

УДК 573:574:621.311

Абдуллаева Майрам Дукуевна

д.т.н., профессор,

Ошский Государственный Университет

Институт природных ресурсов им. А.С. Джаманбаева ЮО НАН КР

Абдуллаева Майрам Дукуевна

т.и.д., профессор,

Ош мамлекеттик университети

УИАнын ТБнүн А.С. Джаманбаев ат. Жаратылыш байлыктары институту

Abdullaeva Mairam Dukuevna

doctor of technical sciences, professor,

Osh State University

Institute of Natural Resources named after A.S. Dzhamanbaeva Southern Branch of the
National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic

Умбетов Ерик Сериккалиевич

к.т.н., ассоциированный профессор,

Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева

Умбетов Ерик Сериккалиевич

т.и.к., ассоциацияланган профессор

Гумарбека Даукеев атындагы Алматы энергетика жана байланыш университети

Umbetov Erik Serikkalievich

Ph.D., Associate Professor,

Gumarbek Daukeev Almaty University of Energy and Communications

Осмонов Ысман Жусупбекович

д.т.н., профессор,

Кыргызский Национальный аграрный университет имени К.И. Скрябина

Осмонов Ысман Жусупбекович

т.и.д., профессор,

К.И. Скрябина атындагы Кыргыз улуттук агрардык университети

Osmonov Ysman Dzhusupbekovich

doctor of technical sciences, professor,

Kyrgyz National Agrarian University named after K.I. Scriabin

Серикқали Ермек Ерікұлы

студент 4 курса,

Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева

Серикқали Ермек Ерікұлы

4-курстун студенти

Гумарбека Даукеев атындагы Алматы энергетика жана байланыш университети

Serikkali Ermek Yerikuly

4th year student,

Gumarbek Daukeev Almaty University of Energy and Communications

СИСТЕМА ПРОИЗВОДСТВА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ТОПЛИВА ИЗ БИОМАССЫ

Аннотация. В работе выполнен функционально–структурный анализ системы производства энергетического топлива из соломы. Выявлена базовая технология переработки соломы, как компонента комбикорма, для кормовых целей. Предложена энергосберегающая технология с совмещенными процессами измельчения и сушки соломенной массы производства пеллетов для энергетических целей. Применение солнечного коллектора для нагрева воздуха и солнечных панелей для выработки электрической энергии в дневное время, позволяет замещать энергозатраты при переработке соломы в энергетические пеллеты до 60%. Повышается эффективность процессов сушки и измельчения, которое обуславливает создание более устойчивого и экологически чистого производства энергетического топлива из сырья соломы с нулевой стоимостью.

Ключевые слова: измельчительно–сушильная установка, солнечный коллектор, солнечный панель, энергетическое топливо, пеллеты.

БИОМАССАДАН ЭНЕРГЕТИКАЛЫК ОТУНДУ ӨНДҮРҮҮНҮН СИСТЕМАСЫ

Аннотация. Илимий макалада самандан энергетикалык отун өндүрүүнүн системасына функционалдык-структуралык анализ жүргүзүлдү. Жем даярдоо үчүн комбикормдун компоненти катарында саманды кайра иштетүүнүн базалык технологиясы аныкталды. Энергетикалык максат үчүн саман массасын майдалоо жана кургатуу процесстерин ичине камтыган энергиясарамжалдоочу технология сунушталды. Күндүзү абаны ысытуучу жана электр энергиясын иштеп чыгуучу күн панелдери үчүн күн коллекторлорун колдонуу- саманды энергетикалык пеллеттерге кайра иштетүүгө сарпталуучу энергиянын 60% ын камсыздайт. Эң арзан саман чийки затынан туруктуу жана экологиялык таза энергетикалык отунду өндүрүүнү шарттаган кургатуу жана майдалоо процесстеринин эффективдүүлүгү жогорулайт.

Негизги сөздөр: майдалап-кургатуучу түзүлүш, күн коллектору, күн панели, энергетикалык отун, пеллеттер.

