

ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ЗБІРНИК ПРАЦЬ

*VII Міжнародної науково-практичної
конференції*

**«ІННОВАЦІЙНІ
ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЇ»**

9-13 вересня 2019 р.



ОДЕСА
2019

Публікуються доповіді, представлені на XVIII Міжнародній науковій конференції «Удосконалення процесів і обладнання харчових та хімічних виробництв» (9 – 13 вересня 2019 р.) і присвячені актуальним проблемам підвищення енергоефективності в сфері АПК, харчових та хімічних виробництвах, розробки та впровадження ресурсо-та енергоефективних технологій та обладнання, альтернативних джерел енергії.

Редакційна колегія:

Доктор техн. наук, професор
Кандидат техн. наук

О.Г. Бурдо
Ю.О. Левтринська
Я.О. Масельська

МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВИЙ ОРГКОМІТЕТ

Єгоров <i>Богдан Вікторович</i>	– голова, Одеська національна академія харчових технологій, ректор, д.т.н., професор
Бурдо <i>Олег Григорович</i>	– вчений секретар, Одеська національна академія харчових технологій, д.т.н., професор
Атаманюк <i>Володимир Михайлович</i>	– Національний університет «Львівська політехніка», д.т.н., професор
Васильєв <i>Леонард Леонідович</i>	– Інститут тепло- і масообміну ім. А.В. Ликова, Республіка Білорусь, д.т.н., професор
Гавва <i>Олександр Миколайович</i>	– Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
Гумницький <i>Ярослав Михайлович</i>	– Національний університет „Львівська політехніка”, д.т.н., професор
Долинський <i>Анатолій Андрійович</i>	– Інститут технічної теплофізики, почесний директор, д.т.н., академік НАН України
Зав’ялов <i>Владимир Леонідович</i>	– Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
Сукманов <i>Валерій Олександрович</i>	– Полтавський університет економіки і торгівлі, д.т.н., професор
Колтун <i>Павло Семенович</i>	– Technident Pty. Ltd., Australia, Dr
Корнієнко <i>Ярослав Микитович</i>	– Національний технічний університет України „Київський політехнічний інститут”, д.т.н., професор
Малежик <i>Іван Федорович</i>	– Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
Михайлов <i>Валерій Михайлович</i>	– Харківський державний університет харчування та торгівлі, д.т.н., професор
Паламарчук <i>Ігор Павлович</i>	– Національний університет біоресурсів та природокористування України, д.т.н., професор
Снежкін <i>Юрій Федорович</i>	– Інститут технічної теплофізики, директор, д.т.н., академік. НАН України
Сорока <i>Петро Гнатович</i>	– Український державний хіміко-технологічний університет, д.т.н., почесний професор
Сухий <i>Константин Михайлович</i>	– ДВНЗ "Український державний хіміко-технологічний університет", д.хім.н., професор
Тасімов <i>Юрій Миколайович</i>	– Віце-президент союзу наукових та інженерних організацій України
Товажнянський <i>Леонід Леонідович</i>	– Національний технічний університет „Харківський політехнічний інститут”, д.т.н., професор, член-кореспондент НАН України
Ткаченко <i>Станіслав Йосифович</i>	– Вінницький національний технічний університет, д.т.н., професор
Черевко <i>Олександр Іванович</i>	– Харківський державний університет харчування та торгівлі, ректор, д.т.н., професор
Шит <i>Михайл Львович</i>	– Інститут енергетики Академії Наук Молдови, к.т.н., в.н.с

СЕКЦІЯ 2.

**ІННОВАЦІЙНІ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЇ
ХІМІЧНИХ І ФАРМАЦЕВТИЧНИХ
ВИРОБНИЦТВ**

5. Дячок В.В. Вплив подрібнення на коефіцієнт масопереносу при екстрагуванні із кореневищ з коренями / В.В.Дячок, М.С.Мальований // Вісник Вінницького політехнічного інституту. - 2009. - №6. - С. 125-128.
6. Влияние катализаторов на термическое разложение перхлората калия и взрывчатые характеристики составов на его основе / В. Р. Закусило, А. М. Романченко, Р.В.Закусило // Вісник Кременчуцького державного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КДУ, 2013. – Вип. 5/2013 (82). – С. 103–107.

УДК 662.63:620.952

МОДУЛЬНЫЙ ПРИНЦИП ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ПЕЛЛЕТ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Бунецкий В.А.¹, Бурдо О.Г.², Зыков А.В.², Войтенко А.К.², Безбах И.В.², Кашкарев А.А.¹

¹ООО «BM-Engineering»

²Одесская Национальная Академия Пищевых Технологий,

MODULAR PRINCIPLE OF PELLETS FROM VEGETABLE RAW MATERIALS PRODUCTION SETUP

Bunetskiy V.A.¹, Burdo O.G.², Zykov A.V.², Voitenko A.K.², Bezbakh I.V.², Kashkarev A.A.¹

