

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ФУНКЦИОНАЛЬНО-СТОИМОСТНОГО АНАЛИЗА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМ ПЕРЕРАБОТКИ ЗЕРНА С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОЗАТРАТ

В.В. Аксенов, А.К. Гладков, Е.Г. Порсев

В статье рассмотрено применение методов функционально-стоимостного анализа (ФСА) с целью оптимизации технологий и снижения энергозатрат переработки зернового сырья на кормовые патоки.

Ключевые слова: функционально-стоимостной анализ, зерновое сырьё, кормовые патоки, энергосбережение.

При проектировании систем переработки зерна для обоснования целесообразности строительства традиционно применяют расчёт технико-экономической эффективности. Однако, эта методика не всегда позволяет правильно оценить аспекты экономики совместно с энергосбережением. Методика ФСА позволяет оптимизировать систему по нескольким критериям.

Цель метода ФСА может быть сформулирована как выявление в объектах исследования излишней стоимости и энергопотребления и нахождение путей их уменьшения [1-3].

Задачами ФСА, являются: достижение наилучшего соотношения между потребительской стоимостью объекта и затратами на его разработку; снижение себестоимости выпускаемой продукции и повышение её качества; снижение эксплуатационных и транспортных расходов; снижение материалоемкости, трудоёмкости, энергоёмкости и фондоемкости объекта; повышение производительности труда; замена дефицитных, дорогостоящих и импортных материалов; сокращение или ликвидация брака; устранение узких мест и диспропорций.

При проведении ФСА на этапе проектирования и технологической подготовки производства решаются следующие задачи [4-7]:

- отработка конструкции на технологичность, надежность и ремонтпригодность;
- разработка оптимальных технологических процессов;
- выбор надежных средств технического оснащения;
- совершенствование технологии производства;
- совершенствование структуры и отдельных видов технического оснащения;

- организация энергосберегающего производства.

Анализируемый объект – технологическая линия по производству кормовых паток из зернового крахмалосодержащего сырья [8-9].

В результате проведенных исследований и анализа полученных экспериментальных данных, разработана и запатентована принципиально новая технология глубокой переработки зерновых крахмалосодержащих кормовых сахаропродуктов с содержанием легкоусвояемых сахаров от 16 до 31 %, основанная на гидроимпульсном воздействии на сырьё [8-11].

Предлагаемый способ биоконверсии зерновых крахмалосодержащих осуществляется за счет технических средств, на которых все технологические операции скоординированы и представляют единый технологический процесс: от очистки и активации используемой воды до хранения готовой продукции.

Производительность действующих технологических линий составляет до 15 т в смену (с возможностью увеличения производительности). Общая установленная на линии электрическая мощность 35 кВт, энергопотребление ~ 15 – 17кВт·час на одну тонну произведенной продукции.

Технология переработки зерновых крахмалосодержащих на кормовые патоки состоит из 5 этапов: подготовка зерна, подготовка воды, получение водно-зерновой суспензии, ферментативное разжижение полученной суспензии, ферментативное осахаривание зернового крахмала (рисунок 1).

Подготовка зернового сырья заключается или в измельчении зерна до фракции дроблёнки. Подготовка воды необходима с одной стороны для ее очистки от тяжелых металлов, в первую очередь от железа, свин-

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ФУНКЦИОНАЛЬНО-СТОИМОСТНОГО АНАЛИЗА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМ ПЕРЕРАБОТКИ ЗЕРНА С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОЗАТРАТ

ца, хрома и т.п., органических примесей, а также для корректировки pH среды, так как оптимальные результаты для ферментативного гидролиза зерновых крахмалов наблюдаются при значениях pH от 4,0 до 5,5. Для этого водные растворы подвергают электродиализу с отбором кислой фракции электроактивированной воды, имеющей заданные значения pH.

Смешивание измельченного зерна с подготовленной водой ведут в специальном аппарате роторно-пульсационном диспергаторе (РПД). Соотношение воды и зернового сырья зависит от вида последнего и лежит в диапазоне: сырье/вода = 0,75... 1,5/3.

