

зой для развития микроорганизмов, которые переводят питательные вещества в такую форму, что легко может быть усвоена растениями.

Результаты параллельно проведенных практических исследований по выращиванию помидора в геотеплице показали что, урожайность томата при применении биоудобрений повысилась на 40-50%.

Для изучения температурных и тепловых режимов, а также производительности установки относительно выработанного биогаза, нами проведена ряд экспериментов с различными субстратами в различных метеорологических условиях. Результаты одного таких опытов приведены на рис.2. Опыты показали, что при мезофильном режиме работы биореактора производительность газа практически не снижалась при отклонении температуры на 1-2⁰ С от оптимума и процесс сбраживания субстрата продолжался -25-30 дней

В ходе проведенного исследования выявлено, что интенсивность процесса во многом зависит от температуры и влажности в биореакторе. Показано, что при мезофильном режиме (36-38⁰ С) процесс метанового брожения протекает интенсивнее, о чем свидетельствует больший выход биогаза и повышенное содержание в нем метана.

Выводы

Проведенные исследования позволяют разработать технологию переработки куриного помета (а также других органических отходов), являющаяся наиболее перспективной с точки зрения защиты окружающей среды и экологии не возобновляемых природных источников энергии. Применение данной технологии позволит наиболее полно использовать энергетический и сырьевой потенциалы, заключенные в органических отходах.

Литература

1. С.М. Биркин. Совершенствование технологии и технических средств утилизации навоза крупного рогатого скота. Автореф. дис. к-та. наук. Волгоград, 2009.
2. В. Баадер, Е. Доне, М. Бренндерфер «Биогаз» теория и практика. Москва «Колос» 1982.
3. К. Келов. Разработка научных основ технологии метанового сбраживания отходов животноводства и создание биогазовых установок с использованием солнечной энергии. Автореф. дис. ... д-ра. наук. Ашхабад, 1990.

УДК 502.174.3:664.047

ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ РЯД ТЕПЛОМАССОУТИЛИЗАТОРОВ ДЛЯ АПК

**Бурдо О.Г., Терзиев С.Г., Кураков О.М.
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса**

В работе проведен анализ энергетических потерь и экологических проблем в сушильных технологиях АПК. Рассматривается система комплексной утилизации теплоты и пыли готового продукта на основе термосифонного аппарата. Представлен тип – размерный ряд термосифонных теплоемкоутилизаторов.

In the research the analysis of energy waste and ecological problems of agro-industrial complex drying technologies has been carried out. The system of complex utilization of heat and ready product dust based on thermo siphon is considered. Dimension-type line of thermo siphon heat-mass-utilizers has been presented.

Ключевые слова. Энергетика сушки, утилизация теплоты, термосифон.

Введение. Системный подход к проблеме энергоэффективности дает возможность правильно выбрать приоритеты, четко координировать работы по совершенствованию энерготехнологий. Приоритеты обосновываются на базе результатов энергетического аудита, сравнения альтернативных проектов. Затраты на внедрение энергоэффективных технологий и оборудования возвращаются быстро, если исследования проведены на основе современных методов энергетического менеджмента. Практика показывает, что одним из приоритетных путей совершенствования энерготехнологий является утилизация энергии технологических выбросов [1]. Эффект существенно усиливается, если решается задача комплексной утилизации теплоты и продукта из аэрозольных выбросов сушильного оборудования и печей.

Энергетика и экология сушильных установок АПК. Затраты энергии на удаление влаги в процессе сушки в несколько раз выше [2], чем энергия фазового перехода при парообразовании (табл.1).

