

## КРИТЕРИЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ

Описан комплексный критерий эффективности утилизации отходов данной технологии, оценивающий безотходность, глубину переработки сырья и экологичность. Показана работоспособность этого критерия на примере утилизации отходов производства пива.

Проблема переработки отходов характерна для всех отраслей промышленного производства. В связи с этим возникает задача разделения отходов на используемые и неиспользуемые и повышения эффективности их утилизации. Одним из наиболее перспективных направлений является использование эколого-экономического механизма для стимулирования переработки отходов [1].

Для оценки эффективности процесса переработки предприятием отходов в продукцию необходим комплекс интегральных критериев, характеризующих количественную и качественную стороны этого процесса. Необходимость введения комплекса таких критериев обусловлена тем, что в настоящее время существует лишь качественная оценка существующих технологий [2], в которых отсутствует эко-

номическая и, что очень актуально, экологическая составляющая, без которых нет полноты оценки процесса.

В работе [1] отмечена актуальность формирования средств количественной оценки для наиболее общего случая, когда из нескольких видов сырья вырабатывается несколько продуктов и получается несколько видов отходов.

Ранее нами сделана попытка представить комплекс таких критериев в стоимостной форме [3]. Настоящая работа посвящена дальнейшему развитию этого комплекса.

Схема формирования критериев представлена на рисунке. Она показывает, что  $I$  компонентов сырья превращаются в  $L$  готовых продуктов и  $J$  отходов. При этом учитываются их массы  $V$  и стоимость единицы массы  $H$ .

Были приняты следующие допущения:

- может быть составлен продуктовый баланс, позволяющий определить, какая часть данного сырьевого компонента присутствует в данном виде отходов;

- глубина переработки продукта оценивается его стоимостью;

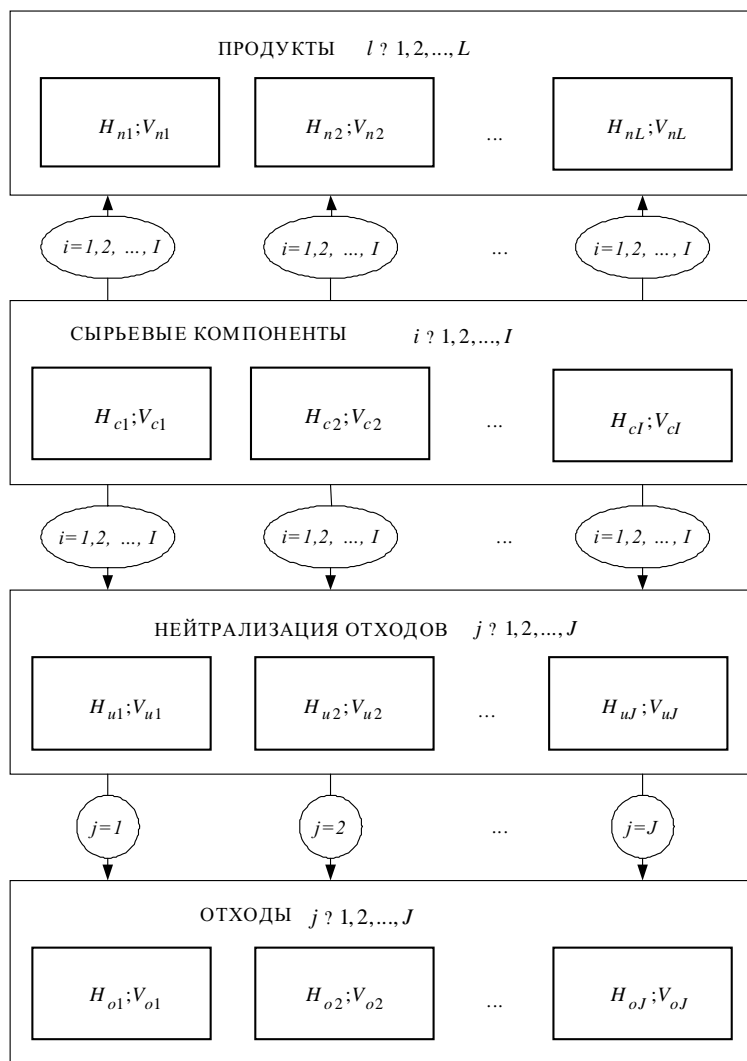


Рисунок. Схема разделения компонентов сырья и его обработки.

– экологическая опасность отходов оценивается затратами на их нейтрализацию или устранение последствий их воздействия на окружающую среду;

– стоимость отходов и затраты на их нейтрализацию включены в стоимость продукта;

– оценка технологии тем выше, чем больше значение критерия, максимально значение критерия равно единице.

Интегральная оценка того, как эффективно предприятие использует передовые технологии по переработке отходов в различные виды продукции и рационально ведет процесс переработки в соответствии с современными требованиями природопользования, характеризуется критерием безотходности технологического процесса:

$$K_{об} = 1 - \frac{\sum H_{oj} V_{oj}}{\sum H_{ci} V_{ci}}, \quad (1)$$

где  $H_{oj}$  – стоимость сырьевых компонентов, заложённая в единицу массы  $j$ -го вида отходов,

$$H_{oj} = \sum H_{ci} \beta_i, \quad \sum \beta_i = 1; \quad (2)$$

$H_{ci}$  – стоимость единицы массы  $i$ -го сырьевого компонента;

$\beta_i$  – доля  $i$ -го вида сырьевого компонента в  $j$ -м виде отходов.