¹BM-Engineering Ltd,

²Odessa National Academy of Food Technologies

Аннотация. В работе решается задача создания в Украине современного уровня проекта предприятия по тоннажному производству пеллет из биомассы. Основной технической концепцией такого проекта является блочно-модульный принцип комплектации технологической линии, узла приемки сырья и энергетического комплекса. В проекте использованы передовые идеи экономичного функционирования сложных энергоемких производств – альтернативные источники энергии и глубокая утилизация теплоты теплоносителей, возврат их энергии в технологию. Основным энергоносителем производства являются пеллеты собственного производства. В качестве тепловых утилизаторов проектируются аппараты на термосифонах. Именно такие аппараты не имеют альтернатив в современных системах утилизации теплоты газов для нагрева воздушных потоков. Декомпозиция производственной линии, структуры модулей обоснованы технологически, энергетически и экономически. Для этого рассмотрена современная классификация рынка пеллет, его три наиболее ёмких сегмента. Рассмотрена классификация качественных характеристик пеллет из растительного сырья, требования по их сертификации. Дан анализ современных технологий производства альтернативного топлива из биомассы. Выявлены мировые тенденции развития пеллетных технологий. Исследованы тенденции рынка пеллет по разным сегментам, по странам Европы. Показано, что в настоящее время спрос на пеллеты превышает предложения. Определены проблемы и научно-технические противоречия пеллетных технологий. С одной стороны растёт потребность в мощных заводах по производству альтернативного топлива из биомассы. С другой стороны – источники сырья оказываются нестабильными. А это серьёзный барьер для строительства крупных заводов. Решение этого противоречия в предлагаемом инновационном проекте – переход на блочно-модульный принцип. В рамках модуля решаются технологические задачи, которые требуют оборудования, соответствующего виду сырья. Предложены модули для механической переработки, сушки, грануляции. Предварительное дробление сырья осуществляется оригинальными дезинтеграторами конструкции авторов. Предложенный проект позволяет в кратчайшие сроки провести монтаж оборудования, его передислокацию в другой сырьевой район, повысить тоннажность производства, перевести его на другой вид сырья.

Abstract. The work solves the problem of creating in Ukraine a modern-level project of an enterprise for tonnage production of biomass pellets. The main technical concept of such project is the block-modular principle of a complete set of a process line, a raw material receiving station and an energy complex. The project used advanced ideas of economical functioning of complex energy-intensive industries - alternative energy sources and deep utilization of heat-carrier heat, returning their energy to the technology. The main energy source of production is own-produced pellets. As thermal utilizers, devices on thermosiphons are designed. It is these devices that have no alternatives in modern systems of utilization of the heat of gases for heating air currents. Decomposition of the production line, the structure of the modules grounded technologically, energy and economically. For this, the modern classification of the pellet market, its three most capacious segments, is considered. The classification of quality characteristics of vegetable pellets, the requirements for their certification are considered. The analysis of modern technologies for the production of alternative fuels from biomass is given. Revealed global trends in the development of pellet technologies. The trends of the pellet market in different segments, across Europe are studied. It is shown that at present the demand for pellets exceeds supply. The problems and scientific and technical contradictions of the pellet technologies are identified. On the one hand, there is a growing need for powerful plants for the production of alternative fuels from biomass. On the other hand, the sources of raw materials are unstable. And this is a serious barrier for the construction of large plants. The

solution to this contradiction in the proposed innovative project is the transition to a block-modular principle. Within the module, technological tasks are solved that require equipment corresponding to the type of raw material. Modules for mechanical processing, drying, and granulation are proposed. Pre-crushing of raw materials is carried out by the original disintegrators of the authors design. The proposed project allows in the shortest possible time to install equipment, relocate it to another raw material area, increase the production tonnage, and transfer it to another type of raw material.

Ключевые слова. Пеллетные технологии, энергоэффективность, дезинтеграторы, барабанная сушилка, грануляторы.

Keywords: Pellet technologies, energy efficiency, disintegrators, drum sush, granulators.

Введение. Мировые энергетические проблемы вызвали повышенный спрос на альтернативные источники энергии, среди которых динамично растет популярность агропеллет. Интерес к агропеллетам в первую очередь экономичен, так как сырье в настоящее время по большей части еще малоценное. Такая ситуация характерна для Западной Европы [1]. Особенно перспективный вопрос агропеллет для фермеров, поскольку обеспечит их новыми источниками дохода за счет перехода от дорогих ископаемых ресурсов, к энергии, полученной из отходов. Цена, развитие энергетического сектора биомассы делает пеллеты все более привлекательной альтернативой для бытового и даже городского отопления.

Сельскохозяйственные отходы, особенно солома, побочные продукты и специальные многолетние культуры, являются сегодня явным ресурсом для разработки пеллет. Среди этих сельскохозяйственных биомасс в настоящее время пригодны для грануляции солома, зерновые продукты, мискантус, ядра оливок и пр [1]. Эти биомассы имеют низкое содержание влаги, что устраняет необходимость в сушке, что часто проблематично для уплотненной древесины. Древесина, как топливо, громоздко и создает логистические проблемы. В зависимости от типов почв, используемых удобрений и периодов сбора, они могут иметь более высокие или более низкие уровни азота, серы, хлора и калия, чем древесина [1].

Тем не менее, все еще существуют технические и экологические проблемы, которые необходимо решить, и решения будут проходить через уменьшение количества агрессивных газов за счет добавок; смеси сырья для снижения зольности и совершенствования методов сжигания для ограничения оксидов азота (NOx). Актуален вопрос создания современного оборудования для производства пеллет.

Анализ литературных источников и формулировка проблемы

Технологиям и технике производства пеллет посвящено значительное количество научных исследований, и их количество стремительно растет. Рассматриваются вопросы эффективности их использования [2], оборудования [3], технологии [4]. Серьезный аналитический обзор, по проблемам пеллетных производств, выполнен в работе [5]. Производство древесных гранул включает в себя следующие этапы: сбор и предварительная обработка сырья (окорка при необходимости и измельчение); сушка опилок (используются две технологии: технология сушильного барабана, питаемого генератором горячего воздуха, или технологии сушки ковра, питаемой бойлером с горячей водой, или даже когенерацией); переработки; гранулирование, охлаждение и расфасовка продукта; хранение.

