
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ И ТРАНСПОРТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОТРАСЛИ

УДК 656.61 + 639.2/3

С.Б. Бурханов, Л.В. Кучеренко, Е.Д. Баштовая

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ СУДОВ ТАНКЕРНОГО ФЛОТА ПРИ ОБСЛУЖИВАНИИ РЫБОПРОМЫСЛОВЫХ ЭКСПЕДИЦИЙ

Проведен анализ производственных и финансовых показателей деятельности танкерного флота компании «Римско» при обслуживании рыбопромысловых экспедиций в течение 2008-2010 гг. Результаты экономического анализа позволили найти пути повышения эффективности работы танкеров.

Ключевые слова: танкерный флот, рейс, экспедиция, экономические показатели, эффективность.

S.B. Burkhanov, L.V. Kucherenko, E.D. Bashtovaya

OPTIMIZATION THE WORK OF COURTS TANKER FLEET SERVICING OF FISHING EXPEDITIONS

The paper analyzes the productional and financial performance of the tanker fleet in service of the company «Rimsko» fishing expeditions during the 2008-2010. Results of economic analysis were used to find ways to increase the efficiency of fankers.

Key words: tanker fleet, voyage, expedition, economic indicators, performance.

Введение

Важнейшей стратегической компонентой социально-экономического развития государства является его морская деятельность. Для Российской Федерации, которая является одной из крупнейших морских держав, морская деятельность – это часть национальной политики в области обеспечения национальной безопасности и развития большого числа отраслей национального хозяйства. В условиях общей глобализации мировой экономики необходимо проанализировать ключевые факторы, которые могут оказать влияние на развитие морской деятельности, с целью обеспечения устойчивого морского хозяйствования для результативного и эффективного расходования бюджетных средств. В работах авторов [1-5] приведены результаты анализа производственной деятельности морского транспорта и морских портов. В работе [6] рассмотрен современный механизм, обеспечивающий жизнедеятельность рыбохозяйственного комплекса в условиях рыночной экономики.

Одной из важнейших задач для Приморского края является деятельность морского флота для обслуживания рыбохозяйственного комплекса. Для успешного решения этой задачи была принята Федеральная целевая программа с целью улучшения материально-технической базы морского флота и повышения эффективности его использования [7].

Объекты и методы исследования

Объектом исследования выбрана деятельность танкерного флота ЗАО «Римско» по обслуживанию рыбопромысловых экспедиций за период с 2008 по 2010 гг. Был проведен ана-

лиз производственно-хозяйственной деятельности. Для оценки качества организации работ использовались сведения о производственно-финансовой деятельности и рассчитаны:

- эксплуатационные и финансовые показатели судов на выбранном направлении;
- экономические показатели за эксплуатационный период;
- экономическая эффективность обслуживания экспедиций в Охотском, Беринговом и Японском морях.

В процессе исследования использовались методы статистического и экономического анализа, системный и сравнительный анализ и общенаучные методы, такие, как систематизация, группировка, обобщение, описание.

Целью настоящей работы было выявление путей повышения эффективности работы танкерного флота для обслуживания рыбопромысловых экспедиций.

Результаты и их обсуждение

Танкерный флот ЗАО «Римско» состоит из девяти танкеров. Организация заключает договоры о доставке топлива в Охотоморскую, Берингоморскую, Южно-Курильскую экспедиции с российскими и иностранными фрахтователями, арендующими российские добывающие и обрабатывающие суда. Планировалось перевезти 270 тыс. т топлива. Перевозки осуществлялись из порта Находка. В табл. 1 представлено распределение перевозок грузов по экспедициям.

Таблица 1

Распределение перевозок грузов по экспедициям

Table 1

Allocation of freight traffic on expeditions

Наименование экспедиции	Количество груза, тыс.т
Охотоморская (ОМЭ)	120
Южно-Курильская (ЮКЭ)	95
Берингоморская (БМЭ)	55

Для повышения эффективности работы флота необходимо организовать оптимальные линии доставки топлива в экспедиции. Для выполнения мероприятий необходимо решить следующие задачи: рассчитать необходимое количество судов для обеспечения заданных объемов перевозок, элементы рейса, провозоспособность, эксплуатационные показатели; рассчитать доходы, которые могут получить суда при тайм-чартере и рейсовом чартере, выбрать более предпочтительный вариант и рассчитать экономические показатели.

Для расчета были приняты базовые варианты перевозки топлива из Находки в ОМЭ, ЮКЭ и БМЭ. Согласно таблице «Морских расстояний» [8] расстояние ОМЭ – Находка: $L = 1379$ миль; ЮКЭ – Находка: $L = 745$ миль; БМЭ – Находка: $L = 1909$ миль.

