РАЗДЕЛ XIV. РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Шувалов А.М., Машков А.Н.

Снижение затрат энергии при термической обработке сои

*ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»
(Россия, Тамбов)*

doi: 10.18411/sr-10-06-2021-36

Аннотация

В условиях постоянного роста цен на потребляемую энергию и конкуренции на внутреннем рынке у сельских товаропроизводителей существует проблема по снижению энергозатрат, так как они составляют существенную долю в себестоимости сельскохозяйственной продукции. Особенно велики затраты энергии при термической обработке мясомолочной продукции и зерна. Снизить затраты энергии на тепловые цели можно вторичным отбором теплоты и использованием её в конкретном технологическом процессе. Для расчета параметров рекуператора теплоты, вторично использующего тепловую энергию от термически обработанной сои, представлена методика инженерного расчета.

Ключевые слова: соя, термическая обработка, теплообменник, тепловой поток.

Abstract

In the context of a constant rise in prices for consumed energy and competition in the domestic market, rural producers face the problem of reducing energy costs, since they constitute a significant share in the cost of agricultural products. The energy consumption is especially high during heat treatment of meat and dairy products and grain. It is possible to reduce energy consumption for thermal purposes by the secondary extraction of heat and its use in a specific technological process. To calculate the parameters of a heat recuperator that re-uses thermal energy from thermally treated soybeans, an engineering calculation methodology is presented.

Keywords: soybeans, heat treatment, heat exchanger, heat flow.

Общеизвестно, что традиционные способы производства протеина животного происхождения в кормах уже исчерпали себя, возникает потребность пополнения белка в кормах более простым и дешевым способом, и по возможности производить добавки прямо в собственном хозяйстве. Многими исследованиями доказано, что одним из способов решения этой проблемы является замена животных белков, используемых в наше время в животноводстве в качестве добавки в корм, белком растительного происхождения. Учеными выявлено, что соя является наиболее подходящим заменителем животного белка. В зерне сои содержится 30-45% протеина, до 20% жира, а так же витамины А, В, С, D, Е, РР. По этим показателям белок сои близок к животным белкам. Однако зерно сои нельзя скармливать животным без предварительной обработки, так как потребление ее животными может оказаться опасным. В основном это происходит из-за содержания в зерне сои трипсина, аллергенов, уреазы и др. В организме животного они блокируют пищеварительные ферменты и тем самым снижают перевариваемость белков, а также вызывают гипертрофию поджелудочной железы и задержку роста животных [1].

Проведенные информационно-патентные исследования показали, что для удаления антипитательных веществ наилучшей эффективностью обладает гидротермическая обработка сои. Также многие авторы отмечают необходимость не просто нагревать зерно сои до определенной температуры, но и выдерживать его при

этой температуре заданное время. Кроме того необходимо так же перед началом термической обработки увлажнять сою. Параметрами, существенно влияющими на ход технологического процесса, являются температура, влажность и продолжительность термической обработки зерна сои [2].

К настоящему времени учеными разработано много способов и технологических приемов удаления вредно действующих веществ из зерна сои. Основными недостатками их являются сложность выполнения технологического процесса обработки сои, высоко затратные и энергоемкие, низкая производительность и большие затраты труда [3, 4, 5].

Результаты информационно-патентных исследований указали на необходимость разработки нового способа обработки сои и создание перспективного технического средства с системой энергообеспечения, позволяющей осуществлять двухсторонний нагрев сои и как следствие – перераспределить тепловые потоки и повысить равномерность прогрева по объему зерна, качество обработки, производительность установки и снизить удельные затраты электроэнергии [2, 3, 6-7]. Однако термообработка и новым способом так же энергозатратная.

Общеизвестно, что во многих отраслях народного хозяйства России и за рубежом, там где позволяют технологии, применяют рекуперацию теплоты для вторичного использования её в различных технологических процессах. Существует бесконечное множество способов и технических средств вторичного отбора теплоты. Отметим лишь, что каждый способ и конструктивное исполнение устройства учитывает особенности технологического процесса и применить их к конкретной технологической установке для термической обработки сои не возможно.

Так как термическая обработка сои проводится при высокой температуре (120 – 135 °C), то дополнительную экономию энергии можно обеспечить отбором теплоты от неё в терматоре: в специальном теплоизолирующем бункере с рекуператором теплоты. Однако для конструктивного исполнения рекуператора теплоты необходимо провести расчет его параметров.

Конкретным способом вторичного использования теплоты от темперированной сои является нагрев воды для её увлажнения. Следует отметить, что при температуре воды 10...20 °C увлажнение длится в зависимости от исходной влажности от 1 до 5 часов. Исследования показали, что сократить время увлажнения в 3...5 и более раз можно, если увлажнять подогретой водой до 60...80 °C. Так как отстой сои в терматоре (специальным теплоизолированным бункере) длится 15 мин., то подогрев воды для её увлажнения можно осуществлять в нём от горячей сои, рекуператором – устройством, воспринимающим теплоту от горячей сои. В результате достигается двойной эффект: экономия энергии и уменьшение времени увлажнения сои [3].

С учетом конструктивного исполнения терматора целесообразно применить рекуператор с теплообменной пластиной (рис 1), установленной в нижней части терматора (рис.2).