SYSTEM FOR PRODUCING ENERGY FUEL FROM BIOMASS

Abstract. The paper presents a functional and structural analysis of the energy fuel production system from straw. The basic technology of processing straw as a component of compound feed for feed purposes has been identified. An energy-saving technology with combined processes of grinding and drying straw pulp for the production of pellets for energy purposes is proposed. The use of a solar collector for heating air and solar panels for generating electric energy in the daytime allows you to replace energy consumption during the processing of straw into energy pellets by up to 60%. The efficiency of drying and grinding processes increases, which leads to the creation of a more sustainable and environmentally friendly production of energy fuel from straw raw materials with zero cost.

Keywords: crushing and drying plant, solar collector, solar panel, energy fuel, pellets.

Проблема использования сельскохозяйственных отходов, и в первую очередь соломы зерновых культур, на энергетические цели, является дискуссионной как для стран ЕС, так и для стран СНГ [1]. Это обусловлено значительным количе-

ством аспектов экономического, экологического и технологического характера, требующих своего разрешения. Солома является ценным ресурсом для аграрного сектора. Она используется в качестве корма для сельскохозяйственных живот-

ных, как субстрат при приготовлении органических удобрений, для утепления буртов картофеля и свеклы при зимнем хранении в полевых условиях и другие цели. Таким образом, ключевым аспектом является определение количества соломы, которое может быть потенциально использовано в качестве биотоплива без ущерба для других потребностей и нарушения экологического баланса в аграрных системах. Кроме того, экологическая оценка требует учета выбросов в атмосферный воздух, в том числе парниковых газов и возможности утилизации золы [6]. Актуальным вопросом также является технологическое обоснование использования соломы. Ключевое значение для оценки эффективности использования соломы так же имеет ее энергетическая ценность [3, 6, 8]. Элементарный состав соломы и теплота ее сгорания (до 17 МДж/кг) не слишком отличаются от соответствующих показателей для древесины (до 18 МДж/кг), хотя теплота сгорания соломы ниже, чем у сухой древесины. С другой стороны, с учетом обычной для соломы влажности ниже 20%, теплота сгорания соломы оказывается выше, чем у древесной щепы, которая давно используется в энергетике.

Лидером в производстве тепла и электроэнергии из соломы является Дания, Германия, Венгрия и Нидерланды, которые демонстрируют разнообразие подходов к использованию соломы в производстве тепла и электроэнергии в различных странах Европы. Каждая из этих стран разрабатывает свои стратегии в области возобновляемой энергии, учитывая свои ресурсы, технологические возможности и цели в сфере устойчивого развития.

Дания: Является лидером в использовании соломы для производства тепла и электроэнергии. Программа Дании по возобновляемой энергии планирует зна-

чительное увеличение доли возобновляемой энергии в общей структуре топлив, и солома занимает важное место в этом контексте [4, 5].

Германия: Использует солому в фермерских хозяйствах для различных целей, таких как сушка зерна, отопление и производство гранул. Подходит к использованию сельскохозяйственных отходов с учетом их разнообразных применений [7].

Венгрия: Обладает значительным потенциалом соломы и другой растительной биомассы. Работает над использованием этих ресурсов для производства гранул, что является одним из форм биотоплива.

Нидерланды: Закупают пеллеты из лузги сои и другой растительной биомассы для использования в крупных теплоэлектростанциях. Это отражает стремление к совместному сжиганию различных видов биомассы.

В целом, эти примеры показывают, как различные страны могут эффективно использовать сельскохозяйственные отходы, такие как солома, в своих энергетических стратегиях, уделяя внимание как экономическим, так и экологическим аспектам этого процесса [8]. Кроме того замещение в районной системе теплоснабжения и электроснабжения, содержащей генерирующие мощности, работающие на возобновляемых источниках энергии и ископаемом топливе, может привести к новой стратегии планировки и модернизации ТЭЦ и котельных [1].

