой областью вблизи форсунки находится горизонтальная поверхность, ограничивающая движение стружки. Стружка постепенно накапливается на поверхности (рисунок 1, d). Взаимодействие стружки в модели принимается упруго-вязким и описывается дополнительными слагаемыми в уравнениях.

Также движение элементов ограничивают поверхности форсунки и центральной трубы.

В процессе компьютерного эксперимента имитируется вертикальное движение потока свекловичной стружки сечением 8x8 см. До исследуемой области пространства свекловичная стружка движется вниз с постоянной скоростью 0,2 м/с, непосредственно над исследуемой областью пространства скорость стружки не ограничивается, она начинает двигаться с ускорением свободного падения. В исследуемой области пространства поток свекловичной стружки взаимодействует с форсункой и центральной трубой.

Разработанная модель позволяет варьировать большое количество конструктивных и технологических параметров ошпаривателя и механико-геометрических параметров свекловичной стружки. В ходе компьютерного эксперимента модель позволяет определять

большое количество показателей, характеризующих эффективность термохимической обработки стружки: производительность, качество, экономичность. Для дальнейшего теоретического исследования выбраны только наиболее важные входные и выходные параметры (рисунок 5).



Рисунок 5. Входные параметры и выходные характеристики математической модели

Figure 5. Input parameters and output characteristics of the mathematical model

В качестве конструктивных параметров выбраны: α – угол наклона форсунки в вертикальной плоскости; L_ϕ – длина форсунки; D_ϕ – диаметр форсунки.

Эффективность ошпаривателя характеризуется следующими показателями: m_n – масса свекловичной стружки, накопившейся на форсунке (средняя в течение компьютерного эксперимента); t_k – время контакта свекловичной стружки с поверхностями ошпаривателя – форсунками и центральной трубой (среднее в течение компьютерного эксперимента).

Расчет показателей эффективности производили по следующим формулам.

$$m_n = \frac{\Delta t}{t_{кЭ}} \sum_{\tau=1}^{[t_{кЭ}/\Delta t]} m_{Э} \sum_{i=1}^{N_{Э}} \begin{cases} 1, z_{yp1} < z_i < z_{yp2}; \\ 0, z_i < z_{yp1} \text{ или } z_i > z_{yp2}; \end{cases} \quad (4)$$

$$t_k = \frac{1}{N_{Э}} \sum_{i=1}^{N_{Э}} \sum_{\tau=1}^{[t_{кЭ}/\Delta t]} \begin{cases} \Delta t, \text{ если элемент } i \\ \text{контактирует с форсункой;} \\ 0, \text{ если не контактирует;} \end{cases} \quad (5)$$

где Δt – шаг интегрирования дифференциальных уравнений; $t_{кЭ}$ – длительность компьютерного эксперимента; τ – номер шага интегрирования; z_{yp1} и z_{yp2} – уровни ниже и выше форсунки, в пределах которых стружка считается накопившейся на форсунке; $N_{Э}$ – количество элементов стружки; $d_{Э}$ – диаметр элементов стружки.

Накопление свекловичной стружки на форсунках и ее перегрев существенно зависят от геометрических параметров форсунки: угла наклона α , длины L_ϕ и диаметра D_ϕ . Поэтому было исследовано влияние данных параметров на накапливающуюся на форсунке массу m_n и среднее время контакта стружки с поверхностью форсунки t_k .

Наклон форсунок на 10° позволяет вдвое уменьшить массу накапливающейся на форсунках стружки и в 3,5 раза уменьшить время контакта стружки с форсунками. При угле наклона более 25° стружка практически не накапливается на форсунках, а время контакта стружки с форсункой не превышает 0,06 с (рисунок 6).

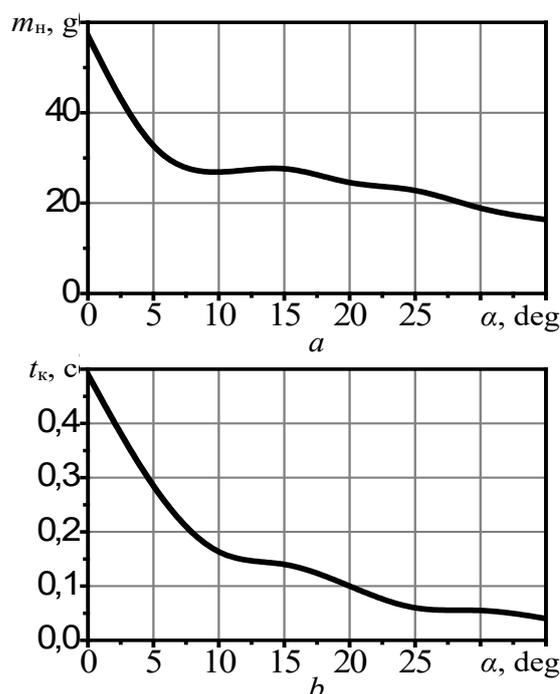


Рисунок 6. Графическая интерпретация зависимости массы накапливающейся на трубке стружки m_n (a) и среднего времени контакта стружки с трубкой t_k (b) от угла наклона форсунки α

