

ВСЕВОЛОДОВ А.Н., ассистент, ГЛАДУШНЯК А.К., д-р техн. наук, профессор

Одесская национальная академия пищевых технологий

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА «СУХАЯ МОЙКА» КОРНЕПЛОДОВ

Статья посвящена проблеме оптимизации «сухой мойки» растительного сырья с целью рационального расхода чистой проточной питьевой воды. На основании проведенных экспериментов получены параметры процесса «сухая мойка» и определена целевая функция, позволяющая оптимизировать процесс по минимальным материальным затратам.

Ключевые слова: «сухая мойка», адгезия, когезия, целевая функция.

The article is dedicated to the problem of optimization of vegetable stock “dry washing” procedure with the goal of clean drinking water consumption. The “dry washing” procedure specifications were developed as a result of experiments performed and a goal function was determined which lets optimize the procedure with minimum of material expenses.

Keywords: “dry washing”, adhesion, cohesion, goal function.

На поверхности растительного сырья могут находиться различные загрязнения, которые подлежат обязательному удалению перед использованием его для промышленной переработки. Эти загрязнения могут быть минерального (почва), органического (сок повреждённого сырья), химического и комбинированного происхождения. Среди загрязнений также могут находиться микроорганизмы, в том числе такие, которые провоцируют заболевания.

Кроме того, на поверхности растений, а также плодов и овощей ранних сортов возможно наличие пестицидов – группы веществ химического или биологического происхождения, предназначенных для уничтожения насекомых, грызунов, сорняков, возбудителей болезней растений и других вредителей урожая. Высокая физиологическая активность пестицидов обуславливает необходимость организации строгого контроля над соблюдением установленной технологии мойки, а также проверки остаточных количеств этих веществ на растительном сырье и готовой продукции.

На поверхности неповреждённых плодов и овощей возможно присутствие патулина, он является токсичным продуктом жизнедеятельности плесневых грибов, развивающихся на поверхности растительного сырья и способного проникать внутрь его. Эти вещества опасны тем, что могут оказывать тератогенное, мутагенное и канцерогенное действие на живой организм. Патулин является метаболитом плесневых грибов рода *Penicillium*, основным его продуцентом служит *P. expansum* – возбудитель коричневой гнили плодов. Основным источником попадания патулина на поверхность плодов и овощей, является заплесневелое сырьё [1].

Качественно проведенные отбраковка и процесс мойки растительного сырья, при условии правильного выбора технологического оборудования для процесса мойки, позволяют снизить микробиальную обсеменённость сырья после мойки на порядок. Однако должен быть проведен также и химический анализ.

Практически каждая технология производства консервов предусматривает в технологической линии двух или трёх, а в некоторых случаях даже четырёх моечных машин, что позволяет снизить бактериальную обсеменённость растительного сырья до допус-

тимого количества. Согласно “Инструкции о порядке санитарно-технического контроля консервов на производственных предприятиях, оптовых базах, в розничной торговле и на предприятиях общественного питания” допустимое количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов (МАФАНМ) в 1 г(см³), колониеобразующих единиц (КОЕ) составляет 5×10^4 .

Что касается наличия почвы на растительном сырье, то этот вид загрязнений регламентируется ГОСТ 24297-87 “Входной контроль продукции”, а также рядом стандартов на соответствующий вид плодов и овощей. Так, например, ГОСТ 1725-85 “Томаты свежие” в зависимости от назначения подразделяют на: томаты для потребления в свежем виде; томаты для цельноплодного консервирования; томаты для соления, однако наличие почвы, прилипшей к сырью, не допускается. ГОСТ 1726-85 на «Огурцы свежие» наличие почвы, прилипшей к плодам собранным с защищённых почв, не допускает, а на собранных с открытых почв количество почвенных загрязнений допускает до 0,5 % от массы плода. Сборник государственных стандартов [2] на картофель, овощи и бахчевые культуры, а также сборник республиканских стандартов (РСТ) на овощи свежие допускает наличие почвы, прилипшей к корнеклубнеплодам, до 1 % от массы одного плода (овоща). В зависимости от погодных условий во время сбора урожая, количество почвенных загрязнений на сырье может быть больше: до 5 %, что регламентируется, например, ДСТУ 286-91 «Морква столова молода свіжа. Технічні умови» и ГОСТ 1721-85 «Морковь столовая свежая, заготавливаемая и поставляемая. Технические условия», ДСТУ

