

ке методологии объективной оценки и повышения уровня охраны труда на предприятии. Поэтому систематику критериев должны составлять критерии, отражающие основные направления улучшения условий труда (рис. 4).

Теория развития и совершенствования сложных систем свидетельствует о том, что повышение эффективности их функционирования наблюдается при росте значений критериев их определяющих. Однако практика развития сложных систем показывает, что одновременное повышение всех критериев не представляется возможным. Примером этому в безопасности жизнедеятельности является концепция приемлемого риска, согласно которой минимальное его значение определяется соотношением между инвестициями в производство и социальную сферу.

1. <http://lossofsoul.com/DEATH/suicide/statistic.htm>
 2. pilyagin@visti.com
 3. <http://www.psychiatry.ua/articles/paper261.htm>
- УДК 338.45.003.13:620.91

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Результаты проведенных исследований позволяют сделать следующие выводы:

1. Нормативно-правовая база Украины по охране труда по ряду направлений не обеспечивает достаточной эффективности в создании комфортных и безопасных условий труда и нуждается в гармонизации с реалиями настоящего времени.

2. Систематизация показателей, определяющих уровень охраны труда, позволила обосновать и предложить критерии охраны труда.

3. Предложенная систематика критериев охраны труда позволяет комплексно оценить в численном выражении состояние охраны труда и определить перспективные направления его повышения.

Поступила 02.2011

ТЕРЗИЕВ С.Г., канд. техн. наук

ОАО «Одеспищекомбинат», г. Одесса

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ПОТОКОВ СЫРЬЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В ТЕХНОЛОГИЯХ ПИЩЕВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ

Методами энергетического менеджмента установлены значения потребляемой энергии, ее потерь и эффективности использования в технологиях пищевых концентратов производства. Определены уровни потерь сырья и готового продукта. Обоснованы приоритетные направления повышения энергетической эффективности. Представлены научные основы утилизации энергии и пыли из выбросов теплоносителя. Рассмотрены новые подходы для интенсификации процессов сушки и экстрагирования. Обсуждаются процессы утилизации кофейного шлама.

Ключевые слова: энергетическая эффективность, сушка, экстрагирование, утилизация теплоты и пыли продукта, утилизация шлама.

The quantities of energy being consumed, energy wastage and the efficiency of its use in food concentrate production have been estimated by the energy management method. The levels of raw material and product waste have been determined. The priority directions of the energy efficiency increase has been grounded. The scientific bases of utilization of energy and dust of heat carrier emissions. New approaches to the processes of drying and extraction intensification have been considered. The processes of coffee sludge utilization are being discussed.

Keywords: energy efficiency, drying, extraction, heat and product dust utilization, coffee sludge utilization.

Современная энергетическая ситуация в АПК характеризуется серьезными противоречиями. С одной стороны производители вынуждены покупать топливно-энергетические ресурсы по мировым ценам. С другой стороны – эксплуатируются технологии и оборудование, которые рассчитаны на потребление дешевых энергоносителей. В сложившейся ситуации в себестоимости продукции стали превалировать затраты на энергоносители. Конкурентоспособность украинских продуктов в системе ВТО становится проблематичной, поскольку удельные расходы энергии в АПК в 2...4 раза выше, чем в технологиях ведущих в мире производителей продуктов питания [1].

Пищевые концентраты являются перспективными продуктами, потребительский спрос на которые стабильно растет. Однако их производство связано с процессами обезвоживания сырья, т.е. с процессами, которые требуют значительных расходов энергии. Поэтому в этой отрасли особенно важно достичь ми-

ровых стандартов по удельным расходам энергии. И делать это надо безотлагательно. Схема перехода на европейские стандарты по расходам энергоносителей понятна. Во-первых, это энергетические исследования технологий. Во-вторых, – выработка проектов, направленных на поэтапное снижение затрат топливно-энергетических ресурсов. Опыт показывает, что эффективными являются формирования трех этапов программы внедрения энергоэффективных проектов. Причем, первый этап включает малозатратные проекты, а прибыль, которая получается от их реализации, инвестируется в проекты второго этапа. Так включаются механизмы частичного самофинансирования проектов [1].

