

Рис. 5. Интегральные зависимости $P_f(d_i)$ гранулометрических составов исходного и намывного грунтов: 1 – состав исходного грунта; 2 – состав грунта центральной части (ядро дамбы); 3 – состав грунта боковых призм

Используя полученные данные, авторы определили коэффициенты неоднородности E_{cp} и средневзвешенный диаметр d_{cp} намывных грунтов: для центральной части дамбы $E_{cp} = 1,89$ при $d_{cp} = 0,21$ мм, для боковых призм $E_{cp} = 4,07...4,38$ при $d_{cp} = 1,48...1,52$ мм.

Полученные результаты позволили доказать способность распределительного устройства управлять процессом фракционирования грунта для формирования поперечного профиля намываемого сооружения.

Выводы

Применение средств гидромеханизации с использованием предлагаемой технологии позволяет возводить намывным способом защитные дамбы и производить очистку русловой части водоисточника от донных отложений,

улучшая его пропускную способность.

С помощью разработанной авторами конструкции рабочего оборудования, представляющего распределительное устройство для намыва, можно формировать защитную дамбу с противофильтрационным ядром и боковыми призмами, намываемыми из крупных фракций грунта.

1. Гидротехнические сооружения: учебное пособие для вузов; под ред. Н. П. Розанова. – М.: Стройиздат, 1978. – 647 с.

2. Юфин А. П. Гидромеханизация. – М.: Изд-во литературы по строительству, 1965. – 496 с.

3. Мелентьев В. А., Колпашников Н. П., Волнин Б. А. Намывные гидротехнические сооружения (основы расчета и проектирования). – М.: Энергия, 1973. – 248 с.

4. Сметанин В. И. Восстановление и очистка водных объектов. – М.: КолосС, 2003. 157 с.

5. Меламут Д. Л. Гидромеханизация в мелиоративном и водохозяйственном строительстве. – М.: Стройиздат, 1981. – 304 с.

Материал поступил в редакцию 21.02.13.

Сметанин Владимир Иванович, доктор технических наук, профессор

Тел. 8 (499) 976-07-13

Жогин Иван Михайлович, соискатель

Тел. 8-916-541-42-32

УДК 502/504:621.928:628.5

С. ДОБРЕНКО, А. А. ДОЛГОВ, В. М. МАКСИМОВ, В. Н. ПРЯХИН

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет природообустройства»

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ В СИСТЕМЕ СЕПАРАЦИИ ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ

Рассмотрена проблема исследования системы сепарации бытовых отходов. Предложена новая система классификации видов сепарации промышленных и бытовых отходов. Приведены разработки конструкции гидросепаратора пищевых отходов и методика оптимизации режима работы сепаратора.

Промышленные и бытовые отходы, гидросепарация, виды сепарации, режимы технического обслуживания, система автоматического управления, технологический модуль переработки отходов.

The problem of investigation of the domestic wastes separation system is considered. There is proposed a new classification system of separation kinds of industrial and domestic wastes. Design developments of the food wastes hydro-separator and method of the regime optimization of the separator operation are given.

Industrial and domestic wastes, hydro-separation, kinds of separation, regimes of technical maintenance, automatic control system, technological module of wastes treatment.

В Российской Федерации ежегодно образуется более 7 млрд т отходов, в том числе промышленных, бытовых и сельскохозяйственных. Из них 30 млн т (150 млн м³) – твердые бытовые отходы (ТБО). Более 85 % ТБО складировается на полигонах различного типа и многочисленных свалках, 5 % проходит вторичную переработку и около 10 % теряется при транспортировке. Прирост объемов ТБО в Российской Федерации стал превышать объем их утилизации. С одной стороны, увеличивается стоимость захоронения твердых бытовых отходов на полигонах. С другой стороны, постоянный рост стоимости сдачи ТБО на захоронение и растущий дефицит территории захоронения приводят к увеличению количества несанкционированных свалок, которых в 3-4 раза больше, чем зарегистрированных полигонов захоронения твердых бытовых отходов.