Таблица 1 – Энергетические характеристики сушилок

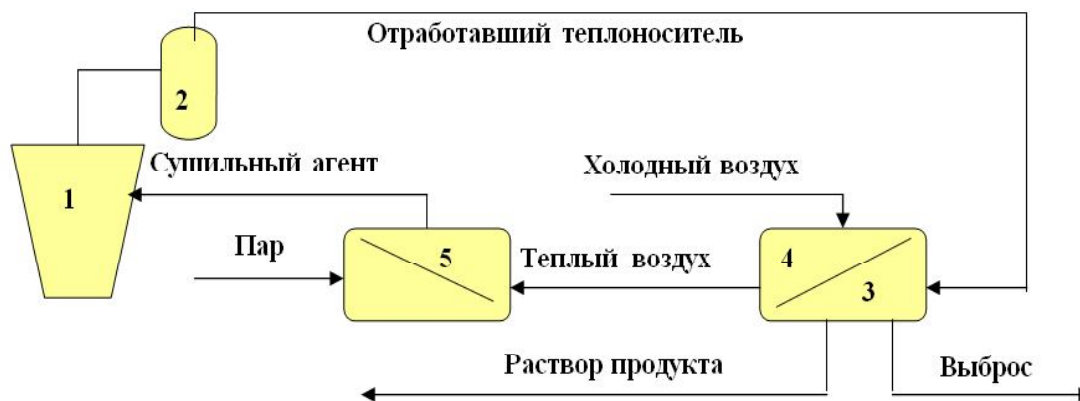
| Марка | Тип | Производительность, кг/ч | Расход теплоты, кДж/кг | Технология |
|-----------|----------------|--------------------------|------------------------|------------------------------|
| Г4-КСК-90 | конвейерная | 670 | 5280 | овощесушильная макаронная |
| А1-ФМУ | вибросушилка | 80 | 7630 | меланжевая |
| ЦТР-500 | распылительная | 500 | 7750 | молочно-консервная |
| RS-1000 | распылительная | 1000 | 7500 | молочно-консервная |
| А1-ОГК | вибросушилка | 300 | 7930 | казеиновая |
| СКО-90 | конвейерная | 630 | 5580 | овощесушильная |
| КС-2М | камерная | 83 | 7950 | сушка сухарей |
| СЗПБ-2,5 | передвижная | 2500 | 5030 | зерносушильная |
| А1-ИФИ | барабанная | 1250 | 3820 | комбикормовая |
| СЗСБ-8 | барабанная | 8000 | 4975 | зерносушильная |
| СБУ-1 | барабанная | 20000 | 7000 | сахарная |
| ЛСХА-20 | шахтная | 880 | 5660 | пивоваренная |
| А1ДСП50 | шахтная | 50000 | 4840 | зерносушильная |
| ДСП-32 | шахтная | 32000 | 5040 | зерносушильная |
| М-819 | шахтная | 20000 | 5000 | зерносушильная |

Меньшие затраты энергии характерны для комбикормовой и зерносушильной технологиях (табл.1), но это достигается снижением экологической безопасности процесса, ведь сушка здесь осуществляется смесью топочных газов и воздуха [3]. Технологические выбросы сушильного оборудования сопровождаются ощутимыми потерями пыли пищевого продукта. За год на одной установке теряется до 30т сухого молока, до 125т сахара. Именно пыль пищевого продукта не позволяет использовать традиционные конструкции теплоутилизаторов, поскольку пыль забивает теплопередающую поверхность и аппарат становится неэффективным.

Схема с тепломассоутилизатором. Техническая идея предложенной системы комплексной утилизации теплоты и пыли пищевого продукта [3] основана на использовании в аппарате уникальных теплообменных модулей (термосифонов) и оригинальной организацией процесса теплопередачи. Суть поясняется схемой (рис. 1).

Термосифонный тепломассоутилизатор (ТМУ) секцией охлаждений 3 подключается к выходу из циклона 2. В результате комбинированных взаимодействий аэродинамических, теплообменных и массообменных процессов поток в ТМУ очищается от пыли и водяного пара, образуется раствор пищевого продукта, который стекает с поверхности термосифонов. Достигается 3 положительных результата. Во-первых, очищенный теплоноситель обеспечивает экологическую чистоту технологии. Во-вторых, улавливаются частицы дорогого пищевого продукта. В-третьих, снижается расход энергии. Более того, работа аппарата в таком режиме обеспечивает «самоочищение» поверхности теплообмена. Таким образом, достигаются режимы переноса с предельными теплотехническими характеристиками аппарата.

Эффект самоочищения теплопередающей поверхности дает возможность использовать предложенную систему комплексной утилизации теплоты и пыли в схемах сушильного и печного оборудования пищевых производств. Техническая идея системы состоит в том, что используется специфика отработанного сушильного агента (водорастворимость пыли и наличие в потоке теплоносителя чистого водяного пара) и уникальные особенности современных модулей для организации теплопередачи – двухфазных термосифонов (ТС). По сути, предложен принципиально новый аппарат – тепломассоутилизатор (ТМУ), в котором обеспечивается режим самоочищения ТС от пыли, т.е. высокие и стабильные значения коэффициента теплопередачи.



