

УДК 631.12:66.912

Профессор Ю.Н. Шаповалов, доцент Е.В. Складнев,
ассистент М.Ю. Балабанова,

(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра машин и аппаратов химических производств,
тел. (473) 249-91-13

директор А.В. Зинковский

ООО «Техинмаш», тел. 8-920-469-40-99

Технология утилизации отходов производства пищевых и кормовых продуктов

Разработана технология утилизации методом пиролиза отходов производства пищевых и кормовых продуктов.

Developed the technology of recycling by pyrolysis of food and feed production wastes in the form of bird droppings, beer grains, beet pulp, vegetable oils, waste, animal bones.

Ключевые слова: пиролиз, утилизация, переработка, отходы, пищевые и кормовые продукты, технология, помет птичий, дробина пивная, жом свекловичный, масло растительное, кости животных.

Рассмотрена проблема переработки отходов производства пищевых и кормовых продуктов в виде помета птичьего, жома свекловичного, дробины пивной, масел растительных отработанных, а также костей животных.

В настоящее время в России объемы образования указанных отходов достигают значительных величин:

- помет птичий – до 25 млн т/год;
- жом свекловичный – до 16 млн т/год;
- дробина пивная – до 1,3 млн т/год;
- масла растительные – до 0,3 млн т/год;
- кости животных – до 1,2 млн т/год.

Несмотря на имеющиеся технологии переработки отходов подобного вида [1], фактически утилизации подвергается лишь небольшая их часть в пределах 10...22 %. Большая же часть вывозится в отвалы, в овраги и ямы и длительное время подвергается воздействию кислорода воздуха, влаги и микроорганизмов, ферментативному брожению, гниению и другим химическим и биологическим процессам, в результате которых в окружающую среду попадает большое количество вредных газов, жидкостей и твердых материалов, наносящих серьезный урон окружающей среде и здоровью человека.

Согласно статье 8.2 Кодекса об административных правонарушениях РФ несоблюдение экологических и санитарно-эпидемиологических требований при размещении отходов производства и потребления влечет за

собой наложение штрафов на предприятия вплоть до административного приостановления деятельности на срок до девяноста суток.

С учетом указанного выше проблема утилизации отходов является достаточно актуальной и требует эффективных и быстрых способов ее решения.

Одним из методов утилизации отходов, позволяющим переработать большие их объемы за короткое время, является химико-термическое разложение с образованием полезной вторичной продукции в виде газового топлива, жидкой фракции (в ряде случаев горючей) и твердого углеродсодержащего остатка, обладающего адсорбционными свойствами. Возможность использования этого метода обусловлена наличием в составе указанных отходов жиров и клетчатки (целлюлозы), термическое разложение которых позволяет получить широкий ассортимент углеводородных веществ с различной молекулярной массой, представляющих интерес с точки зрения эффективной переработки отходов с получением топлива.

Как показал проведенный анализ имеющихся к настоящему моменту патентных разработок в области утилизации указанных видов отходов, пиролизная переработка является принципиально новым способом их обработки и с учетом успешного использования термических методов утилизации в других производствах [2] представляется весьма перспективным способом.

Принципиальная технология переработки и утилизации рассматриваемых отходов может быть представлена в виде ряда блоков операций, осуществляемых последовательно.

1. Блок подготовки и подачи сырья, включающий в себя операции предварительного измельчения и обезвоживания сырья с последующей его подачей на стадию пиролизной обработки.

2. Блок пиролизной обработки, включающий в себя высокотемпературную обработку сырья с отводом образующегося в процессе пиролиза пирогаза и твердого остатка.

3. Блок конденсации и осушки пирогаза, включающий в себя операции двухступенчатой конденсации пирогаза с получением жидкого топлива и осушку неконденсируемой части пирогаза – газового топлива.

4. Блок заготовки и использования газового вторичного топлива, включающий в себя операции:

- накопления и хранения газового топлива с последующей подачей стороннему потребителю;

- сжигания газового топлива непосредственно на установке с целью ее собственного энергообеспечения путем подвода образующихся в процессе сжигания газового топлива дымовых газов в рубашку обогрева основного аппарата для пиролиза отходов.

Указанные в блоке заготовки и использования газового вторичного топлива операции могут выполняться как по-отдельности, так и совместно в случае наличия избыточного количества газового топлива. Количество образующегося газового топлива будет зависеть от вида исходного сырья, что подтверждается данными таблицы.