После внесения дробленого зерна смесь перемешивают в гомогенизаторе в течении 1-2 ч. В ходе перемешивания происходит разо-

грев массы до 60...75 °С и гомогенизация водно-зерновой суспензии. При нагревании суспензии происходит желатинизация крахмала, находящегося в зерне, в результате чего вязкость раствора значительно повышается. Для разжижения суспензии добавляют амилолитические ферменты. После разжижения вносят глюкоамилазный препарат и проводят осахаривание крахмала. Общая продолжительность процесса зависит от вида сырья и составляет 5...7 ч.

В результате такой обработки зернового сырья получают кормовые смеси содержащие легкоперевариваемые углеводы (ЛПУ): глюкозу и мальтозу с сохранением биологической активности остальных компонентов зерна (клетчатки, белков, жиров, витаминов, макро- и микроэлементов).

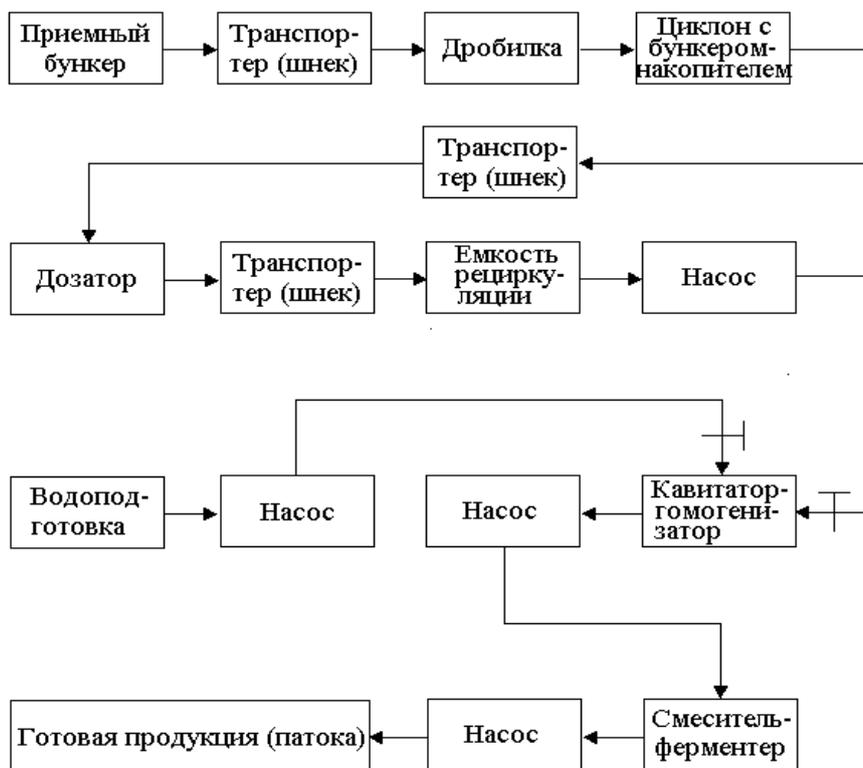


Рисунок 1 – Структурная схема линии производства кормовой патоки из зерна

В каждом из этих устройств можно выделить общие структуры, которые близки по конструктивному исполнению (емкости, транспортеры, насосы и др.). По функциональному назначению необходимо их подразделять на рабочие органы, осуществляющие воздействие на продукт, источник энергии, управление потоком энергии и среду, по которой энергия передается.

Выполнение устройствами и их механизмами своих функций может сопровождаться нежелательными эффектами (НЭ). Анализ работы линии позволил выявить и классифицировать эти нежелательные эффекты, и непосредственные их источники представлены на рисунке 2.

