

ПЕРЕРАБОТКА: ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ

УДК 633.34:664.0:636.084

В.И. Земсков,
Г.М. Харченко

РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЙ ПОЛУЧЕНИЯ И ОЧИСТКИ СОЕВОГО МАСЛА

Для производства и очистки соевого масла применяют большое количество разнообразных по технологическим и другим особенностям технологических линий. Нами разработана их классификация, представленная на рисунке 1. Классификационными признаками приняты: назначение технологических линий, способ прессования, кратность прессования и очистки, способы очистки (в гравитационном поле, механические, химические и тепловые). В свою очередь механические способы делятся на фильтрование, центрифугирование, сепарирование; химические — на гидратацию и щелочную рафинацию, а также нейтрализацию, которая осуществляется после гидратации и щелочной рафинации; тепловые - на вымораживание (удаление восков), дезодорацию, отбеливание и дистилляцию.

Важной характеристикой технологических линий является структура, характеризующаяся количеством машин и их взаимным влиянием на надежность системы. Для расчета надежности технологических линий получения и очистки соевого масла необходимо проанализировать их структуру.

Несмотря на то, что основы проблемы повышения надежности едины для всех отраслей техники, особенности реальных задач, выдвигаемых практикой для разработки и эксплуатации технологических систем сельскохозяйственного назначения, требуют специальных решений.

Анализ причин отказов машин в сельском хозяйстве показывает, что 40-45% случаев от общего количества связано с ошибками при проектировании, 20% происходит от неправильного использо-

вания машин и только 10-15% – от естественного износа и старения.

