

ОСОБЕННОСТИ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ В УСЛОВИЯХ ГАЗОВЫХ ОБЯЗАТЕЛЬСТВ УКРАИНЫ

Бурдо О.Г., д.т.н., профессор

Одесская национальная академия пищевых технологий, г.Одесса

В работе рассмотрены энергетические проблемы Украины, АПК. Обосновываются энергетическая политика и стратегия обеспечения энергией. Классифицируются уровни энергоэффективных инновационных проектов. Приведены сведения по энергоэффективным разработкам в процессах экстрагирования, сушки, концентрирования. Дано описание тепломассоутилизатора, экстрактора, сушильной установки, криоконцентратора, использующих современные средства для передачи и генерации энергии. Показаны перспективы пищевых нанотехнологий.

In the paper energy problems of agro-industrial complex and Ukraine has been considered. Energy policy and strategy of energy supply are substantiated. The levels of energyefficient innovative projects are classified. The information on energyefficient developments in processes of drying, extraction are presented. Description of heat-mass-utilizer, extractor, dryer, cryoconcentrator which use modern means for energy transmission and generation has been given. The prospects of food nanotechnologies have been shown.

Ключевые слова. Энергоэффективность, менеджмент энергетический, волновые технологии, нанотехнологии АПК.

Введение. Человек на протяжении всей истории развития стремился повысить уровень комфортности своей жизни. Однако это связано с увеличением расхода ресурсов, в первую очередь – энергии. Добыча энергоносителей, их переработка неизбежно оказывают отрицательное влияние на среду обитания человека. Повышение качества жизни приводит к росту нагрузки на окружающую среду. Парадоксально, но стремление к комфорту неизбежно без ухудшения условий среды обитания. Необходимо найти разумный баланс, расходовать только совершенно необходимое количество энергии при сохранении достигнутого уровня комфорта и, даже, повысить его. Это особенно актуально в период энергетического кризиса и для такой энергорасточительной страны как Украина [1, 2].

Одним из энергоемких комплексов Украины является АПК, где расходуется почти пятая часть топливно-энергетических ресурсов страны. Удельные затраты энергии на производство продуктов питания в Украине в 2...4 раза больше, чем в индустриально развитых странах. Исторические предпосылки тормозят процесс повышения энергетической эффективности как в стране в целом, так и на предприятиях пищевых отраслей в частности. Еще плохо понимается то, что инвестировать энергоэффективные проекты экономически выгодно. Эти инвестиции окупаются на протяжении достаточно короткого времени за счет того, что ежесекундно снижаются расходы энергии, цена которой приблизилась к мировому уровню. Конечно, очень важно обосновать приоритеты и выработать стратегию внедрения инновационных проектов в энергообеспечении АПК.

Новый энергетический парадокс. Индустриализация экономики и рост требований комфортности в быту, в сфере услуг и на производстве (отопление, кондиционирование воздуха, автоматизация, использование информационных технологий и пр.) приводят к тому, что человечество расходует все больше и больше энергии, соответственно возрастает нагрузка на окружающую среду. Мы уже на пороге нового противоречия – современный уровень добычи и переработки энергоносителей привел к серьезным проблемам с защитой окружающей среды. Загрязнение среды обитания противоречит условиям комфортности. Следует незамедлительно искать пути резкого сокращения расходов энергоносителей, загрязнения окружающей среды при повышении уровня комфортности человечества. Вместе с тем, в Украине ежедневно можно экономить около 25 млн. грн. за счет внедрения энергоэффективных мероприятий, процессов и технологий. Защищается положение, что в основе энергетической политики государства должна быть энергетическая эффективность, а не энергосбережение. Именно энергоэффективность является тем направлением, которое стимулирует развитие производства, внедрение прогрессивных технологий и обеспечивает комфортные условия жизни населения.