Грануляционная установка мощностью 60-80 000 тонн в год требует значительные инвестиции, порядка 10-12 миллионов евро. Термин «древесные гранулы» фактически объединяет несколько различных продуктов для разных рынков. Европейские стандарты определяют аналитические характеристики, используемые методы измерения и исходные материалы, которые могут быть включены в каждый класс гранул. Международная нормативная база (ISO), которая в настоящее время дорабатывается, вскоре заменит европейские стандарты (EN) [5]. В этой работе классифицированы международные рынки древесных гранул. Представлена классификация и их качества. Показано, что существует три основных рынка древесных гранул. Наиболее обширный – это рынок топлива для отопления жилых помещений. Он представляется древесными гранулами высшего сорта (класс A1), изготовленными из первичной древесины. Содержание золы в них очень низкое ($<1\%$), а теплотворная способность высокая ($PCI > 4,6 \text{ кВтч} / \text{кг} = 16,5 \text{ МДж/кг}$ и часто ближе даже к 5 кВтч/кг) [5]. Пеллеты, как правило, очень эффективны, и генерируют очень мало загрязняющих выбросов (частиц, летучих органических соединений). Котлы на пеллетах имеют одинаковые выходы и выбросы пыли менее 150 мг/м^3 при $13\% \text{ O}_2$. В зависимости от их мощности максимальные концентрации их паров составляют 2500 или 3000 ч/млн CO и 80 или 100 мг/м^3 летучих органических соединений. Практические, экологические и экономические преимущества древесных гранул объясняют его экспоненциальный успех. На мировом рынке гранул премиум-класса доминирует Европа (85%) [5]. В настоящее время он составляет около 8 млн. тонн и, как ожидается, достигнет 16 млн. тонн в 2020 году, что означает значительный рост (9-10 %/год), но остается совместим с поставками по всему континенту. Италия является крупнейшим потребителем (2 млн. тонн). Французское производство почти исключительно состоит из гранул премиум-класса. Здесь 70% потребления сжигается в печах, а остальное – в небольших индивидуальных или коллективных котлах [5].

Второй по емкости рынок – это тепловые электростанции [5]. Он требует «промышленные» качественные древесные пеллеты, и существует главным образом в некоторых европейских странах, которые массово производят свою электроэнергию из угля (Англия, Бенилюкс, Польша, Дания, Германия) и которые должны

соблюдать коллективные обязательства по производству возобновляемой энергии и сокращению на 20% выбросов CO₂ к 2020 году. Наименее дорогим и быстрым решением является частичная или полная замена угля биомассой. Преимущество гранулы в том, что они хорошо подходят для совместного сжигания с углем. Объемы потенциально велики, но нестабильны, так как они зависят от политических решений и процентных ставок, рассчитанных по ставкам на уголь, газ и CO₂. Такие рынки уже представляют более 4 млн. Тонн в Европе и должны достичь 14 млн. Тонн в 2020 году, но это также повлияет на другие области, которые также начинают учитывать необходимость борьбы с изменением климата (Корея, Япония) [5]. Эти рынки существуют сегодня только благодаря экономической поддержке, оказываемой заинтересованными государствами, которые полностью или частично оплачивают расходы потребителя за электроэнергию. Электрическая эффективность остается низкой (30-40%) в единицах, которые не ценят произведенное тепло, и мы можем подвергнуть сомнению возможность такого масштабного использования возобновляемой энергии, которая недоступна в неограниченном количестве. Так, единственная тепловая электростанция RWE в Тилбери в Великобритании требует поставки 2,5 млн. Т / год древесных гранул). При этом, многие "мега-фабрики" из более чем 500 000 тонн годовой производственной мощности были построены или планируются в странах с обильными и дешевыми лесными ресурсами, таких как США, Канада, Россия, в ожидании Бразилии, Австралии и некоторых африканских стран. Европейские производители древесных гранул мало заинтересованы в том, чтобы выходить на такие рынки (большие объемы, низкие цены, неопределенная долговечность).

Третий рынок – это коллективное и промышленное отопление. Промежуточные категории гранул предусмотрены в стандартах для этого третьего сегмента, но на них не распространяется эффективное производство. Таким образом, значительная часть этого рынка (небольшие заводы) представлены гранулами премиум класса. В настоящее время этот сегмент, находящийся в зачаточном состоянии, как ожидается, продемонстрирует очень сильный рост и к 2020 году достигнет 5 миллионов тонн в Европе [5]. Пеллетное топливо значительно дороже, чем щепа. Тем не менее, в целом решение для пеллет является привлекательным во многих ситуациях, если принять во внимание другие затраты, связанные с производством МВтч теплоты (инвестиции, трудозатраты, обслуживание). Гранулят особенно подходит для установок мощностью менее 500 кВт, с высокой периодичностью, с небольшим пространством для хранения или ограниченным доступом.

Различные исследования пытаются определить потребление древесных гранул к 2020 году. Они существенно различаются в оценке промышленного рынка для производства электроэнергии. Наиболее реалистичные оценки указывают на мировой рынок от 50 до 60 млн. тонн окатышей к 2020 году (14 млн. Тонн в 2010 году), из которых 35 млн. тонн только для Европы (12 млн. тонн в 2010 году). Потребуется импорт от 15 до 20 млн. Тонн, в основном промышленные пеллеты, хотя в настоящее время они не превышают 3 млн. Тонн. Поэтому международная торговля значительно укрепит. В 2010 году только 5 стран произвели более 1 млн. тонн в год (США, Канада, Германия, Швеция и Россия), в то время как 70% мирового спроса приходилось на 6 стран, каждая из которых потребляла более 1 млн. Тонн в год (Швеция, Дания, США, Нидерланды, Италия и Германия).

Целью работы является разработка универсальных комплексов модульного типа для производства пеллет из различного растительного сырья.

Результаты исследований и их обсуждение. Научно-техническая гипотеза разработки формулируется следующим образом. Создание производственной базы по переработке биомассы на пеллеты блочно-модульного типа позволит сократить сроки монтажа оборудования и запуска производства, упростит задачи эксплуатации, позволит без серьезных проблем проводить передислокацию производства в другой регион, перестраиваться на другой вид биосырья.