Figure 6. Graphical interpretation of the dependence of the mass of chips accumulating on the tube m_n (a) and the average time of contact of the chips with the tube t_k (b) on the angle of inclination of the nozzle α

Независимо от длины форсунок наклон на 20° позволяет в 1,4–2,1 раза снизить массу накапливающейся стружки и в 2,7–8,0 раз уменьшить время контакта стружки с форсункой (рисунок 7).

При увеличении диаметра форсунки влияние угла наклона проявляется значительно: диаметр до 1 см при наклоне форсунки на 20° уменьшает накопление массы в 1,5 раза, время контакта в 3 раза; при диаметре 2–3 см тот же угол наклона снижает накопление стружки на поверхности форсунки в 3 раза, время контакта в 5–8 раз (рисунок 8).

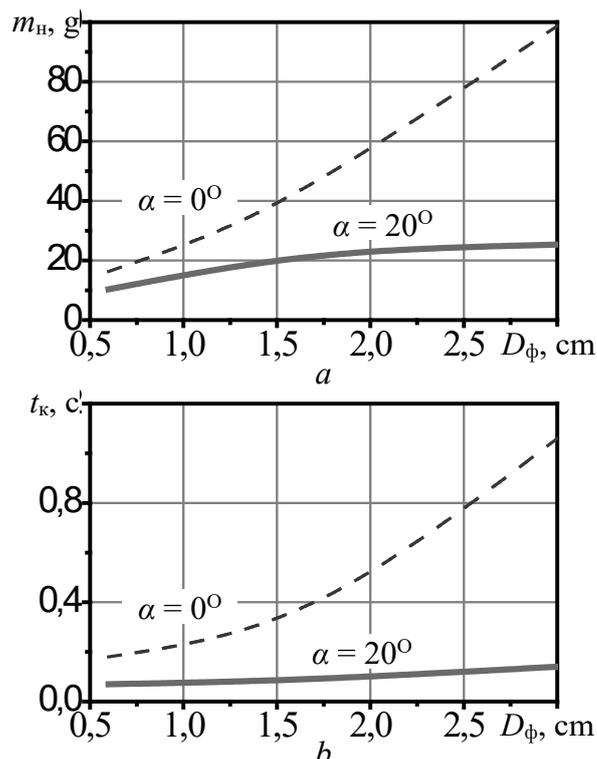
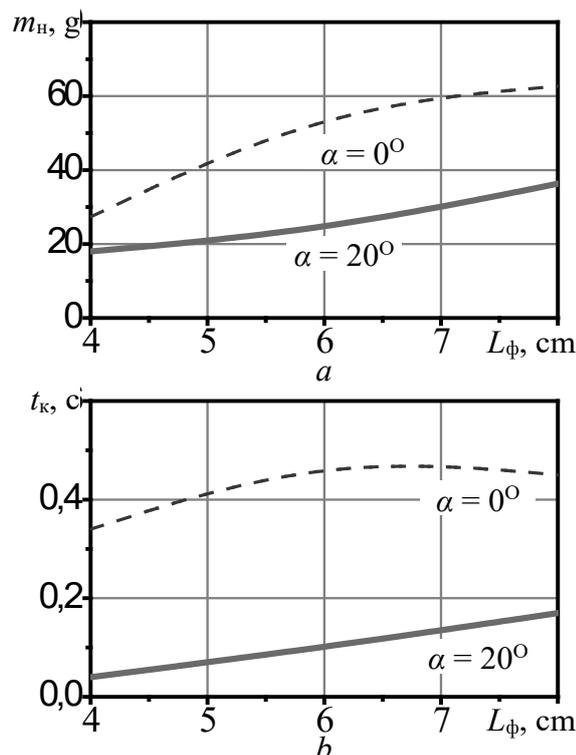


Рисунок 7. Зависимость массы накапливающейся на форсунке стружки m_n (а) и среднего времени контакта стружки с трубкой t_k (б) от длины форсунки L_ϕ

Figure 7. Dependence of the mass of chips accumulating on the nozzle m_n (a) and the average time of contact of the chips with the tube t_k (b) on the length of the nozzle L_ϕ

Заключение

Проведены оценочные испытания образцов свеклы исходной и обработанной жидкостью для электрохимической активации (растворами сульфатов алюминия и аммония) на сжатие, растяжение и изгиб для определения коэффициентов модели.

