

УДК 664.785.8

Доцент С.В. Куцов, студент Ю.С. Прокофьева,
студент А.А. Разгоняева

(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра технологии хранения и переработки зерна.
тел. (473) 255-65-11

Способ управления процессом гидротермической обработки зерна овса

В статье приведен способ управления процессом гидротермической обработки зерна овса при производстве толокна. При использовании схемы управления процессом улучшаются технологические, энергетические и экологические показатели производства. В результате применения способа управления возрастает эффективность использования теплоносителя, и снижаются энергозатраты на процесс термообработки.

The paper presents a method for controlling the hydrothermal treatment process in the production of oat flour. A result of using the method for controlling the hydrothermal treatment is improved technology, energy and environmental performance indicators. A result of application a control method increases efficient use steam and reduces energy consumption for heat treatment process.

Ключевые слова: управление, гидротермическая обработка, зерно овса

Одним из главных путей повышения эффективности использования тепла при решении технологических, энергетических и экологических задач в процессе обработки овса является совершенствование управления процессом гидротермической обработки [1].

Известные способы гидротермической обработки зерна овса имеют недостатки:

- не обеспечивается оперативное управление технологическими параметрами на стадиях процесса гидротермической обработки (включая подачу зерна в замочный чан, замачивание, томление, сушку и обжарку) по информации, получаемой непосредственно с объекта управления в условиях случайных возмущений как со стороны изменения исходных свойств сырья, так и со стороны возможных технологических сбоев оборудования, что в свою очередь не позволяет получить готовый продукт высокого качества;

- не устанавливаются рациональные режимы работы оборудования в зависимости от подаваемых на него нагрузок;

- не обеспечивается точность и надежность управления за счет накладываемых двусторонних ограничений на управляемые параметры и, как следствие, не создаются условия для увеличения выхода готового продукта и экономии теплоэнергетических затрат [2, 3, 4].

Технической задачей разработки схемы управления процессом гидротермической обработки зерна овса является повышение качества готовой продукции, энергетической эффективности, экологической безопасности, точности и надежности управления, снижение удельных теплоэнергетических затрат за счет усовершенствования автоматического контроля и более точного регулирования технологических параметров.

Данная задача может быть решена за счет усовершенствования автоматического управления процессом гидротермической обработки зерна овса при производстве толокна предложенным нами ранее способом.

По предложенному способу производства толокна термическую обработку зерна овса осуществляют в два этапа – сушка и обжарка. Сушку осуществляют воздухом, а обжарку – перегретым паром. Пар, полученный в парогенераторе и перегретый в пароперегревателе, подают в обжарочный аппарат. Отработанный перегретый пар сначала направляют в паровой калорифер для нагрева воздуха, подаваемого в сушилку, а затем в паровые рубашки томильного аппарата и замочного чана. В паровых рубашках теплоноситель и испарившаяся из продукта влага конденсируются, и конденсат отводится в емкость для сбора конденсата. Затем вода из емкости направляется для питания парогенератора. Полученный пар подается в обжарочный аппарат с образованием замкнутого цикла. Часть конденсата исполь-

зуют для промежуточного увлажнения продукта в камере обжарки. Образовавшиеся неконденсирующиеся газы выводятся из контура рециркуляции перегретого пара.

Воздух, подогретый в паровом калорифере отработанным паром, подают в сушилку. Отработанный воздух из камеры сушки направляют в теплонасосную установку для осушения. Затем вентилятором нагнетают в сушилку через паровой калорифер с образованием замкнутого цикла [5, 6, 7].

На рисунке 1 представлена схема, реализующая предлагаемый способ автоматического управления процессом гидротермической обработки зерна овса при производстве толокна.

