

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра машин и аппаратов химических и пищевых производств  
Кафедра пищевой биотехнологии

С. П. ВАСИЛЕВСКАЯ, В. Ю. ПОЛИЩУК, В. П. ПОПОВ

МЕТОДИКА КОМПЛЕКСНОЙ  
ИНТЕГРАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ  
ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ  
(НА ПРИМЕРЕ ПРОИЗВОДСТВА  
МЯСО-ОВОЩНЫХ КОНСЕРВОВ)

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
К ПРАКТИЧЕСКИМ РАБОТАМ

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом  
государственного образовательного учреждения высшего профессионального  
образования «Оренбургский государственный университет»

Оренбург 2007

УДК 66.01:663.4(07)

ББК 35я7

М 54

Рецензент

кандидат технических наук В.П. Ханин

**Василевская, С.П.**

**М 54 Методика комплексной интегральной оценки эффективности технологии (на примере производства мясо-овощных консервов) [Текст] : методические указания к практическим работам / С.П. Василевская, В.Ю. Полищук, В.П. Попов – Оренбург: РИК ГОУ ОГУ, 207. – 14 с.**

Пояснительная записка содержит 14 страниц, в том числе 1 рисунок, 3 таблицы, и электронную таблицу Excel (размером 35 КБ).

Методические указания содержат общие зависимости баланса сухих веществ и воды, порядок расчета количественного распределения исходных сырьевых компонентов и готовой продукции и отходов на примере производства мясо-овощных консервов, методику расчета эффективности используемой технологии. Методические указания снабжены программой реализации предлагаемой методики в электронных таблицах Excel, приведены варианты исходных данных для расчетов.

Методические указания предназначены для выполнения практических работ студентами, обучающимися по программам высшего профессионального образования по специальностям 260601 – машины и аппараты пищевых производств и 260602 – пищевая инженерия малых предприятий при изучении дисциплины «Учебно-исследовательская работа студентов», а также студентами обучающимися по специальностям 260204 – технология броидильных производств и виноделие и 260505 – технология детского и функционального питания при изучении дисциплины «Методы исследования биотехнологических систем».

ББК 35я7

© С.П. Василевская, 2007

© ГОУ ОГУ, 2007

## Содержание

1	Расчет количественного распределения исходных сырьевых компонентов в готовой продукции и отходах	4
1.1	Общие зависимости баланса сухих веществ и воды	4
1.2	Расчет материального баланса при производстве мясо-овощных консервов	5
2	Расчет эффективности используемой технологии	8
3	Задание	14
	Список использованных источников	14

# 1 Расчет количественного распределения исходных сырьевых компонентов в готовой продукции и отходах

## 1.1 Общие зависимости баланса сухих веществ и воды

Исходные данные для расчета включают качественные и количественные показатели сырья, технологическую схему или операторную модель процесса, ассортимент выпускаемой продукции, нормы потерь различного вида и их качественную характеристику.

Расчет количественного распределения исходных сырьевых компонентов заключается в определении доли каждого исходного компонента в готовой продукции и отходах.

Технологический процесс производства любой продукции фактически заключается в перераспределении сухих веществ и влаги, а также в частичном преобразовании их в другие компоненты.

Определение количества сухих веществ, содержащегося в  $i$ -ом исходном компоненте,  $B_{Ci}$  производится по формуле

$$B_{Ci} = V_i \frac{100 - W_i}{100},$$

где  $V_i$  – норма расхода  $i$ -го компонента сырья на единицу продукции, кг;

$W_i$  – влажность  $i$ -го компонента сырья, %.

Количество влаги, содержащееся в  $i$ -ом исходном компоненте,  $B_i$  определяется по формуле

$$B_i = V_i - B_{Ci}.$$

При объединении компонентов подсчитываются отдельно суммы:  $\Sigma V_i$ ,  $\Sigma B_{Ci}$ ,  $\Sigma B_i$ .

При отделении от смеси  $j$ -го отхода в количестве  $V_j^o$  с влажностью  $W_j^o$  в нем определяются следующие параметры:

- количество сухих веществ

$$B_{Cj}^o = V_j^o \frac{100 - W_j^o}{100};$$

- количество воды

$$B_j^o = V_j^o - B_{Cj}^o.$$

Количество сухих веществ  $B_{Cij}^o$ , отделенное от  $i$ -го компонента смеси, определяется по формуле

$$B_{Cij}^o = \beta_i B_{Cj}^o,$$

где  $\beta_i = \frac{V_i}{\Sigma V_i}$  – массовая доля  $i$ -го компонента смеси.