1 – сушилка, 2 – циклон, 3 – секция охлаждения ТМУ, 4 - секция нагрева ТМУ, 5 – паровой калорифер

Рис. 1 – Система комплексной утилизации теплоты и пыли из аэрозольных выбросов сушилок

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 (рис.2).

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 [4]:

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

Формула 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 конденсатом 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).

Обработка экспериментальных данных выполнена в виде критериального уравнения [4]:

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

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 найдены постоянные в уравнении (2).

Технические характеристики ТМУ. Исходя из номенклатуры сушильного оборудования, разработан типоразмерный ряд термосифонных тепломассоутилизаторов (табл.2).

Таблиця 2 – Характеристики термосифонних апаратів

| Тип тепломасоутилізатора | Число ТС, шт. | Число рядів ТС, шт. | Площа поверхності теплопередачі | Площа живого сечення, м ² | Висота, м | Ширина, м | Глибина, м |
|--------------------------|---------------|---------------------|---------------------------------|--------------------------------------|-----------|-----------|------------|
| ТГ-2-100 | 102 | 6 | 106,5 | 0,61 | 2 | 1 | 0,35 |
| ТГ-2-200 | 200 | 8 | 208,8 | 0,89 | 2 | 1,4 | 0,4 |
| ТГ-2-300 | 297 | 9 | 310,1 | 1,29 | 2 | 1,85 | 0,45 |
| ТГ-2-400 | 400 | 8 | 417,6 | 1,78 | 2 | 2,8 | 0,4 |
| ТГ-2-500 | 500 | 10 | 522 | 1,78 | 2 | 2,8 | 0,5 |
| ТГ-4-300 | 297 | 9 | 620,2 | 2,58 | 4 | 1,85 | 0,45 |
| ТГ-4-400 | 400 | 8 | 835,2 | 3,56 | 4 | 2,8 | 0,4 |
| ТГ-6-400 | 400 | 8 | 1252,8 | 5,34 | 6 | 2,8 | 0,4 |
| ТГ-6-600 | 600 | 10 | 1879,2 | 8,01 | 6 | 2,8 | 0,5 |

Поскольку расходы теплоносителя в теплогенераторе и в теплоутилизаторе практически равны, то эти же конструкции могут быть использованы в качестве теплогенераторов.

В марке теплоутилизатора указывается длина термосифонов и их число. В аппарате использованы медные термосифоны с накатно-винтовым оребрением из пластически-деформируемого дюралюминия. Диаметр оребрения 43 мм, диаметр основания ребер 19 мм, шаг между ребрами 3мм, толщина ребер 0,7 мм.

На фотографии (рис.2) приведен аппарат ТГ-2-200.

В зависимости от типа сушильных установок срок окупаемости системы утилизации составляет от 3 до 15 месяцев.

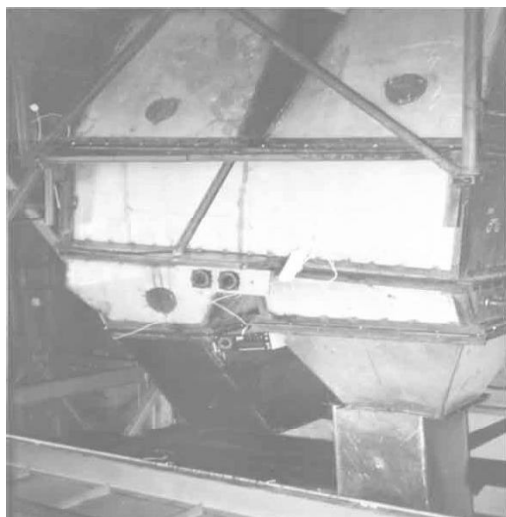


Рис. 2 – Тепломасоутилизатор

Тепловая мощность модуля из 200 термосифонов 0,1...0,5 МВт

- Снижает расход пара либо топлива на 10-25 %
- Извлекает из газовых выбросов при сушке пищевых продуктов от 40 до 99 % пыли продукта
- Габаритные размеры 1650x2000x600
- Надежность в работе аппарата гарантируется использованием в качестве теплопередающих элементов двухфазных термосифонов, а стабильность теплотехнических характеристик – режимом “Самоочистки” поверхности.