Схема содержит замочный чан 1, томильный аппарат 2, сушилку 3, обжарочный аппарат 4, емкость для сбора конденсата 5, парогенератор 6, пароперегреватель 7, испаритель теплонасосной установки 8, дублирующий испаритель 9, конденсатор теплонасосной установки 10, компрессор теплонасосной установки 11, вентиляторы 12, 13 и 14, паровой калорифер 15, вентили 16, насос 17, микропроцессор 18. В состав схемы входят также линии для перемещения рабочих сред: 0.2 – влажный продукт, 0.2.1 – высушенный продукт, 0.2.2 – обжаренный продукт, 1.8 – конденсат, 2.1 – отработанный пар, 2.2 – насыщенный пар, 2.3 – перегретый пар, 3.2 – осушенный воздух, 3.3 – рециркуляционный воздух, 3.4 – горячий воздух, 5.1 – неконденсированные газы. В состав схемы входят также датчики и исполнительные механизмы (А, Б, В, Г, Д, Е, Ж, З, И, К, Л, М, Н, О, П, Р, С, Т, У, Ф, Х, Ц, Ч, Ш, Щ, Э, Ю, Я – входные каналы управления, а, б, в, г, д, е, ж, з, и, к, л, м, н, о, п, р, с, т, у, ф, х, ц, ч, ш, щ, э – выходные каналы управления).

Способ автоматического управления процессом гидротермической обработки зерна овса при производстве толокна осуществляется следующим образом.

Подготовленное сырье (овес), вымытое и очищенное, подают в замочный чан 1 по линии 0.2 вместе с водой. За счет подвода отработанного пара с температурой 100-105 °С по линии 2.1 в паровую рубашку замочного чана 1 продукт нагревается до температуры 35-40 °С и выстаивает определенный период, причем продолжительность периода регулируется в зависимости от влажности зерна на входе в чан, а расход пара в паровой рубашке регулируется вентилем в зависимости от температуры зерна на входе в чан.

Далее по линии 0.2 набухший овес поступает в томильный аппарат 2 с паровой рубашкой, в которую по линии 2.1 подается отработанный пар с температурой 100 - 105 °С. Томление овса в аппарате 2 продолжается определенный период, причем продолжительность периода регулируется в зависимости от влажности зерна на входе в аппарат, а расход пара в паровой рубашке регулируется вентилем в зависимости от температуры зерна на входе в аппарат, причем на выходе из томильного аппарата зерно достигает влажности 24-26 %. Конденсат из паровых рубашек замочного чана 1 и томильного аппарата 2 отводится по линии 1.8 в емкость для сбора конденсата 5. Продукты терморазложения – канцерогены непрерывно выводят с неконденсированными газами по линии 5.1, создавая при этом экологически безопасные условия в технологии производства толокна высокого качества.

Овес из томильного аппарата 2 поступает в сушилку 3, где сушится воздухом, поступающим по линии 3.4, с температурой 85 - 95 °С до влажности 14 - 12 %, причем расход регулируется вентилятором 12, температура воздуха регулируется паровым калорифером 15 в зависимости от температуры и влажности продукта в сушилке. Воздух, подаваемый по линии 3.4 в сушилку 3, нагревается в паровом калорифере 15 отработанным паром с температурой 115 - 120 °С поступающим по линии 2.1, причем расход пара регулируется вентилем, направляя часть потока в пароперегреватель 7 с образованием замкнутого цикла, в зависимости от температуры воздуха на выходе из калорифера. Отработанный рециркуляционный воздух после сушилки по линии 3.3 направляют на осушение в испарители 8 и 9 теплонасосной установки. Выброс или подпитка воздуха осуществляется через линию 3.1 при помощи клапана в зависимости от расходов воздуха на входе в сушилку и входе в теплонасосную установку. Конденсат из испарителей 8 и 9 отводится через линию 1.8. Осушенный воздух после испарителей 8 и 9 подают сначала на конденсатор 10, где он подогревается до температуры 50-60 °С, а затем по линии 3.2 вентилятором 12 в паровой калорифер 15, где нагревается до температуры 85-95 °С.