Таблица 1

Минимальные и максимальные размеры и масса овощей и корнеплодов для цельноплодного консервирования

Название	Длина, мм	Диаметр, мм	Масса, г
Огурцы	70...110	до 50	60...150
Кабачки	до 110	до 45	100...150
Патиссоны	-	до 70	80...120
Томаты сливовидные	25...70	25...40	25...50
Томаты овальные	-	30...60	25...50
Свекла овальная	-	до 70	до 180

3247-95 «Огірки свіжі. Технічні умови». Однако с переходом к системе НАССР (Hazard Analysis and Critical Control Points – система анализа рисков и критических точек контроля), которая обеспечивает контроль на всех этапах производства пищевых продуктов, в любой точке процесса производства, хранения и реализации продукции, где могут возникнуть опасные ситуации, и используется в основном предприятиями – производителями пищевой продукции, требования к наличию

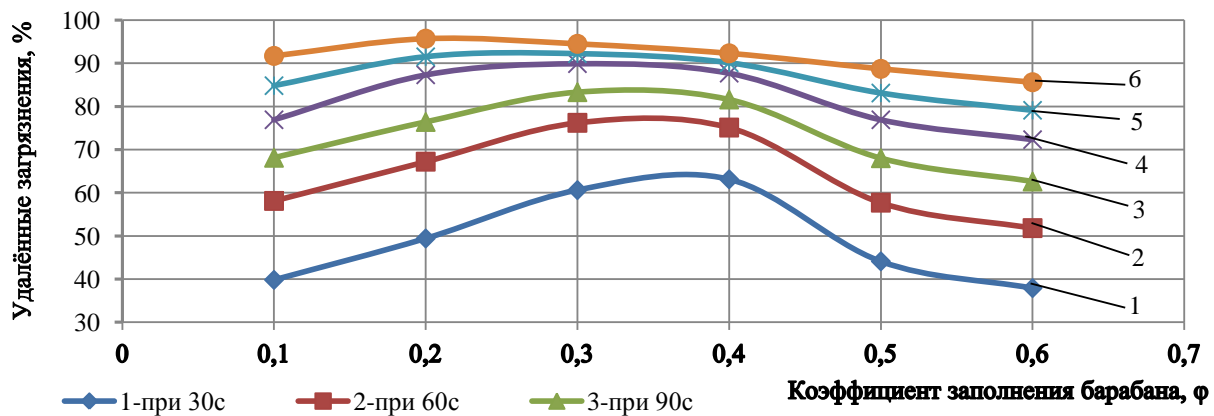


Рис. 1. Зависимость количества удалённого загрязнения от коэффициента загрузки и времени обработки сыра

почвенных загрязнений на растительном сырье уже сточаются.

Зная плотность соответствующего плода и его средние статистические размеры, можно с достаточной точностью определить количество прилипшей к нему почвы. Таким образом, опираясь на требования ГОСТ (1 % загрязнений от массы сыра), на растительном сырье, поступающем на перерабатывающие предприятия, может находиться от 0,3...1,8 до 5...6 г прилипшей почвы на одном плоде или на одном овоще. Или на каждые 100 г массы сыра приходится 1 г почвенного загрязнения.

Поступающее на перерабатывающие предприятия растительное сырье представляет собой неоднородную массу, состоящую из собственно сыра с налипшими на его поверхность загрязнениями, а также лёгких и тяжёлых примесей. Разделить эту массу на составляющие – главная задача процесса мойки.

В промышленности принят расход воды: на 1 т сыра – 1 м³ воды. Однако при мойке корнеплодов расход воды увеличивается в 1,5...2 раза. В процессах мойки используется чистая питьевая вода по ГОСТ 2874 – 82, её запасы в природе уменьшаются, а цены растут, таким образом, вопрос о рациональном расходе воды весьма актуален.