Первичная переработка растениеводческой продукции (РП) – это сложная биотехническая система с совокупностью множества объектов систем энерго и жизнеобеспечения: система выращивания РП, система уборки и хранения, первичная переработка РП, система генера-

ции тепловой и электрической энергии, инвариантность и использования РП (рисунок 1).

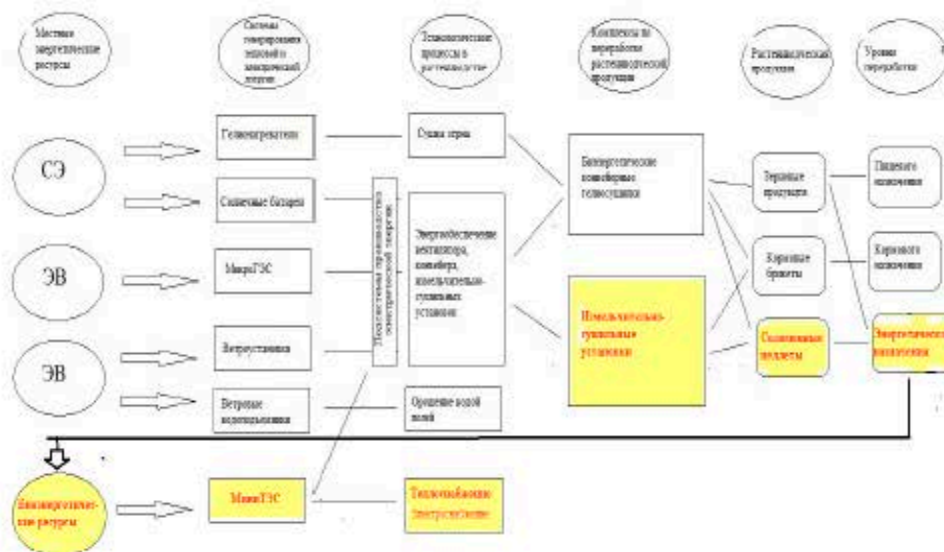


Рис. 1. Реверсивные системы энерго-ресурсосберегающих технологии переработки растениеводческой продукции.

Наиболее эффективным инструментом для решения поставленной проблемы является системный подход – наиболее общая категория в системных исследованиях, которая исходит, главным образом, из комплексности анализа объекта и строгой систематизации исследования. Наиболее важной концепцией системного подхода является четкое представление о том, что система никоим образом не должна рассматриваться как простая сумма своих элементов, необходимо исходить из принципа взаимосвязи и взаимообусловленности явлений, исследуя объект не только как самостоятельную систему, но и как часть некоторой системы более высокого уровня.

Выделим технологию первичной переработки растениеводческой продукции из целого и рассмотрим её как самостоятельную сложную систему, разделив на составляющие: местные энергетические ресурсы, система генерации тепловой и электрической энергии, технология и технические средства по переработке растениеводческой продукции, растениеводческая продукция энерге-

тического и пищевого назначения, качество и себестоимость продукции, а также реализация, которая не входит в задачи исследований (рисунок 1).

Между составляющими искомой биотехнической технологии имеются сложные прямые и обратные связи. Например, объем и сохранность качества продукции растениеводства, являющиеся основной целью систем переработки, связаны со степенью совершенства технологии и технических средств. Удельный расход ТЭР переработки на единицу растениеводческой продукции, за счёт которого, обеспечиваются соответствующие нормативные показатели и параметры процессов хранения и переработки, зависят от производительности и энергоёмкости технологии энерго и ресурсосбережения. И, наконец, производительность переработки, которая определяется в первую очередь энергоэффективностью, окупив эксплуатационные издержки в новую технологию, технические средства и в ТЭР, должна обеспечить прибыльность и рентабельность растениеводческой продукции.

