

# ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЙ ПОЛУЧЕНИЯ И ОЧИСТКИ СОЕВОГО МАСЛА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ

Г.М. Харченко

*Представлена математическая модель эффективности функционирования технологических линий получения и очистки соевого масла, учитывающая влияние технологических и конструктивных параметров и позволяющая обоснованно принимать к разработке рациональные варианты.*

В настоящее время все шире применяются методы математического моделирования с использованием вычислительной техники для анализа проблем сельского хозяйства, принятия управленческих решений. Так, внедрение в производство современной вычислительной техники дает возможность специалистам в конкретных условиях анализировать многочисленные варианты развития того или иного процесса и выбирать наиболее оптимальные из них, что невозможно сделать традиционными методами.

Но без строгих формулировок задач, без формально-математического описания процесса, то есть без создания математической модели не может быть достигнута необходимая эффективность использования проектируемых систем.

Математическая модель – отображение закономерностей изучаемого процесса в абстрактном виде с помощью математических соотношений. Модель представляет собой совокупность уравнений, условий и алгоритмических правил и позволяет:

- получить информацию о процессах, протекающих в объектах;
- рассчитывать системы, анализировать и проектировать их;
- получать информацию, которая может быть использована для управления моделируемым объектом.

В условиях хозяйств не представляется возможным в настоящее время получать соевое масло требуемого качества, в частности потому, что современное оборудование рассчитано для работы при больших объемах переработки сои, технологические линии имеют сложную структуру. Это обстоятельство является предпосылкой для обоснования технологических линий и математической модели для оценки влияния технологической структуры линий на эффективность функционирования.

Наиболее полно отражает эффективность функционирования технологических

линий очистки соевого абсолютный годовой экономический эффект  $\mathcal{E}_a$ . Этот показатель может использоваться при проектировании, если выразить все показатели линии через параметры, характеризующие технологические, эксплуатационные и структурные особенности

$$\mathcal{E}_a = \mathcal{E}_T - \mathcal{E}_3 - Y,$$

где  $\mathcal{E}_T$  – годовой технологический эффект, р.;

$\mathcal{E}_3$  – эксплуатационные затраты, р.;

$Y$  – убытки от ненадежной работы технологических линий, р.

Используя этот показатель, можно оценивать сравнительную экономическую эффективность  $\mathcal{E}_c$ , как разность абсолютной экономической эффективности проектируемого  $\mathcal{E}_{a,пр.}$  и базового  $\mathcal{E}_{a,б.}$  вариантов:

$$\mathcal{E}_c = \mathcal{E}_{a,пр.} - \mathcal{E}_{a,б.} = (\mathcal{E}_{T,пр.} - \mathcal{E}_{T,б.}) - (\mathcal{E}_{3,пр.} - \mathcal{E}_{3,б.}) - (Y_{пр.} - Y_{б.}).$$

Эти зависимости будут математической моделью, если будут раскрыты входящие в нее показатели через эксплуатационные показатели машин технологической линии и параметры структуры этих линий.

Рассмотрим влияние инфляции на результаты расчетов абсолютного экономического эффекта, то есть выясним, возможно ли использовать этот показатель для разработки математической модели.

Абсолютный годовой экономический эффект с учетом инфляции определим по формуле:

$$\mathcal{E}_{ан} = \mathcal{E}_{Тн} - \mathcal{E}_{3н} - Y_n,$$

где  $\mathcal{E}_{Тн}$  – технологический эффект с учетом инфляции, тыс. р.;

$\mathcal{E}_{3н}$  – годовые эксплуатационные затраты с учетом инфляции, тыс.р.;

$Y_n$  – убытки от ненадежной работы технологической линии с учетом инфляции, тыс. р.

Предположим, что эти показатели возрастают пропорционально инфляции, то есть:

$$\mathcal{E}_{Тн} = \mathcal{E}_T (1 + K_{и}),$$

$$\mathcal{E}_{3н} = \mathcal{E}_3 (1 + K_{и}),$$

$$Y_n = Y (1 + K_{и}).$$

Это утверждение справедливо, так как при расчетах  $\mathcal{E}_T$ ,  $\mathcal{E}_3$ ,  $Y$  учитывают затраты на приобретение металла, на оплату рабочих, которые возрастают пропорционально росту инфляции.

Учитывая сказанное, получим  $\mathcal{E}_{ан} = (\mathcal{E}_T - \mathcal{E}_3 - Y) (1 + K_{ин})$ .