Системный анализ пищевых концентратных технологий. Для технологии пищевых концентратов характерно, что основные затраты приходятся на тепловую энергию, на топливо. Энергетические исследования включали: анализ паспортных данных технологического оборудования [2] и измерение параметров, составляющих нормативы и регламенты ведения технологических процессов. Задачей исследований было получение картин распределения температур и тепловых потоков в воздушном пространстве цеха и на поверхностях аппаратов, составление параметрических моделей, отражающих связь между целями и условиями ведения процессов. Результатом таких исследований стала сводка энергоемкого оборудования и балансовые схемы распределения ресурсов на предприятии [3].

Для анализа причин тепловых потерь и синтеза мероприятий по их снижению используются тепловые балансы, которые составляются на основе параметрических схем исследуемых объектов различных иерархических уровней – от отдельных аппаратов и помещений цеха до предприятия в целом. При составлении тепловых балансов потребовалась база данных по

расходам газообразных потоков, их температур и перегрева различных поверхностей. Объемные расходы потоков рассчитывались по значениям соответствующих скоростей в измеренных сечениях газопроводов. В результате составлена схема движения материальных потоков теплоносителей. Природный газ расходуется в котельной, в цехах натурального и растворимого кофе обжарочными аппаратами и распылительной сушилкой. Пар используется на теплофикационные цели и в варочных аппаратах, в плавителях жира, в ленточной сушилке.

Основные стоки теплоты можно объединить в три группы: с горячим готовым продуктом, с отработанным теплоносителем и от нагретых поверхностей технологического оборудования. Причем, потери теплоты имеют место с аэрозольными выбросами сушилок и обжарочных аппаратов, с греющим паром и с конденсатом, который не возвращается в котельную. Например, для линии производства растворимого кофе (рис.1) от поверхности и с отработавшим теплоносителем обжарочной печи теряется теплота (Q_0), от экстракторов - ($Q_э$). Экстракт (Э) обезвоживается, при этом в атмосферу выбрасывается отработавший теплоноситель (ОТ), который содержит пыль растворимого кофе. За год теряется до 4,5 т порошка кофе. Есть потери тепловой энергии и с потоком готового продукта (ПК).

Из экстрактора выгружается шлам (Ш), объем которого составляет до 70% от исходного сырья. Шлам является серьезным загрязнителем окружающей среды, однако он содержит перспективные для дальнейшей переработки компоненты.

Формирование энергетически эффективных проектов.

Обработка данных энергетических исследований методами тепловых балансов определила удельный вес всех потерь. Значения мощности тепловых потерь в МВт составляют: обжарочный аппарат – 1,16; ленточная сушилка – 0,82; распылительная сушилка – 0,53; котельная – 0,515; экстракторы – 0,22. Темпера-

шенствованию энерготехнологий производства пищевых концентратов.

Определены направления развития энергоэффективности. На техническом уровне планируются работы по ликвидации прямых потерь ресурсов, утилизации вторичных энергетических ресурсов, замены энергоемкого оборудования и внедрению новых технологий и неэнергоемких продуктов. На организационно-техническом уровне предстоит отработка обоснованного графика эксплуатации оборудования «разогрев – работа – остановка», последовательное оснащение линий измерительными приборами, работа парогенератора в номинальном режиме.

Системный анализ суммарных резервов энергоэффективности по пакетам проектов показал, что наибольшая мощность потерь тепловой энергии характерна для организационных проектов (рис.2).

Первый этап организационных мероприятий предполагает внедрение рациональных режимов эксплуатации оборудования, установку парометров и конденсатоотводчиков. Измерители расхода пара необходимы у каждого энергоемкого аппарата. Известно, что эффект от установки контрольно-измерительной аппаратуры дает экономии в размере 5...10% от номинального расхода ресурса. Установка конденсатоотводчиков позволит полностью использовать потенциал греющего пара. Оценки показали, что потери теплоты, связанные с неполной конденсацией пара достигают 20...45%. Установку конденсатоотводчиков следует начинать с ленточной сушилки и экстракторов.