Обосновано, что для решения поставленной задачи целесообразен следующий набор: модуль приемки сырья; модуль измельчения; модуль сушки; модуль сбора сухого сырья; модуль термовлажностной обработки; модуль грануляции и модуль энергетический.

Такая декомпозиция производства позволит осуществлять гибкое использование оборудования в течение длительного срока функционирования, не критично к текущим ценам на сырье, легко перестраивается на другой вид растительного сырья. Позволяет наращивать производство путем установки дополнительных модулей.

Рассмотрим структуру основных модулей. В целом линия производства пеллет из древесного материала состоит из следующих технологических участков: участок приёмки сырья, участок измельчения сырья, участок сушки, участок термовлажностной обработки, участок грануляции и энергетический участок.

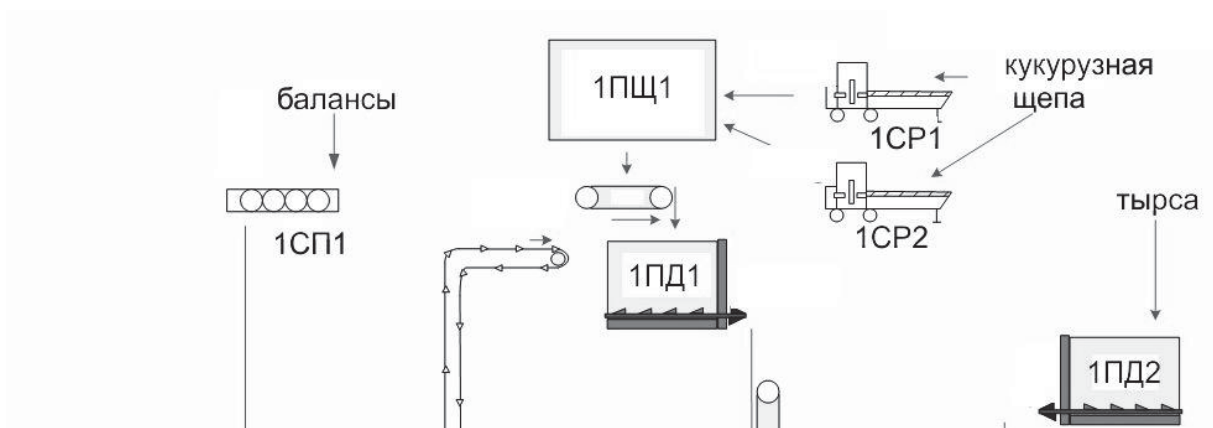
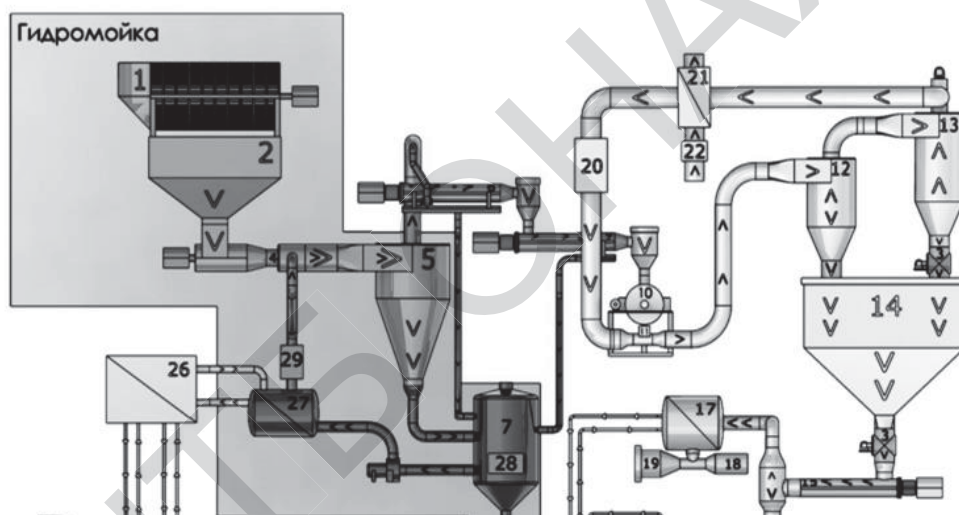


Рисунок 1. Участок приёмки сырья

Участок приёмки сырья (рис.1) предназначен для подачи разного типа древесного материала на соответствующее оборудование участка измельчения (рис.3). Так тырса при помощи подвижного дна 1ПД2 подается непосредственно на измельчитель дисковый тонкого помола 2ИТП1. Кукурузная щепа в секции приёмки сырья проходит предварительную обработку в соломорезах 1СР1 и 1СР2 и блоке гидромойки щепы (рис.2) где щепа, пройдя через просеиватель 1, смешивается с подогретой водой для очистки от загрязнений. В гидроциклоне 5 происходит разделение отмытой щепы от твердых загрязнений, после чего в шнековом водоотделителе 6 и отжимном прессе 9 происходит отделение щепы от моющей среды. Отмытая щепа ленточным транспортером подается в подвижное дно 1ПД1. Сюда же подается и измельченная балансная древесина, которая предварительно измельчается в измельчителе балансов 2ИБ1 на участке измельчения.



1 – просеиватель барабанный; 2 – бункер входной; 4 – СК-смеситель; 5 – гидроциклон; 6 – водоотделитель шнековый; 7 – сборник воды; 8 – насос; 9 – пресс отжимной; 28 тен; 29 – тен проточный.

Рисунок 2. Гидромойка

Подаются балансы на участок измельчения при помощи цепного стола подачи 1СП1. Измельченные балансы и (или) отмытая щепа из подвижного дна 1ПД1 при помощи ленточного транспортера подаются на измельчитель щепы 2ИЩ1 участка измельчения.