Таким образом, условие эффективного функционирования исследуемой системы, цель которого максимальная реализация потенциала растений, как энергетической продукции и сохранность качества продукции при первичной переработке и хранении, при минимальных эксплуатационных издержках, можно представить в виде следующих задач:

- обосновать и разработать новую научно-прикладную концепцию решения проблемы переработки ресурсо- и энергосберегающих технологии для переработки растениеводческой продукции для энергетических целей.

- согласовать функционирование технологии переработки и использования зональных ресурсов ВИЭ с целью установления и выбора общего критерия энергосбережения;

- создать оптимальный баланс энергосбережения между расходом, структурой и стоимостью топливно-энергетических ресурсов, где актуально применение в энергобалансе биомассы на основе возобновляемых источников энергии.

Давайте рассмотрим основные компоненты этой системы:

Система выращивания РП: Включает в себя процессы посева, ухода, удобрения и обработки почвы, а также контроля за ростом и зрелостью растений. Эффективное управление этими процессами влияет на качество и количество производимой РП, кроме того утилизация полимерных пленок при мульчировании с поля является большой проблемой для окружающей среды [2].

Система уборки и хранения: Обеспечивает процессы сбора урожая и последующего его хранения. Это важные этапы, влияющие на сохранение качества растениеводческой продукции перед ее переработкой.

Первичная переработка РП: Охватывает процессы обработки сырья после

сбора, например, чистку, резку, мойку и другие этапы подготовки для дальнейшего использования или производства.

Система генерации тепловой и электрической энергии: Может включать в себя установки для использования остатков растениеводческой продукции в качестве биомассы для производства тепла и электроэнергии. Это может быть важным аспектом устойчивости и энергетической эффективности.

Инвариантность использования РП: Означает возможность использования различных видов растениеводческой продукции в разных целях. Например, отходы после переработки могут быть использованы для производства биотоплива или в качестве удобрения.

Схема (рисунок 1) визуализирует взаимосвязи и потоки энергии или материалов между различными компонентами этой биотехнологической системы. Эффективное взаимодействие и оптимизация каждого этапа этой системы могут существенно повысить устойчивость и эффективность производства биомассы.

Содержательное описание объекта

Цель содержательного описания – формулировка общего условия решаемой задачи, выделение новых качественных основных признаков путём сопоставления с базовыми решениями, без рассмотрения параметров процесса.

Принципиальная схема системы приведена в соответствии с рисунком 2, где показаны варианты нового решения измельчительной сушильной установки (ИСУ), (Н1, Н2), гранулятора (Н3), системы теплоснабжения или бытовые печи, или котлы (Н4), которые замещают базовые варианты (Б1), (Б2) и (Б3).

Измельчительная установка (Б1), в базовом варианте, как измельчители соломы, измельченную массу виде ком-