Тяжёлые примеси или загрязнения обычно отделяют способом «сухой мойки» [3,4]. Этот способ представляет собой механическое воздействие на сырьё рабочих органов, но при отсутствии воды. Рабочие органы машин для «сухой мойки» представлены обрезиненными роликами, щёточными блоками или они представляют собой вращающиеся конические или цилиндрические барабаны, образующие которых набраны из металлических стержней арматурного железа, расположенных по периметру барабана с определённым шагом. При перемещении вдоль оси барабана сырьё трётся друг о друга и о стержни барабана и таким образом за счёт трения происходит отделение грунтовых загрязнений. Наиболее тяжёлые примеси и загрязнения проваливаются в зазор между стержнями и попадают в сборник. Так отделяется часть почвенных загрязнений, но на сырье, тем не менее, остаются частицы почвы, которые затем необходимо удалять с помощью традиционной мойки водой.

На кафедре ТОПП ОНАПТ проведены эксперименты, целью которых было определение параметров

режима «сухой мойки» растительного сыра и определения необходимого количества дорогостоящей воды (по данным на 1 июня 2012 г. 1 м³ воды для перерабатывающих предприятий стоит 17,412 грн.) при проведении процесса мойки уже непосредственно водой. Для эксперимента применили действующую барабанную моечную машину модели Ш24-КМО, в качестве почвенных загрязнений использован чернозём, так как он обладает высокими адгезионно-когезионными характеристиками [5,6,7]. В качестве сырья были выбраны корнеплоды: картофель, морковь, свекла. Для возможности регулирования числа оборотов барабана машины, в её привод был введен регулятор частоты тока ATV28HU29M2 производства компании Schneider Electric. Результаты экспериментальных исследований приведены на рис. 1.

Анализируя данные, приведенные на рис. 1, можно сделать вывод о том, что степень загрузки барабана $\phi = 0,3...0,4$ при времени обработки 30, 60, 90, 120 с даёт на соответствующих временных отрезках максимальную степень очистки сыра от загрязнений. При времени обработки 150...180 с максимальная степень очистки от загрязнений наблюдается при степени загрузки $\phi = 0,2$. Однако большее время обработки сыра в барабане требует большей длины барабана, что приводит к увеличению металлоёмкости, соответственно увеличивается расход на потребляемую мощность и в итоге возрастают материальные затраты. При степени загрузки $\phi = 0,5...0,6$ наблюдается тенденция к уменьшению степени очистки на каждом временном отрезке. Это объясняется тем, что в барабане сокращается объём свободного пространства и таким образом уменьшается количество контактов сыра с сырьём и с внутренней поверхностью барабана, что приводит к уменьшению степени очистки.

Полученные данные свидетельствуют о том, что «сухая мойка» позволяет в среднем экономить около 70 % чистой проточной питьевой воды. Таким образом, для проведения непосредственно мойки водой оставшихся загрязнений потребуется приблизительно 30 % от принятого в промышленности расхода на мойку сыра.

Число оборотов барабана секции «сухой мойки» в моечной машине не выше 20 об/мин, что соответствует окружной скорости барабана 0,628 м/с, при такой скорости сырьё не травмируется.

Таблиця 2

Расчётные технологические и экономические параметры в секции «сухая мойка» при $\phi = 0,6$