Т а б л и ц а

Перечень и долевые части вторичной продукции при пиролизе отходов производства пищевых и кормовых продуктов

№ п/п	Вид сырья и вторичной продукции	Исходная влажность сырья, %	Долевая часть вторичной продукции, % от массы исходного сырья	Долевая часть вторичной продукции, % от массы сухого вещества исходного сырья	Длительность процесса пиролизной переработки, ч
1	2	3	4	5	6
1	Птичий помет: газовая фракция жидкая фракция твердая фракция вода пиролизная	42-43	22,6...24,7 8,4...6,7 27,0...25,6 43,0...42,0	12,9...14,1 4,9...3,8 15,4...14,6 -	0,23...0,24
2.	Дробина пивная: газовая фракция жидкая фракция твердая фракция вода пиролизная	53-53,6	15,8...22,0 22,0...20,0 8,6...5,0 53,6...53,0	7,4...10,3 10,3...9,4 4,0...2,4 -	0,26..0,27
3.	Жом свекловичный: газовая фракция жидкая фракция твердая фракция вода пиролизная	45-48,6	16,0...29,5 9,2...5,7 26,2...19,8 48,6...45,0	8,8...16,2 5,0...3,1 14,2...10,7 -	0,22..0,23
4.	Отходы растительных масел: газовая фракция жидкая фракция твердая фракция вода пиролизная	0,1-1,0	78,0...80,4 21,0...19,5 - 1,0...0,1	77,2...79,6 20,8...19,3 - -	0,6..1,5

1	2	3	4	5	6
5*.	Отработанные растительные масла (70 мас. ч.) с опилками древесными (30 мас. ч.): газовая фракция жидкая фракция твердая фракция вода пиролизная	7,6-7,9	68,1...70,0 19,1...17,1 5,2...5,0 7,9...7,6	63,0...64,8 17,7...15,9 4,8...4,6 -	0,6...1,5
6.	Кости животных: газовая фракция жидкая фракция твердая фракция вода пиролизная	45,0	19,7...27,5 22,5...5,3 30,0...5,0 45,0...45,0	10,8...15,1 12,4...2,9 16,5...2,8 -	0,36...0,37

* Добавление опилок в оптимальном массовом отношении 30:70 к отработанным растительным маслам позволяет обеспечить удобство загрузки сырья в реактор и необходимое для полного разложения сырья время его нахождения в зоне пиролиза.

5. Блок подготовки суспензионного топлива, включающий в себя операции измельчения твердого остатка пиролиза отходов, диспергирование указанного твердого остатка с жидким топливом, получаемым в результате конденсации пиролизного газа, фильтрование полученной суспензии для отделения крупных частиц твердого остатка.

Наличие последнего блока позволит организовать частичное собственное энергообеспечение реактора в случае образования горючей жидкой фракции с достаточно высокой теплотой сгорания наряду со сжиганием собственного пирогаза для обогрева реактора дымовыми газами.

В результате проведенных исследований на лабораторной установке [3-5] получены данные, подтверждающие возможность химико-термической переработки отходов производства пищевых и кормовых продуктов в диапазоне температур 350...550 °С с получением полезных вторичных продуктов в виде горючих газовой и жидкой фракций, а также твердого остатка и пиролизной воды, в количествах, указанных в таблице.

На основании имеющихся экспериментальных данных разработана технологическая схема установки (рисунок).

В состав установки входит: горизонтальный цилиндрический реактор 1, снабженный наружной рубашкой с тепловой изоляцией, ворошителем с приводом в составе мотора-редуктора и цепной передачи, при этом опоры

ворошителя охлаждаются водой (на схеме не показано), фильтр-циклон 2, конденсатор 3 со сборниками жидких фракций 6' и 6'', осушитель 4, комбинированная топка 5, сборники для твердых фракций 7' и 7'', смеситель 8, газодувка 9, вентилятор 10, насосы 11 и газовый баллон 12 с природным газом.

Установка работает следующим образом. Измельченное (до размеров частиц в габарите не более 20 мм) сырьё загружается в бункер питателя реактора 1, в котором оно транспортируется шнеком в термокамеру реактора, одновременно уплотняясь и образуя гидравлический затвор для газов, стремящихся выйти из реактора. В случае наличия в сырье частиц размером более 20 мм (например, у жома свекловичного) питатель реактора 1 снабжен четырёхлезвийным ножом для измельчения кусочков сырья и фильерой, пройдя через которую, сырьё попадет в реакционную зону.

В реакторе 1 сырьё подвергается ворошению с помощью ворошителя, медленному продвижению от места загрузки к месту разгрузки твердого остатка (по схеме - вправо), термическому воздействию при соприкосновении со стенкой реактора и путём конвективного процесса теплопередачи внутри реактора, так как стенка реактора охвачена рубашкой, в которую постоянно подаётся горячий газовый теплоноситель (дымовые газы). Температура внутри реактора должна регулироваться в интервале 400...550 °С.