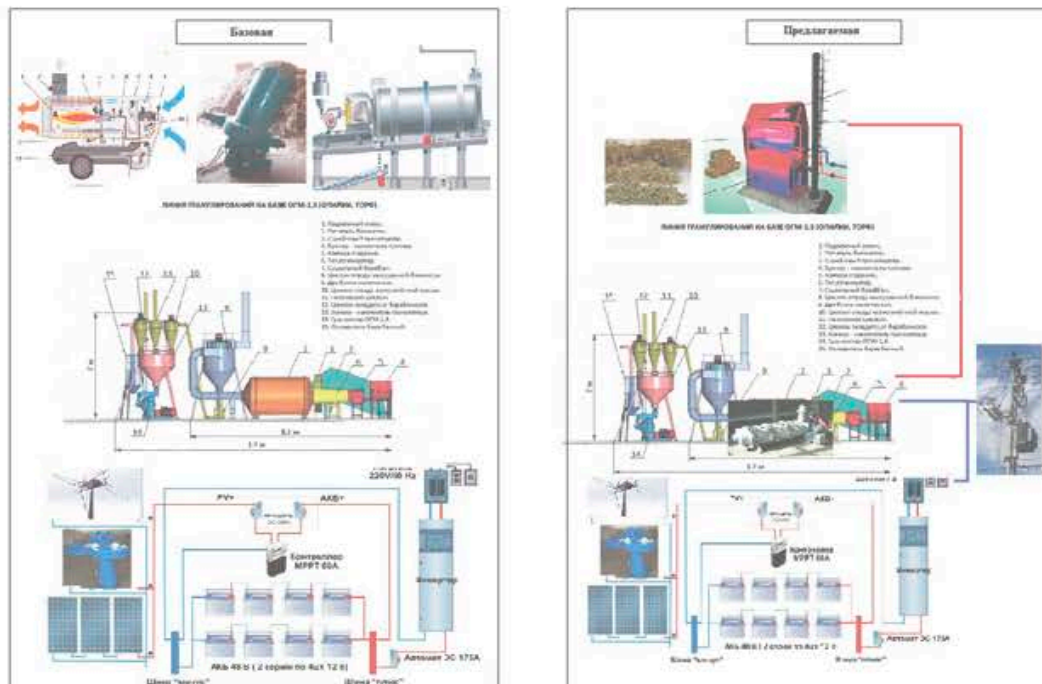


Рис. 2. Базовые и новые варианты технологии производства энергетического топлива из соломы

бикорма готовят для кормового назначения, где она является одним из компонентов гранул.

Недостатки базового варианта является, что измельченная солома, сама по себе не является ценным кормом, а идет как добавка в рецептуре, следует подчеркнуть использование соломенной массы в энергетических целях имеет большую эффективность.

В новом варианте (Н1) Измельчительно-сушильная установка выполняет те же функции, что и в базовом. Однако есть отличие:

- целевое направление производства: переориентация на производство соломенных или древесных пеллет вместо комбикорма;

- совмещенные процессы: измельчение и сушка соломы объединены в одном устройстве, что может повысить эффективность производства и снизить энергозатраты.

Данный признак является новым свойством предлагаемой технологии и задачей теоретических и экспериментальных исследований совмещенного

процесса измельчения и сушки, которая заключается в установлении основных закономерностей затрат энергии измельчения и подсушки.

Солома легко поддается процессу измельчения. Для этого используется соломорезка, способная порезать сырье на фрагменты нужной длины. Все эти работы выполняются за один раз. Доведенное до нужной степени влажности сырье в ИСУ попадает в прессовальную машину, где его продавливают. Поскольку солома мягкая, весь процесс производства происходит легко и с высокой производительностью при использовании более мощного оборудования. Считается, что производство пеллет из соломы менее затратное, чем использование в качестве сырья древесных отходов.

Сушка соломы (Б2) в классических технологиях осуществляется за счет сушки в открытом воздухе, а также нагревом воздуха путем сжигания мазута, при этом осуществляется подача заданного температурного уровня воздуха. При этом значительное количество энергии затрачивается на нагрев приточного воздуха

и безвозвратно теряется огромное количество тепловой энергии при сжигании мазута, что приводит к неэффективности процесса нагрева воздуха и загрязнению воздушной среды, попаданием части мазута на почву и пожар опасности процесса.

Ввиду того, что температура внутри зоны горения, как правило, выше, чем в окружающей среде процесс нагрева воздуха также сопровождается дополнительными потерями тепла через наружные ограждения теплогенератора.

В новом варианте (Н2) воздух принудительно прокачивается через воздушный солнечный коллектор и подается в зону сушки. Тем самым обеспечивается низкотемпературный режим сушки, а также возможность использования солнечной энергии для сушки, что может снизить энергозатраты и сделать процесс более экологически чистым.

Гелиоколлектор выполняет функцию теплогенератора. Тепловой гелиомодуль на оптимальный режим выходит в течение 10–15 минут, что позволяет говорить о высоком коэффициенте надежности при ясном солнечной погоде.

Выявленные признаки являются новыми и задачей для теоретических и экспериментальных исследований, которые заключаются в установлении основных закономерностей температурных режи-

мов нагрева воздуха и подачи в зону сушки и измельчения с заданной скоростью и давлением.