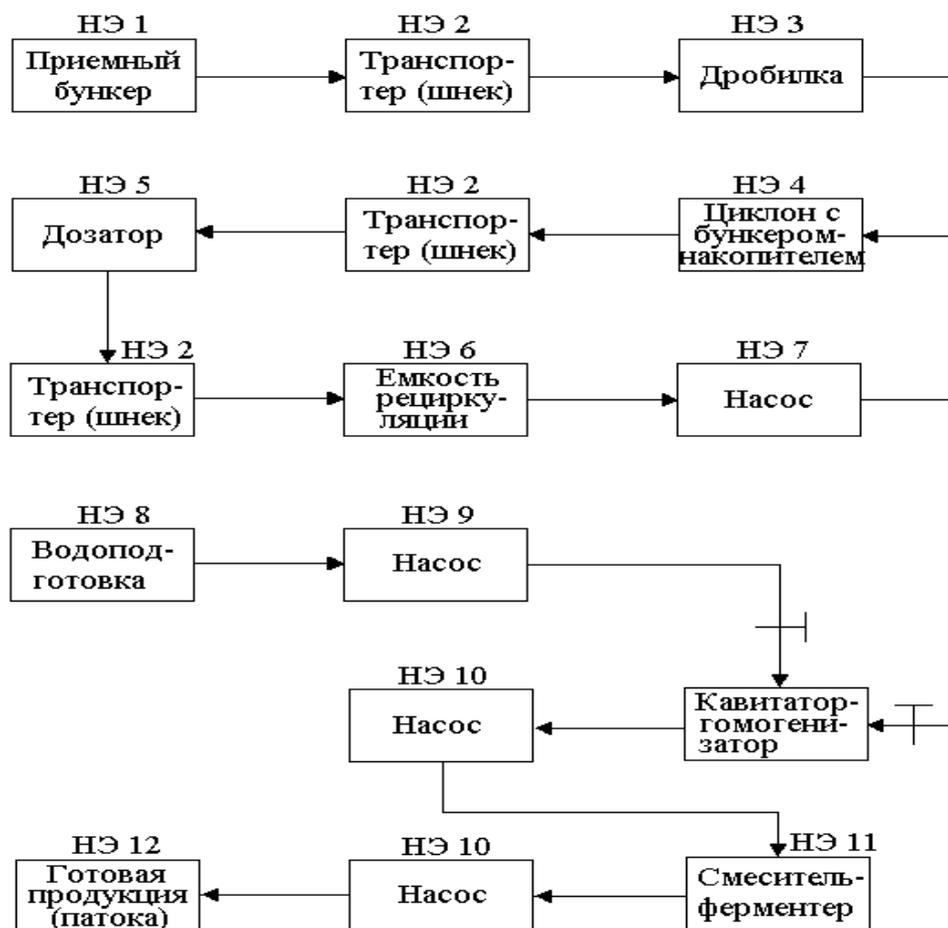


Рисунок 2 – Источники нежелательных эффектов

Проведенный анализ по классификации функций, выполняемых устройствами линии, позволил разделить их на основные (О) и вспомогательные (В) (рисунок 3).

Для совместного рассмотрения технологических процессов, функций (основных и вспомогательных), выполняемых устройствами линии и возникающих при этом нежелательных эффектов требуется их совмещение. Результаты совмещения отражены на рисунке 3.

Анализ полученных данных позволяет перейти к свертыванию функций. Свертывание конструкции производится с целью повышения идеальности анализируемого изделия или технологии в соответствии с объективными закономерностями развития технических систем.

Процедура свертывания конструкций заключается в последовательном рассмотрении элементов структурно-элементной схемы изделия и выяснении возможности функционирования изделия без рассматриваемого элемента. При свертывании конструкции ставит-

ся задача ликвидировать все элементы-носители ненужных и вспомогательных, а по возможности и основных функций. При этом полезные функции свернутых элементов (основные и вспомогательные) передаются оставшимся элементам конструкции или технических средств.

При свертывании техпроцесса ставится задача ликвидировать все его составляющие – носители ненужных и вспомогательных, а по возможности и основных функций. При этом полезные функции свернутых операций (основные и вспомогательные) передаются оставшимся элементам процесса. При свертывании техпроцесса рассматриваемую технологическую операцию можно не выполнять:

- за счет предшествующих операций, включая поставку материала (вариант 1);
- за счет последующих операций, включая сборку (вариант 2).

После учета вышеизложенного, проведено свертывание функций, как показано на рисунке 3, по максимальным требованиям:

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ФУНКЦИОНАЛЬНО-СТОИМОСТНОГО АНАЛИЗА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМ ПЕРЕРАБОТКИ ЗЕРНА С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОЗАТРАТ

- исключить операцию электродиализа водных растворов
- не накапливать зерно, а высыпать сразу в циклон с бункером-накопителем и осуществлять дробление;
- при отсутствии приемного бункера исключается шнековый транспортер;
- емкость рециркуляции совместить со смесителем-ферментером, т.е. стадии клейстеризации, разжижения и осахаривания проводить последовательно в одной емкости рециркуляции.