Основным видом технологического процесса работы морских транспортных судов является рейс. Для определения всего времени, потраченного на рейс, необходимо рассчитать время в порту погрузки, время хода, время в порту выгрузки (районе промысла) для каждого типа судна, что известно по статистическим данным. Время хода состоит из времени хода «в грузу» и времени хода «в балласте».

Расчетные данные по вариантам перевозок сведены в табл. 2.

В табл. 3-5 сведены рассчитанные данные эксплуатационных показателей судов на различных маршрутах.

Таблица 2

Элементы времени рейса для танкеров различного типа

Table 2

Elements of voyage times for various types of tankers

Элементы времени рейса, сут	Направления		
	Находка – ОМЭ – Находка	Находка – ЮКЭ – Находка	Находка – БМЭ – Находка
Для танкера типа «Алтай»			
Время хода в балласте $t_{хб}$	5,2	2,8	7,2
Время хода в грузу $t_{хг}$	4,8	2,6	6,6
Общее время хода t_x	10	5,4	13,8
Время погрузки $t_{погр}$	2	2	2
Время выгрузки $t_{выгр}$	18	18	18
Общее время стоянки $t_{см}$	20	20	20
Время рейса t_p	30	25,4	33,8
Для танкера типа «Калининграднефть»			
Время хода в балласте $t_{хб}$	4,8	2,6	6,6
Время хода в грузу $t_{хг}$	4,4	2,4	6,1
Общее время хода t_x	9,2	5	12,7
Время погрузки $t_{погр}$	3	3	3
Время выгрузки $t_{выгр}$	20,5	20,5	20,5
Общее время стоянки $t_{см}$	23,5	23,5	23,5
Время рейса t_p	32,7	28,5	36,2
Для танкера типа «Вентспилс»			
Время хода в балласте $t_{хб}$	4,8	2,6	6,6
Время хода в грузу $t_{хг}$	4,4	2,4	6,1
Общее время хода t_x	9,2	5	12,7
Время погрузки $t_{погр}$	3	3	3
Время выгрузки $t_{выгр}$	19,5	19,5	19,5
Общее время стоянки $t_{см}$	22,5	22,5	22,5
Время рейса t_p	31,7	27,5	35,2

Таблица 3

Показатели судов на маршруте Находка – ОМЭ – Находка

Table 3

Performance of the vessels on the rout Nakhodka – OSE – Nakhodka

Показатели	Типы судов		
	«Алтай»	«Калинин- граднефть»	«Вентспилс»
Количество рейсов за эксплуатационный период	12	11	12
Потребное количество рейсов за эксплуатационный период	28	24	25
Провозная способность судна за рейс, т	4314	5000	4900
Провозная способность судна за эксплуатационный период, т	51768	55000	58800
Потребное количество судов для обеспечения перевозки заданного количества груза	3	2	2
Коэффициент ходового времени	0,3	0,3	0,3

Таблица 4

Показатели судов на маршруте Находка – ЮКЭ – Находка

Table 4

Performance of the vessels on the rout Nakhodka – SKE – Nakhodka

Показатели	Типы судов		
	«Алтай»	«Калининграднефть»	«Вентспилс»
Количество рейсов за эксплуатационный период	7	6	7
Потребное количество рейсов за эксплуатационный период	22	19	19
Провозная способность судна за рейс, т	4314	5000	4900
Провозная способность судна за эксплуатационный период, т	30198	30000	34300
Потребное количество судов для обеспечения перевозки заданного количества груза	3	3	3
Коэффициент ходового времени	0,21	0,17	0,18

Таблица 5

Эксплуатационные показатели судов на маршруте Находка – БМЭ – Находка

Table 5

Performance of the vessels on the rout Nakhodka – BSE – Nakhodka

Показатели	Типы судов		
	«Алтай»	«Калининграднефть»	«Вентспилс»
Количество рейсов за эксплуатационный период	4	4	4
Потребное количество рейсов за эксплуатационный период	13	11	11
Провозная способность судна за рейс, т	4314	5000	4900
Провозная способность судна за эксплуатационный период, т	17256	20000	19600
Потребное количество судов для обеспечения перевозки заданного количества груза	3	3	3
Коэффициент ходового времени	0,4	0,35	0,36

Финансовая деятельность морского транспортного флота оценивается финансовым результатом, показывающим прибыль или убыток.

В состав расходов транспортного флота входят в основном эксплуатационные расходы. Расчетные финансовые показатели сведены в табл. 6-8.

Как видно из расчетов в табл. 6, на линии Находка – ОМЭ – Находка танкеры всех типов целесообразнее эксплуатировать в тайм-чартере. В тайм-чартере оптимальным судном на данном направлении является судно «Калининграднефть». В рейсовом чартере также все типы танкеров имеют положительный финансовый результат. Наиболее выгодно в рейсовом чартере на данном направлении использовать судно типа «Вентспилс», так как у него лучший по сравнению с другими судами финансовый результат и самая низкая себестоимость перевозки.