Высушенный продукт по линии 0.2.1 подается в обжарочный аппарат 4, где перегретым паром, поступающим по линии 2.3, с температурой 120-125 °С обжаривается до влажности 4-5 %. Температура продукта в обжарочном аппарате не должна превышать

70-75 °С. Перегретый пар в обжарочный аппарат подают вентилятором 13, с давлением, регулируемым в зависимости от влажности и температуры подаваемого зерна и этапа работы аппарата (загрузка, обжарка, увлажнение, выгрузка), причем интенсивность нагрева пара в пароперегревателе 7 зависит от работы вентилятора 13. Воду для увлажнения зерна в обжарочный аппарат подают насосом 17 из емкости для сбора конденсата с регулировкой напора в зависимости от этапа работы аппарата, температуры и влажности подаваемого на обжарку зерна.

Из ёмкости для сбора конденсата 5 конденсат по линии 1.8 поступает в парогенератор 6 с электронагревательными элементами, предохранительным клапаном давления, датчиком уровня и системой регулируемых кранов через кран в зависимости от уровня воды и давления в парогенераторе. Электронагревательные элементы работают в зависимости от давления пара в парогенераторе и расхода пара на выходе из пароперегревателя 7. Перегрев пара атмосферного давления осуществляют в электрическом пароперегревателе 7 с несколькими контурами ТЭНов, работающими в зависимости от температуры пара, поступающего в обжарочный аппарат.

Обжаренный продукт по линии 0.2.2 поступает на зерновой постав [8].

Дальнейшая обработка овса при производстве толокна ведется по костромскому способу, сущность которого заключается в следующем. При замочке, томлении и, главным образом, при высушивании овса оболочка его (пленка) и ядро набухают и теряют влагу неравномерно, в связи с чем в зерне создаются напряжения, способствующие отделению пленки от ядра. Это облегчает процесс обрушивания овса - снятие с него пленки. С постава обрушенный овес направляют на центрифугальную щеточную машину для отделения мучели и с нее на лузговейку для отбора лузги (пленки). Освобожденный от мучели и пленки овес поступает на крупотделительную машину, где от него отбирают необрушенные зерна. Очищенный овес размалывают по схеме простого повторительного помола на вальцовом станке с вымолом последней фракции на жерновом поставе. Для размола применяют первую пару валков, имеющих 10 рифлей на 1 см, и вторую пару - гладкие валки. Продукты размола разделяют на рассеве с шелковыми ситами № 29 и 32. Готовый продукт расфасовывают в коробки из картона по 250-300 г [9].