Предприятие должно стремиться к максимально возможной переработке сырья в продукцию, что можно оценить посредством максимизации критерия безотходности технологического процесса

$$K_{об} = \max \left\{ 1 - \left( \frac{\sum H_{oj} V_{oj}}{\sum H_{ci} V_{ci}} \right)_k \right\}. \quad (3)$$

В формуле (3) и далее индекс  $k$  – порядковый номер множества рассматриваемых технологий.

Для оценки степени совершенства получения из отходов предприятием продукции различного назначения (как технического, так и пищевого) введем критерий глубины переработки сырья:

$$K_z = 1 - \frac{\sum H_{oj} V_{oj}}{\sum H_{nl} V_{nl} - \sum (H_{oj} + H_{uj}) V_{oj}}, \quad (4)$$

где  $H_{nl}$  и  $V_{nl}$  – соответственно стоимость единицы массы  $l$ -го продукта, вырабатываемого из рассматриваемого сырья, и его масса;  $H_{uj}$  – стоимость нейтрализации единицы массы  $j$ -го отхода.

Коэффициент глубины переработки должен также стремиться к его максимальному значению

$$K_{оз} = \max \left\{ 1 - \left[ \frac{\sum H_{oj} V_{oj}}{\sum H_{nl} V_{nl} - \sum (H_{oj} + H_{uj}) V_{oj}} \right]_k \right\}. \quad (5)$$

Имеется потребность во введении критерия экологичности технологического процесса, который характеризует, насколько опасна для окружающей среды применяемая предприятием технология по нейтрализации отходов. Такой критерий имеет вид

$$K_э = 1 - \frac{\sum H_{uj} V_{oj}}{\sum H_{nl} V_{nl} - \sum (H_{oj} + H_{uj}) V_{oj}}. \quad (6)$$

Критерий экологичности также стремится к максимуму

$$K_{оз} = \max \left\{ 1 - \left[ \frac{\sum H_{uj} V_{oj}}{\sum H_{nl} V_{nl} - \sum (H_{oj} + H_{uj}) V_{oj}} \right]_k \right\}. \quad (7)$$

Перечисленные критерии являются составляющей частью интегрального критерия эффективности технологического процесса, который характеризует полноту и совершенство технологических процессов, реализуемых на конкретном производстве по переработке и утилизации отходов и вторичных материальных ресурсов данного предприятия, с точки зрения экономической эффективности и экологической безопасности произведенной продукции

$$K_{мэ} = K_{об} K_{оз} K_{э} \rightarrow 1,0. \quad (8)$$

Расчет по формулам (1), (4), (6) и (8) эффективности технологии утилизации дробины по сравнению с реализацией дробины потребителю в жидком виде был выполнен для условий одного из производителей пива города Оренбурга. Новая технология заключается в реутилизации пивной дробины и пшеничных отрубей. При этом отделяется дисперсная фаза пивной дробины, которая смешивается с пшеничными отрубями. Смесь экструдируется, и экструдат сорбирует оставшуюся дисперсионную среду пивной дробины. После этого полуфабрикат высушивается в конвективной сушилке. Такая технология позволяет сохранять все водорастворимые вещества пивной дробины и делает утилизацию пивной дробины безотходной. Результаты расчета приведены в таблице.

Анализ результатов таблицы показывает, что предлагаемая технология повышает эффек-

тивность рассматриваемого производства в основном за счет повышения уровня его безотходности. Несколько увеличивается глубина переработки отходов. Экологические показатели остаются на том же уровне.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что предлагаемая технология реутилизации отходов бродильных и зерноперерабатывающих производств соответствует основным направлениям исследований в области переработки вторичных материальных ресурсов перерабатывающих отраслей АПК. Она реализует принцип единого подхода для всех предприятий отрасли и внедрения новых «экологически

Таблица. Оценка эффективности реутилизации пивной дробины

Технология	$K_{\bar{b}}$	$K_2$	$K_3$	$K_{mэ}$
Существующая	0,763	0,960	0,997	0,739
Предлагаемая	0,814	0,962	0,997	0,781

чистых» технологий по переработке отходов. Оптимизация процессов основана на комплексной оценке эффективности по безотходности технологических процессов, глубины переработки сырья и экологичности производства. Это демонстрирует работоспособность предложенного комплекса критериев.

**Список использованной литературы:**

1. Вторичные сырьевые ресурсы пищевой и перерабатывающей промышленности АПК России и охрана окружающей среды: Справочник / Под общей редакцией акад. РАСХН Е.И. Сизенко - М., 1999.
2. Комаров В.И., Мануйлова Т.А., Василькова Л.Б., Кривцун Л.В. Количественная оценка технологических процессов по степени их мало- и безотходности // Пищевая промышленность, № 3, 1995.
3. Антимонов С.В., Василевская С.П. Пути решения проблемы переработки отходов в отрасли хлебопродуктов // Вестник ОГУ, 2003, №1.