В условиях энергетического кризиса, в котором находится Украина, важно правильно выбрать стратегию развития. Здесь следует помнить, что прошлое Украины в стране пресыщенной дешевыми энергетическими ресурсами. А это не развивало уважения к энергии, способствовало формированию пренебрежительного отношения к задачам энергоэффективности. Пока в стране не будет преодолен барьер чре-

звычайно низкой культуры энергопользования, никакие программы энергосбережения работать не будут. Поэтому, одним из приоритетных направлений энергетической политики государства должно стать обучение культуре энергопользования всех слоев населения: от первых лиц регионов, предприятий до студентов и школьников.

В настоящее время в Украине определился новый энергетический парадокс. Действующий газовый договор с основным поставщиком газа – с Россией оговаривает обязательный объем потребляемого в год газа. Снижение объема предусматривает серьезные (300 %) штрафные санкции. Становится выгоднее сжечь излишки газа, чем недополучить его от поставщика, денежные штрафы откладываются. В такой ситуации обозначилось новое противоречие, связанное с последовательным снижением объемов импортируемого газа, что предусмотрено всеми программами энергосбережения. Политика энергосбережения становится совершенно абсурдной. Вместе с тем, политика энергоэффективности получает дополнительные козыри.

Стратегия внедрения инновационных проектов. Новые договорные обязательства Украины требуют оперативного пересмотра самой энергетической концепции государства. Стратегия инноваций в энергообеспечение должна быть скорректирована, поскольку рамки, в плоскости которых следует искать решения, серьезно изменились. В условиях общего экономического кризиса и острейшего энергетического кризиса Украины появился новый, еще плохо осознанный барьер – обязательство фиксированного объема потребления газа государством при его самой высокой цене. При прежней политике государства на энергосбережение, на перевод экономики страны на собственные энергоносители без оперативной корректировки инновационных принципов Украину, как независимое государство, ждет полный крах. Требуются глубокие обоснования приоритетных инновационных проектов, которые учитывали бы и новые отношения на рынках энергоносителей. Следует стремиться не к сокращению уровня потребления энергии, а к повышению количества выпущенных товаров и услуг. Это даст дополнительные рабочие места, снизит удельные энергетические затраты производства, рост экономики государства. Должно стать всем понятно, что концепция «энергия – это товар», лежит в основе энергетической политики экономики и определяет как экономический успех, так и банкротство. Важно эффективно начать энергетические преобразования, корректно обосновать этапы инновационных технологий. Следует стремительно наращивать химические производства, где природный газ является сырьем. Для нужд аграрного сектора – это производство удобрений. Тогда новая формула расхода газа будет представлять сумму увеличенного потребления газа как сырья и уменьшенного расхода газа как энергоносителя. В такой постановке направление на энергоэффективные технологии, на производство неэнергоемких продуктов и материалов сохраняется. Представляется, что следует выделить три уровня приоритета энергоэффективных проектов.

Инновационные проекты первого уровня. В каждой отрасли, городе, регионе, стране, на предприятиях следует обосновать прогнозную модель развития, которая обязательно бы учитывала проблемы энергообеспечения, их развитие, противоречия и специфику времени. Только на основе серьезного прогнозирования можно строить текущую политику модернизации производства, роста эффективности экономики и повышения продолжительности и качества жизни населения. Формирование таких прогнозных моделей требует корректного учета всех определяющих показателей, оценки тенденций их развития, увязки с геополитическими и экономическими проблемами. Естественно, это фундаментальная работа, но она крайне необходима для обеспечения будущего АПК, особенно в связи со вступлением Украины в ВТО. Причем, целесообразно разрабатывать модели сценарного плана, учитывающие все пути развития от пессимистических до оптимистических [1].

Методы построения прогнозных моделей предполагают системный подход и структурный анализ. Энергетическая составляющая таких моделей разрабатывается с привлечением принципов энергетического менеджмента. По сути первый уровень включает задачи энергетического аудита, исследования объекта, ранжирование его по величине удельного энергопотребления. Причем, это совершенно обязательный этап, который определяет энергетические проблемы и дает основание выработки целесообразных решений.