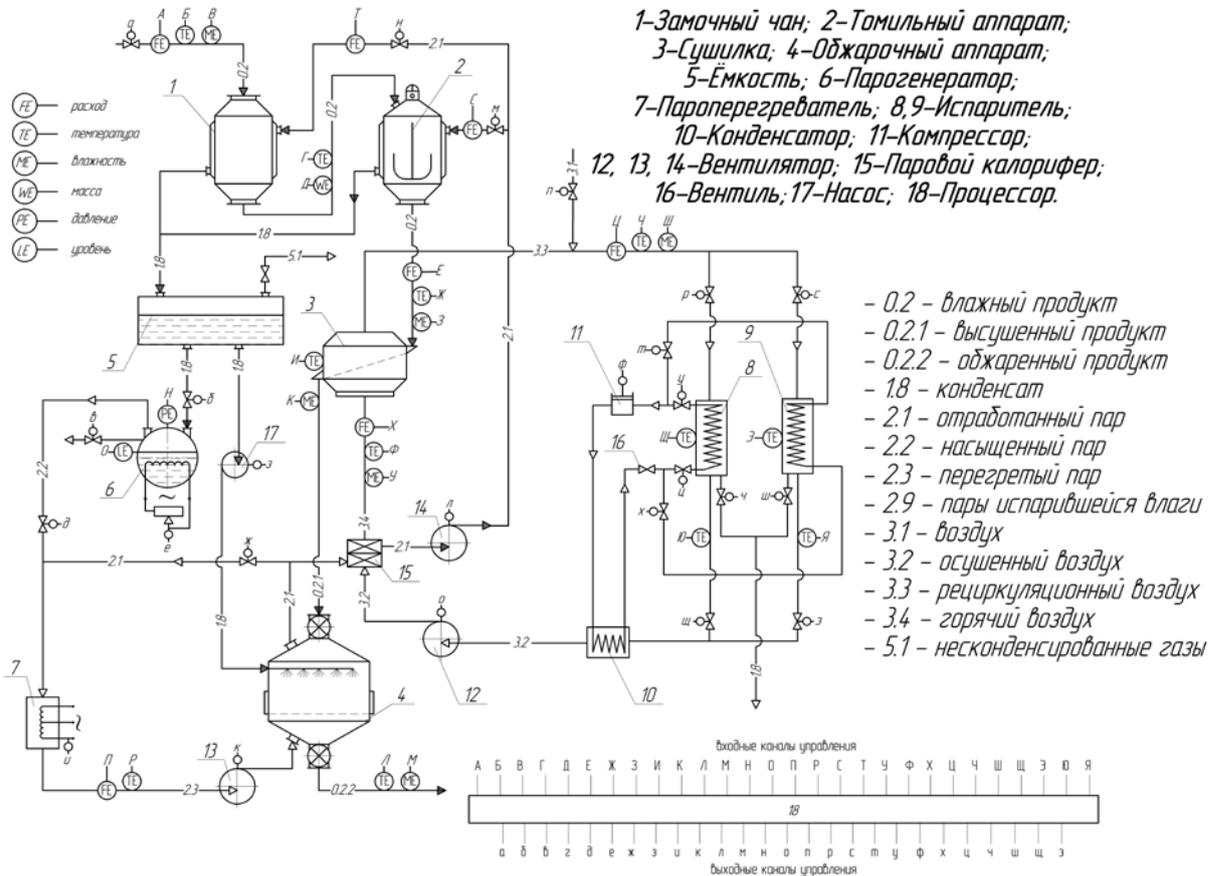


Рисунок 1 – Схема управления процессом гидротермической обработки зерна овса

В таблице 1 приведены некоторые показатели толокна, полученного предложенным способом с применением схемы управления процессом гидротермической обработки зерна овса и без применения.

Т а б л и ц а 1

Характеристики толокна

Характеристики толокна	Без применения схемы управления процессом	С применением схемы управления процессом
Влажность, %	5,00	5,00
Органолептические свойства:		
вкус	свойственный толокну, сладковатый	свойственный толокну, равномерно сладковатый
цвет	кремовый, однотонный	стабильный кремовый, однотонный
запах	солодовый	солодовый
Срок хранения, мес.	6	7

Исследование показателей качества толокна проводили в соответствии с ГОСТ 2929–75 «Толокно овсяное». Оно было исследовано по органолептическим, физико-химическим и химическим показателям. Определение указанных показателей позволяет выявить структурные изменения в овсе, происходящие в процессе его сушки и обжарки, а также оценить качество полученного продукта.

Отбор проб проводили по ГОСТ 13586.3; определение органолептических показателей – по ГОСТ 13340.1-77; определение влажности – по ГОСТ 28561-90.

Исследования качества толокна, полученного предложенным способом с применением схемы управления процессом гидротермической обработки зерна овса и без применения, показали повышение устойчивости органолептических показателей, увеличение срока хранения при других равных условиях.

Таким образом, предлагаемый способ автоматического управления процессом гидротермической обработки зерна овса при производстве толокна имеет следующие преимущества:

- улучшение вкусовых качеств готовой продукции за счет равномерной активизации одорирующих веществ, непрерывного вывода из контура рециркуляции несконденсирован-

ных газов, образовавшихся в результате терморазложения клеточной системы зернового сырья и имеющих высокое содержание канцерогенных углеводов, а также за счет уменьшения массовой доли угара благодаря комбинированной технологии термообработки, обеспечивающей предварительную сушку воздухом и обжарку перегретым паром без чрезмерного воздействия высоких температур с постепенным снижением влажности зернового сырья и автоматизированному управлению процессами;

- увеличение срока хранения готового продукта за счет уменьшения окисления жиров в процессе регулируемой автоматически термообработки;

- интенсификация процесса за счет более быстрого влагообмена при обжарке с автоматическим поддержанием заданной температуры продукта;

- снижение энергозатрат на процесс термообработки за счет применения циклической схемы использования пара с этапами генерации, перегрева, охлаждения, конденсации регулируемой автоматически, и замкнутого цикла использования воздуха с применением теплонасосной установки;

- создание экологически чистой, ресурсосберегающей технологии получения толокна за счет утилизации и рекуперации теплоты отработанного перегретого пара при обжарке, рационального использования теплоты сушильного агента при сушке за счет своевременного регулирования, использования отработанного перегретого пара и сушильного агента как источников вторичных энергоресурсов для сушки и нагрева.