Главная задача, решения которой требует ОПС, – применять инженерную защиту от загрязнения и других видов антропогенных воздействий, т. е. исследовать и внедрять ресурсосберегающие, безотходные и малоотходные технологии, биотехнологии, утилизировать отходы, добываясь максимальной их детоксикации, разработать способы экологизации производств, предполагая приспособление технологий к природным условиям.

С целью минимизации объемов вредных отходов и уменьшения их воздействия на природную среду применяют: бессточные и водооборотные технологические системы и циклы, базирующиеся на очистке сточных вод (СТВ); выпуск новых видов продукции, в которую заложена возможность ее повторного извлечения из ТБО и использования; переход к новым системам переработки вторсырья, исключение или сокращение технологических стадий, образующих отходы, в том числе и твердые промышленные отходы (ТПО). Все это важнейшие рычаги обеспечения экономической эффективности систем управления окружающей средой.

Для эффективной работы всех агрегатов системы сепарации ТБО необходим высокий уровень организации их технического обслуживания и устранения возможных отказов. При этом основное влияние на показатели взаимосвязанной работы агрегатов системы сепарации ТБО оказывают отказы, возникающие при ее работе.

В процессе работы каждого агрегата

системы сепарации твердых бытовых отходов возможен поток отказов, связанных с возникновением через случайные промежутки времени неисправностей в системе [1, 2]. Исследованиями отечественных и зарубежных ученых доказано, что такие вероятностные потоки отказов можно рассматривать как простейшие, или пуассоновские [3, 4].

Плотности потоков отказов каждого агрегата системы сепарации ТБО определяются из равенств:

$$\lambda_1 = \frac{1}{\bar{t}_{\text{отк.1}}};$$

$$\lambda_2 = \frac{1}{\bar{t}_{\text{отк.2}}},$$

где $\bar{t}_{\text{отк.1}}$, $\bar{t}_{\text{отк.2}}$ – соответственно средние наработки на отказ механических и электрических элементов системы.

Тогда плотность потока отказов всей системы определяется в виде суммы:

$$\lambda_1 + \lambda_2 = \frac{1}{\bar{t}_{\text{отк.1}}} + \frac{1}{\bar{t}_{\text{отк.2}}}.$$

На основании изложенного можно заключить, что суммарный поток отказов с плотностью λ , складывающийся из двух простейших потоков, также можно рассматривать как простейший. При этом целесообразно установить оптимальные количественные соотношения между указанными агрегатами системы сепарации ТБО.

Основным показателем работы обслуживаемого агрегата (звена) является интенсивность устранения отказов при обслуживании:

$$\mu = \frac{1}{\bar{t}_{\text{уст}}},$$

где $\bar{t}_{\text{уст}}$ – средняя продолжительность устранения одного отказа, ч.

На рисунке 1 показана принципиальная схема функционирования одноканальной системы массового обслуживания (СМО).

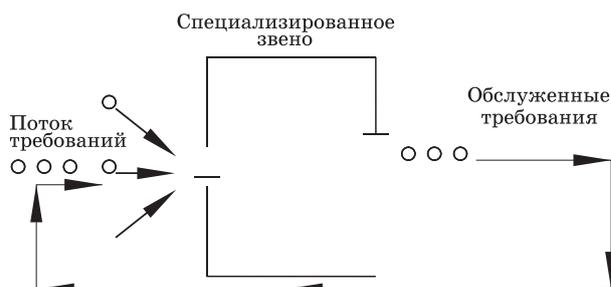


Рис. 1. Принципиальная схема функционирования одноканальной системы массового обслуживания по устранению отказов

На практике эта схема может служить имитационной моделью реального устройства для гидросепарации пищевых отходов (рис. 2).