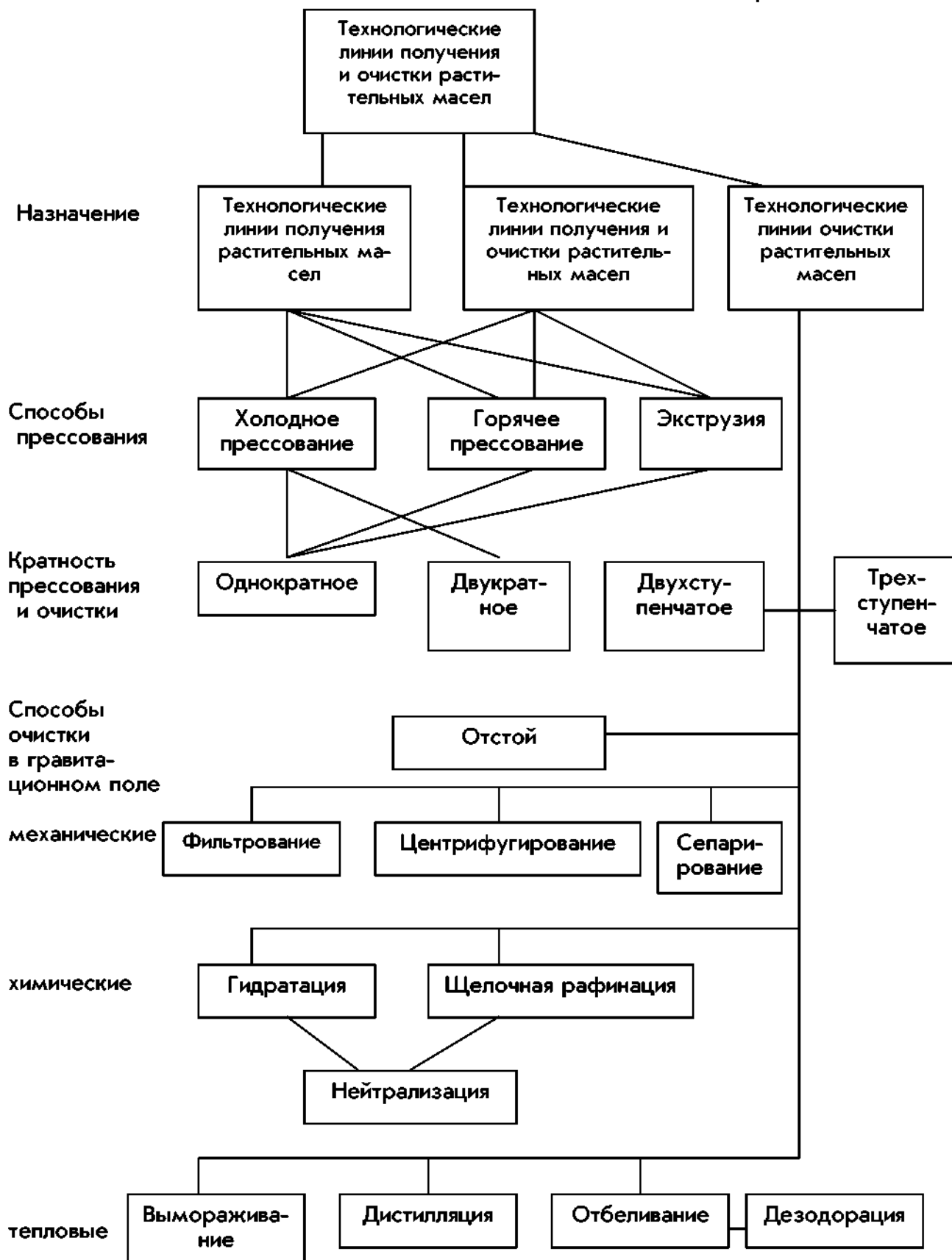


Рис. 1. Классификация технологических линий получения и очистки соевого масла

Таким образом, важнейшим этапом создания технических систем является стадия научного обоснования, обеспечивающая расчет и оптимизацию структурных схем.

Отказы машин и оборудования технологических линий очистки соевого масла приводят к снижению производительности и качества продукции. Повысить надежность технологических линий можно в период проектирования структурными методами, а поддерживать на определенном уровне – внедрением современных организационных форм технического обслуживания.

К структурным методам повышения надежности относятся: уменьшение общего количества машин в системе, использование машин с более высокой надежностью, ненагруженное и нагруженное резервирование. Так, при уменьшении общего количества машин, имеющих коэффициент готовности 0,98 с пяти до четырех, коэффициент готовности системы повышается с 0,907 до 0,924.

Надежность технологических линий в сельском хозяйстве оценивается следующими показателями: коэффициентом готовности и технического использования, вероятностью отказов и безотказной работы, наработкой на отказ, средним временем устранения отказов.

В работе [1] осуществлено теоретическое обобщение методов повышения надежности и эффективности функционирования кормоцехов, заключающееся в разработке математических моделей эффективности и надежности (в качестве основного показателя надежности в работе принят коэффициент готовности), теоретических основ анализа и синтеза комплектов машин и оборудования, оптимизации надежности и структуры.

Учитывая однотипность структурных особенностей технологических линий кормоцехов и линий получения и очистки соевого масла, считаем, что принципы, заложенные в работе [1], приемлемы для анализа и оценки надежности последних.

Сказанное позволяет использовать коэффициент готовности в качестве основного показателя надежности технологической линии очистки соевого масла, который показывает долю работо-

способного состояния системы в общем фонде рабочего времени при учете отказов по техническим причинам.

Технологические линии подразделяются по структуре на три типа: сблокированные (с жесткой связью), многосекционные (с гибкой связью), многопоточные. В сблокированных отказ любого элемента приводит к отказу всей системы. Технологические линии очистки соевого масла имеют в основном сблокированную структуру.

Рассмотрим функционирование технологической системы со сблокированной структурой.

Анализ сблокированной системы позволяет получить графическое изображение переходов в возможные состояния (граф состояний), описываемые дифференциальными уравнениями.