Количество перешедшего из смеси в  $j$ -ый отход  $i$ -го компонента  $V_{ij}^o$  определяется по формуле

$$V_{ij}^o = \frac{100B_{Cij}^o}{100 - W_j^o}. \quad (1)$$

Количество влаги  $i$ -го компонента, перешедшего из смеси в  $j$ -ый отход  $B_{ij}^o$ , составляет

$$B_{ij}^o = V_{ij}^o - B_{Cij}^o. \quad (2)$$

Количество полуфабриката  $\Sigma V_i'$ , влаги  $\Sigma B_{Ci}'$  и сухих веществ  $\Sigma B_i'$  в нем после отделения отхода определяется по формулам

$$\Sigma V_i' = \Sigma V_i - V_{ij}^o;$$

$$\Sigma B_{Ci}' = \Sigma B_{Ci} - B_{Cij}^o;$$

$$\Sigma B_i' = \Sigma B_i - B_{ij}^o.$$

Расчет сводится к последовательному добавлению количеств ингредиентов и отнятию количеств отходов согласно технологии производства вплоть до получения готовой продукции.

## 1.2 Расчет баланса сухих веществ и воды при производстве мясо-овощных консервов

При известном количестве одного компонента (в данном случае - мясо), в зависимости от процентного содержания смеси, находим количество исходного сырья (картофель, шпинат и соус), необходимого для производства консервов, при этом учитывая все потери при переработке сырья.

Количество отходов  $V_j^o$ , кг, после переработки определяется по формуле:

$$V_j^o = \frac{\omega_j m_i^o}{100}, \quad (3)$$

где  $\omega_j$  – процентное содержание потерь, при переработке, % ;

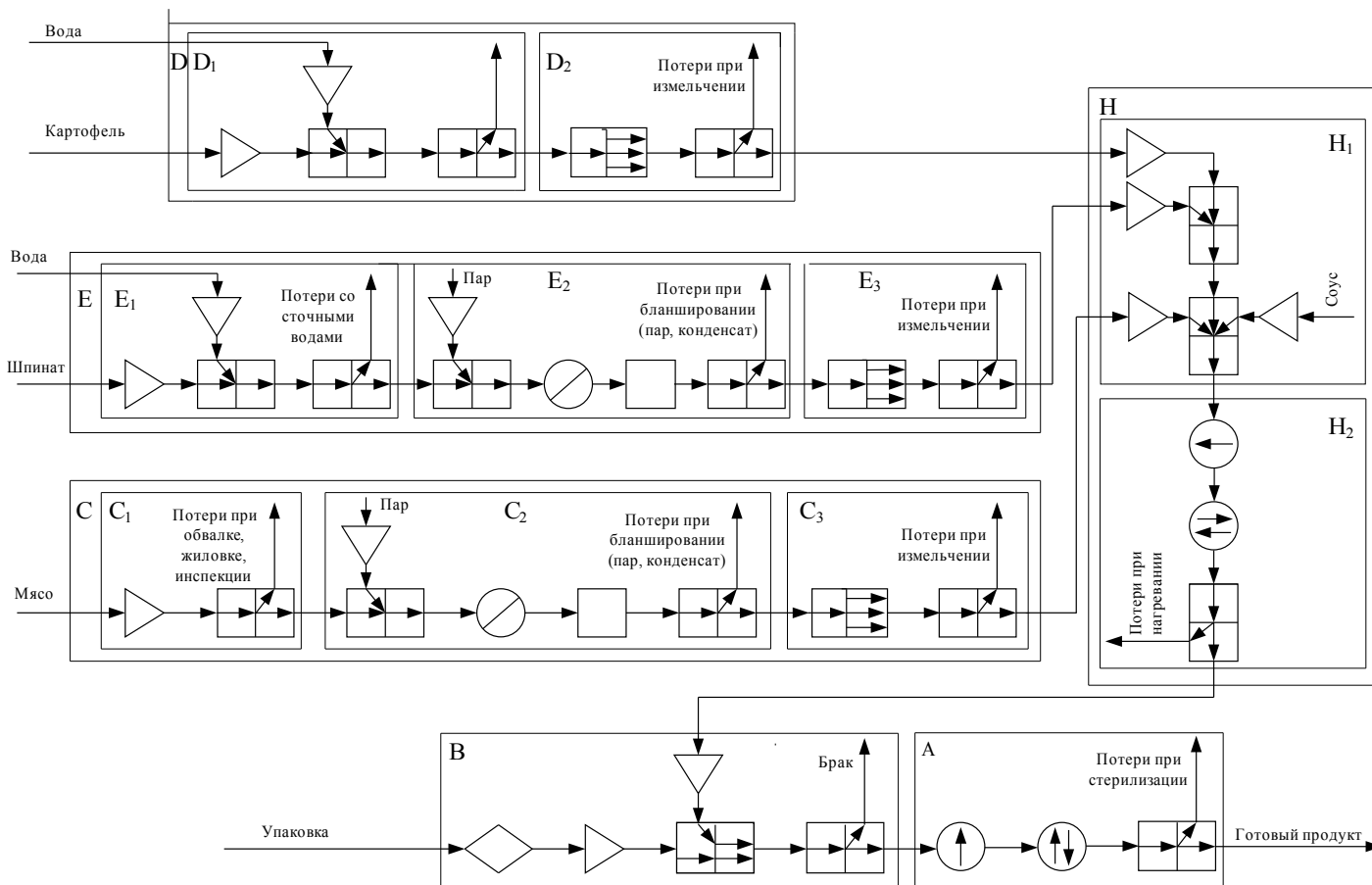
$m_i^o$  – количество сырья до переработки, кг.