Рисунок 1. Теплообменная пластина для рекуператора теплоты

В полость пластины подается холодная вода, за счет передачи теплоты в температуре от горячих бобов и частично от пара нагретой и увлажненной сои через стенку теплообменника вода нагревается.

Экспериментальные исследования показали, что влажность

Рисунок 2. Конструктивная схема температуратора (13) с размещенными в нём соей (14) и теплообменной пластиной (15) рекуператора теплоты.

Термически обрабатываемая соя должна быть на уровне 20%. Определим потребность воды на увлажнение бобов. Примем исходную влажность бобов 10% (со склада хранения). Тогда для увлажнения до 20% массе бобов равной производительности (240 кг/ч) потребуется 24кг/ч. Чтобы нагреть это количество воды с 10 до 80 °С потребуется теплоты

$$Q_v = 1,16 \cdot 10^{-3} \cdot c \cdot m \cdot (t_k - t_n) = 1,95 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Чтобы отобрать теплоту от зерна нагретой сои необходимо определить параметры теплообменного устройства – рекуператора теплоты.

Тепловой поток через стенку теплообменника определится

$$Q_T = k \cdot F_T \cdot (t_1 - t_2)$$

где Q_T – тепловой поток поступающий через стенку теплообменника, Вт; F_T – поверхность теплопередачи теплообменника, м²; t_1 – средняя температура паровоздушной смеси и соприкасаемой нагретой сои, $t=70$ °С; t_2 – температура воды, подаваемой в теплообменник, $t=10$ °С.

Коэффициент теплопередачи $K = 0,11 \text{ кВт/м}^2 \text{ С}$ принят по аналогии как у бестенового источника тепла, в котором с одной стороны теплопередающей стенки передается тепло от паровоздушной смеси, с другой стороны от этой стенки нагревается вода [5].

Определим теплопередающую поверхность теплообменника, требуемую для передачи теплоты 1,95 кВт·ч на нагрев воды, используемой для увлажнения сои.

При известном коэффициенте теплопередачи формула для определения поверхности теплообмена имеет вид

$$F_T = \frac{q_T}{K(t_{cp} - t_n)}$$

В данном случае $q_T = Q_T$, то есть теплота передаваемая за 1 час соответствует тепловому потоку, тогда $F_T = 0,295 \text{ м}^2$

Следует отметить, что теплообменник должен быть размещен в оставшейся пирамидальной части температуратора ниже массы темперируемой сои. Это условие

должно выполняться, чтобы не допускать снижения температуры сои в верхней части терматора. Исходя из расчетной величины теплопередающей поверхности и габаритов нижней части терматора размеры теплообменной пластины приняты: высота – 0,3 м, длина – 0,5 м, то есть поверхность теплопередачи равна

$$F=0,3\cdot0,5\cdot2=0,3\text{ м}^2$$

Экспериментальный образец теплообменника выполнен с этими размерами.

Выводы: 1. Определены тепловой поток и масса воды, необходимые для нагрева и увлажнения сои. 2. Для установки гидротермической обработки сои производительностью 240 кг/ч теплообменная поверхность рекуператора теплоты равна 0,3 м².

1. Шувалов, А.М. Снижение антипитательных факторов в семенах микронизированной полножирной сои / А.М. Шувалов, Д.С. Чернов, Г.М. Шулаев, Н.А. Вотановская, Р.К. Милушев // Труды 8-й Международной научно-технической конференции «Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве». – М.: ГНУ ВИЭСХ, ч.2. – 2012. – с. 59-62.
2. Патент на изобретение №2615004 РФ.МПК А23L 11/00. Способ обработки полножирных соевых бобов. /Шувалов А.М., Чернов Д.С. Шулаев Г.М.,Машков А.Н.; заявитель и патентообладатель ГНУ ВНИИТиН.-№2015153579, заяв.14.12.2015; опубл.03.04.2017. Бюл.№10.
3. Патент на изобретение №2694408 РФ. СПК В02В 5/00.Устройство для темперирования зерна сои / Шувалов А.М., Машков А.Н., Тихомиров Д.А.; заявитель и патентообладатель ФГБНУ ВНИИТиН. Опубл.12.07.2019.Бюл.№20.
4. Шувалов, А.М. Определение рациональных параметров гидротермической обработки полножирной сои на основе характера распределения тепла в зерне / А.М. Шувалов, Д.С. Чернов, Г.М. Шулаев, Н.А. Вотановская // Труды 9-ой Международной научно-технической конференции «Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве». – Москва, ГНУ ВИЭСХ, ч.2. – 2014. –с. 181–185.
5. Шувалов, А.М. Машков А.Н. Вторичное использование теплоты в варочных аппаратах многофункциональной блочно-моульной установки для крестьянских хозяйств / А.М. Шувалов, А.Н. Машков // Инновации в сельском хозяйстве. 2018. №2 (27). С.268-271
6. Шувалов, А.М. Определение энергетических параметров установки для термической обработки сои / А.М. Шувалов, Д.С. Чернов // Материалы Международной научно-технической конференции «Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве». – Минск, НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, том 2. – 2013. – с. 289-292.
7. Машков, А.Н. Перспективы применения комбинированного электронагрева зерна сои для удаления антипитательных веществ / А.Н. Машков, А.М. Шувалов, Д.С. Чернов, В.Ф. Калинин. // Вестник ВИЭСХ. – 2014. – №3. – с. 75–77.