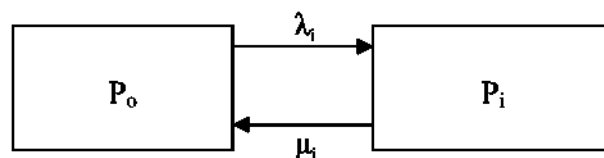


Рис. 2. Граф состояний сблокированной системы: P_0 – вероятность состояния, когда все элементы системы исправны; P_i – вероятность отказа i -го элемента

Рассматривая возможные состояния системы, получим систему уравнений А.Н. Колмогорова. Согласно правилу А.Н. Колмогорова (рис. 2) все, что выходит из данного состояния берется со знаком минус, что приходит – со знаком плюс. Тогда система уравнений Колмогорова будет иметь вид:

$$\begin{aligned} -P_0 \lambda_i + \sum P_i \mu_i &= 0; \\ P_0 + \sum P_i &= 1. \end{aligned} \quad (1)$$

Из первого уравнения $\sum P_i = P_0(\lambda_i/\mu_i)$ подставим его во второе уравнение системы, получим

$$P_0 + P_0 \sum (\lambda_i/\mu_i) = 1,$$

откуда $P_0 = 1 / (1 + \lambda_i/\mu_i)$.

Так как

$P_0 = K_r$ и $\sum (\lambda_i/\mu_i) = \sum (1 - K_{ii})/K_{ii}$, получим

$$K_r = [\sum K_{ii}^{-1} - (n - 1)]^{-1}, \quad (2)$$

где n – количество элементов в системе;

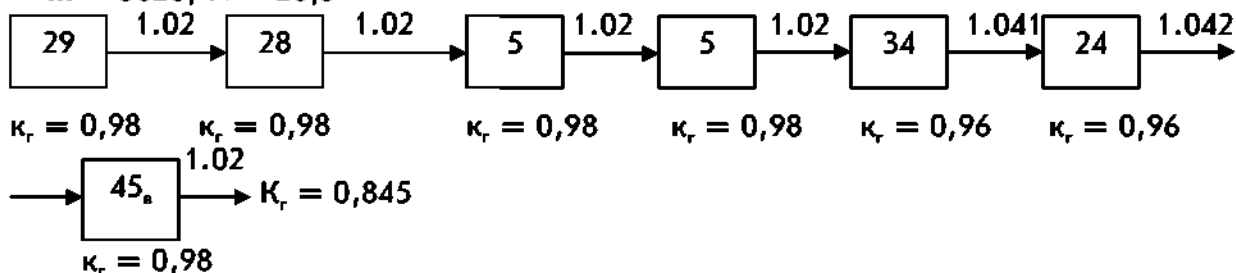
K_{ii} – коэффициент готовности i -го элемента.

Далее приводятся структурные схемы наиболее часто используемых техноло-

гических линий получения и очистки соевого масла.

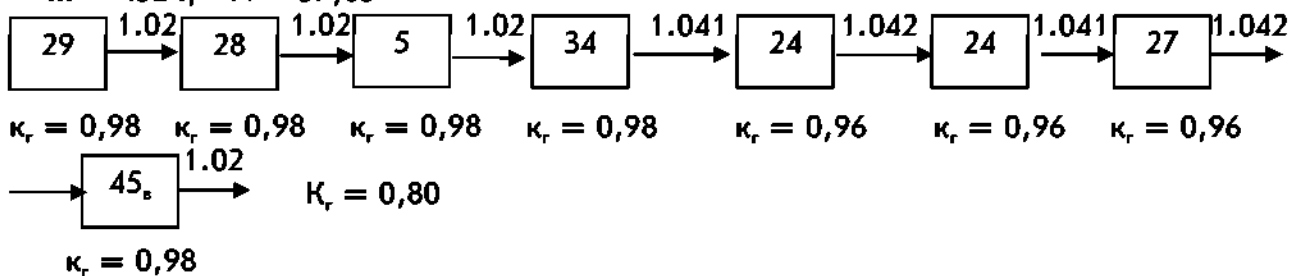
Структурная схема линии двухступенчатой очистки:

$m = 3620, N = 26,3$



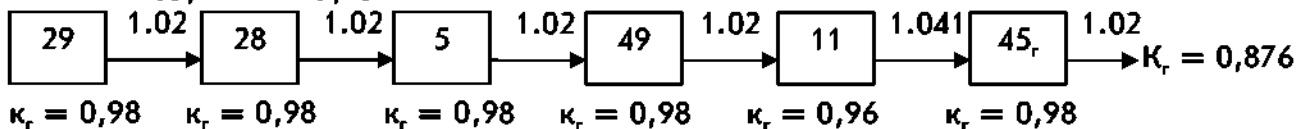
2. Структурная схема линии трехступенчатой очистки:

$m = 4524, N = 37,65$



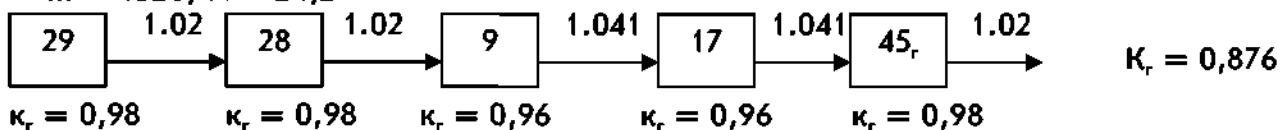
3. Структурная схема линии очистки прессового масла:

$m = 1705, N = 13,25$



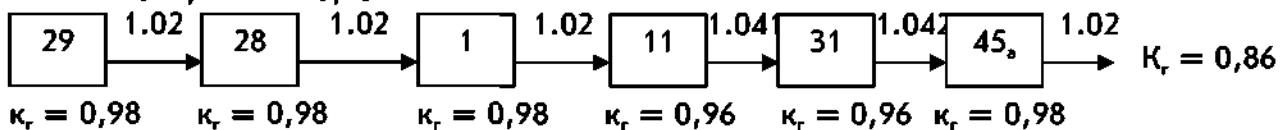
4. Структурная схема линии прессования и очистки масла № 1:

$m = 1520, N = 24,2$



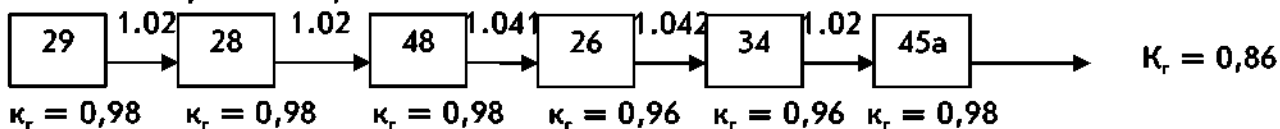
5. Структурная схема линии прессования и очистки масла № 2:

$m = 2617, N = 18,75$



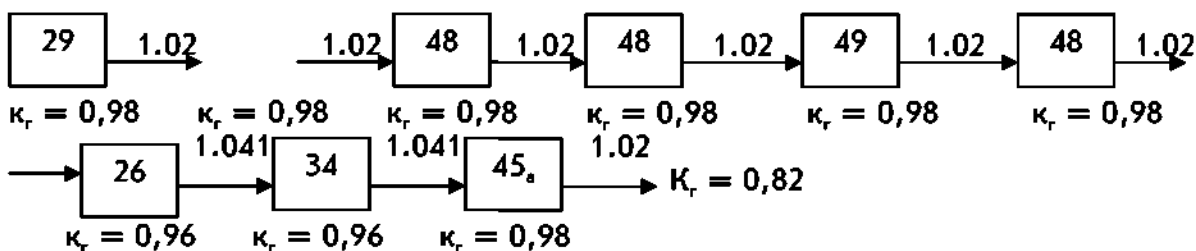
6. Структурная схема линии водной гидратации:

$m = 2700, N = 31,7$



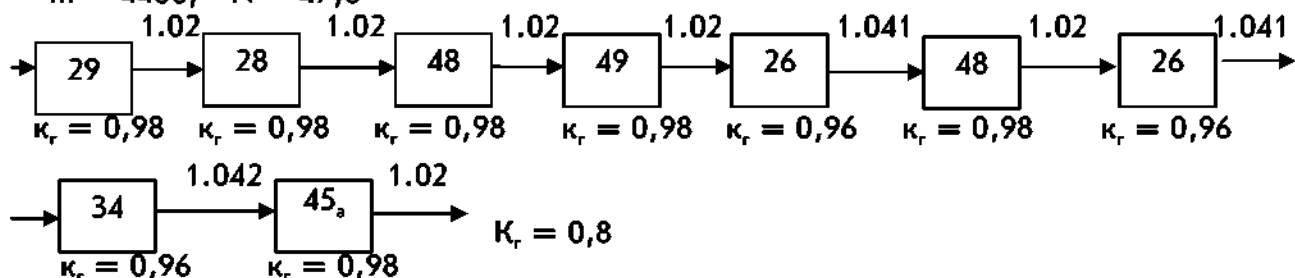
7. Структурная схема линии водной гидратации с последующей:

$m = 3600, N = 36,2$



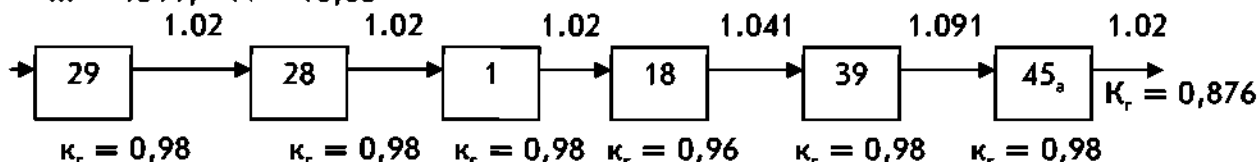
8. Структурная схема линии водной нейтрализации негидратированного масла:

$m = 4400, N = 47,6$



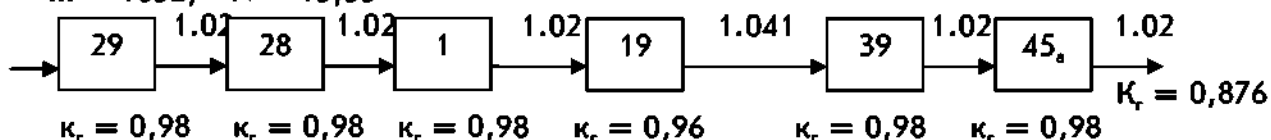
9. Структурная схема мини-линии прессования и очистки растительного масла DL-50 (Китай):

$m = 1311, N = 10,85$



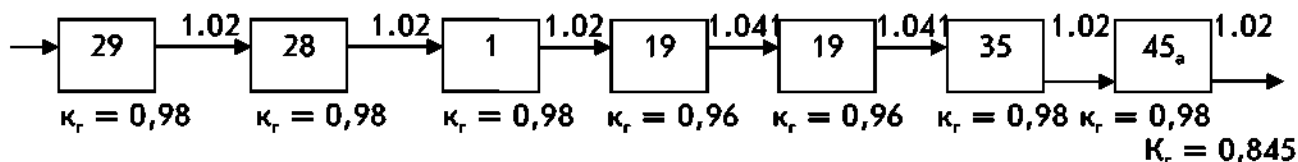
10. Структурная схема мини-линии прессования и очистки растительного масла DL-150 (Китай):

$m = 1852, N = 13,55$



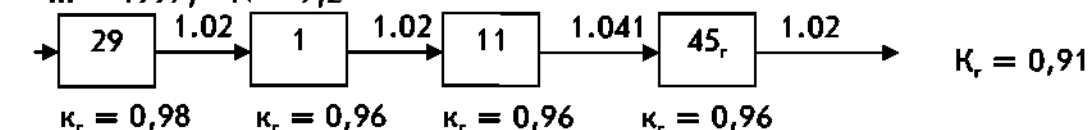
11. Структурная схема мини-линии прессования и очистки растительного масла DL-250 (Китай):

$m = 3545, N = 23,95$



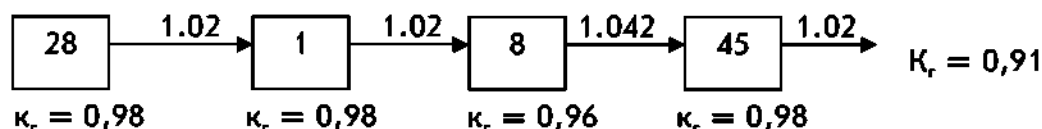
12. Структурная схема мини-линии прессования и очистки растительного масла PE-3,5 (Тайвань):