Количество сырья  $m_i$ , кг, после переработки определяется по формуле:

$$m_i = m_i^o - V_j^o. \quad (4)$$

Количество сухих веществ и влаги в отходах всех видов определяется по формулам (1), (2).

Технология производства сока изображена операторной моделью (рисунок 1).




А – подсистема образования готовой продукции; В – подсистема упаковки; С – подсистема подготовки мясной продукции; С<sub>1</sub> – блок отделения неиспользованных частей; С<sub>2</sub> – блок термообработки; С<sub>3</sub> – блок измельчения мясного сырья; D – подсистема подготовки картофеля; D<sub>1</sub> – блок очистки картофеля; D<sub>2</sub> – блок измельчения картофеля; E – подсистема подготовки шпината; E<sub>1</sub> – блок гидрообработки; E<sub>2</sub> – блок термической обработки; E<sub>3</sub> – блок измельчения шпината; Н – подсистема приготовления мясоовощной смеси; Н<sub>1</sub> – блок смешивания компонентов мясоовощной смеси; Н<sub>2</sub> – блок термической обработки смеси.

Рисунок 1 – Операторная модель производства мясо-овощной смеси.

Расшифровка обозначений операторной модели приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Обозначения элементов операторной модели.

Содержание операции	Обозначение
Измельчение	
Разделение (отделение)	
Смешивание без сохранения поверхности раздела	
Смешивание с сохранением поверхности раздела	
Сложный процесс (в данном случае брожение)	
Ориентирование	
Дозирование	
Нагревание	
Термостатирование	
Изменение агрегатного состояния	

В соответствии с операторной моделью первоначально при обработке картофеля водой идут потери со сточными водами (подсистема D). Количество картофеля, перешедшего в отходы при измельчении, определяем по формуле (3). Аналогично, по формулам (3) и (4) определяем количество отходов и сырья после переработки, для всех остальных видов сырья. Далее производится

подготовка шпината (подсистема E). Количество потерь шпината со сточными водами, после обработки водой (блок E<sub>1</sub>). Потери при бланшировании шпината (блок E<sub>2</sub>). Количество потерь при измельчении шпината (блок E<sub>3</sub>). Далее производится подготовка мяса (подсистема C). Количество потерь при обвалке, жиловке, инспекции мяса (блок C<sub>1</sub>). Количество потерь при бланшировании мяса (блок C<sub>2</sub>). Количество потерь при измельчении мяса (блок C<sub>3</sub>).

## 2 Расчет эффективности используемой технологии

Эффективность использования передовых технологий по переработке отходов будем характеризовать критерием безотходности технологического процесса:

$$K_{\bar{o}} = 1 - \frac{\sum H_j^o V_j^o}{\sum H_i^c V_i^c},$$

где  $H_j^o$  – стоимость сырьевых компонентов, заложенная в единицу массы  $j$ -го вида отходов,

$$H_j^o = \sum H_i^c \beta_{ij}, \quad \sum \beta_{ij} = 1;$$

$H_i^c$  – стоимость единицы массы  $i$ -го сырьевого компонента;

$\beta_{ij}$  – доля  $i$ -го вида сырьевого компонента в  $j$ -ом виде отходов.