В базовом варианте (Б3) гранулятор используется, как основная установка, для приготовления комбикорма.

В новом варианте (Н3) гранулятор выполняет те же функции, но меняется специализация, гранулятор нацелен исключительно на производство соломенных пеллетов, что может повысить эффективность процесса и оптимизировать его для данного типа продукции.

Выявленные признаки являются новыми свойствами объекта. Задача теоретических и экспериментальных исследований – установление основных закономерностей: режима загрузки, корреляция процесса сушки и нагрева соломы для гранулирования, определения температурного уровня склеивания соломенной массы, в диапазоне максимального выделения лигина в соломе.

Важным параметром является согласование функционирования системы генерации тепловой энергии и процесса измельчения, сушки и гранулирования во времени, где оптимально приближение к непрерывному суточному графику работы (таблица 1).

Для гелиоколлектора и гелиопанели – световой день, ориентировочно с 7.00 до 19.00 часов. Более точные значе-

Таблица 1 – Суточный график работы энергосберегающей технологии производства соломенных пеллетов, ч.

Подсистема	Ориентировочное время работы, ч	Технологический период
Воздушный Гелиоколлектор для нагрева воздушного потока	с 7 до 19	Период солнечного сияния
Солнечная панель для генерации электрической энергии	с 7 до 19	Период солнечного сияния. Питание ИСУ от аккумуляторов или от централизованного электроснабжения
Гранулятор пеллета	24	Питание ИСУ от аккумуляторов или от централизованного электроснабжения

ния времени могут быть определены по справочнику.

Кроме того, период уборки урожая месяца август и сентябрь совпадает с наиболее ясными днями солнце стояния. И в этот период, мобильная модульная установка для производства пеллета, может производит соломенные пеллеты используя солнечную энергию.

Выводы: Выполнен функционально-структурный анализ системы произ-

водства энергетического топлива из соломы. Предложена энергосберегающая технология с совмещенными процессами измельчения и сушки соломенной массы и общий подход к оптимизации и совершенствованию технологии, который направлен на уменьшение энергозатрат, повышения производительности и создание более устойчивого и экологически чистого производства с использованием сельскохозяйственных отходов.

Список использованной литературы

1. Chicherin S., Zhuikov A., Kolosov M., Junussova L., Umbetov E. Optimizing the renewable and fossil-fired generation capacities: Case study of interconnected district-level systems (2021) *Energy Reports*, 8, pp. 137–144. <https://doi.org/10.1016/j.egyр.2021.11.095>.

2. Niyazbayev, A., Garbati Pegna, F., Khazimov, K., Umbetov, E., Akhmetov, K., Sagyndykova, Z. and Khazimov, M. (2022) "Power need of an implement for removing polymer residues from the soil surface in Kazakh horticulture", *Journal of Agricultural Engineering*, 53(3). doi: 10.4081/jae.2022.1382.

3. Касьянов, А. С. Энергетический потенциал соломы как биотоплива / А. С. Касьянов // *Электронный научный журнал. Инженерный вестник Дона*. № 1, 2014.

4. Energy 21 the Danish government's action plan for energy // Danish Ministry of Environment and Energy, Copenhagen, 1996. – 125 p.

5. Evald, A. Agricultural biomass – experiences from Denmark, [Electronic resource]. 2011. – Mode of access: http://nsac.ca/fens/ag_biomass/1_Anders_Evald_Framing_the_Opportunity.pdf. Date of access 28.04.2014.

6. Obernberger, I. Ash related problems in biomass combustion plants / I. Obernberger /. – Technische Universiteit Eindhoven, 2005. – 31 p.

7. Renewables Information 2011 International Energy Agency. IEA Statistics OECD / [Electronic resource]. – 17 Aug 2011 – Mode of access: http://www.oecd-ilibrary.org/energy/renewablesinformation_20799543. Date of access 28.04.2014

8. Straw for energy production. Technology – Environment – Economy / The center for biomass technology – 1998. – 53 p.