Внедрение проектов по направлениям 2, 3, 5 связано с формированием научно-технических гипотез, с постановкой комплексных аналитических и экспериментальных исследований, созданием научных основ соответствующих процессов, инженерных методик оптимизации оборудования, производственной апробации разработок.

Научные основы тепловой утилизации паропылегазовых выбросов сушильного, печного и обжароч-

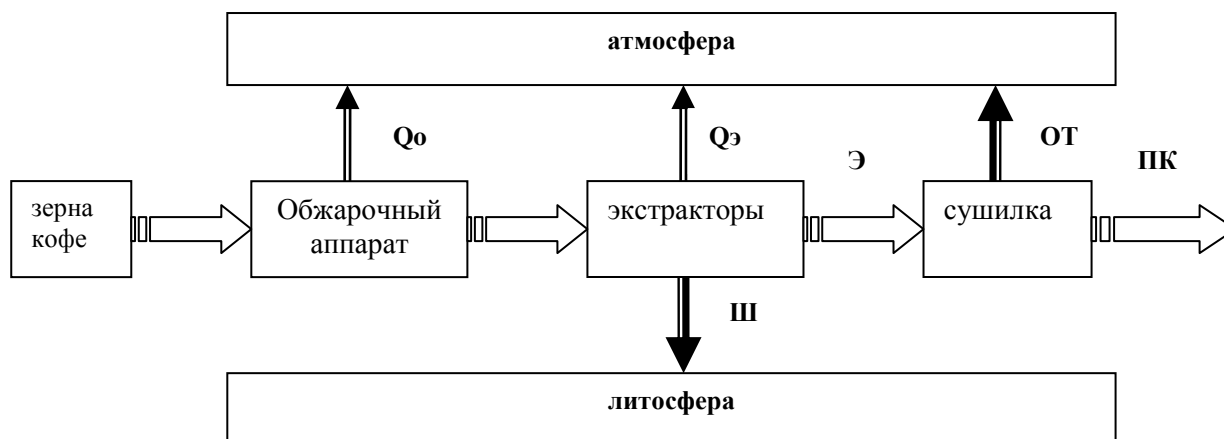
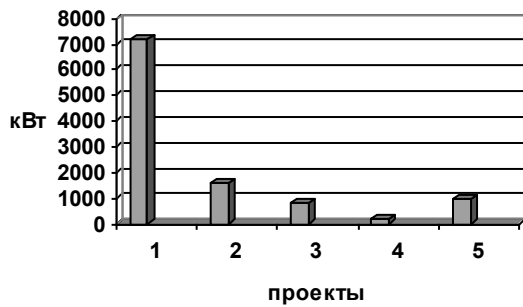


Рис. 1. Потоки сырья, отходов и тепловых потерь при производстве растворимого кофе

тура наружных поверхностей технологического оборудования превышала принятые в Европе стандарты и часто была выше 60 °С. Данные энергетического аудита достаточны для разработки методами энергетического менеджмента проектов по совер-

ного оборудования.

В основе теории исследования сопряженных процессов аэродинамики, тепло- и массопереноса аэрозольных, паропылегазовых потоков в пучках орбренных термосифонов. Теория базируется на двух



- 1 – пакет организационных проектов;
- 2 – модернизация оборудования;
- 3 – утилизация тепловых выбросов;
- 4 – усиление тепловой изоляции;
- 5 – внедрение новых, энергоэффективных технологий

Рис. 2. Сравнение энергетической эффективности теплотехнологических проектов

гипотезах: предельного равновесия массопереноса и межфазового взаимодействия между компонентами потока. В результате предложена система комплексной утилизации теплоты и пыли пищевого продукта [4], техническая идея которой состоит в использовании специфики отработанного сушильного агента (водорастворимость пыли и наличие в потоке теплоносителя чистого водяного пара) и уникальных особенностей современных модулей для организации теплопередачи – двухфазных термосифонов (ТС). В тепломассоутилизаторе (ТМУ) обеспечивается режим самоочистки ТС от пыли, т.е. высокие и стабильные значения коэффициента теплопередачи.