Совершенство получаемой из отходов продукции будем оценивать критерием глубины переработки сырья:

$$K_2 = 1 - \frac{\sum H_j^o V_j^o}{\sum H_l^n V_l^n - \sum (H_j^o + H_j^u) V_j^o},$$

где  $H_l^n$  и  $V_l^n$  – соответственно стоимость единицы массы  $l$ -го продукта, вырабатываемого из рассматриваемого сырья, и его масса;

$H_j^u$  – стоимость нейтрализации единицы массы  $j$ -го отхода.

Имеется потребность во введении критерия экологичности технологического процесса. Насколько опасна для окружающей среды применяемая технологии по нейтрализации отходов будем оценивать критерием экологичности

$$K_3 = 1 - \frac{\sum H_j^u V_j^o}{\sum H_l^n V_l^n - \sum (H_j^o + H_j^u) V_j^o}.$$

Перечисленные критерии являются составляющей частью интегрального критерия эффективности технологического процесса

$$K_{m\bar{a}} = K_{\bar{o}} K_2 K_3.$$

Для расчета по предложенной методике использованы электронные таблицы Excel.



Схема заполнения ячеек приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Пояснения к заполнению электронной таблицы Excel

Наименование показателя		Коды ячеек		
		Границ поля	Столбца	Отдельной ячейки
Процентное содержание в смеси, %	мясо			F2
	картофель			F3
	шпинат			F4
	соус			F5
Исходное количество мяса, кг				B2
Масса, кг	продукта в 1 банке			B6
	пустой банки			B5
Потери, %	мясо	при обвалке		D10
		при бланшировании		D11
		при измельчении		D12
	картофель	со сточными водами		D13
		при измельчении		D14
	шпинат	со сточ. водами		D15
		при бланшировании		D16
		при измельчении		D17
	Мясо-овощная смесь	при нагревании		D18
		при расфасовке		D19
		при упаковке		D20
	Готовый продукт	при стерилизации		D21
Стоимость сырьевых компонентов, руб/кг		H3-L15		
Стоимость утилизации отходов, руб/кг			P1-P13	
Стоимость банки с готовой продукцией, руб				O16
Расчет материального баланса		A23-P43		
Расчет эффективности используемой технологии		A56-O83		
Расчетные критерии	безотходности			C89
	глубины переработки сырья			C90
	экологичности			C91
	эффективности			C92

Таблица 3 - Пример расчета в электронных таблицах Excel

	A	B	C	D	E	F	G
1	Исходные данные, кг:			Процентное содержание смеси, %			
2	мясо	1000		мясо		50	
3	картофель	404,19		картофель		20	
4	шпинат	187,07		шпинат		10	
5	соус	358,20		соус		20	
6	масса нетто банки	0,06					
7	масса нетто смеси	0,3					
8							
9	Потери, %.						
10	мясо	при обвалке (О Ж И.)		10			
11		при бланшировании (Б.)		0,2			
12		при измельчении (И.)		0,3			
13	картофель	со сточ. водами (СВ.)		11,2			
14		при измельчении (И.)		0,2			
15	шпинат	со сточ. водами (СВ.)		3			
16		при бланшировании (Б.)		0,3			
17		при измельчении (И.)		1			
18	соус	при нагревании (Н.)		0,3			
19		при расфасовке (Р.)		0,8			
20		при упаковке (У.)		1			
21	банки	при стерилизации (С.)		1,2			
22							
23	Продуктовый расчет, кг						
24	исходное мясо	1	О Ж И.	после О Ж И.			
25			100	900			
26		2	Б.	после Б.			
27	1,8		898,2				
28	1000	3	И.	после И.			
29			2,69				
30	исходный картофель	1	СВ.	после СВ.			
31			45,27	358,92			
32	404,19	2	И.	после И.			
33			0,72				
34	исходный шпинат	1	СВ.	после СВ.			
35			5,61	181,45			
36		2	Б.	после Б.			
37	0,54		180,91				
38	187,07	3	И.	после И.			
39			1,81	179,10			
40	соус						
41							
42	358,20						
43							
44							
45							
46							
47							
48							
49							
50							
51							
52							
53							