Энергетический мониторинг АПК [1] показывает, что до 40 % энергии в пищевых технологиях может экономиться за счет простых, беззатратных и малозатратных методов. На первом этапе модернизаций не так много затрат требуется для того, чтобы существенно снизить расходы энергии на действующем оборудовании. Огромные резервы здесь в ликвидации привычных для нас прямых потерь ресурсов. Именно они зачастую дают до 75 % потерь энергии. Но и в новых, современных технологиях пока находятся экономически выгодные технические и организационно – технические решения по снижению расхода энергетических ресурсов.

Система энергетического обеспечения предприятия тепловой энергией включает 3 подсистемы: потребитель, транспортные сети и генераторы теплоты (рис.1).

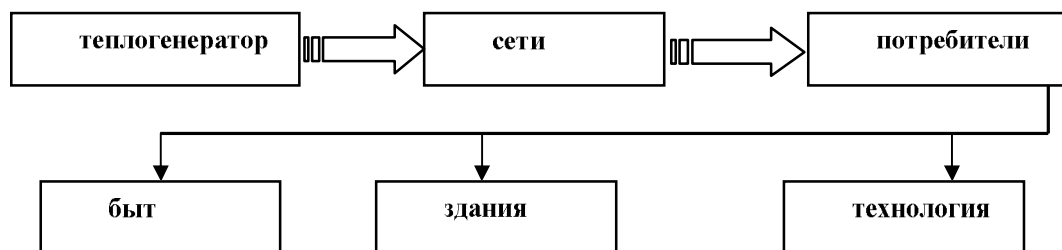


Рис. 1 – Система обеспечения предприятия тепловой энергией

Эффективность использования энергии наиболее низкая, как правило, на уровне потребителей. Здесь рассматриваются здания, многообразное технологическое оборудование, бытовые потребители. Эффективность зданий определяется теплотехническими характеристиками ограждений. Именно здесь сосредоточены основные потери энергии. Технология – это наиболее специфичный потребитель, здесь нет типовых решений, вопросы здесь решаются индивидуально. Но во всех случаях подход к решению задачи энергетической эффективности должен быть системным [1].

Почувствен в этом отношении опыт Дании. Определив снижение тепловых потерь через стены здания как приоритетную задачу, муниципалитет сосредоточил все усилия на укреплении тепловой изоляции ограждений. Результаты оказались неожиданными. Здания теперь требовали меньшее количество теплоносителя, а основными источниками потерь тепловой энергии стали сети. Это вызвало непредвиденную реакцию поставщиков теплоносителей. Повысилась их стоимость при одновременном снижении качества.

Аналогичный результат можно получить и при других отклонениях и игнорировании системных особенностей. Бессмысленно наращивать мощность генерирующих объектов при некачественной транспортной магистрали и расточительном потребителе (рис.1). Только системный анализ всей структуры обеспечит эффективное вложение инвестиций.

Около 20% топливных ресурсов Украины тратится на отопление зданий. Это определяет острую актуальность проблемы снижения расхода энергетических ресурсов на теплоснабжение в коммунально-бытовой сфере и на предприятиях. На многих предприятиях АПК в зимнее время расходы энергии на технологию и на отопление соизмеримы.

На первом этапе предполагается комплекс подготовительных работ для проведения энергетического аудита. Это решение вопроса об установке измерителей расхода, отработка методики сбора информации, обучение персонала. Заканчивается этап непосредственно аудитом. Целью второго этапа является анализ результатов энергетического аудита, разработка энергоэффективных проектов, их экономическое обоснование и принятие программы повышения эффективности использования энергии на предприятии. Третий этап – это координация работ по внедрению принятых к реализации проектов.