Паропылегазовый поток при обтекании оребренной поверхности испарителей ТС, размещенных в секции охлаждения ТМУ, инициирует три процесса. Во-первых, это конвективный теплоперенос от горячего теплоносителя к ТС. Во-вторых, это парциальная конденсация водяного пара из потока на поверхности ТС, если достигнуты соответствующие условия. В-третьих, это осаждение твердой фазы, мелкодисперсных частиц продукта в межреберном пространстве ТС. В-четвертых, взаимодействие конденсата и слоя пыли.

Модель формирования слоя твердых отложений базируется на гипотезе предельного равновесия массопереноса (m). Т.е. пропорциональности m коэффициенту скорости процесса (k), концентрации частиц продукта в потоке (c), скорости набегающего потока (w), резерву массы осаждения на поверхности (Δm) и времени эксплуатации (τ). Причем, Δm определяется как разность конечной массы осаждения m_∞ и массы осаждения пыли m в момент τ . Так, в условиях пограничного слоя определяется закон роста толщины слоя загрязнений:

$$\delta = a\sqrt{\text{Re}} \left[1 - \exp(-kcw\tau) \right] \quad (1)$$

Формула (1) имеет одну независимую переменную τ , один конструктивный размер, три параметра потока (c , v , w) и два эмпирических коэффициента (k и a). Пыль сахара, кофе, сухого молока и т.п. хорошо растворяется водой, поэтому в условиях парциальной конденсации будет проходить насыщение конденса-

том слоя загрязнений. Модель такого процесса представляется как трехзонная. В первой зоне (консолидации) происходит расширение площади пятен контакта “продукт– поверхность ТС”, растут адгезионно–когезионные силы. На границе первой и второй зон достигается максимальное значение адгезионных сил. Вторая зона (релаксации) переходит в третью (текучести). Модель подтверждена экспериментально, получены количественные зависимости адгезионных сил от влагосодержания пыли. Толщина пленки на поверхности в третьей зоне определяется совместным действием сил инерции потока, адгезии (Pa) и поверхностного натяжения (σ).

Математическая модель процесса представляется в виде уравнения в обобщенных переменных:

$$\Omega = \rho g Rn / \sigma = A (We)^n (P)^m \quad (2)$$

Из Ω рассчитывается толщина пленки, как разность радиусов пленки (Rn) и ТС (Rm) в зависимости от числа Вебера (We) и безразмерного комплекса $P = PaRm / \sigma$, который показывает соотношение сил адгезии и сил поверхностного натяжения. Для разных видов продукта постоянные в уравнении (2) определяются экспериментально [5].

Самостоятельной научной проблемой является изучение межкомпонентного теплообмена и массообмена в межрядном пространстве термосифонов. Взаимодействие стекающего с ТС конденсата с аэрозольным потоком является сложной для моделирования задачей. По сути, необходимо определить результат сопряженных тепломассообменных процессов между паропылегазовым потоком и каплями раствора, которые реагируют с водорастворимыми частицами пыли продукта. Интенсивность массообмена характеризуется совокупностью 11 параметров. Среди них параметры потока: скорость w , вязкость μ , плотность ρ , диаметр частиц d_T и их концентрации C_T , параметры капель конденсата: их диаметр d_K , плотность ρ_K и концентрация C_K в межтрубном объеме. Кроме этого, рассчитываются массообменные коэффициенты: массоотдачи β и диффузии D и гравитационная постоянная g . Используя теорию подобия (π -теорему, метод анализа размерностей) и некоторые упрощения, можно получить критериальное уравнение, которое связывает характерные параметры:

$$\text{Sh} = A (\text{Pe}_D)^k (\text{Re})^n (K)^m \quad (3)$$

Диффузионное число Пекле ($\text{Pe}_D = vd_T/D$) отвечает за формирование диффузионного пограничного слоя, а число Рейнольдса (Re) характеризует гидродинамическую ситуацию в ТМУ. Параметрический комплекс (K) показывает соотношение степени запыления потока (C_T) и его орошения (C_K).

Приведение моделей (1...3) к явному виду требует постановки комплексных экспериментальных исследований. Стенд для исследования процессов межфазного массообмена должен включать газовый контур с вентилятором, электрокалорифером, дозатором пыли, дозатором влаги и рабочим участком. Системы стенда должны изменять в широких диапазонах температуру (t) и расход воздуха (V), производитель-

ность дозаторов пыли (M) и влаги (W).