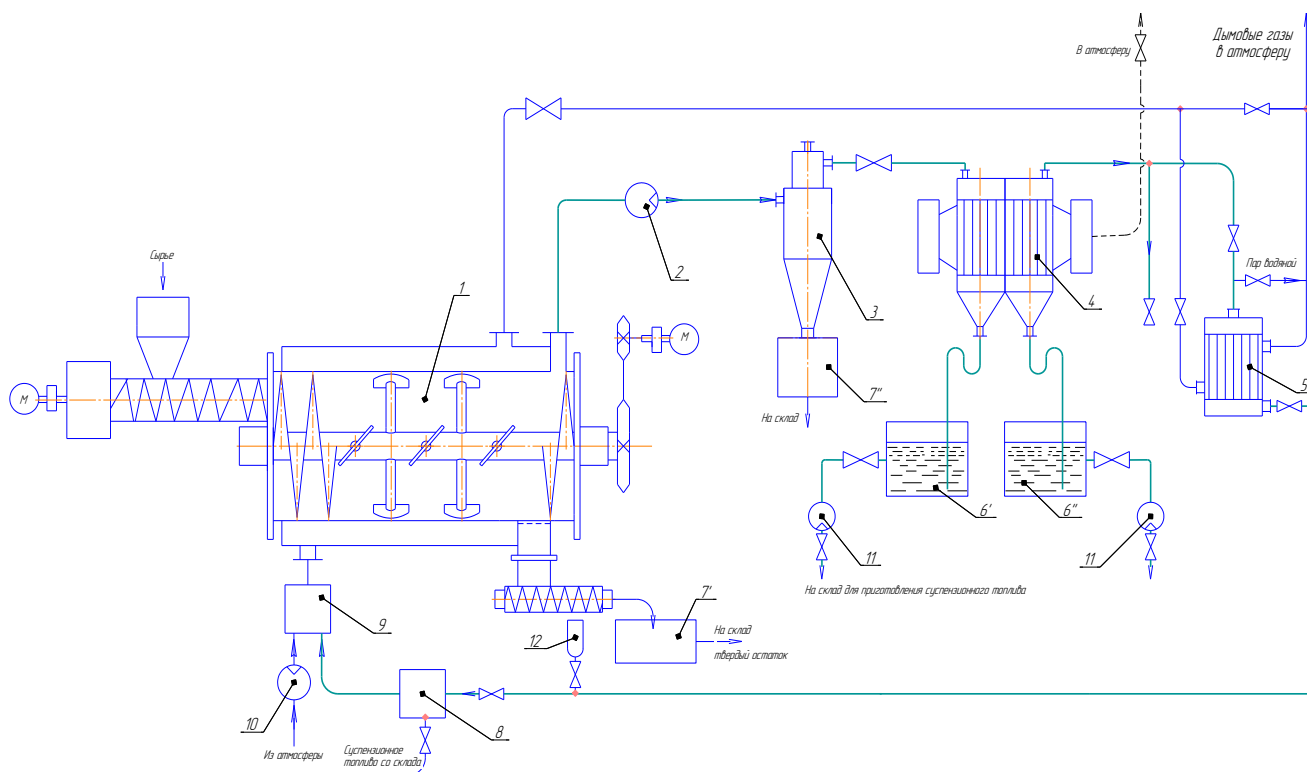


Рисунок. Схема технологическая установки для переработки и утилизации отходов производства пищевых и кормовых продуктов

Это достигается путём установления в рубашке требуемой температуры газового теплоносителя с помощью регулирования расхода воздуха, идущего от вентилятора 10 в смеситель 8, где происходит необходимое разбавление дымовых газов, поступающих в смеситель 8 из комбинированной топки 5.

Образующаяся в реакторе 1 парогазовая смесь с помощью газодувки 9 направляется в фильтр-циклон 2, где из неё отбираются частицы твёрдых примесей, которые могли выйти из реактора, а также капли смолистых веществ, которые тоже могли находиться в парогазовой смеси. Из фильтра-циклона 2 парогазовая смесь поступает в двухсекционный конденсатор 3, в котором в первой по ходу движения парогазовой смеси секции конденсируются углеводородные и другие пары смеси в интервале температур 145...160 °С. Из первой секции парогазовая смесь, освободившаяся от высококипящих жидких фракций, поступает во вторую секцию конденсатора, включая пары воды, в которой конденсируется оставшаяся паровая часть смеси, так как температура газовой смеси на выходе из второй секции конденсатора 3 не превышает 75 °С.