Серьезные резервы при внедрении организационно – технических проектов, наиболее простые из которых совершенствование графика управления температурой в помещении. Снижение температуры воздуха на 2 °С в ночное время приведет к снижению затрат тепловой энергии по сравнению с базовой схемой на 3,4 %. Снижение расхода теплоты в выходные и праздничные дни приведет к экономии 10...11 % энергии. Применение регуляторов расхода теплоты позволяет экономить до 15...16 % энергии. Сами расходомеры не могут экономить энергию. Но без них невозможно организовать грамотную эксплуатацию здания. Расходомеры тепловой энергии являются необходимым инструментом для организации современных принципов культуры энергопользования. Ликвидация прямых утечек пара, газа, воды и других ресурсов, ожидаемая экономия энергии – 10–80 %. Совершенствование графика эксплуатации оборудования «разогрев – работа – остановка» дает экономию до 20 %, а ликвидация возможностей инфильтрации воздуха – до 25 %. При содержании окон в чистоте экономится до 15 %, а при окраске стен в светлые тона – до 10–12 % энергии.

Мировой опыт показывает [1], что создание системных центров управлением энергообеспечением (центров энергетического мониторинга) имеет рентабельность порядка 500 %. Поэтому создание таких систем должно быть отнесено к приоритетным задачам. Естественно, что основой функционирования систем энергоменеджмента являются приборы учета расхода энергии. Причем, важно сделать выбор перспективных приборов учета, позволяющих оперативно передавать в цифровом виде показания с помощью современных информационных систем. Центр энергоменеджмента проводит мониторинг потребе-

ния энергии, обосновывает приоритетные проекты совершенствования энергоэффективности, проведение обучения пользователей. Информация от потребителей должна непрерывно передаваться в центр энергетического мониторинга, который функционирует при управлении предприятия, ведомства. Деятельность структуры должна быть под непосредственным контролем первых лиц предприятия.

Центр быстро себя окупит, и будет уверенно и стабильно пополнять бюджет предприятия при одновременном повышении качества услуг в теплоснабжении.

Иновационные проекты второго уровня. Предприятия АПК отличаются большим разнообразием теплового оборудования, ограниченными ресурсами по учету потребляемой энергии и отсутствием опыта эффективного ее использования. Украина практически не имеет собственного теплоэнергетического оборудования для АПК. При этом предстоит сформировать новую идеологию и отношение к тепловой энергии и заложить ее в основу производства и эксплуатации современного высокоэффективного оборудования. Более того, фактор энергоемкости продукта должен стать одним из решающих при разработке новых образцов и технологий.

К малозатратным проектам можно отнести внедрение теплоутилизаторов, что даст экономию до 20% тепловой энергии при сроке окупаемости 1...1,5 года и установку дополнительных измерителей, время монтажа которых порядка одного месяца, а срок окупаемости 2-3 месяца [1, 2].

Чем сложнее и более разветвленной является система, тем глубже следует проводить анализ, тем труднее проводить совершенствование без системного подхода. Следует выявить элементы схемы, где потери энергии максимальны. На основе карты потерь энергии составить программу повышения эффективности использования энергии с экономическим обоснованием приоритетов. Можно сформулировать общие направления повышения эффективности работы парогенераторов: эксплуатация при номинальной нагрузке; снижение величины непрерывной продувки; установка экономайзеров и воздухоподогревателей; установка регуляторов; возвращение конденсата из аппаратов в котельную.

Энергоэффективное функционирование сетей связано с устранением утечек пара и конденсата; усилением тепловой изоляции трубопроводов и арматуры; оптимизацией схемы разводки трубопроводов.

Серьезной задачей совершенствования энерготехнологий является правильный выбор количества и мощности парогенераторов. В основе такой оптимизации должны использоваться методы энергетического менеджмента [3, 9]. Первым этапом анализа должен быть тепловой, паро-конденсатный баланс системы. Такой баланс должен учитывать все режимы эксплуатации системы. Отдельной задачей является анализ работы предприятия в летнем режиме и в отопительный период. Тепловой баланс системы в летнем режиме состоит из графика загрузки теплоиспользующего технологического оборудования; собственных нужд котельной и горячего водоснабжения. Чем больше количество парогенераторов установлено в котельной, чем больше диапазон их нагрузок, тем проще обеспечивать работу при номинальных параметрах, тем меньше расход топлива. Но тем больше стоимость комплекта оборудования.