То есть предлагается следующая схема свертывания:

F_1, F_2, F_3, F_4 заменяется на F_4^c . При этом снимается ряд нежелательных эффектов: НЭ 1, НЭ 2, НЭ 3. При совмещении емкости рециркуляции со смесителем-ферментером $F_8, F_9, F_{10}, F_{11}, F_{14}$ заменяется на F_{14}^c . Снимаются нежелательные эффекты НЭ 6, НЭ 7, НЭ 10 и НЭ 11.

Емкость рециркуляции (его функцию F_8) предлагается совместить со смесителем-ферментером.

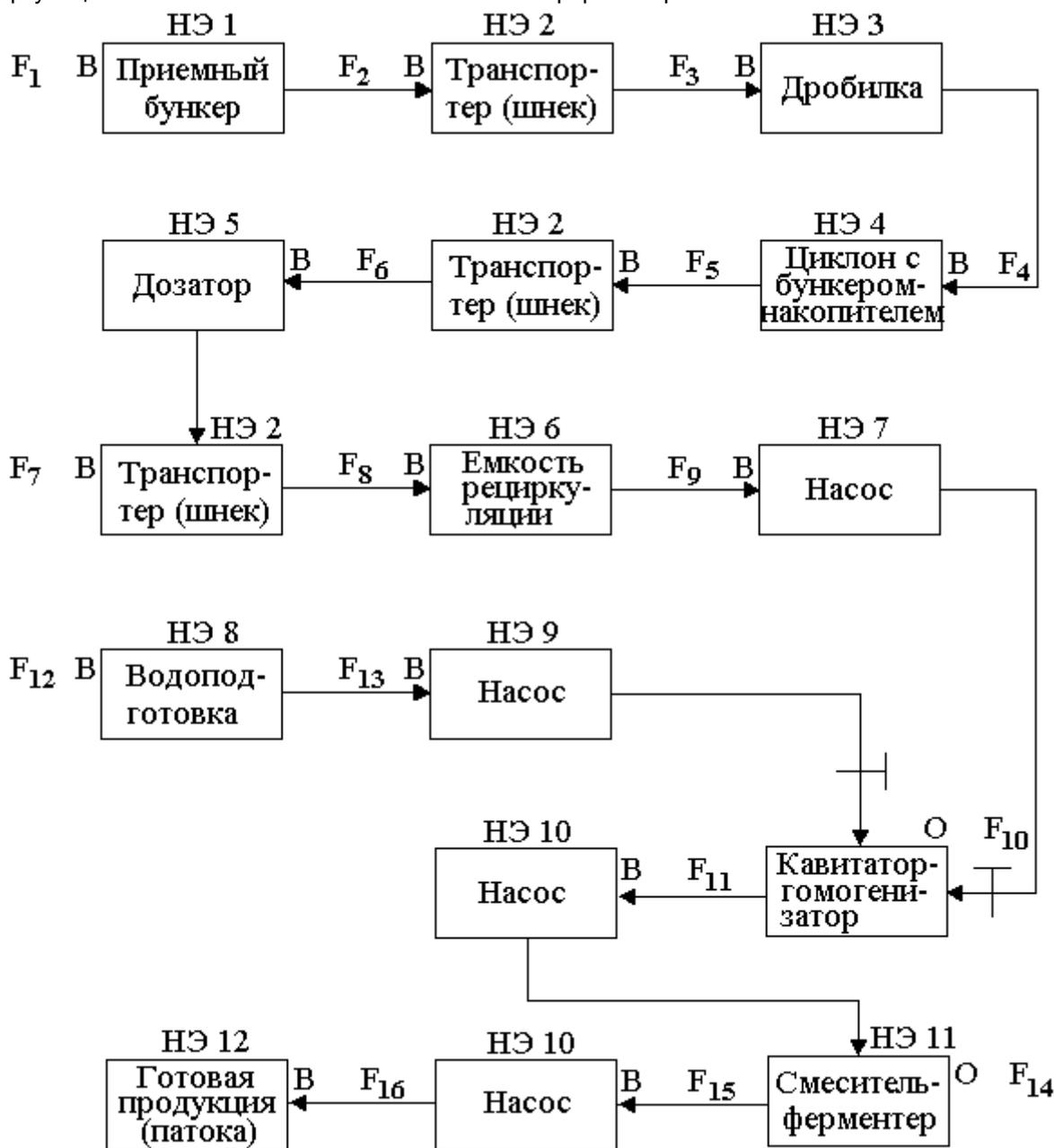


Рисунок 3 – Совмещение функций и нежелательных эффектов

Таким образом, ставятся задачи по переходу к новым системам рециркуляции, кавитатора-гомогенизатора и смесителя-ферментера.