Оптимизированные конструкции системы тепломассоутилизации позволят сократить расход топлива на 12...15%. Срок окупаемости внедрения систем тепломассоутилизации для различного оборудования составляет от 4 до 15 месяцев [6].

Теория и техника массопереноса при экстрагировании и сушке.

Теория базируется на гипотезах о возможности селективного воздействия на отдельные компоненты растительного сырья с целью интенсификации процессов сушки и экстрагирования. Избирательный подвод энергии способствует снижению энергетических затрат, сокращает время процесса и может способствовать повышению качественных характеристик пищевого продукта. Такие возможности в последние годы доказаны для процессов массопереноса в некоторых отраслях промышленности при использовании электромагнитных полей [7]. Однако применительно к технологиям растворимого кофе техника электромагнитной обработки не известна.

В современных технологиях производства растворимого кофе процесс экстрагирования является ключевым, определяющим как качественные, так и экономические показатели предприятия. Однако, как правило, это достаточно трудоемкий и низкоэффективный процесс, требующий 6...8 экстракторов. Аппараты работают при давлении до 17 МПа, предполагают периодическую загрузку, сложны в эксплуатации. Использование электромагнитных интенсификаторов (ЭИ) позволит существенно снизить время процесса экстрагирования за счет эффекта комбинированного бародиффузионного воздействия.

Последовательная цепочка диффузионных сопротивлений состоит при этом из суммы: $\Sigma R = R_{НК} + R_{МК} + R_{МО}$. Наименьшее диффузионное сопротивление ($R_{МО}$) у процесса конвективной массоотдачи от поверхности продукта в поток экстрагента. Растворимые вещества перемещаются в середине микрокапилляров к поверхности продукта, преодолевая диффузионное сопротивление ($R_{МК}$). Это конвективная диффузия в стесненных условиях (поток j_1). Диффузионное сопротивление нанокпилляров обозначено ($R_{НК}$). Это наибольшее диффузионное сопротивление, поскольку, стесненность диффузионных процессов в капиллярах максимальна.

При воздействии импульсного электромагнитного поля (ИЭМП) инициируется поток экстрагента из капилляров (j_2). По сути, это бародиффузия, которая определяется растущим в капиллярах давлением P_k . Отдельные капилляры, где достигнуты условия для генерации паровой фазы, начинают периодически выбрасывать в поток жидкость. Экстракт из капилляров выбрасывается в поток. Частота выбросов и число функционирующих капилляров растет с ростом N - мощности излучения. Предлагается аналогия с центрами парообразования.

Суммарный поток (j) определяется коэффициентом массоотдачи (K) традиционной схемы и коэффициентом массоотдачи (β_p) бародиффузионного потока:

$$j = j_1 + j_2 = K (X_{ГТ} - X_3) + \beta_p (P_k - P_3) \quad (4)$$

Этот поток турбулизирует пограничный слой. Сопротивление массопереносу бародиффузией может быть на несколько порядков ниже, чем в традиционных схемах массоотдачи. Таким образом, гидродинамическая ситуация в потоке определяется эквивалентным диаметром (d), скоростью течения экстрагента (w). Процесс осложнен вихревой диф-

фузией из каналов твердой фазы, импульсным характером поля, определяющим число и производительность центров точечного массообмена. Задачи такого плана решаются методами экспериментального моделирования.

Методом "анализа размерностей" определена структура уравнения в безразмерных переменных. Предложено [7] новое число энергетического воздействия: $Bu = N (\gamma w d^2 \rho)^{-1}$ для учета влияния действия ИЭМП. Физический смысл числа Bu заключается в соотношении между энергией излучения и той энергией, которая необходима для преобразования в пар всего раствора, который проходит через экстрактор. В соотношении (γ – теплота фазового перехода, а ρ – плотность экстрагента). Чем ближе число Bu к 1, тем больше образуется паровая фаза, тем больше градиент давлений, тем интенсивнее выбросы насыщенного экстрагента из глубины капилляров. Растет турбулизация пограничного слоя, но увеличиваются нагрев твердой фазы и расход энергии. Число Bu характеризует кинетику массопереноса бародиффузией.