Можно рекомендовать общие пути сокращения расхода электроэнергии: использование частотных преобразователей для управления производительностью прессов, насосов, вентиляторов, компрессоров, и др. машин; согласование мощностей привода и машины; установка эффективных систем освещения; тепловая изоляция емкостей, охладителей и хладопроводов; устранение инфильтрации, совершенствование тепловой изоляции и снижение прочих теплопритоков в холодильные камеры.

Общие принципы есть и в задачах снижения расхода топлива и пара. Тепловой баланс системы в зимнем режиме должен дополнительно учитывать график загрузки системы отопления. Возникают противоречивые задачи. Требуется обеспечить работоспособность системы в пиковых нагрузках и параметры номинального режима при любых нагрузках котельной.

Все эти проекты обосновываются на базе данных энергетических исследований, которые следуют из работ первого уровня. Технические средства, обеспечивающие проекты, как правило, известны, требуется только оптимизация их подбора и использования. Методология такой оптимизации тоже известна – это энергетический менеджмент [1]. Для технологий АПК предлагаются оригинальные технические разработки ОНАПТ, которые учитывают как специфику пищевых производств, так и возможности современных принципов передачи энергии.

Энергоэффективные аппараты общего назначения, разработанные в ОНАПТ. Известным эффективным способом снижения расхода энергии является утилизация теплоты отработавшего теплоносителя. Это наиболее экономичный и оперативный путь повышения эффективности использования топлива, при котором сохраняются без изменений основное оборудование и технологические режимы.

Тепломассоутилизатор. В ОНАПТ предложена схема комплексной утилизации теплоты и пыли пищевого продукта из аэрозольных выбросов сушильного оборудования [3-7]. В основе системы – оригинальный аппарат – тепломассоутилизатор (ТМУ). Система утилизации предназначена для снижения тепловых потерь до 75 % и извлечения из газовых выбросов при сушке сахара, крахмала, молока, кофе и т.п., от 40 % до 99 % пыли пищевого продукта. Система может быть использована как в пищевой про-

мышленности, так и там, где необходимо снижение потерь энергии и загрязнений окружающей среды В аппарате использованы современные теплопередающие модули и оригинальная организация процессов теплопередачи. Теплопередающие модули выполнены в виде автономных двухфазных термосифонов (ТС). Эффективность очистки потока от пыли достигается конструктивными особенностями аппарата, свойствами оребренной поверхности. При этом в аппарате осуществляется конденсация паров из отработанного сушильного агента. Конденсат растворяет и смывает пыль продукта с оребренной теплопередающей поверхности.

Таким образом, аппарат одновременно работает как фильтр (пылеочистка), скруббер и теплоутилизатор, что характеризует высокие и стабильные теплофизические характеристики.

Высокая эффективность ТМУ обеспечивается использованием в утилизаторе совершенных средств теплопередачи (двухфазных термосифонов), что позволяет организовать эффективное противоточное движение газовых потоков с поперечным обтеканием оребренных труб. В результате коэффициент теплопередачи составляет 100-150 Вт/м²К (у традиционных гладкотрубных теплоутилизаторов он достигал 40 Вт/м²К). Аппарат предельно прост в монтаже и надёжен в эксплуатации. Главным достоинством ТМУ является низкий уровень внутреннего термического сопротивления ТС и низкое аэродинамическое сопротивление аппарата. В зависимости от типа сушильных установок срок окупаемости системы утилизации составляет от 3 до 15 месяцев .

Криоконцентратор. Можно выделить общие принципы сокращения уровня потребления электроэнергии при криоконцентрировании: утилизация энергии льда, охлаждение жидкости перед вымораживанием. применение многоступенчатых схем, использования новых методов организации процессов кристаллизации и сепарирования [7].

Новый метод организации процесса кристаллизации льда и сепарирования применен в разработанной в ОНАПТ технологии блочного вымораживания [8]. Предусматривается и утилизация энергии льда (рециклинг) для повышения энергетической эффективности холодильного цикла.