Время, т, с	30	60	90	120	150	180
Длина Lб, м	1,2	2,4	3,6	4,8	6	7,2
Масса барабана, тб, кг	52,9	105,8	158,7	211,61	264,51	317,42
Производ-ть, кг/ч	15870,82	15870,82	15870,82	15870,82	15870,82	15870,82
Площадь производственная, м2	1,2	2,4	3,6	4,8	6	7,2
Мощность эл-двигателя, Nквт	0,82	1,655	2,48	3,3	4,13	4,95
Масса загрузки единовременная, кг	132,25	264,51	396,76	529,03	661,28	793,54
Масса загрузки за смену, кг/смена	111090	111094,2	111092,8	111095,7	111095	111095,6
Первоначальная масса загрязнений, кг	5554,5	5554,71	5554,64	5554,78	5554,75	5554,78
% удаления загрязнений	37,89	51,81	62,63	72,25	79,10	85,36
Оставшаяся масса загрязнений, кг	3449,90	2676,81	2075,77	1541,45	1160,94	813,22
Расход воды на доочистку, кг	3449,9	2676,81	2075,77	1541,45	1160,94	813,22
СТОИМОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ						
Цена мат-ла, грн	2645	5290	7935	10580,5	13225,5	15871
Стоимость работ по изготовлению барабана	7935	15870	23805	31741,5	39676,5	47613
Стоимость барабана	10580	21160	31740	42322	52902	63484
Срок эксплуатации, лет	10	10	10	10	10	10
Амортизация, грн	3,31	6,61	9,92	13,23	16,53	19,84
Стоимость электроэнергии, грн	6,37	12,86	19,27	25,64	32,09	38,46
Зарплата одного оператора в смену, грн	50	50,00	50	50,00	50	50,00
Отчисления от з/пл	18,59	18,59	18,59	18,59	18,59	18,59
Накладные расходы, грн	25	25,00	25	25,00	25	25,00
Стоимость расхода воды на доочистку, грн	60,07	46,61	36,14	26,84	20,21	14,16
Расходы на сухую мойку	9,68	19,47	29,19	38,87	48,62	58,30
Стоимость расхода воды на доочистку, и на сухую мойку, грн	69,75	66,08	65,33	65,71	68,83	72,46
Суммарная стоимость эксплуатации в смену, грн	163,34	159,67	158,92	159,30	162,43	166,05

Многие производственные задачи для достижения наилучшего, оптимального режима работы технологического оборудования сводятся к минимизации так называемых целевых функций.

При определении вида целевой функции оптимизации могут быть использованы критерии различного вида - технологические, эксплуатационные, экономические и т.п. Наиболее общим и полным представляется технико-экономический критерий эффективности в виде суммы приведенных затрат, т.е. показателей удельных капитальных и эксплуатационных

грязней в секции мойки в зависимости от степени очистки сырья от загрязнений (в секции «сухой мойки») и коэффициента загрузки секции «сухой мойки».

Для этого расчётным путём были определены технологические, энергетические параметры в зависимости от степени загрузки секции «сухой мойки». Затем по известным зависимостям, используемым при проведении экономических расчётов, были определены стоимостные характеристики.

По данным таблицы построены зависимости стоимости расходов в процессе сухой мойки, доочи-

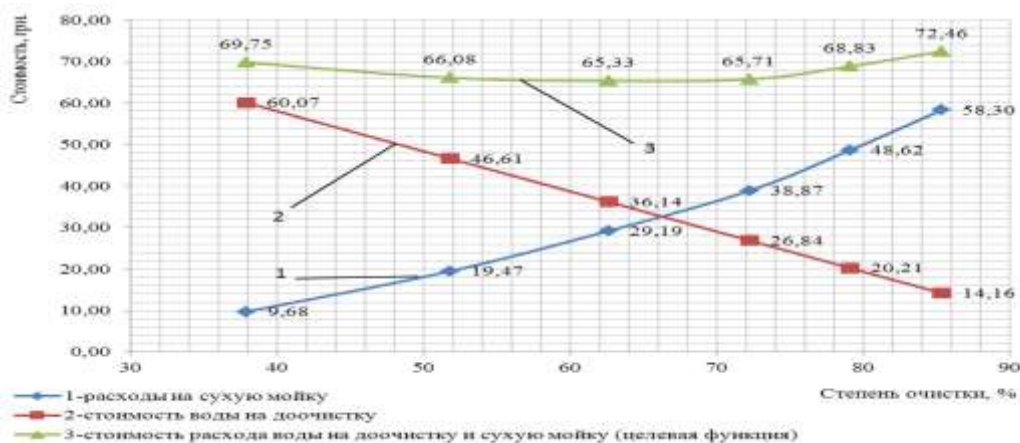


Рис. 2 Построение целевой функции при степени загрузки барабана $\phi = 0,6$

затрат.