$m = 1997, N = 9,2$



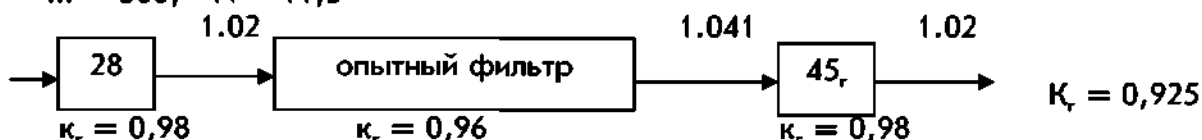
13. Структурная схема мини-линии прессования и очистки растительного масла PE-4,5 (Тайвань):

$m = 2270, N = 19,7$



14. Структурная схема экспериментальной линии очистки соевого масла с конечной центрифугой (патент № 2108169 от 10.04.1998 г.)

$m = 500, N = 11,5$



Техническая характеристика оборудования технологических линий прессования и очистки соевого масла

№	Наименование оборудования	Марка	Производительность, кг/с		Мощность привода, кВт	Масса, кг	Коэффициент готовности, K_r
			по сырому маслу	по маслу на выходе			
1	Жаровня	М8-МКА	0,11		1,5	800	0,98
5	Гущеловушка	ГЛ-1	0,27		0,55	508	0,98
9	Пресс-экструдер	ЭКМ-2000-1	0,03-0,04	0,004	7,5	700	0,96
11	Форпресс	ФП-200	0,05	0,013	5,5	427	0,96
17	Пресс окончательной очистки	М8-МПД	0,03	0,004	10,0	300	0,96
18	Пресс	М8-ПМ	0,02	0,001	5,5	250	0,96
19	Пресс	УЭП-250	0,07	0,007	00,0	1000	0,96
24	Центрифуга	НОГШ-325	0,56		7,0	722	0,96
26	Сепаратор	А1-МСИ	0,27		13,0	700	0,96
1	2	3	4	5	6	7	8
27	Сепаратор	ИСА			4,9	690	0,96
28	Шнек	б/м			N = 2,2	200	0,98
29	Передающее устройство	б/м			N = 0,5	150	0,98
31	Комплект вакуумной фильтрации	М8-КФМ ВВН 1-1,5	0,047		10,05	1010	0,96
34	Дисковый фильтр	ФГДС	1,1-1,4		14,0	1500	0,96
39	Фильтр-пресс с 1 фильтром	ФМР-25	0,007			100	0,98
45	Насосы пищевые для вязких продуктов		m^3/c				0,98
	а)	ПВ 301	0,27		1,1	25	
	б)	ПВ301Ф	0,27		0,55	30	
	в)	ПВ 302	1,11		1,5	35	
	г)	ПВ 303	2,78		4,0	120	
	д)	ПВС202	0,55		0,75	30	
	е)	ПВС205	1,39		1,5	30	
ж)	ПВС210	2,78		3,0	50		
з)	ПВС220	5,56		5,5	75		
48	Миксер				2,0	300	0,98
49	Танк				0,5	300	0,98

Учитывая полученные на основании анализа технологических линий получения и очистки соевого масла структурные схемы линий и надежность отдельных машин (табл.), произведен расчет коэффициента готовности технологических линий по формуле (2), результаты расчета приведены на схемах.

Выводы

1. Технологические линии получения и очистки соевого масла, как правило, имеют сблокированную (с жесткой связью) структуру. В статье дается вывод формулы для расчета коэффициента готовности технологических линий с такой структурой. Влияние структуры технологических линий на надежность по-

зволяет оптимизировать их конструктивно-технологические схемы.

2. Экспериментальная технологическая линия (с конической центрифугой, патент № 2108169 от 10.04.1998 г.) имеет коэффициент готовности $K_r = 0,925$, что значительно выше коэффициента готовности аналогичных линий при одинаковой надежности однотипных машин.

Библиографический список

Земсков В.И. Методы обеспечения безотказности и эффективности функционирования кормоцехов (на примере кормоцехов для ферм крупного рогатого скота): автореф. дис. докт. техн. наук / В.И. Земсков. Л., 1983. 38 с.