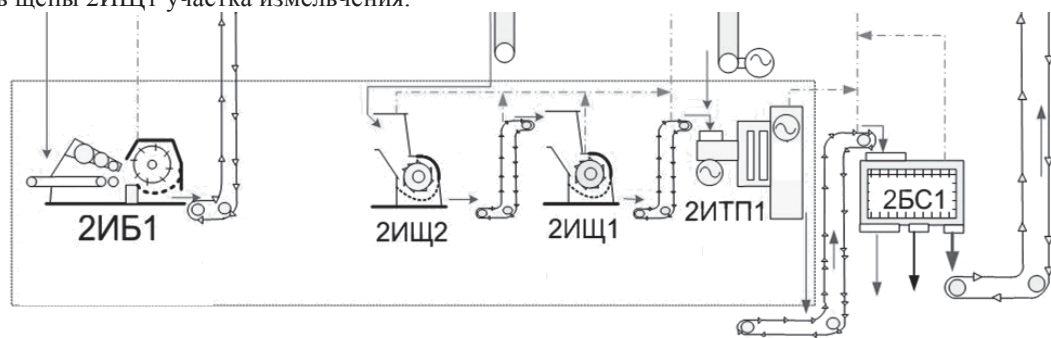
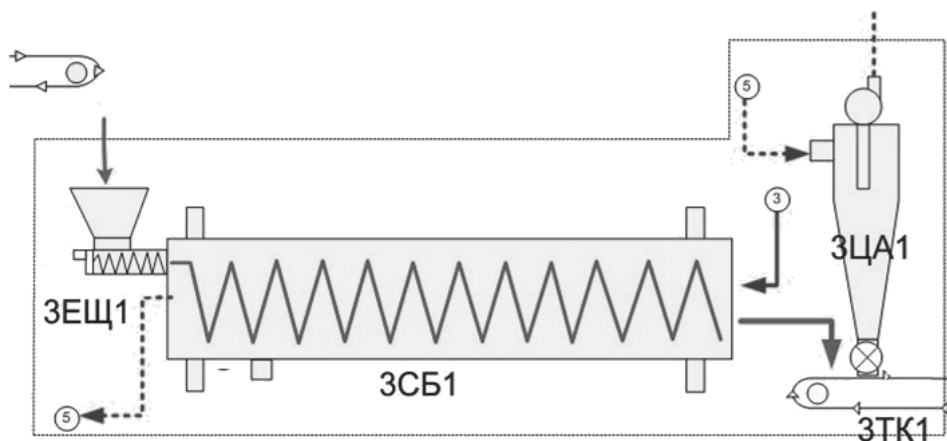


Рисунок 3. Участок измельчения сырья



3 – сушильный агент; 5 – отработанный сушильный агент;

Рисунок 4. Участок сушки

Участок измельчения сырья (рис. 3) предназначен для измельчения до необходимой степени разнородного сырья для чего имеются измельчитель балансов 2ИБ1, измельчители щепы 2ИЩ1 и 2ИЩ2 и измельчитель дисковый тонкого помола 2ИТП1. В зависимости от степени измельчения исходное сырье поступает на соответствующее оборудование участка измельчения.

Измельченное древесное сырье поступает на участок сушки (рис. 4) где происходит удаление влаги из него в барабанной сушилке 3СБ1. Подача сырья в сушилку осуществляется шнековым питателем 3ЕЩ1. Отработанный сушильный агент проходит очистку от древесной пыли в активном циклоне 3ЦА1. Высушенное сырье вместе с уловленной в циклоне пылью ковшовым транспортером 3ТК1 подается в секцию термовлажностной обработки (рис 5)..

Термовлажностная обработка является ключевым этапом, влияющим на качество конечного продукта и энергетические затраты, при производстве поверхностно остеклованных пеллет. Термовлажностная обработка последовательно производится в двухшнековых инактиваторах 5ДИ1 и 5ДИ2. Подогрев сырья производится подачей «глухого» пара в рубашку инактиватора, а необходимое увлажнение поверхности осуществляется за счет импульсной подачи пара в древесный материал через систему форсунок.