В рассматриваемом случае задача оптимизации заключается в нахождении минимальных эксплуатационных затрат на «сухую мойку» и стоимости расхода воды на доочистку растительного сырья от за-

стки, доочистки и сухой мойки от степени очистки сырья (рис. 2).

Графики для степени загрузки барабана $\phi = 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5$ имеют аналогичный вид.

Целевая функция представляет собой

Таблиця 3

Минимальные затраты и соответствующая им степень очистки при разных коэффициентах загрузки

Коэффициент загрузки, $\varphi = 0,1$		Коэффициент загрузки, $\varphi = 0,2$		Коэффициент загрузки, $\varphi = 0,3$		Коэффициент загрузки, $\varphi = 0,4$		Коэффициент загрузки, $\varphi = 0,5$		Коэффициент загрузки, $\varphi = 0,6$	
Степень очистки, %	Затраты, грн.	Степень очистки, %	Затраты, грн.	Степень очистки, %	Затраты, грн.	Степень очистки, %	Затраты, грн.	Степень очистки, %	Затраты, грн.	Степень очистки, %	Затраты, грн.
39,88	24,86	49,38	21,80	60,56	25,64	63,08	31,46	44,07	53,75	37,89	69,75
58,12	24,47	67,56	21,42	76,22	24,64	75,06	31,32	57,71	51,34	51,81	66,08
68,16	26,71	76,42	24,05	83,24	27,81	81,64	34,73	67,96	51,83	62,63	65,33
76,85	29,39	87,35	26,01	89,90	31,16	31,16	87,65	76,93	53,27	72,25	65,71
84,72	32,26	91,50	30,23	92,19	36,63	36,63	90,08	83,12	57,18	79,10	68,84
31,67	35,58	95,62	34,30	94,46	42,10	42,10	92,35	88,75	61,31	85,36	72,46

зависимость вида:

$$Z = ZC + ZB \quad (1)$$

где, Z – общие затраты, грн;

ZC – затраты на «сухую мойку», грн;

ZB – затраты на воду при доочистке сырья в секции мойки водой, грн.

Анализируя полученные значения минимума целевых функций для разных коэффициентов загрузки секции «сухой мойки», можно видеть, что область минимальных затрат ограничена коэффициентом загрузки $\varphi = 0,1 \dots 0,4$. При коэффициенте же загрузки $\varphi = 0,5 \dots 0,6$ затраты увеличиваются в 2...2,5 раза.

$$z = a + bx + cy + dx^2 + ey^2 + fx^2y + gx^3 + hy^3 + ix^2y^2 + jx^2/y$$

$$a=344.06885 \quad b=-754.87106 \quad c=-42516.006 \quad d=1466.1071 \quad e=1877269.2 \\ f=38819.547 \quad g=-370.06534 \quad h=-29120396 \quad i=99726.662 \quad j=-60488.694$$

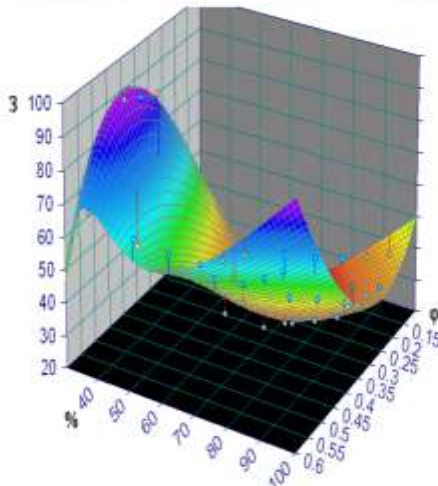


Рис. 3 Поверхность, отображающая область минимальных затрат в зависимости от степени очистки и степени загрузки

С целью сужения поиска области минимальных затрат и соответствующих ей степеней очистки растительного сырья от загрязнений воспользуемся программой TableCurve 3D, которая предоставляет возможность получить поверхность в трёхмерном изображении. Координатными осями этой поверхности в нашем случае будут:

Ось X – процент очистки от загрязнений;

Ось Y – коэффициент загрузки секции «сухой мойки»;

Ось Z – затраты.