Для традиционных технологий характерно, что процесс образования кристаллов льда протекает интенсивно, а сепарирование, как правило, является продолжительным, трудоемким и требует больших затрат энергии. В общем энергетическом балансе затраты энергии на кристаллизацию составляют только половину всех затрат энергии. Можно сделать вывод, что сепарирование в значительной степени определяет энергетику технологии и величину потерь продукта с ледяной фракцией.

Системный анализ показывает, что можно получить общий выигрыш в продолжительности, энергозатратах, если иначе организовать процессы. Представляется целесообразным согласовать интенсивности процессов генерации льда и сепарирования. Эта идея лежит в основе технологии блочного вымораживания [8]. Предлагается на первом этапе исключить из технологической схемы вспомогательное оборудование: насосы, промежуточные емкости и пр. Организовать процесс образования на холодной поверхности блока льда с плотной упаковкой кристаллов. Выращивание блока льда проводить при условии постоянного роста величины поверхности раздела «лед - раствор». На втором этапе предлагается исключить из технологической схемы специальные аппараты для разделения льда и раствора, а сепарирование проводить в условиях гравитационного стекания концентрата из блока льда.

Основное отличие технологии блочного вымораживания заключается в том, что вместо машинного принципа работы кристаллизатора используется аппаратный. Это позволило существенно упростить технологическую схему, создать простую и надежную конструкцию криоконцентратора, значительно снизить расход энергии. Достоинства технологии блочного вымораживания: отсутствие потерь энергии во вспомогательных узлах, простота конструкции кристаллизатора, простота реализации эффективного гравитационного сепарирования.

Получены криообразцы: молочной сыворотки, соков, натуральных пищевых красителей, виноматериалов, уксуса, экстрактов кофе. Они отличались высокими вкусовыми качествами, приятным запахом, пищевой ценностью. Удельные затраты энергии в криоконцентраторах составляют 0,1...0,07 кВт*ч на 1 кг вымороженной воды. Разработан типоразмерный ряд криоконцентраторов.

Термомеханический агрегат. Технологии консервирования сталкиваются с необходимостью термической обработки неньютоновских жидкостей. Реологические характеристики продуктов создают проблему при создании эффективных теплообменников для их нагрева и сгущения. В ОНАПТ разработан термомеханический агрегат, в основе которого используются достоинства ротационного термосифона [7, 9]. Автономность термосифона позволила устранить недостатки, которые присущи шнековым агрегатам.

Основным узлом агрегата является ротационный термосифон, который состоит из парогенератора и разветвленного конденсатора. Термосифон герметичный, внутри его реализуется автономный испарительно-конденсационный цикл. Термосифон частично заполнен теплоносителем, воздух внутри него от-

сутствует. При подводе энергии к парогенератору жидкость внутри испаряется и пары поступают в конденсатор, где передают теплоту продукту и переходят в жидкую фазу. За счет сил гравитации жидкость возвращается в парогенератор. Цикл повторяется. Использование двухфазного ротационного термосифона обеспечивает интенсивную теплопередачу при простой и надежной конструкции агрегата.

Конструктивное исполнение ротационного термосифона (его заправка, форма конденсатора) определяются функциональными задачами агрегата. А эти задачи могут быть такими: нагрев или сушка мелкодисперсных материалов. Либо нагрев, сушка, сгущение вязких и вязко-пластичных продуктов.

Одновременно могут осуществляться: перемешивание, дробление, транспортировка продукта.

Испытания опытного образца термомеханического агрегата с ротационным термосифоном подтвердили его высокую теплотехническую эффективность. Интенсивность теплопереноса возрастает в 2...20 раз, а расход энергии снижается на 10...20%. Характерно, что степень интенсификации теплопередачи в агрегате возрастает с ростом вязкости продукта. Использование ротационного термосифона – это новый подход к конструированию аппаратов для термообработки пищевых продуктов.