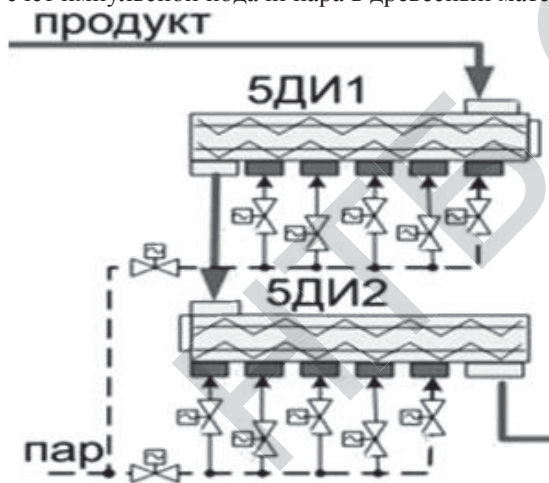


Рисунок 5. Участок термовлажностной обработки

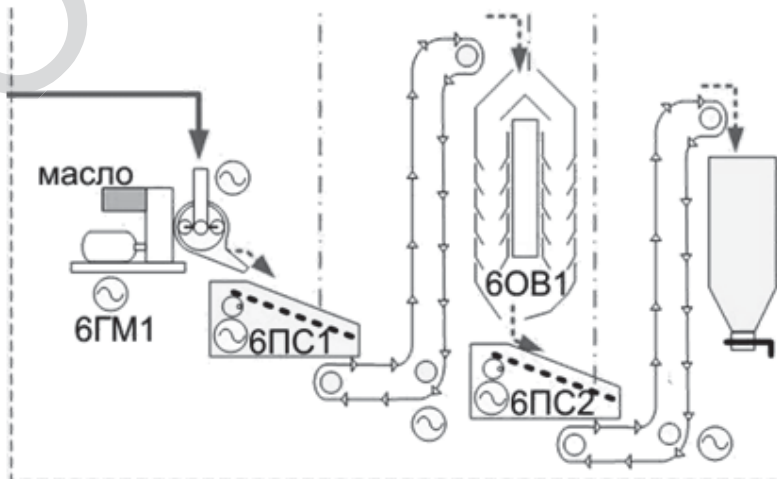
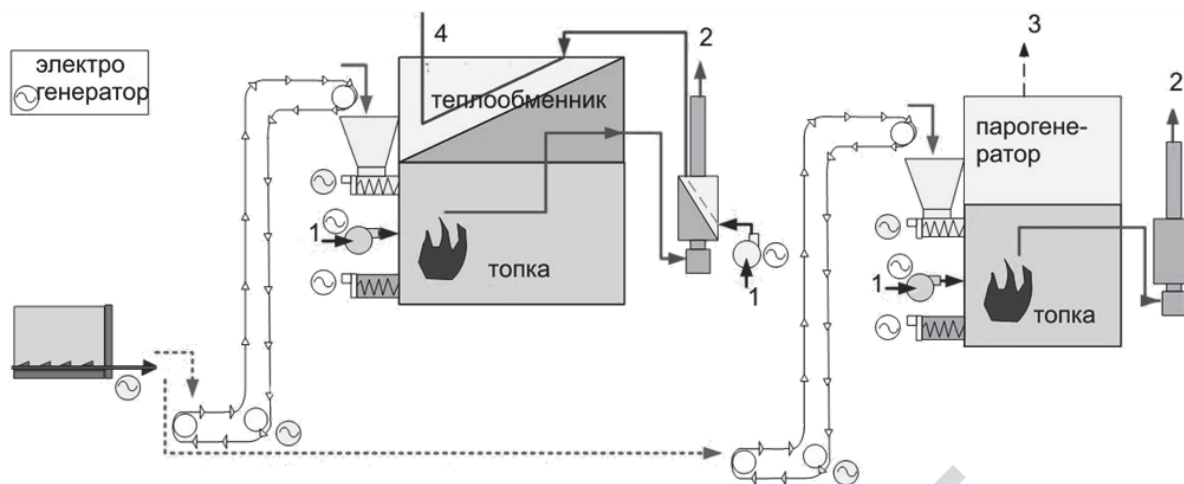


Рисунок 6. Участок грануляции

Увлажненное и подогретое сырье поступает на участок грануляции (рис. 6), где гранулы, полученные в грануляторе 6ГМ1, охлаждаются в воздушном охладителе 6ОВ1 и сортируются на ситовых просеивателях 6ПС1 и 6ПС2.



1 воздух; 2 топочные газы; 3 – водяной пар; 4 – сушильный агент;

Рисунок 7. Энергетический участок

Для обеспечения производства тепловой энергией предназначен энергетический участок (рис. 7). Тепловая энергия в виде горячего воздуха требуется для проведения процесса конвективной сушки в барабанной сушилке. Подогрев воздуха осуществляется дымовыми газами, получаемыми при сжигании пеллет собственного производства. Также энергия, получаемая при сжигании пеллет, используется для генерации водяного пара, который требуется для термовлажностной обработки сырья перед гранулированием. Значительно сократить энергозатраты на производство позволяет предварительный подогрев дутьевого воздуха в термосифонном теплоутилизаторе за счет использования энергии отработанного сушильного агента, покидающего барабанную сушилку. В случае необходимости обеспечения полной энергетической автономности производства энергетический участок снабжается модулем когенерации тепловой и электрической энергии.

Выводы. Мировой рынок пеллет характеризуется дефицитом. При этом, значительная часть биомассы не перерабатывается. Заводы по тоннажному производству пеллет в Украине отсутствуют. Серьезные научно-технические противоречия по нестабильности объема биомассы, ее вида и эффективности крупных предприятий по их переработке в настоящее время не имеют практического решения.

В работе обоснована гипотеза об экономической, энергетической и технологической эффективности разработки предприятий по переработки биомассы блочно-модульного типа. Предусмотрены модули для механических и сушильных процессов; для термовлажностной обработки и гранулирования. Отдельный модуль решает задачи обеспечения технологии паром, подогретым воздухом и горячей водой. Энергетическая эффективность производства достигается за счет использования в качестве топлива пеллеты собственного производства и системы глубокой утилизации теплоты технологических выбросов. Модули используют инновационные дезинтеграторы и термосифонные теплоутилизаторы, которые разработаны авторами.

Литература

1. Magazine et portail francophone des bioénergies. (2019). Magazine et portail francophone des bioénergies. Available at: <https://www.bioenergie-promotion.fr> [Accessed 2 Apr. 2019].
2. Le marché du granulé de bois flambe (2017). Conso durable et styles de vie engagés. Environnement, éthique, partage, services collaboratifs pour vivre mieux: Available at: <https://www.consoglobe.com/marche-filiere-granule-de-bois-croissance-cg> [Accessed 2 Apr. 2019].
3. Procédé de fabrication des granulés de bois (2019). Bois de chauffage : bûches com-pressées et granulés de bois – Simplyfeu. Available at: <https://www.simplyfeu.com/blog/granules-de-bois-pellets/procede-de-fabrication-des-granules-de-bois> [Accessed 2 Apr. 2019].
4. Junginger, M., Goh, C. S., & Faaij, A. (2016). International bioenergy trade: History, status & outlook on securing sustainable bioenergy supply, demand and markets. Dordrecht: Springer.
5. ENplus (2019). Available at: <https://enplus-pellets.eu/en-in/> [Accessed 2 Apr. 2019].
6. Бурдо, О. (2014). Инновационные теплотехнологии АПК на основе тепловых труб. Одесса: ИНБАЦ.
7. Dahiya, A. (2015). Bioenergy: Biomass to biofuels. Amsterdam: Elsevier, Academic Press.
8. Li, Y., & Khanal, S. K. (2017). Bioenergy: Principles and applications. Hoboken, NJ: Wiley Blackwell.
9. Перетяка, С. Н. (2010). Перспективы биотоплива в Украине. Наукові праці ОНАХТ, 1(37), 203-206.
10. Практическое руководство по созданию пеллетного производства. (2019). ALLIGNO Maschine nexport GmbH: Available at: <http://www.Alligno.Ru/>