В результате комплексных экспериментальных исследований, которые включают определение условий фазовых равновесий, кинетики экстрагирования, устанавливаются константы в критериальном уравнении:

$$Sh = A (Re)^u (Sc)^k (Bu)^p \quad (5)$$

Модель (5) может служить основой для экспериментального исследования процессов экстрагирования как из зерен кофе, так и масла из кофейного шлама.

Процессы утилизации кофейного шлама.

Способы утилизации кофейного шлама основываются на специфике его состава [8]. Наиболее ценными компонентами кофейного шлама, целесообразными для переработки являются: масло кофе (7 – 12%), целлюлоза и лигнин (60 – 75%) и смесь вкусо-ароматических веществ (кофеоль) – (3 – 5%). Остальное – это минеральные зольные элементы (содержание компонентов приведено в пересчете на абсолютно сухое вещество шлама) и некоторое количество белков (5...7%).

Технология извлечения масла кофе разработана в двух модификациях: производство ароматизированного масла кофе и нейтрального (чистого) масла. Технология проверена в лабораторных условиях. При выделении ароматизированного масла кофе, оно насыщено кофеолом – смесью вкусо-ароматических веществ, которые позволяют применять этот продукт в кондитерской и ликеро-водочной промышленности.

Очищенное масло кофе может применяться в парфюмерно-косметической, мыловаренной и кондитерской промышленности. Обезжиренный остаток кофейного шлама, состоящий в основном из целлюлозы и лигнина, может быть использован как в исходном виде, так и в виде сырья для дальнейшей переработки. Обезжиренный остаток шлама может быть использован в виде теплоизоляционного структурно-механического наполнителя для изготовления строительных материалов. Полученные на этой основе строительные материалы обладают повышенными теплоизоляционными свойствами. Их прочность позволяет использовать эти материалы для внутренних перегородок зданий гражданского назначения под отделку штукатуркой.

После дополнительного измельчения шлам может быть использован в косметической и мыловаренной промышленности в качестве наполнителей для изготовления пилингов и пилингового мыла.

После извлечения масла шлам может быть подвержен

щелочной баротермической деструкции. Получающийся при этом продукт обладает вязкими свойствами и может быть использован в строительстве при изготовлении различных смесей.

В том случае, когда обезжиренный шлам подвергается баротермической аммиачной деструкции, получается азотно-минеральное удобрение, обогащенное микроэлементами, которое может быть использовано как в сельском хозяйстве, так и на приусадебных участках и при выращивании комнатных растений.

При умеренной щелочной деструкции необезжиренного шлама (щелочной варке) получается масса с поверхностно-активными свойствами, которую можно использовать в косметической промышленности для изготовления пилингов и в качестве наполнителей в мыловаренной промышленности. Шлам после извлечения ароматизированного масла кофе с кофеолем после кислотной обработки может быть использован в качестве компонента комбикормов для жвачных животных.

После слабокислого частичного гидролиза с последующим дрожжеванием может быть получена кормовая добавка. Такая биотехнология позволит получить кормовую добавку в корм сельскохозяйственных животных, обогащенную полноценными белками, витаминами группы В и микроэлементами. Щадящая кислотная обработка с последующей нейтрализацией и отмывкой позволяет получить адсорбент, применяемый в медицине в качестве лекарственного средства при отравлениях.

Гранулирование обезжиренного шлама позволяет производить топливные пеллеты, используемые в печах и каминах для обогрева. Пиролиз обезжиренного шлама позволяет получать активированный медицинский уголь, применяемый в фармакологии.