Для построения поверхности пользуемся данными таблицы 2. В таблице приводятся данные по минимальным величинам затрат на «сухую мойку», на стоимость воды на доочистку сырья, соответствующие им значения степени очистки и коэффициенты загрузки. В этой таблице минимальные значения указанных переменных выделены жирным шрифтом.

Полученное изображение поверхности описывается зависимостью приведенной на графике 3. Эту зависимость обрабатываем с помощью программы Mathcad 11 Enterprise Edition Shortcut.

Уравнение вида:

$$a + bx + \frac{c}{y} + dx^2 + \frac{e}{y^2} + f \frac{x}{y} + gx^3 + \frac{h}{y^3} + i \frac{x}{y^2} + j \frac{x^2}{y} \quad (2)$$

продифференцируем по dx и по dy:

$$\frac{d}{dx} \left(a + bx + \frac{c}{y} + dx^2 + \frac{e}{y^2} + f \frac{x}{y} + gx^3 + \frac{h}{y^3} + i \frac{x}{y^2} + j \frac{x^2}{y} \right) = \\ = b + 2dx + \frac{f}{y} + 3gx^2 + \frac{i}{y^2} + 2j \frac{x}{y} \quad (3)$$

$$\frac{d}{dy} \left(a + bx + \frac{c}{y} + dx^2 + \frac{e}{y^2} + f \frac{x}{y} + gx^3 + \frac{h}{y^3} + \frac{x}{y^2} + j \frac{x^2}{y^2} \right) = \\ = -\frac{c}{y^2} - 2\frac{e}{y^3} - f \frac{x}{y^2} - 3\frac{h}{y^4} - 2i \frac{x}{y^3} - j \frac{x^2}{y^2} \quad (4)$$

Введём соответствующие коэффициенты:

$$\begin{pmatrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \\ f \\ g \\ h \\ i \\ j \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 344,069 \\ -754,871 \\ -4,252 \cdot 10^4 \\ 1,466 \cdot 10^3 \\ 1,877 \cdot 10^6 \\ 3,882 \cdot 10^4 \\ -370,065 \\ -2,912 \cdot 10^7 \\ 9,973 \cdot 10^4 \\ -6,049 \cdot 10^4 \end{pmatrix} \quad (5)$$

Зададимся граничними умовами, наприклад:

$$\begin{aligned} x &= 0,2 \\ y &= 67,56 \end{aligned} \quad (6)$$

$$b + 2dx + \frac{f}{y} + 3gx^2 + \frac{i}{y^2} + 2j\frac{x}{y} = 0 \quad (7)$$

$$-\frac{c}{y^2} - 2\frac{e}{y^3} - f\frac{x}{y^2} - 3\frac{h}{y^4} - 2i\frac{x}{y^3} - j\frac{x^2}{y^2} = 0 \quad (8)$$

Вычисляем с помощью расчётного блока

$B = \text{Miner}g(x, y)$

$$a + bx + \frac{c}{y} + dx^2 + \frac{e}{y^2} + f\frac{x}{y} + gx^3 + \frac{h}{y^3} + i\frac{x}{y^2} + j\frac{x^2}{y} = 19.681 \quad (9)$$

При значениях $B = \begin{pmatrix} 0,131 \\ 63,004 \end{pmatrix}$ затраты составля-

ют 19,681 грн., где 0,131 – это коэффициент заполнения барабана секции «сухой мойки», а 63,004 – это процент удаления загрязнений в секции «сухая мойка».