Инновационные проекты третьего уровня. Это проекты перевода пищевых технологий на прогрессивные принципы, принципиально новые решения и, особенно, на нанотехнологии. Комбинированные механизмы организации процессов переноса, селективные энергетические воздействия на наномасштабные элементы пищевого сырья открывают новые возможности выгодно совершенствовать производство при существенном снижении расхода ресурсов.

В ОНАПТ при переработке пищевого сырья на принципах волновых, бародиффузионных, микроволновых и селективных технологий получены эффекты, которые можно объяснить только с позиций нанотехнологий [11-15]. Для коньячных технологий разработан экстрактор с электромагнитными интенсификаторами, который снизил на 2...3 порядка время насыщения спиртов компонентами древесины дуба. Полученные образцы коньячных спиртов выгодно отличались от контрольных образцов, как по органолептическим показателям, так и химическому составу [1].

Организация бародиффузионного процесса массопереноса при экстрагировании из зерен кофе в условиях микроволнового подвода энергии позволяет интенсифицировать процесс массопереноса в несколько раз. Реализует интенсивные и мягкие режимы экстрагирования [14]. Комбинированное электрофизическое воздействие в процессе экстрагирования в аппарате с электромагнитными интенсификаторами повышает степень извлечения компонентов из зерен на 15%. Экстрактор функционирует при атмосферном давлении и температуре процесса не выше 100 °С, а энергетические затраты снижаются на 50 %. Появилась возможность производства новой линейки кофепродуктов: жидкий кофе и его комбинации с коньяком, молоком и пр.

Подобные технологии использованы при производстве растительных масел. При экстрагировании из зерен амаранта в условиях микроволнового подвода энергии позволяет получить экологически безопасный продукт при повышенном содержании такого важного компонента, как сквален [2].

Комбинированное электрофизическое воздействие в процессе пиролиза из древесины в аппарате с электромагнитными интенсификаторами позволяет получать новый для Украины продукт – копильный препарат (жидкий концентрат дыма). Оригинальная организация процесса подвода энергии гарантирует получение экстракта практически без содержания бензперенов.

Организация осциллирующих и каскадных режимов вымораживания в аппаратах блочного типа [8] позволило получить деминерализованную воду с содержанием солей не более 4мг на 1л воды.

Селективные технологии при микроволновом подводе энергии позволяют достичь температуры обработки виноматериала на 30...20 °С ниже, чем в традиционных пастеризаторах, сократить продолжительность процесса в 10 раз и повысить энергетический КПД аппарата в несколько раз [15]. Аналогичные результаты получены при обработке молочной сыворотки.

Традиционные сушильные технологии требуют затрат 7...9 МДж энергии на удаление 1кг влаги. Комбинированное электрофизическое воздействие в процессе обезвоживания с принципами фильтрационной сушки позволило существенно сократить продолжительность процесса и довести уровень энергетических затрат до 1,9 МДж на 1кг удаляемой влаги. Технология сушки в электромагнитном поле в неподвижном и в движущемся слое апробирована на пшенице, сое, рапсе и пр.

Экспериментальные образцы аппаратов, в которых реализуются приведенные выше процессы, разработаны и изготовлены в лаборатории «Пищевые нанотехнологии», которая создана при кафедре процессов, аппаратов и энергетического менеджмента ОНАПТ. Среди таких аппаратов: экстрактор с электромагнитными интенсификаторами, пиролизер, ленточная сушилка с микроволновыми и инфракрасными генераторами энергии, активатор культивирования микроорганизмов и инактиватор – стабилизатор микробиологической среды.