	Н	І	Ј	К	Л	М	Н	О	Р
1	Стоимость сырьевых компонентов, руб/кг:						Стоимость утилизации отходов, руб/кг		
2	мясо	картофель	шпинат	соус	банки		при обвалке		0
3	130	12	70	50	83,3		при бланшировании		0
4	130	12	70	50	83,3		при измельчении		0,5
5	130	12	70	50	83,3		со сточ. водами		0,2
6	130	12	70	50	83,3		при измельчении		0,5
7	130	12	70	50	83,3		со сточ. водами		0,2
8	130	12	70	50	83,3		при бланшировании		0
9	130	12	70	50	83,3		при измельчении		0,5
10	130	12	70	50	83,3		при нагревании		0
11	130	12	70	50	83,3		при расфасовке		0,2
12	130	12	70	50	83,3		при упаковке		0,2
13	130	12	70	50	83,3		при стерилизации		0,5
14	130	12	70	50	83,3				
15	130	12	70	50	83,3		Стоимость банки с готовым продуктом, руб.		
16							50		
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23		Процесс смешивания, кг:				Расчёт банок, шт.:			
24		исходная смесь	Н.	после Н.		количество банок (250 г.)		С.	после С.
25	5,37		1785,64						
26	Р.		после Р.		5845,46	70,14556555	5775,32		
27	14,29		1771,35						
28	У.	после У.							
29	1791,01	17,71	1753,64						
30									
31									
32									
33									
34									
35									
36									
37									
38									
39									
40									
41									
42									
43									
44									
45									
46									
47									
48									
49									
50									
51									
52									
53									

	A	B	C	D	E	F	G
54							
55							
56							
57	Общие потери						
58	отходы	мясо	картофель	шпинат	соус	банки	
59	при обвалке	1	0	0	0	0	
60	при бланшировании	1	0	0	0	0	
61	при измельчении	1	0	0	0	0	
62	со сточ. водами	0	1	0	0	0	
63	при измельчении	0	1	0	0	0	
64	со сточ. водами	0	0	1	0	0	
65	при бланшировании	0	0	1	0	0	
66	при измельчении	0	0	1	0	0	
67	при нагревании	0,5	0,2	0,1	0,2	0	
68	при расфасовке	0,5	0,2	0,1	0,2	0	
69	при упаковке	0,5	0,2	0,1	0,2	0	
70	при стерилизации	0,4167	0,1667	0,0833	0,1667	0,1667	
71							
72							
73	суммарная стоимость сырья перешедшего в отходы, руб.			23755,32			
74							
75	суммарная стоимость сырья перешедшего в отходы (с учетом утилизации), руб.			23809,58			
76							
77							
78	суммарная стоимость сырья, руб.			165860,03			
79							
80	общая стоимость утилизации отходов, руб.			54,26			
81							
82	суммарная стоимость готовой продукции, руб			288765,9115			
83							
84							
85							
86							
87							
88	Критерии:						
89	безотходности Кб		0,856774908				
90	глубины переработки сырья Кг		0,806719425				
91	экологичности Кэ		0,999558528				
92	технологического процесса Кт		0,690871827				

	Н	І	Ј	К	Л	М	N	О	Р
54									
55									
56	Стоимость сырьевых компонентов, заложенная в единицу массы каждого отхода, руб.					Стоимость сырьевых компонентов, заложенная заложенная в единицу массы каждого отхода (с учетом утилизации), руб.			
57									
58									
59		130					130		
60		130					130		
61		130					130,5		
62		12					12,2		
63		12					12,5		
64		70					70,2		
65		70					70		
66		70					70,5		
67		84,4					84,4		
68		84,4					84,6		
69		84,4					84,6		
70		84,22					84,72		
71									
72									
73									
74									
75									
76									
77									
78									
79									
80									
81									
82									
83									
84									
85									
86									
87									
88									
89									
90									
91									
92									

### 3 Задание

1. Изучить технологию производства абрикосового сока по представленной на рисунке 1 операторной модели.
2. Изучить работу программного средства по примеру в таблице 3.
3. По согласованию с ведущим преподавателем выбрать факторы влияния на эффективность технологии и определить пределы изменения выбранных факторов.
4. Провести анализ эффективности технологии путем ввода в



D:\0\Таблица.xls

программное средство [Таблица.xls](#) запланированных значений выбранных факторов в соответствии с таблицей 2.

5. Сделать выводы.

#### Список использованных источников

1. Мясные продукты для детского питания [Текст] / А.В. Устинов, Н.В. Тимошенко. – М. : ВНИИ мясной промышленности, 1997. – 252 с.
2. Технология продуктов детского питания [Текст] : учеб. для вузов / Г. И. Касьянов. – М. : Академия, 2003. – 224 с.
3. Технология консервов для детского питания [Текст] : учеб. Пособие / Г. И. Касьянов, А. Н. Самсонова. – М. : Колос, 1996. – 160 с.
4. Технология продуктов детского питания / Н.Г.Алексеев, Т.А.Кудрявцева, Л.А. Забодалова, Т.Н. Евстигнеева. – М.: Колос, 1992. – 191 с.