Как видно из расчетов, на линии Находка – ЮКЭ – Находка (табл. 7) танкеры типа «Алтай» и «Вентспилс» целесообразно эксплуатировать в рейсовом чартере. Наиболее выгодно в рейсовом чартере на данном направлении использовать судно типа «Вентспилс», так как у него лучший по сравнению с другими судами финансовый результат и достаточно низкая себестоимость перевозки. В тайм-чартере на данном направлении нет оптимальных судов.

Таблица 6

**Финансовые показатели работы судов на направлении
Находка – ОМЭ – Находка**

Table 6

**The financial performance of the courts in the direction
Nakhodka – OSE – Nakhodka**

Показатели	Типы судов		
	«Алтай»	«Калинин-граднефть»	«Вентспилс»
Рейсовый чартер			
Расходы на топливо в сутки на ходу, ам. долл.	2969,4	3619,8	3294,6
Расходы на топливо в сутки на стоянке, ам. долл.	682,8	787,8	735,3
Расходы на воду в сутки на ходу, ам. долл.	96	120	108
Расходы на воду в сутки на стоянке, ам. долл.	72	96	84
Эксплуатационные расходы за рейс, ам. долл.	121350	151477	137230
Доходы за рейс, ам. долл.	138048	160000	156800
Финансовый результат за рейс, ам. долл.	16698	8523	19570
Себестоимость перевозки 1 т груза, ам. долл./т	28,1	30,3	28,1
Рентабельность перевозок за рейс, %	13,8	5,6	14,3
Тайм-чартер			
Эксплуатационные расходы за рейс, ам. долл.	75600	96301,5	87492
Доходы за рейс, ам. долл.	99000	130800	117290
Финансовый результат за рейс, ам. долл.	23400	34498,5	28798
Себестоимость перевозки 1 т груза, ам. долл./т	17,5	19,3	17,8
Рентабельность перевозок за рейс, %	30,9	35,8	34,1

Таблица 7

**Финансовые показатели работы судов на направлении
Находка – ЮКЭ – Находка**

Table 7

**The financial performance of the courts in the direction
Nakhodka – SKE – Nakhodka**

Показатели	Типы судов		
	«Алтай»	«Калинин-граднефть»	«Вентспилс»
Рейсовый чартер			
Эксплуатационные расходы за рейс, ам. долл.	95717,2	121803,4	111347,2
Доходы за рейс, ам. долл.	138048	160000	156800
Финансовый результат за рейс, ам. долл.	42330,8	38196,6	45452,8
Себестоимость перевозки 1 т груза, ам. долл./т	22,2	24,4	22,7
Рентабельность перевозок за рейс, %	44,2	31,3	40,8
Тайм-чартер			
Эксплуатационные расходы за рейс, ам. долл.	64008	83932,5	75900
Доходы за рейс, ам. долл.	83820	114000	104750
Финансовый результат за рейс, ам. долл.	19812	300067,5	28850
Себестоимость перевозки 1 т груза, ам. долл./т	14,8	16,8	15,5
Рентабельность перевозок за рейс, %	30,9	35,8	38,1

Таблица 8

**Финансовые показатели судов на направлении
Находка-БМЭ-Находка**

Table 8

**The financial performance of the courts in the direction
Nakhodka – BSE – Nakhodka**

Показатели	Типы судов		
	«Алтай»	«Калинин-граднефть»	«Вентспилс»
Рейсовый чартер			
Эксплуатационные расходы за рейс, ам. долл.	134274,5	174873,8	152699,3
Доходы за рейс, ам. долл.	138048	160000	156800
Финансовый результат за рейс, ам. долл.	3773,5	- 14873,8	4100,7
Себестоимость перевозки 1 т груза, ам. долл./т	31,1	34,9	31,2
Рентабельность перевозок за рейс, %	2,8	-	4,2
Тайм-чартер			
Эксплуатационные расходы за рейс, ам. долл.	85176	106609	97152
Доходы за рейс, ам. долл.	111540	130240	130240
Финансовый результат за рейс, ам. долл.	26364	23631	33088
Себестоимость перевозки 1 т груза, ам. долл./т	19,7	21,3	19,8
Рентабельность перевозок за рейс, %	30,9	22,2	34,1

Как видно из расчетов в табл. 8, танкеры всех типов целесообразно эксплуатировать в тайм-чартере. В тайм-чартере оптимальным судном на данном направлении является судно типа «Калининграднефть». В рейсовом чартере на данном направлении лучше использовать судно типа «Вентспилс», так как у него лучший по сравнению с другими судами финансовый результат.