Использование схемы управления гидротермической обработкой зерна овса в производственных условиях позволят решить некоторые поставленные перед зерноперерабатывающей промышленностью задачи. Основными достоинствами схемы управления является работа ТЭНов в зависимости от температуры рабочего пара; возможность отвода отработанного пара в паровой калорифер для нагрева воздуха или к пароперегревателю; подача вторичного пара в паровые рубашки в режиме замкнутого контура.

В таблице 2 приведены основные преимущества использования предложенного способа управления процессом гидротермической обработки зерна овса при производстве толокна [10, 11].

Основные преимущества использования предложенного способа управления гидротермической обработкой овса

Технологические	Энергетические	Экологические
- снижение угара и придания аромата вследствие активизации одоризирующих веществ, применение более мягких, «щадящих» режимов сушки и равномерной обжарки, за счет своевременного регулирования температуры; - достижение более высокой производительности за счет интенсивного протекания процесса вследствие использования активных гидродинамических режимов и гибкого регулирования расхода теплоносителя.	- повышение энергетической эффективности за счет регулирования утилизации и рекуперации теплоты отработанного перегретого пара при обжарке, рационального использования теплоты воздуха при конвективной сушке, использования конденсата отработанного перегретого пара, как источника вторичных энергоресурсов для нагрева воды в замочном чане и томильном аппарате.	- регулирование рационального использования отработанного перегретого пара и сушильного агента как источников вторичных энергоресурсов для сушки и нагрева с образованием замкнутого цикла, без выбросов в окружающую среду.

Таким образом, установлено, что овес, обжаренный по предлагаемой технологии, с применением схемы управления процессом гидротермической обработки и без применения обладает хорошими органолептическими, физико-химическими, потребительскими свойствами и имеет высокую пищевую ценность. Однако при использовании схемы управления процессом гидротермической обработки повышается устойчивость качества продукта, снижаются удельные энергозатраты и улучшается экологическая составляющая производства.

ЛИТЕРАТУРА

1 Куцов, С. В. Решение технологических, энергетических и экологических задач в процессе гидротермической обработки овса [Текст] / С. В. Куцов, А. В. Дранников // Материалы XLVII отчетной научной конференции за 2008 г. – Ч.2. – 2009. – С. 157-158.
 2 Шевцов, С. А. Кинетика процесса сушки овса воздухом и перегретым паром ат-

мосферного давления [Текст] / С. А. Шевцов, С. В. Куцов // Хранение и переработка сельхозсырья – 2007. – № 7. – С. 34 – 36.

3 Шевцов, С. А. Математическое моделирование процесса обжарки овса перегретым паром [Текст] / С. А. Шевцов, С. В. Куцов, Е. А. Острикова // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2008. – №3 – С. 10-12.

4 Куцов, С. В. Физико-математическое моделирование процесса обжарки зерна овса [Текст] / С. В. Куцов, А. В. Дранников // Вестник ВГТА, – 2008. – № 1 – С. 26–30.

5 Пат. 2329102 Российская федерация. Способ производства толокна и технологическая линия для его осуществления [Текст] / С. В. Куцов, С. А. Шевцов, Е. А. Острикова; заявитель и патентообладатель Воронежская государственная технологическая академия.; опубл. 20.07.2008.

6 Куцов, С. В. Вопросы энергосбережения в процессе гидротермической обработки овса [Текст] / С. В. Куцов, В. А. Дятлов, М. Н. Гавриков и др. // Материалы III Международной научно-технической конференции «Инновационные технологии и оборудование для пищевой промышленности» (приоритеты развития) 2009. - Т. 2. – С. 261-264.