Неконденсируемая часть пирогаза — газовое топливо, выходит из второй секции

конденсатора и направляется в комбинированную топку 5, где сжигается, образуя дымовые газы, которые выходят из топки 5 и поступают в смеситель 8 и далее — в рубашку реактора 1. Из рубашки реактора 1 дымовые газы, отдав свою теплоту стенке реактора, выходят в атмосферу.

Твёрдый остаток, образующийся в реакторе 1, периодически выводится из него посредством разгрузочного устройства, имеющего шлюзовую камеру, в которой накапливается твёрдый остаток, шнековый транспортёр и шиберный затвор, приводимый в движение пневмоцилиндром. Твёрдый остаток из реактора собирается в сборнике 6, откуда периодически отбирается и направляется на склад для приготовления суспензионного топлива.

Небольшое количество твёрдых частиц с капельками смолистых веществ будет собираться в сборнике 7, откуда периодически отбирается и также направляется на склад для приготовления суспензионного топлива.

Жидкие фракции, образующиеся в секциях конденсатора, сливаются через гидрозатворы в сборники 6' и 6'', откуда направляются насосами 11 на склад для приготовления суспензионного топлива.

Суспензионное топливо готовится следующим образом: твёрдый остаток измельчают до размеров частиц не выше 50 мкм, например, в шаро-роliko-кольцевых мельницах, в вибрационных или бильных мельницах; далее он диспергируется совместно с жидкой фракцией из конденсатора до образования равномерной нерасщепляющейся жидкости, после фильтрования данная жидкость и становится суспензионным жидким топливом.

Для производственной реализации описанная технологическая схема может быть дополнена рядом устройств, обеспечивающих максимально механизированную и автоматизированную работу.

Эти дополнения представляют собой:

1. В блоке подготовки и подачи сырья:

- измельчитель исходного сырья, размеры частиц которых превышают 20...25 мм (например, кости и другие твёрдые субстанции отходов животного происхождения);
- устройство для отжима избыточной влаги у сырья (более 50...55 % по весу);
- транспортёры с гибким шнеком для транспортирования измельчённого сырья от измельчителя до бункера – накопителя и от бункера-накопителя в шнековый питатель;
- бункер-накопитель, снабжённый ворошителем, предотвращающим слеживание сырья.

2. В блоке конденсации пирогаза и осушки неконденсирующегося пирогаза (газового топлива):

- фильтр для очистки конденсата, идущего на приготовление суспензионного топлива;
- осушитель двухкамерный, предназначенный для осушки газового топлива в непрерывном режиме.

3. В блоке заготовки и использования газового вторичного топлива:

- газгольдер стандартного вида для накопления и хранения газового топлива;
- газодизельная электростанция, вырабатывающая переменный электрический ток напряжением до 400 В различной мощности (от 10 до 500 кВт) в зависимости от объёма получаемого на установке газового топлива.

Работы проводились при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации по государственному контракту № 16.515.11.5008 от 29.04.2011 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маркетинговое исследование российского рынка переработки пищевых отходов и оборудования для переработки пищевых отходов. М.: Research TechArt. 2011. – 81 с.

2. Бернадинер, М.Н. Высокотемпературная переработка и обезвреживание жидких, пастообразных и твердых промышленных и медицинских отходов [Текст] / М.Н. Бернадинер, И.М. Бернадинер // Экология и промышленность России, 2011. -№ 4. -С. 10-12.

3. Балабанова, М.Ю. Химико-термическая переработка отходов производства пищевых продуктов [Текст] / М.Ю. Балабанова, И.Г. Шабунина, Е.В. Складнев // Интенсификация тепло-массообменных процессов, промышленная безопасность и экология: материалы третьей Всероссийской студенческой научно-технической конференции. КНИТУ, инновационно-издательский дом «Бутлеровское наследие». С. 65-69.

4. Хоненко, В.А. Установка для утилизации отработанных масел [Текст] / В.А. Хоненко, Е.С. Локтева, Ю.Н. Шаповалов // Интенсификация тепломассообменных процессов, промышленная безопасность и экология: материалы третьей Всероссийской студенческой научно-технической конференции «КНИТУ, инновационно-издательский дом «Бутлеровское наследие», 2012. С. 65-69.

5. Складнев, Е.В. Универсальная установка непрерывного действия для утилизации твердых углеводородных и целлюлозосодержащих отходов [Текст] / Е.В. Складнев, В.А. Андреев, П.Ю. Саликов: материалы XLIX отчетной научной конференции преподавателей ВГТА за 2010 год. Ч.1. – Воронеж, 2010. -С.265.