Выводы. Система с термосифонным утилизатором включена в линию прессосушительных автоматов Одесского сахаро-рафинадного завода, внедрена в линию сушки растворимого кофе на Одесском комбинате пищевых концентратов, апробирована на зерносушильной установке ДСП – 32. Испытания системы с ТМУ подтвердили высокую эффективность разработки и ее перспективность в практическом решении задач экономии энергии и снижении потерь готового продукта на сушильном оборудовании.

Литература

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. Бурдо О.Г. Эволюция сушильных установок – Одесса: Полиграф, 2010 – 368с.

4. Burdo O.G., Terzsiev 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.

УДК 631.22.018:631.95

ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК

Халіман І.О., к.б.н., доцент, Бойко О.В., к.т.н., доцент, Бойко Т.Ю. аспірант
Таврійський державний агротехнологічний університет,
м. Мелітополь

Проаналізовано особливості процесу метанового бродіння сільськогосподарських відходів як екологічного заходу з охорони навколишнього середовища.

The features of process of methane fermentation of agro wastes are analysed as an ecological measure on the guard of environment.

Ключові слова: метанове бродіння, відходи, біореактор, біогаз.

Роль метанового бродіння сільськогосподарських відходів з ферм в цілях захисту навколишнього середовища від забруднення має велике значення. Концентрація на обмежених площах тварин, використання гідравлічних систем видалення гною привели до виникнення та накопичення рідких відходів. На практиці об'єм стічних вод від одного тваринного комплексу в залежності від його виду і потужності складає від 100 до 1700 тис. м³ на рік.

Комплекси по зрощуванню великої рогатої худоби на 800-1000 корів по п'ятидобовому біохімічному вживанню кисню еквівалентні місту з населенням 14 – 20 тис. чоловік, а по виділенню грубодисперсних домішок – з населенням до 80 – 120 тис. чоловік. Комплекс по вирощуванню й годівлі 108 тис. свиней також забруднює навколишнє середовище, як місто з населенням більш ніж 250 тис. чоловік. Концентрація забруднень у гнійних стоках велика та змінюється у значних межах і залежить від складу посліду на які, в свою чергу, впливають вид, рід та вік тварин, спосіб їх утримання та раціон годування, а також від кількості води, яка використовується на видалення посліду [1]. Гнійні стоки є сприятливою середою для мешкання різних мікроорганізмів, в тому числі і патогенних та відрізняються високим змістом яєць гельмінтів. Наприклад, рідкий гній, який потрапляє з тваринних комплексів по зрощуванню та годівлі свиней і який подається на очисні споруди, в різні пори року містить в 1л від 5 до 28-42 екз. яєць гельмінтів. Гнійні стоки промислових комплексів є потенційним джерелом зараження навколишнього середовища. Витривалість хвороботворних мікроорганізмів – збудників різних хвороб – в гнійній масі може скласти від 40 до 500 діб. Неприємні запахи поширюються в радіусі 5-17 км. і далі. В атмосферному повітрі знаходиться аміак в концентраціях, що перевищують ГДК в 5-6 разів, мікробне та спільне органічне забруднення в 8-10 раз перевищує фон.

Процес метанового бродіння сільськогосподарських відходів – складний мікробіологічний процес, для вдалого протікання якого у біоенергетичних установках важливо забезпечити певні умови їх експлуатації. Велике значення має правильний пуск біореактору. Процес пуску біореактору – це період, коли в установці утворюється асоціація мікроорганізмів, що здатні до постійного здійснення конверсії органічної речовини з утворенням біогазу.

Існують основні методи пуску установки:

- введення у біореактор активної закваски із нормально діючого біореактору;
- додавання реагентів;
- заповнення біореакторів свіжими стоками посліду;
- заповнення біореакторів теплою водою і поступове додавання у неї стоків посліду тощо;
- заповнення біореактору гарячими газами і послідовне завантаження стоків посліду тощо;
- заповнення певної частини об'єму біореактору стоками посліду, підтримка неглибокого вакууму і послідовне додавання свіжих стоків посліду тощо.

Спільними для всіх методів пуску є підтримка оптимальних умов життєдіяльності метаноутворюючих мікроорганізмів.

Самий простий і ефективний метод – додавання у біореактор закваски з інших діючих біореакторів. Кількість закваски, яку додають може бути різною в залежності від складу сировини [5]. Для пуску біо-