11. Sikkema, R., Steiner, M., Junginger, M., Hiegl, W., Hansen, M. T., & Faaij, A. (2011). The European wood pellet markets: Current status and prospects for 2020. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 5(3), 250-278. doi:10.1002/bbb.277
12. Stolarski, M. J., Szczukowski, S., Tworkowski, J., Krzyżaniak, M., Gulczyński, P., & Mleczeek, M. (2013). Comparison of quality and production cost of briquettes made from agricultural and forest origin biomass. *Renewable Energy*, 57, 20-26. doi:10.1016/j.renene.2013.01.005
13. Gong, C., Lu, D., Wang, G., Tabil, L., & Wang, D. (2015). Compression Characteristics and Energy Requirement of Briquettes Made from a Mixture of Corn Stover and Peanut Shells. *BioResources*, 10(3). doi:10.15376/biores.10.3.5515-5531
14. Mustelie, N. L., Almeida, M. F., Cavaleiro, J., & Castro, F. (2012). Evaluation of Pellets Produced with Undergrowth to be Used as Biofuel. *Waste and Biomass Valorization*, 3(3), 285-294. doi:10.1007/s12649-012-9127-5
15. Junginger, H. M., Mai-Moulin, T., Daioglou, V., Fritsche, U., Guisson, R., Hennig, C., . . . Wild, M. (2019). The future of biomass and bioenergy deployment and trade: A synthesis of 15 years IEA Bioenergy Task 40 on sustainable bioenergy trade. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 13(2), 247-266. doi:10.1002/bbb.1993

ARTIFICIAL MICRO RNA (AMIRNA): A POTENT TOOL FOR GENE SILENCING IN PLANT BIOTECHNOLOGY

NISHA KESARI (Scholar- Department of Biomedical Sciences-ANDC College University of DELHI, INDIA)

RNA Interference (RNAi) is a potent technology which is used in crop development, plant's tolerance to abiotic and biotic stresses, resistance against bacteria, virus and fungi, resistance against many pests and insects. RNA interference (RNAi) is a promising gene regulatory approach in functional genomics which has a significant impact on crop improvement which permits down-regulation in gene expression with greater precise manner without affecting the expression of other genes. The ability of interfering RNA to silence genes was discovered in the 1990s by American scientists **Andrew Z. Fire** and **Craig C. Mello**, who shared the 2006 Nobel Prize for Physiology or Medicine for their work. Fire and Mello successfully inhibited the expression of specific genes by introducing short double-stranded RNA (dsRNA) segments into the cells of nematodes (*Caenorhabditis elegans*). The dsRNA segments underwent enzymatic processing that enabled them to attach to molecules of messenger RNA (mRNA) possessing complementary nucleotide sequences. The attachment of the two RNAs inhibited the translation of the mRNA molecules into proteins. RNAi is advantageous over other approaches as more than one gene can be targeted and silencing is sequence specific. The ambit of gene silencing can be controlled so that only essential genes are silenced at a particular stage in a particular tissue. Since there is no transgene protein expression found in RNAi approach so there is extra metabolic load on transgenic plant.

Micro RNA(miRNA)

MicroRNAs (miRNAs) are a class of small 21-22 nucleotides long non-coding RNAs, that are responsible in regulation of mRNA function at the post transcriptional level either direct cleavage or via translational repression. They are mainly transcribed as an independent transcriptional unit and their expression has been found in all developmental stages. miRNAs have been well studied during developmental stages and different environmental stress conditions, but their functions and regulatory networks aren't understood yet. Apprehension of the regulatory roles of miRNAs might open new avenues for better comprehension of this well-conserved mechanism and its use for genetic engineering. MicroRNA interference (miRNAi) technology provides an efficient platform for functional studies and agricultural applications.

DISCOVERY OF miRNA

Victor Ambros and his colleagues discovered the first miRNA **lin-4** in 1993 in *C. elegans*, which has been shown to regulate the expression level of **lin-14**, a gene involved in the same developmental pathway like **lin-4**. The **lin-4** gene did not encode any protein; instead, it made a pair of small RNAs, a ~21-nucleotide long RNA and another ~60-nucleotide long. The longer RNA had a tendency to fold into a stem-loop structure and was predicted to be the precursor of the ~21-mer RNA. This shorter ~21-nucleotide **lin-4** RNA was the founding member of the predominantly available class of small regulatory RNAs that are known today as miRNAs. The **lin-4** RNA when bound to the complementary sequences found in the 3'-untranslated region (3'-UTR) of **lin-14** mRNA, repressed its translation without reducing the level of **lin-14** transcript (**Lee et al. 1993**). After 7 years of discovery of **lin-4**, another miRNA called **let-7** was discovered in 2000 in the same organism (**Reinhart et al. 2000**). miRNA **let-7** was found to be used in regulation of the expression of gene **lin-41**, required for the transition from late larval to adult cell fate.