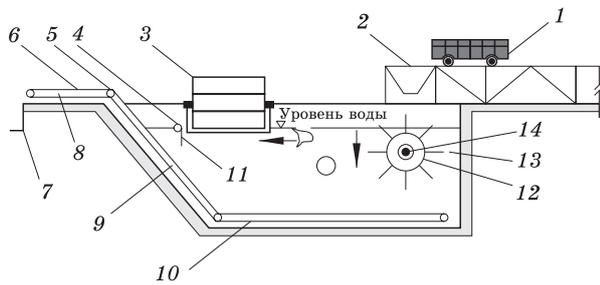


Рис. 2. Устройство для гидросепарации бытовых отходов: 1 – межоперационный транспорт; 2 – приемный бункер; 3 – боковой барабан-ротор; 4 – наплавная забральная стенка; 5 – конвейер; 6 – конвейерная лента с рифлями; 7 – приемный контейнер тонущих ингредиентов; 8 – поверхностный участок конвейера; 9 – наклонный участок конвейера; 10 – донный участок конвейера; 11 – гибкое полотнище; 12 – барабана-ротор; 13 – консоли-стержни барабана-ротора; 14 – горизонтальная ось вращения барабана-ротора

Как правило, в системах мониторинга варьируемым элементом является управляемый объект. При этом, наряду с решением других задач автоматического управления, следует уменьшать чувствительность системы по отношению к возможным непредвиденным изменениям параметров управляемого объекта. Одним из эффективных методов оптимизации надежности таких систем является метод уравнивания по чувствительности, или функция чувствительности.

Обоснование целесообразности применения модульной системы переработки ТБО, доказанная необходимость применения технологии гидросепарации для дополнительного извлечения мелких фракций ценных компонентов из ТБО и результаты экспериментов – основа разработанного авторами устройства, защищенного патентом Российской Федерации на полезную модель [5–7].

В сравнении с известными гидросепараторами разработанное устройство обеспечивает повышение скорости процесса гидросепарации и качество работы всей системы. Кроме того, использование разработанного гидросепаратора позволяет разделять смеси в воде на плавучие, взвешенные и тонущие ингредиенты, а

также исключает недостатки известных устройств, которые не имеют приспособления для удаления из камеры гидросепарации взвешенных ингредиентов.

Таким образом, система гидросепарации, обеспечивающая экологическую безопасность при обращении с отходами в условиях природных и техногенных воздействий, позволила доказать необходимость составления последовательности модулей технологической линии переработки ТБО на основе индексов выгоды сбыта и экстренности переработки основных компонентов отходов и обосновать возможность создания гибких технологических линий переработки ТБО на основе специализированных модулей [8, 9].

В процессе теоретического исследования и эксперимента авторами установлено, что технологию гидросепарации отходов лучше всего применять для твердых бытовых отходов, прошедших частичную очистку от крупных легких фракций (методом аэросепарации) и практически полную очистку от ферромагнитных материалов (методом магнитной сепарации) и немагнитных металлов (например, методами электромагнитной сепарации бегущего поля). Результаты показывают, что при составлении таблицы в порядке убывания индекса сбыта технологические модули располагаются в последовательности, необходимой для оптимизации технологической линии промышленной переработки твердых бытовых отходов (рис. 3).

Эта зависимость дает возможность рекомендовать применение индекса сбыта – одного из основных параметров экономического обоснования при проектировании предприятий переработки ТБО.

В составе твердых бытовых отходов наиболее сложными для извлечения являются мелкие фракции, включая отсев (14,3 %), которые практически не продаются и полностью подлежат захоронению. Как показал эксперимент по гидросепарации, из общей массы мелких фракций ТБО можно успешно извлекать ценные компоненты.