7 Кретов, И. Т. Технологическое оборудование предприятий пищевого концентратной промышленности [Текст] / И. Т. Кретов, А. Н. Остриков, В. М. Кравченко – Воронеж.: Издательство ВГУ, 1996. – 448 с.

8 Пат. 2471558 Российская федерация. Способ автоматического управления процессом гидротермической обработки зерна овса при производстве толокна [Текст] / Куцов С. В.; заявитель и патентообладатель Воронежская государственная технологическая академия.; опубл. 10.01.2013.

9 Бачурская, А. Д. Пищевые концентраты. Современная технология [Текст] / А. Д. Бачурская, В. Н. Гуляев. – М.: Пищевая промышленность, 1976 – 335 с.

10 Куцов, С. В. Комплексная оценка качества обжаренного овса [Текст] / С. В. Куцов // Вестник ВГТА. – 2008. – №3 – С. 37 – 43.

11 Куцов, С. В. Оборудование для сушки и обжарки зерна овса [Текст] / С. В. Куцов, Ф. М. Филяев // Материалы Международной научно-технической конференции «Биологические системы в производстве пищевого сырья и продуктов: инновационный потенциал и перспективы развития» – Воронеж: ВГУИТ, 2011. – С. 238-240.

REFERENCES

1 Kutsov, S. V. The solution technological, energy and environmental problems in the hydrothermal treatment of oats [Text] / S. V. Kutsov, A. V. Drannikov // Proceedings of the XLVII reporting scientific conference in 2008 - Part 2. - 2009. - P. 157-158.

2 Shevtsov, S. A. Kinetics of drying air oats and superheated steam at atmospheric pressure [Text] / S. A. Shevtsov, S. V. Kutsov // Storage and processing of agricultural raw materials - 2007. - № 7. - P. 34 - 36.

3 Shevtsov, S. A. Mathematical modeling of roasting oats superheated steam [Text] / S. A. Shevtsov, S. V. Kutsov, E. A. Ostrikova // Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences. - 2008. - № 3 -P. 10-12.

4 Kutsov, S. V. Physical and mathematical modeling of the process of roasting grain oats [Text] / S. V. Kutsov, A. V. Drannikov // Bulletin of VSTA - 2008. - № 1 - P. 26-30.

5 Pat. 2329102 Russian Federation. A method of producing oat flour and production line for its implementation [Text] / S. V. Kutsov, S. A. Shevtsov, E. A. Ostrikova; applicant and patentee of the Voronezh State Technological Academy; publ. 20.07.2008.

6 Kutsov, S. V. Energy saving in the process of hydrothermal treatment of oats [Text] /

S. V. Kutsov, V. A. Dyatlov, M. N. Gavrikov, et al // Proceedings of the III International Scientific and Technical Conference "Innovation technology and equipment for the food industry "(development priorities) 2009. – V. 2. - P. 261-264.

7 Kretoy, I. T. Technological equipment for industry enterprises food concentrates [Text] / I. T. Kretoy, A. N. Ostrikov, V. M. Kravchenko - Voronezh.: Publishing house VSU, 1996. - 448 p.

8 Pat. 2471558 Russian Federation. The method of automatic process control hydrothermal treatment in the production of oat oatmeal [Text] / Kutsov S. V.; applicant and patentee Voronezh State Technological Academy; publ. 10.01.2013.

9 Bachurskaya, A. D. Additives. Modern technology [Text] / A. D. Bachurskaya, V. N. Gulyaev. – M.: Pyshevaya promyshlennost, 1976 - 335 p.

10 Kutsov, S. V. Complex assessment of the quality of roasted oats [Text] / S. V. Kutsov // Bulletin of VSTA. - 2008. - № 3 - P. 37 - 43.

11 Kutsov, S. V. Equipment for drying and roasting grain oats [Text] / S. V. Kutsov, F. M. Filyaev // International scientific conference "Biological systems in the production of food products and raw materials: innovative potential and Prospects for Development " – Voronezh: VSUET, 2011. - P. 238-240.