Использование ТРИЗ [5-7] и полученные экспериментальные данные позволили предложить усовершенствование установки, заключающееся в следующем.

1. Воду перед приготовлением суспензии подвергают активации в роторно-пульсационном аппарате в особых режимах в течение 15 минут, что позволяет проводить ферментативный гидролиз зернового крахмала при более высоких значениях pH. Таким образом, исключается энергозатратная стадия водоподготовки электродиализом водных растворов, что приводит к снижению энергозатрат на 28% и повышает безопасность ведения процесса, ввиду исключения выделения хлора и водорода при электродиализе.

2. Получение водно-зерновой суспензии, ее клейстеризацию, разжижение и осахаривание крахмала проводят в одном аппарате – ёмкости рециркуляции, при этом процесс клейстеризации и разжижения осуществляют при температуре 50 – 75°C, а стадию осахаривания проводят при температуре 55 – 67°C до заданного углеводного состава с получением готового продукта. Предложенная гидродинамическая обработка водно-зерновых суспензий в роторно-пульсационном аппарате позволила снизить температуру стадии клейстеризации на 30-50 °С, что снижает энергозатраты на эту операцию на 15-20%.

Таким образом, цель ФСА достигнута: общие энергозатраты на проведение технологического процесса ферментативной биоконверсии зерновых крахмалоносителей снижена в 3,7 раза, материалоёмкость в 1,5 раза.

Анализ перечисленных преимуществ позволил запатентовать технологии, полученные с помощью ФСА [10,11].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник по функционально – стоимостному анализу / А.П. Ковалев, Н.К. Моисеева, В.В. Сысун и др.; Под ред. М.Г. Карпунина, Б.И. Майданчика. – М.: Финансы и статистика, 1988. – 431 с.

2. Моисеева, Н.К. Основы теории и практики функционально – стоимостного анализа// Н.К. Моисеева, М. Карпунин – М.: Высшая школа, 1988. – 192 с.

3. Попов, В.Л. Функционально–стоимостный анализ в тракторном и сельскохозяйственном машиностроении: Метод. рекоменд. // В.Л. Попов, И.Д. Чистяков, Ф.И. Яловенко// Под ред. Макофеева Г.Д. – Ростов на Дону, 1986. – С. 65.

4. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники. Часть 1. – М., 1998. – 210 с.

5. Функционально – стоимостный анализ в новых разработках электротехнических изделий: Рекомендации. – Составили: Градов А.П., Филлипов Ю.А. – Информэлектро, 1987. – 33 с.

6. РД 16020-83. Основные положения функционально – стоимостного анализа электротехнических изделий. – М.: Информэлектро, 1983. – 64 с.

7. Яловенко, Ф.И. Методические указания и типовые примеры применения ФСА при проектировании и совершенствовании технологии и организации производства в отрасли/ Ф.И. Яловенко – М.:НПО НАТИ,-1989. – 72 с.

8. Аксенов, В.В. Биотехнологические основы глубокой переработки зернового крахмалосодержащего сырья/ В.В. Аксенов. – Новосибирск, 2010. – 168 с.

9. Аксенов, В.В. Энергосберегающие технологии глубокой переработки зернового сырья в России // Ползуновский Вестник. – 2011. – № 2/1. – С. 40-44.

10. Способ получения сахаристых продуктов из зернового сырья: Патент РФ № 2285725. / Аксенов В.В., Порсев Е.К., Незамутдинов В.М., Мотовилов К.Я.

11. Способ получения сахаристых продуктов из ржаной и пшеничной муки: Патент РФ № 2340681. / Аксенов В.В., Порсев Е.К., Мотовилов К.Я.

Аксенов В.В., к.х.н., доцент, зав. лабораторией, Сибирский научно-исследовательский институт переработки (СибНИИП), Сибирское отделение Россельхозакадемии, E-mail: padova2008@yandex.ru;

Порсев Е.Г., д.т.н., проф. кафедры электротехнических комплексов, Новосибирский государственный технический университет;

Гладков А.К., к.т.н., доцент кафедры общетехнических дисциплин, Новосибирский государственный педагогический университет.