Литература

1. Бурдо О.Г. Энергетический мониторинг пищевых производств. Одесса: Полиграф, 2008. – 244 с.
2. Бурдо О.Г., Буйвол С.М., Бандура В.Н. Энергетическая стратегия развития агропромышленного комплекса в условиях кризиса. Problemele energeticii regionale. Chişinău. Academia de ştiinţe a Moldovei, Institutul de energetică 2009, с.7-12
3. Burdo O.G., Terziesv S.G., Peretyaka S.N. Energy-saving Food Technologies on Heat Pipe Exchanger Basis //Proc. 9-th Int. Heat Pipes. Conf.– Albuquerque (New Mexico, USA).– 1995.– P.7–14.
4. Бурдо О.Г., Терзиев В.Г., Зыков А.В., Милинчук С.И. Пути решения проблем энергетики и экологии в пищевых технологиях //Materialy XV11 Miedzynarodowa Konferencja Naukowa "Inzynieria procesowa w ochronie srodowiska". - Opole: Otmuchow, 1999. - P. 33 - 36.
5. Burdo O.G., Hou Zengqi, Miao Yongxiang. Heat Regimes Providing of Apparatus on Heat Pipes Basis.//Proc. Int. Symp. on Heat Pipe Research and Application, Shanghai (China).–1991.–V.1.–P.271–274.
6. Burdo O.G., Terziesv S.G., Zykov A.V. Optimization of Heat Pipes and Mass Recovery // 5-th Int. Seminar “Heat Pipe, Heat Pumps, Refrigerators”, September, 8–11, 2003.– Minsk, Belarus.– P.161–166.
7. Бурдо О.Г. Эволюция сушильных установок Одесса: Полиграф, 2010. – 368 с.
8. Бурдо О.Г. Холодильные технологии в системе АПК. Одесса: Полиграф, 2009. – 288 с.
9. Burdo O.G., Bezbah I.V. Rotating heat pipes in devices for heat treatment of the food-stuffs, Applied Thermal Engineering №28 (March 2007), 341-343.
10. Бурдо О.Г., Рыбина О.Б., Сталымбовская А.С. Энергетическая эффективность пищевых нанотехнологий. Интегровані технології та енергозбереження – Харьков: НТУ „ХП” 2006.–№2
11. Бурдо О. Г. Мікро – і нанотехнології – новий напрямок в АПК. Наукові праці. – Випуск 29. - Одеса: Одеська національна академія харчових технологій -2006.-С.3-9.
12. Бурдо О.Г. Нанотехнологии. Флагманские, перспективные и фундаментальные проекты в АПК //Наук. праці Од. націон. акад. харчових технологій. – Одеса: 2006. – Вип.28, Т2. – с.242-251.
13. Бурдо О.Г. Наномасштабные эффекты в пищевых технологиях //Инженерно-физический журнал. Минск, т.78, № 1– 2005.-С.88-93.
14. Бурдо О.Г., Ряшко Г.М. Экстрагирование в системе «кофе – вода». Одесса: «ТЕС», 2007. – 176 с.
15. Бурдо О.Г., Рыбина О.Б. Процессы инактивации микроорганизмов в микроволновом поле. Одесса: Полиграф, 2010. – 200 с.

УДК 532.516:536.24

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ И МЕТОД РАСЧЕТА ДИНАМИКИ НЕПРЕРЫВНОЙ СУШКИ

Никитенко Н.И., Снежкин Ю.Ф., Сороковая Н.Н.
Институт технической теплофизики НАН Украины, г. Киев

Представлены математическая модель и численный метод расчета динамики тепломассопереноса и фазовых превращений в процессах сушки в аппаратах непрерывного действия. Приведены результаты численных экспериментов, свидетельствующие об адекватности сформулированной математической модели.

A mathematical model and numerical method for calculating the dynamics of heat and mass transfer and phase transformations during the drying process in the apparatus of continuous operation. Shows the results of numerical experiments demonstrating the adequacy of the formulated mathematical model.

Ключевые слова: непрерывная сушка, капиллярно-пористые материалы, интенсивность испарения, площадь контакта жидкой и газообразной сред

Современной тенденцией развития сушильной техники и технологий является поиск путей снижения энергопотребления, интенсификации процесса обезвоживания и получение готовой продукции высокого качества. Повышение эффективности процесса сушки связано с механизацией и автоматизацией технологий обезвоживания материалов. В соответствии с этим для крупномасштабных производств является актуальным переход от сушильных аппаратов периодического, к аппаратам непрерывного действия.