Расчеты абсолютного годового экономического эффекта по математической модели (3), показывают, что с ростом инфляции характер зависимости остается неизменной.

На рис. 1 приведен график зависимости  $\mathcal{E}_a = f(K_T)$  при  $K_{ин}=1,0$  и  $K_{ин}=1,5$  (расчетные данные приведены в таблице 1) для следующих значений параметров, входящих в формулу (3) и влияющих на уровень инфляции.

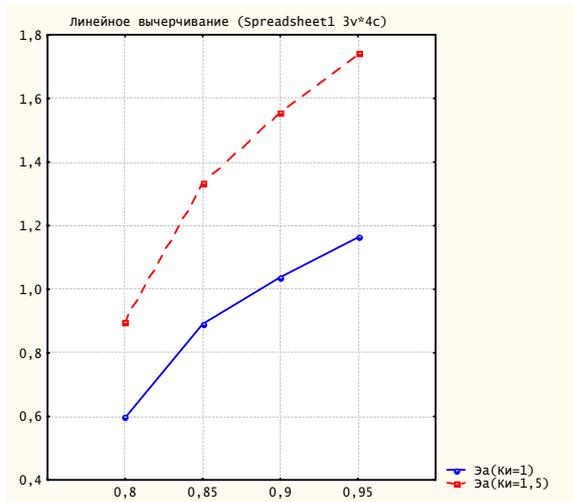


Рис. 1. График зависимости  $\mathcal{E}_a = f(K_T)$

$Q_T = 100$  кг/ч;  $K_1 = 0,8$ ;  $K_M = 6$ ;  $D = 144$ ;  $T = 8$  ч.  
 $e + E = 0,322$ ,  $D = 144$  дн.  $m_1 = 1$ ;  
 $K_M = 8,0$ ;  $C_M = 0,038$  тыс. руб. /кг,  
 $C_{мет} = 26,0$  тыс. руб./т,  
 $C_{эл} = 1,5$  руб./ кВт ч,  $C_{оп} = 0,010$  тыс.руб./кг,  
 $C_p = 0,4$  тыс.руб./ч,  $C_c = 0,030$  тыс.руб./кг,  
 $a = 0,51$ ,  $c = 9,6$ ,  $\alpha = 4,47$ ,  $\beta = 2,14$ .

Как показывает график, характер зависимости  $\mathcal{E}_a$  от  $K_T$  с изменением коэффициента инфляции не меняется. Годовой технологический эффект (тыс. руб.) от использования проектируемой технологической линии:

$$\mathcal{E}_T = 3,6 \cdot 10^3 Q_T D T K_T K_1 (C_M + 0,13 C_c),$$

где  $Q_T$  – теоретическая производительность технологической линии по подаче масла на линию, кг/с;

$D$  – число дней работы технологической линии в течение года, сут.;

$T$  – время работы технологических линий в течение суток, ч;

$K_T$  – коэффициент готовности; (методика расчета дана в работе [2]);

$K_1$  – коэффициент выхода очищенного масла;

$C_M$  – цена реализации масла, р./кг;

$C_c$  – стоимость дополнительной продукции, получаемой при очистке.

Для разработанной автором конической центрифуги [1] это стоимость цеолита, тыс.р./кг.

Годовые эксплуатационные затраты (тыс. руб.) определяются по формуле:

$$\mathcal{E}_3 = A + Z + M,$$

где  $A$  – отчисления на амортизацию, текущий ремонт и техническое обслуживание оборудования технологических линий, тыс.р.;

$Z$  – годовой фонд заработной платы рабочих, обслуживающих технологическую линию с учетом доплат и налогов, тыс.р.;

$M$  – стоимость израсходованных материалов (вода, электроэнергия и др.) при эксплуатации технологических линий, тыс.руб.

Таблица 1  
Зависимость экономического эффекта от коэффициента готовности при разных уровнях инфляции

Коэффициент готовности, Кг	Экономический эффект Эа при Ки=1	Эа при Ки=1,5
0,8	0,596	0,894
0,85	0,891	1,336
0,90	1,038	1,557
0,95	1,163	1,744

Отчисления на амортизацию, текущий ремонт и техническое обслуживание оборудования технологических линий (тыс. руб.) определяют по формуле:

$$A = B(e + E),$$

где  $e$  – норма отчислений на техническое обслуживание и текущий ремонт;

$E$  – норма отчислений на амортизацию;

$B$  – стоимость оборудования технологических линий, тыс.руб.

Стоимость оборудования технологических линий можно рассматривать как сумму двух составляющих:

$$B = B_1 + B_2,$$

где  $B_1$  – часть стоимости, зависящая от коэффициента готовности технологических линий, тыс.руб.