Предположим, что содержание мелких фракций бумаги и пластмассы в мелких фракциях аналогично их содержанию в общей массе ТБО. Тогда в комплексе содержится:

$$14,3\% \times 0,22 = 3,15\% \text{ бумаги и картона;}$$

$$14,3\% \times 0,02 = 0,29\% \text{ пластмассы}$$

высокого давления;

$$14,3\% \times 0,04 = 0,58\% \text{ полимерной}$$

	Индекс экстренности переработки														Индекс экстренности переработки	Условный процент производительности участка от общего объема	
Камни, керамика (1,5%)	15														0,24%	15	0,24%
Кости (1%)	100														1,60%	100	1,60%
Прочее, включая отсев (14,3%)	1430														22,83%	1430	22,83%
Пищевые и растительные отходы (35%)	3500														55,87%	3500	55,87%
Дерево (1,5%)	15														0,24%	15	0,24%
Стекло (7,0%)	140														2,23%	140	2,23%
Текстиль (5,5%)	55														0,88%	55	0,88%
Черные металлы (4%)	80														1,28%	80	1,28%
Кожа, резина (1,5%)	30														0,48%	30	0,48%
Цветные металлы (0,7%)	140														2,23%	140	2,23%
Полимерная плёнка (4,0%)	360														5,75%	360	5,75%
Пластмасса высокой плотности (2,0%)	180														2,87%	180	2,87%
Бумага, картон и т.п. (22%)	220	3,51%														220	3,51%
	Индекс Сбыта	528	500	480	350	150	140	93,5	91	67,5	7	1	1	1			
	Участки переработки ТБО по видам компонентов	Бумага, картон и т.п. (22%)	Пластмасса высокой плотности (2,0%)	Полимерная плёнка (4,0%)	Цветные металлы (0,7%)	Кожа, резина (1,5%)	Черные металлы (4%)	Текстиль (5,5%)	Стекло (7,0%)	Дерево (1,5%)	Пищевые и растительные отходы (35%)	Камни, керамика (1,5%)	Кости (1%)	Прочее, включая отсев (14,3%)			

Рис. 3. Схема последовательности технологических модулей линии переработки ТБО, по которой определяется индекс сбыта $I_{\text{сбыта}}$ (суммарная производительность модулей пропорциональна индексу экстренности переработки $K_{\text{экст}}$)

пленки.

Таким образом, применение модуля гидросепарации повышает индекс сбыта полезных компонентов ТБО:

для бумаги и картона – $(0,22 + 0,0315) \times 2400 = 603,6$ р./т (был 528);

для пластмассы высокого давления – $(0,02 + 0,0029) \times 25000 = 572$ р./т (был 500);

для полимерной пленки: $(0,04 + 0,0058) \times 12000 = 550$ р./т (был 480).

При существующей сегодня планируемой производительности предприятий переработки ТБО 100 тыс. т в год получаем дополнительно:

для бумаги и картона – $0,00315 \times 2400 \times 100^3 = 7,56$ млн р.;

для пластмассы высокого давления – $0,0029 \times 25000 \times 100^3 = 7,25$ млн р.;

для полимерной пленки – $0,0058 \times 12000 \times 100^3 = 6,96$ млн р.

Всего в год по указанным трем компонентам получаем дополнительно:

$7,56 + 7,25 + 6,96 = 21,77$ млн р.

При этом не требуются затраты на транспортировку и захоронение тех же компонентов, составляющих 4,31 % (3,15 % + 0,29 % + 0,58 %) от общего объема, перерабатываемого на предприятии ТБО.

Выводы

Обоснована возможность создания технологических линий переработки твердых бытовых отходов на основе специали-

зированных модулей. Разработана модульная система технологической линии непрерывной сортировки твердых бытовых отходов с модулем гидросепарации для сортировки мелких фракций твердых бытовых отходов, отсева, пищевых и растительных компонентов. Введены и обоснованы индексы выгоды сбыта, экстренности переработки и актуальности инвестиций для основных компонентов твердых бытовых отходов, позволяющие проектировать технологические линии переработки твердых бытовых отходов с наименьшими потерями ценных компонентов.