Схема комплексной переработки шлама приведена на рис.3. Шлам (Ш) после экстракторов (Э) проходит механическое обезвоживание на центрифуге (Ц) и термическое – в

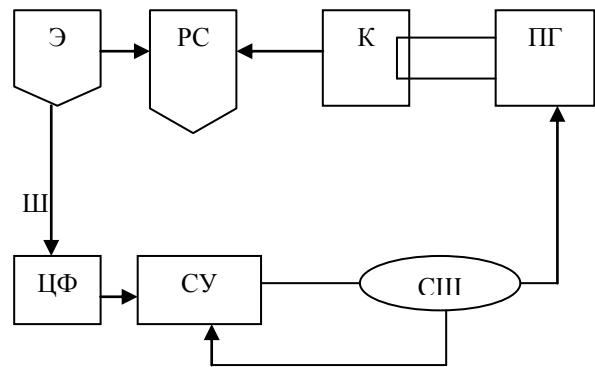


Рис. 3. Принципиальная схема комплексной переработки кофейного шлама

сушилке (СУ). Причем, высушенный шлам (СШ) частично используется при генерации сушильного агента для СУ и в парогенераторе (ПГ). Полученный водяной пар используется в калорифере (К) распылительной сушилки (РС). Таким образом, шлам полностью обеспечивает энергетические нужды предприятия.

Активированный сухой шлам с размерами частиц не более 0,2 мм может использоваться в кондитерской, хлебопекарной и пищевконцентратной промышленности.

Выводы. Функционирование технологии по производству растворимого кофе оказывает серьезную нагрузку на окружающую среду. Технологией характерны значительные выбросы в атмосферу и литосферу. Актуальной экологической проблемой является переработка кофейного шлама. Предварительные исследования показали, что комплексная переработка и утилизация отходов кофейного производства позволит существенно повысить эффективность пищевконцентратного производства, снизить расходы энергии, уменьшить нагрузку на окружающую среду и получить новую гамму продуктов и материалов.

Поступила 02.2011

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурдо О.Г. Энергетический мониторинг пищевых производств. – Одесса: Полиграф, 2008 – 244с.
 2. Гришин М.А., Атаназевич В.И., Семенов Ю.Г. Установки для сушки пищевых продуктов: справочник // Агропромиздат – М., 1989.
 3. Терзиев С.Г. Энергетический мониторинг пищевконцентратного производства. // Наук. праці Од. націон. акад. харчових технологій. – Одеса: 2010. – Вип.37. – С.330 – 333.
 4. Патент України № 2647051 6 F26B3/02 Спосіб утилізації тепла та пилу продукту при сушінні продукту / Бурдо О.Г., Терзиев С.Г., Перетьяка С.М. - Бюл.№6, 11.10.1999 г.
 5. Burdo O.G., Terziev 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.
 6. Burdo O.G., Terziev S.G., Zikov 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. Наномасштабные эффекты в пищевых технологиях // Инженерно-физический журнал. Минск, т.78, № 1.-2005. - С.88-93.
 8. Терзиев С.Г. Математическое моделирование процессов переработки структурированных отходов в пищевконцентратном производстве. // Наук. праці Од. націон. акад. харчових технологій. – Одеса: 2010. – Вип.37. – С.132 – 136.
- УДК 621.575.932:621.565.92

ИЩЕНКО И.Н., ассистент, ТИТЛОВ А.С., д-р техн. наук, профессор

Одесская национальная академия пищевых технологий

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ИСПАРИТЕЛЯ АБСОРБЦИОННОГО ХОЛОДИЛЬНОГО АГРЕГАТА (АХА)

Представлены результаты моделирования испарителя абсорбционного холодильного агрегата – начального адиабатного участка и режимов течения потоков. По расходным параметрам и геометрическим характеристикам потоков определены режимы течения жидкости и парогазовой смеси.

Ключевые слова: моделирование, абсорбционный холодильный агрегат, испаритель, параметры потоков.

The results of design of vaporizer of absorption refrigeration aggregate are presented – initial adiabatic area and modes of flow of streams. On expense parameters and geometrical descriptions of streams the modes of flow of liquid and gas mixture are certain.

Keywords: design, absorption-refrigeration aggregate, vaporizer, pa-

rameters of streams.

Практически все современные модели АХА содержат энергосберегающий трехплоточный испаритель [1]. Он служит для поглощения тепла Q_0 из холодильной камеры, охлаждения жидкого аммиака, поступающего из конденсатора (отводимое тепло $Q_{ж}$), а также охлаждения бедной парогазовой смеси (ПГС), поступающей из абсорбера (отводимое тепло $Q_{бп}$). Температура жидкого аммиака и бедной