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гельфанд, С.Ю. Справочник работника лаборатории консервного завода [Текст] / С.Ю. Гельфанд, Э.В. Дьяконова, Т.Н. Медведева – М.: ВО Агропромиздат. – 1990. – 175с.
 2. Государственные стандарты. Картофель, овощи и бахчевые культуры [Текст] – М.: 1988.
 3. Гладушняк, А.К. Машины для мойки консервного сырья и тары [Текст] / А.К. Гладушняк – М.: Пищевая промышленность, 1973. – 71с.
 4. Технологическое оборудование пищевых производств [Текст] / Б.М. Азаров, Х. Аурих, С. Дичев и др. // Под ред. Б.М. Азарова. – М.: Агропромиздат, 1988. – 463 с.
 5. Грунтоведение [Текст] / В.Т. Трофимов, В.А. Королёв, Е.А. Вознесенский и др. // под ред. проф. В.Т. Трофимова. – [6-е изд.]. – М.: МГУ – 2005. – 1024 с.
 6. Зимон, А.Д. Аутогезия сыпучих материалов [Текст] / А.Д. Зимон, Е.И. Андрианов. – М.: Металлургия, 1978. – 288 с.
 7. Цибулько, В.Г. Динамика липкости чернозёмов [Текст] / В.Г. Цибулько – Харків: Вісник ХДАУ, № 3, 2001. – С. 114.
- УДК [330.131+504.06]:662.767.2

ШЕВЧЕНКО Р.І., канд. техн. наук, доцент, КОМПАНИЄЦЬ В.В. аспірант

Одеська національна академія харчових технологій

ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ БІОГАЗОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Розглянуто основні вигоди впровадження біогазових технологій. Наведено результати оцінки деяких переваг впровадження біогазових технологій для господарств та підприємств.

Ключові слова: біогазові технології, вигоди біогазових технологій, еколого-економічна оцінка.

The main advantages of biogas technology are reviewed. The results of evaluation of the implementation of some benefits of biogas technology for households and businesses are presented as well.

Keywords: biogas technology, benefits of biogas technology, ecological-economic evaluation.

Основними критеріями впровадження біогазових технологій є їх економічна [1], екологічна та соціальна оцінка. Для кожного конкретного випадку важливо враховувати мету впровадження та вигоди, які принесе її реалізація. Вигоди для господарства або підприємства можуть бути оцінені на підставі грошового доходу, який отримується в результаті використання біогазової установки (БГУ) у порівнянні з витратами на її придбання, спорудження (встановлення) та експлуатацію. В грошові еквіваленти повинні перераховуватись і враховуватись як вигоди наступні ефекти:

а) економічні:

- зменшення витрат на утилізацію відходів, які можуть бути використані в якості сировини в біогазових технологіях;

- економія за рахунок заміни інших джерел енергії на біогаз;

- економія за рахунок мінеральних добрив біодобривами;

Поступая аналогичным образом, просчитываем все остальные случаи. В результате получаем, что наименьшие затраты, в материальном выражении, при использовании «сухой мойки» корнеплодов, достигаются при коэффициенте заполнения барабана ϕ от 0,131 до 0,178, при этом степень очистки сырья от загрязнений находится в пределах от 63 до 68 %.

Таким образом, результаты исследований показали, что:

- при использовании «сухой мойки» растительного сырья затраты воды на непосредственно мойку водой можно сократить на 2/3 по сравнению с принятым в промышленности;

- для проведения «сухой мойки» в машинах барабанного типа оптимальной является окружная скорость барабана $V = 0,628$ м/с;

- время обработки в барабане для «сухой мойки» от 90 до 120 секунд.

Поступила 08.2012

- відносно збільшення врожаю за рахунок використання біодобрив у порівнянні з мінеральними добривами;

- економія за рахунок зменшення екологічних платежів;

- економія часу і площ на збір і зберігання джерел енергії, що використовувалися раніше;

- економія часу і площ на утилізацію відходів за традиційними технологіями;

- економія за рахунок зменшення витрат на енергоносії, добрива та їх транспортування;

- поліпшення якості сільськогосподарської продукції;

б) екологічні:

- зниження деградації ґрунту;

- зменшення кількості забруднюючих речовин, що вносяться в ґрунт при використанні мінеральних добрив;

- підвищення родючості ґрунту;

- зниження рівня негативного впливу на навколишнє середовище в результаті зменшення кількості та шкідливості відходів;

- заміна викопних видів палива паливом, отриманим з відновлюваних ресурсів;

- виробництво екологічно чистої продукції;

в) соціальні:

- поліпшення соціальних умов та зниження