1. Павлов Б. В., Пушкарева П. В., Щеглов П. С. Проектирование комплексной механизации сельскохозяйственных предприятий. – М.: Колос, 1982. – 288 с.

2. Зангиев А. А. Дидманидзе О. Н. Мотылев В. С. Оптимизация производственных процессов по заготовке и реализации картофеля. – М.: Колос, 1997. – 115 с.

3. Саати Т. Элементы теории массового обслуживания и её приложения; пер. с англ. – М.: Сов. радио, 1965. – 510 с.

4. Бусленко Н. П. Моделирование сложных систем. – М.: Наука, 1968. – 356 с.

5. Добренко Сэм, Петрашкевич В. В., Петрашкевич А. В., Пряхин В. Н. Устройство для гидросепарации бытовых отходов: патент РФ на полезную модель №115244 от 27.04.2012; бюл. № 12. – 2012.

6. Добренко Сэм, Пряхин В. Н., Храпов В. Б., Чибухчян С. С. Определение надежности резервирования систем АПК по критериям уравнивания чувствительности // Вестник Международной общественной академии экологической безопасности и природопользования. – 2009. – Вып. 7(14). – С. 22–26.

7. Оптимизация режима работы рабочих органов в системах автоматического управления на объектах АПК / Сэм Добренко [и др.] // Вестник Международной общественной академии экологической безопасности и природопользования. – 2012. – Вып. 13 (20). – С. 63–68.

8. Добренко Сэм, Максимов В. М., Пряхин В. Н. Оптимизация режима устранения отказов системы сепарации ТБО // Вестник Международной общественной академии экологической безопасности и природопользования. – 2012. – Вып. 13 (20). – С. 35–40.

9. Добренко Сэм, Пряхин В. Н., Соко-

лов В. В. Современное состояние и мониторинг системы сбора опасных отходов и материалов // Вестник Международной общественной академии экологической безопасности и природопользования. – 2009. – Вып. 7(14). – С. 61–66.

Материал поступил в редакцию 17.02.13.

Добренко Сэм, соискатель

Тел. 8-499-976-21-94

E-mail: sam.dobrenko@gmail.com

Долгов Александр Анатольевич, доцент

Тел. 8-926-581-64-81

E-mail: dolaa@rambler.ru

Максимов Вячеслав Михайлович, докторант

Тел. 8-916-419-33-09

E-mail: 4193309@mail.ru

Пряхин Вадим Николаевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Безопасность жизнедеятельности»

Тел. 8-917-500-74-13

E-mail: vpryahin@inbox.ru

УДК 502/504:620.194.8

С. С. ЧИБУХЧЯН, М. Г. СТАКЯН

Государственный инженерный университет Армении (Политехник)

Е. И. ВЫБРИК

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет природообустройства»

ВЕРОЯТНОСТНАЯ ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОПРОТИВЛЕНИЯ КОРРОЗИОННОЙ УСТАЛОСТИ ВАЛОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Рассмотрены вопросы повышения точности определения показателей сопротивления коррозионной усталости валов передаточных механизмов, расположенных в ходовой части транспортных средств и технологического оборудования, которые работают под воздействием атмосферных осадков и при переменном сложном нагружении (совместный циклический изгиб и кручение). По результатам испытаний на усталость валов, максимально приближенных к реальным условиям работы, получены уравнения семейств линий усталости для интервала вероятностей неразрушения.

Коррозионная усталость, валы, транспортные средства, вероятность неразрушения, циклическая долговечность.

There are considered problems of accuracy enhancement of determining shaft corrosion fatigue resistance indices of transmission mechanisms located in the running gear of vehicles and process equipment which operate under the influence of precipitation and at variable complex loading (joint cyclic bend and torque). According to the shafts fatigue tests results maximally approximated to the operation real conditions there are received equations of fatigue lines for the interval of survival probabilities.

Corrosion fatigue, shafts, vehicles, survival probability, fatigue crack life.