Разработана программа для ЭВМ, реализующая модель, и позволяющая исследовать

Рисунок 8. Влияние диаметра форсунки D_ϕ на массу накапливающейся на трубке стружки m_n (а) и среднее время контакта стружки с форсункой t_k (б)

Figure 8. Influence of the nozzle diameter D_ϕ on the mass of chips accumulating on the tube m_n (a) and the average contact time of the chips with the nozzle t_k (b)

влияние геометрических параметров форсунок на показатели накопления стружки на форсунках.

Математическая модель взаимодействия свекловичной стружки с внутренней поверхностью ошпаривателя позволяет определить массу стружки, накапливающейся на форсунках, и среднее время контакта стружки с форсунками. Проведенные исследования предназначены для выбора конструктивных характеристик опытных образцов ошпаривателя [15].

Литература

- 1 Голыбин В.А., Федорук В.А., Матвиенко Н.А. Проблемы сезонности производства сахара из свеклы // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 64–69. doi: 10.20914/2310–1202–2020–1–64–69
- 2 Верхола Л.А., Ладановский М.И. Актуальные аспекты проектирования энергоэффективного производства // Сахар. 2017. № 9. С. 28–36.
- 3 Schulze T. et al. A look at technological and technical tower extraction trends sugar industry // Zuckerindustrie. 2015. № 12. P. 748–752.
- 4 Олішевський В.В. и др. Вплив нанокompозиту алюмінію на дифузійні властивості бурякової стружки // Цукор України. 2017. № 5 (137). С. 17–23.
- 5 Nykytiuk T., Olishevskiy V., Babko E., Prokopiuk O. Impact of nanosized aluminum hydroxide on the structural and mechanical properties of sugar beet tissue // Ukrainian Food Journal. 2018. V. 7. № 3. P. 488–498.
- 6 Воробьев Е.И., Майшак Ф. Селективное извлечение сахарозы из свёклы методом электроплазмоллиза и его влияние на технологию сахарного производства // Сахар. 2018. № 4. С. 28–36.
- 7 Sitzmann W., Vorobiev E., Lebovka N. Applications of electricity and specifically pulsed electric fields in food processing: Historical backgrounds // Innovative Food Science & Emerging Technologies. 2016. V. 37. P. 302–311.
- 8 Mhemdi H., Bals O., Vorobiev E. Combined pressing-diffusion technology for sugar beets pretreated by pulsed electric field // Journal of Food Engineering. 2016. V. 168. P. 166–172.
- 9 Решетова Р.С., Городецкий В.О., Бганцева О.Ю., Молотилин Ю.И. и др. Использование кальцийсодержащих реагентов для повышения эффективности экстрагирования сахарозы из тканей корнеплодов свеклы // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2016. № 5-6. С. 34–38.

10 Шекуров В.Н., Михайлова С.Н., Шекуров К.В. Устройство для ошпаривания свекловичной стружки с использованием экологически обеспеченной технологии производства сахара // Вестник технологического университета. 2017. Т. 20. № 8. С. 141-142.

11 Семенов Е.В., Славянский А.А. Расчет процесса обессахаривания свекловичной стружки в диффузионном аппарате // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2017. Т. 7. № 1. С. 98-104.

12 Кухар В.Н. и др. Оптимизация работы диффузионной установки колонного типа методом усовершенствования конструкции ошпаривателя // Сахар. 2018. № 4. С. 64-71.

13 Кульнева Н.Г., Журавлёв А.А., Журавлёв М.В. Моделирование процесса диффузионного извлечения сахарозы с применением термической обработки свекловичной стружки // Сахар. 2019. № 2. С. 48-52.

14 Семенихин С.О., Даишева Н.М., Котляревская Н.И., Усманов М.М. Исследование влияния способов подготовки экстрагента на физико-химические свойства обессахаренной свекловичной стружки // Новые технологии. 2019. Т. 1(47). С. 162-170.

15 Пат. № 2621996, RU, A23N 15/00. Ошпариватель свекловичной стружки / Кульнева Н.Г., Журавлев М.В., Копылов М.В. № 2016110748; Заявл: 24.03.2016; Опубл. 08.06.2017, Бюл. № 16.