MODE OF ACTION IN PLANTS

Micro RNAs are transcribed from non-coding nuclear genes, a majority of them are located in the intergenic and intragenic (intron) regions, and very less number of them are located in 5'-UTR or 3'-UTR regions. Plant miRNAs are generally transcribed by RNA Polymerase II, which produces capped and polyadenylated long primary miRNA transcripts (pri-miRNAs). These transcripts are then processed into precursor miRNA (pre-miRNA) of ~80-190 nucleotides in length, by an enzyme, DICERLIKE 1(DCL1), with RNase III activity (Kurihara et al. 2006) . DCL1

ЗМІСТ

ІННОВАЦІЙНІ РІШЕННЯ ПРОБЛЕМ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

ВИРІШЕННЯ ЕНЕРГО-ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ КРУП'ЯНОГО ВИРОБНИЦТВА	
Хоренжий Н.В., Лапінська А.П.	5
ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕГАЗАЦИИ ЖИДКОСТИ В КАВИТАЦИОННЫХ ТЕЧЕНИЯХ. ПРОБЛЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ	
Иваницкий Г.К., Целень Б.Я., Недбайло А.Е., Коник А.В.	11
ІНОВАЦІЙНІ СПОСОБИ ЕНЕРГОПІДВОДУ У ПРОЦЕСАХ СУШІННЯ ТЕРМОЛАБІЛЬНОЇ СИРОВИНИ	
Яровий І.І., Кашкано М.А., Маренченко О. І., Пилипенко Є.О.	17
МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ЛОКАЛЬНИХ ШВИДКОСТЕЙ ТЕПЛОНОСІВ У ВЕРТИКАЛЬНОМУ КАНАЛІ КОНТАКТНОГО АПАРАТУ	
Кузьменко І.М.	24
МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ТЕПЛОМАСОПЕРЕНОСУ ПРИ КОНВЕКТИВНОМУ СУШІННІ М'ЯСНИХ ВИРОБІВ	
Ощипок І. М.	29
ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ЕНЕРГІЇ РЕКУПЕРАЦІЇ В СИСТЕМІ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ШВИДКІСНОГО ТРАМВАЮ М. КРИВИЙ РІГ	
Кухта О.О.	33
МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ ТЕПЛОМАСОПЕРЕНОСУ В ПРОЦЕСІ ЖАРІННЯ ОЛІЙНОЇ СИРОВИНИ	
Сорокова Н.М., Дідур В.В.	37
ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОЦЕССОВ ПЛАЗМЕННЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ СРЕД	
Холявченко Л.Т., Опарин С.А., Давыдов С.Л.	42
ПРОБЛЕМИ ІНВЕСТИЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПІДПРИЄМСТВ УКРАЇНИ	
Бундюк А.М., Подпалова Ю.В., Коваленко А.К.	46
ENERGY POLICY OPPORTUNITIES. HOW TO FACE CHALLENGES	
Bezhan V., Zhytarenko V., Ostapenko O., Yakovleva O.	48

ІННОВАЦІЙНІ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЇ ХІМІЧНИХ І
ФАРМАЦЕВТИЧНИХ ВИРОБНИЦТВ

ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СУППОЗИТОРИЕВ	
Шматок А.И., Степанова О.Е., Сильнягина Н.Б.	54
ТЕРМІЧНЕ РОЗКЛАДАННЯ ГРАНУЛЬОВАНОЇ ДЕРЕВИНИ В УМОВАХ ЗМІННОЇ ГАЗОВОЇ АТМОСФЕРИ	
Корінчевська Т.В., Михайлик В.А., Корінчук Д.М.	59
АКТИВАТОРИ ПРОЦЕСУ ПОГЛИНАННЯ ВУГЛЕКИСЛОГО ГАЗУ ХЛОРОФІЛСИНТЕЗУЮЧИМИ МІКРОВОДОРОСТЯМИ	
Дячок В.В., Мандрик С.Т., Гуглич С.І.	64
РОЗРОБКА ІННОВАЦІЙНОГО ТЕПЛОМАСООБМІННОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ФАРМАЦЕВТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ	
Грабова Т. Л., Шматок О.І., Сильнягина Н.Б.	70
ДОСЛІДЖЕННЯ КАВІТАЦІЙНИХ ЕФЕКТІВ В НАСОСАХ РІЗНИХ ТИПІВ	
Авдєєва Л.Ю., Макаренко А.А., Жукотський Е.К.	77
ВИНИКНЕННЯ КАВІТАЦІЙНИХ ЕФЕКТІВ ПІД ЧАС РОБОТИ НАСОСІВ РІЗНОГО ТИПУ	
Авдєєва Л.Ю., Макаренко А.А., Жукотський Е.К.	80
ГІДРОДИНАМІКА ГАЗОРІДИННИХ ПОТОКІВ НА КАПІЛЯРНО-ПОРИСТИХ СТРУКТУРАХ	
Туз В.О., Лебедь Н.Л., Трокоз Я.Є.	85
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ЭКСТРАКЦИИ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТОВ ИЗ ПРОДУКТОВ УТИЛИЗАЦИИ ТВЕРДОГО РАКЕТНОГО ТОПЛИВА С ПРИМЕНЕНИЕМ ДИМЕТИЛСУЛЬФОКСИДА	
Челтонов М.М., Опарин С.А., Матросов А.С., Кириченко А.Л.	91
МОДУЛЬНИЙ ПРИНЦИП ОРГАНІЗАЦІЇ ПРОИЗВОДСТВА ПЕЛЛЕТ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ	
Бунецкий В.А., Бурдо О.Г., Зыков А.В., Войтенко А.К., Безбах И.В., Кашкарев А.А.	94
ARTIFICIAL MICRO RNA (AMIRNA): A POTENT TOOL FOR GENE SILENCING IN PLANT	