В работе выдвинута гипотеза о том, что зависимость  $B_1 = f(K_T)$  имеет вид

$$B_1 = m K_M C_{мет}, \text{ тыс.руб.},$$

где  $m$  – параметр, характеризующий затраты металла на изготовление оборудования технологической линии, т;

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЙ ПОЛУЧЕНИЯ И ОЧИСТКИ СОЕВОГО МАСЛА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ

$K_m$  – коэффициент, учитывающий стоимость технологической линии в зависимости от стоимости металла, идущего на изготовление;

$C_{мет}$  – цена металл, тыс.руб.;

$B_2$  – часть стоимости технологических линий, зависящая от стоимости электродвигателей.

Фактический расход металла на изготовление оборудования анализируемых технологических линий получения и очистки соевого масла определяется по техническим характеристикам наиболее часто используемых машин.

Затраты металла на изготовление машин технологических линий в соответствии с принятой гипотезой предложено оценивать по следующей формуле:

$$m = a / K_r^c \quad (1)$$

Зависимость

$$B_2 = \Phi N_{сум},$$

где  $\Phi$  – параметр, определяемый экспериментально (стоимость эл. двигателей в расчете на один кВт).

Учитывая параметр  $\Phi = 0,81$  тыс.руб./кВт [3] и ежегодную инфляцию в 15 %, получим

$$\Phi = 1,63 \text{ тыс.р./кВт}, \quad B_2 = 1,63 N_{сум},$$

где  $N_{сум}$  – мощность оборудования технологической линии, зависящая от количества электродвигателей, то есть от коэффициента готовности, кВт.

В соответствии с принятой гипотезой

$$N_{сум} = a / (e^{K_r} - v), \quad (2)$$

параметры  $a$ ,  $c$ ,  $v$ ,  $\alpha$ , определяются по экспериментальным данным и в соответствии с принятыми зависимостями (1) и (2). Экспериментальные и расчетные данные приведены в таблице 2.

Таблица 2

Экспериментальные и расчетные данные о массе и суммарной мощности электродвигателей технологических линий получения и очистки соевого масла

Коэффициент готовности, Кг	Масса $m_{эксп}$ , Т	Масса $m_{расч}$ , Т	Мощность $N_{эксп}$ , кВт	Мощность $N_{расч}$ , кВт
0,8	4,5	0,49	42,62	55,9
0,82	3,6	3,52	36,2	34,4
0,845	3,6	2,62	25,12	23,5
0,86	2,7	2,2	25,2	20,3
0,876	1,6	1,84	15,5	17,2
0,91	2,1	1,26	14,45	13,1
0,925	0,5	1,08	11,5	11,8

По полученным данным построены графики: рис.2 и рис 3.

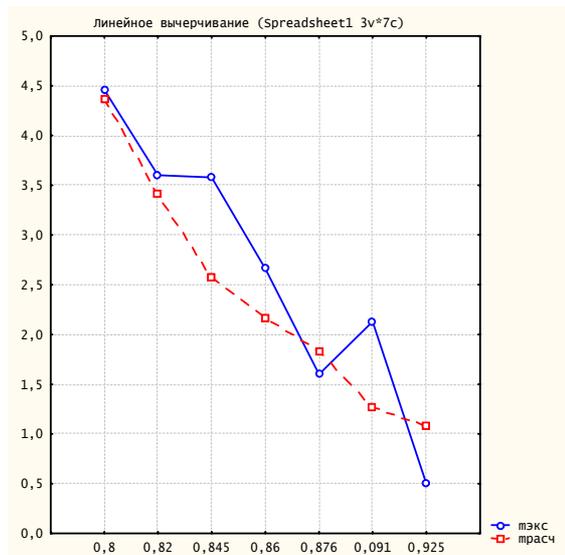


Рис. 2. График зависимости массы металла на изготовление оборудования технологических линий  $m_{экс}$  и  $m_{расч}$  от коэффициента готовности  $K_r$