References

1 Golybin V.A., Fedoruk V.A., Matvienko N.A. Problems of the seasonality of sugar production from beets. Proceedings of VSUET. 2020. vol. 82. no. 1. pp. 64-69. doi: 10.20914 / 2310-1202-2020-1-64-69 (in Russian).

2 Verkhola L.A., Ladanovsky M.I. Actual aspects of designing energy efficient production. Sugar. 2017. no. 9. pp. 28-36. (in Russian).

3 Schulze T. et al. A look at technological and technical tower extraction trends sugar industry. Zuckerindustrie. 2015. no. 12. pp. 748-752.

4 Olishevsky V.V. Influence of aluminum nanocomposite on diffusion properties of beet chips. Sugar of Ukraine. 2017. no. 5 (137). pp. 17-23. (in Ukrainian).

5 Nykytiuk T., Olishevskiy V., Babko E., Prokopiuk O. Impact of nanosized aluminum hydroxide on the structural and mechanical properties of sugar beet tissue. Ukrainian Food Journal. 2018. vol. 7. no. 3. pp. 488-498.

6 Vorobiev E.I., Maishak F. Selective extraction of sucrose from beets by electroplasmolysis and its influence on the technology of sugar production. Sugar. 2018. no. 4. pp. 28-36. (in Russian).

7 Sitzmann W., Vorobiev E., Lebovka N. Applications of electricity and specifically pulsed electric fields in food processing: Historical backgrounds. Innovative Food Science & Emerging Technologies. 2016. vol. 37. pp. 302-311.

8 Mhemdi H., Bals O., Vorobiev E. Combined pressing-diffusion technology for sugar beets pretreated by pulsed electric field. Journal of Food Engineering. 2016. vol. 168. pp. 166-172.

9 Reshetova R.S., Gorodetsky V.O., Bgantseva O.Yu., Molotilin Yu.I. et al. The use of calcium-containing reagents to increase the efficiency of sucrose extraction from the tissues of beet root crops. News of higher educational institutions. Food technology. 2016. no. 5-6. pp. 34-38. (in Russian).

10 Shekurov V.N., Mikhailova S.N., Shekurov K.V. A device for scalding beet chips using environmentally friendly sugar production technology. Bulletin of the Technological University. 2017. vol. 20. no. 8. pp. 141-142. (in Russian).

11 Semenov E.V., Slavyansky A.A. Calculation of the process of de-sugar beet chips in a diffusion apparatus. Izvestiya vuzov. Applied chemistry and biotechnology. 2017. vol. 7. no. 1. pp. 98-104. (in Russian).

12 Kukhar V.N. et al. Optimization of the operation of a column-type diffusion plant by the method of improving the design of the scalding. Sugar. 2018. no. 4. pp. 64-71. (in Russian).

13 Kulneva N.G., Zhuravlev A.A., Zhuravlev M.V. Modeling of the process of diffusion extraction of sucrose with the use of heat treatment of beet chips. Sugar. 2019. no. 2. pp. 48-52. (in Russian).

14 Semенихин S.O., Daisheva N.M., Kotlyarevskaya N.I., Usmanov M.M. Investigation of the influence of the methods of preparation of the extractant on the physicochemical properties of de-sugar beet chips. New technologies. 2019. vol. 1 (47). pp. 162-170. (in Russian).

15 Kulneva N.G., Zhuravlev M.V., Kopylov M.V. Beet shavings scalding machine. Patent RF, no. 2621996, 2017.

Сведения об авторах

Надежда Г. Кульнева д.т.н., профессор, кафедра технологии бродильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, ngkulneva@ya.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-3802-9071>

Михаил В. Журавлев к.т.н., кафедра кондитерских, сахаристых, субтропических и пищевкусковых технологий, Московский государственный университет пищевых производств, Волоколамское ш., 11, г. Москва, 125080, Россия, zyrav2014@ya.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-1331-0716>

Вклад авторов

Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Nadezhda G. Kulneva Dr. Sci. (Engin.), professor, fermentation and sugar production technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, ngkulneva@ya.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-3802-9071>

Mikhail V. Zhuravlev Cand. Sci. (Engin.), confectionery, sugar, subtropical and food flavoring technologies department, Moscow State University of Food Production, Volokolamskoe sh., 11, Moscow, 125080, Russia, zyrav2014@ya.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-1331-0716>

Contribution

Authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 17/08/2020	После редакции 24/08/2020	Принята в печать 02/09/2020
Received 17/08/2020	Accepted in revised 24/08/2020	Accepted 02/09/2020