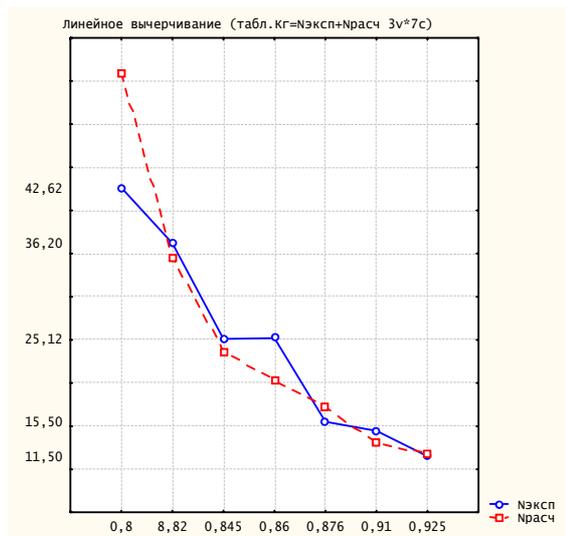


Рис. 3. Зависимость  $N_{экс}$  и  $N_{расч}$  от коэффициента готовности  $K_r$

Заработная плата рабочих, обслуживающих машины технологических линий очистки соевого масла

$$З = 3,6 \cdot 10^3 \cdot m_1 \cdot C_{оп} \cdot Q_T \cdot D \cdot T \cdot K_r,$$

где  $m_1$  – количество рабочих, обслуживающих технологическую линию, чел.;

$C_{оп}$  – заработная плата с налогами и начислениями одного рабочего, руб./кг.

При расчете стоимости израсходованных материалов  $M$  учитываются расходы на оплату электроэнергии, которые зависят от структуры технологических линий, другие

расходы будем считать одинаковыми для любой схемы технологической линии и не учитывать.

Итак,  

$$M_{эл} = 10^{-3} N_{сум} Ц_{эл} DTK_r = (10^{-3} Ц_{эл} DTK_r \alpha) / (e^{K_r} - v), \text{ тыс.руб.},$$
 тогда

$$\mathcal{E}_3 = [(a K_m Ц_{мет}) / K_r^c + (1,63 \alpha / (e^{K_r} - v)) (e + E) + 3,6 \cdot 10^3 m_1 Ц_{оп} Q_T D T K_r + (10^{-3} Ц_{эл} DTK_r \alpha) / (e^{K_r} - v)].$$

Убытки от отказов оборудования технологических линий

$$Y = DT(1 - K_r)Ц_p,$$

где  $Ц_p$  – стоимость одного часа работы рабочего по устранению отказов оборудования технологических линий с начислениями и налогами, руб./ч.

Таким образом, математическая модель эффективности функционирования технологических линий очистки соевого масла:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_a = & 3,6 \cdot 10^{-3} Ц_m Q_T DTK_r K_1 (Ц_m + 0,13 Ц_{ц}) - \\ & - [(K_m Ц_{мет} a) / K_r^c + (1,63 \alpha) / (e^{K_r} - v)] (e + E) - \\ & - 3,6 \cdot 10^3 m_1 Ц_{оп} Q_T DTK_r - \\ & - (\alpha \cdot 10^{-3} Ц_{эл} DTK_r) / (e^{K_r} - v) - \\ & D T (1 - K_r) Ц_p. \end{aligned} \quad (3)$$

По экспериментальным данным получены следующие параметры:

$$\alpha = 4,47; \beta = 2,14; a = 0,5; c = 9,6.$$

### Выводы

1. С учетом полученных параметров, по формуле (3) оценивается эффективность технологических линий получения и очистки соевого масла с конической фильтрующей центрифугой, так как они характеризуют их

технологическую и структурную особенности. Уравнение (3) является математической моделью функционирования таких линий и может быть использовано при проектировании.

2. По экспериментальным данным получены параметры, позволяющие определять стоимость оборудования технологических линий получения и очистки растительных масел со сблокированной структурой в зависимости от их суммарной массы и надежности (коэффициента готовности).

3. Рассмотренный подход к разработке математической модели функционирования технологических линий получения и очистки соевого масла может быть использован и для других технологических линий с учетом их структуры и технологических особенностей.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Центрифуга для очистки жидкости: пат.2108169 Рос. Федерация: МПК В 04 В 3/00, В 04 В 11/00.
2. Доценко С.М., Харченко Г.М., Курков Ю.Б.; заявитель и патентообладатель Благовещенский Даль.ГАУ – № 96110552/13; заявл. 27.05.1996; опубл. 10.04.1998, Бюл. №10. – 3с.
3. Земсков В.И. Оптимизация надежности комплектов машин и оборудования кормоцехов // Механизация и электрификация сельского хозяйства.– 1982.– № 2.– С. 18 – 20.
4. Земсков В.И., Храмцова Н.П. Определение затрат на электропривод комбикормовых агрегатов // Вестник АГАУ № 2. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2002. – С. 100 – 103.