Таким образом, при работе судов в рейсовом чартере на всех направлениях целесообразно использовать танкеры типа «Вентспилс». Для освоения всего грузопотока необходимо восемь судов данного типа. ЗАО «Римско» имеет три судна этого типа, которые показывают лучший результат работы на направлении Находка – ЮКЭ – Находка. На направлении Находка – БМЭ – Находка судно типа «Калининграднефть» имеет отрицательный финансовый результат, а судно типа «Алтай» у ЗАО «Римско» только одно. Следовательно, с учетом эффективности использования всех судов ЗАО «Римско» на обслуживании экспедиций при фрахтовании судов в рейсовом чартере расстановка их будет следующей: Находка – ОМЭ – Находка: суда типа «Калининграднефть» – 2 единицы; Находка – ЮКЭ – Находка: суда типа «Калининграднефть» – 2 единицы; судно типа «Вентспилс» – 1 единица; Находка – БМЭ – Находка: суда типа «Вентспилс» – 2 единицы; судно типа «Алтай» – 1 единица. На обслуживании экспедиций при фрахтовании судов в тайм-чартер их расстановка будет следующей: Находка – ОМЭ – Находка: суда типа «Калининграднефть» – 2 единицы; Находка – ЮКЭ – Находка: суда типа «Вентспилс» – 3 единицы; Находка – БМЭ – Находка: суда типа «Калининграднефть» – 3 единицы.

Был произведен расчет экономических показателей судов за эксплуатационный период на различных направлениях, табл. 9.

Расчеты показали, что на направлениях Находка – ОМЭ и Находка – БМЭ суда лучше использовать в тайм-чартере. На направлении Находка – ЮКЭ суда лучше эксплуатировать в рейсовом чартере, когда достигается лучший финансовый результат и выше рентабельность перевозок.

В табл. 10-12 приведены расчеты параметров линий.

Таблица 9

Экономические показатели судов на различных направлениях

Table 9

Economic performance of the vessels on various tracks

Показатели	Рейсовый чартер	Тайм-чартер
Находка – ОМЭ – Находка		
Доходы, ам. долл.	3840000	3139200
Расходы, ам. долл.	3465448	2311236
Финансовый результат, ам. долл.	204552	827964
Себестоимость перевозки 1 т груза, ам. долл./т	28,9	19,3
Рентабельность перевозок, %	5,9	35,8
Находка – ЮКЭ – Находка		
Доходы, ам. долл.	3017600	1933250
Расходы, ам. долл.	2241071	1442100
Финансовый результат, ам. долл.	776529	491150
Себестоимость перевозки 1 т груза, ам. долл./т	23,6	15,8
Рентабельность перевозок, %	34,6	34,1
Находка – БМЭ – Находка		
Доходы, ам. долл.	1806592	1432640
Расходы, ам. долл.	1758692	1068672
Финансовый результат, ам. долл.	47900	363968
Себестоимость перевозки 1 т груза, ам. долл./т	32,0	19,4
Рентабельность перевозок, %	2,7	34,1

Таблица 10

Характеристики линии Находка – ОМЭ – Находка

Table 10

Certify distance Nakhodka – OSE – Nakhodka

Показатели	Рейсовый чартер	Тайм-чартер
Период эксплуатации $T_э$, сут	365	365
Объем перевозок за $T_э$, т	120000	120000
Протяженность линии, миль	2758	2758
Тип судна	«Калининград-нефть»	«Калининград-нефть»
Количество судов на линии	2	2
Загрузка судна в рейсе, т	5000	5000
Род груза	Топливо	Топливо
Интервал отправления $t_{ин}$, сут	13,8	13,8
Среднесуточное отправление грузов на линии, т/сут	361,1	361,1
Продолжительность периода отправления грузов, сут	332,3	332,3
Продолжительность рейса, сут	32,7	32,7
Время в порту, сут	3	3
Время в экспедиции, сут	20,5	20,5
Время хода, сут	9,2	9,2

Таблица 11

Характеристики линии Находка – ЮКЭ – Находка

Table 11

Certify distance Nakhodka – SKE – Nakhodka

Показатели	Рейсовый чартер	Тайм-чартер
Период эксплуатации $T_э$, сут	180	180
Объем перевозок за $T_э$, т	95000	95000
Протяженность линии, миль	1490	1490
Тип судна	«Калининград-нефть»	«Вентспилс»
Количество судов на линии	2	3
Загрузка судна в рейсе, т	5000	4900
Род груза	Топливо	Топливо
Интервал отправления $t_{ин}$, сут	12,5	8
Среднесуточное отправление грузов на линии, т/сут	400,7	622
Продолжительность периода отправления грузов, сут	151,5	152,5
Продолжительность рейса, сут	28,5	27,5
Время в порту, сут	3	3
Время в экспедиции, сут	20,5	19,5
Время хода, сут	5	5
Тип судна	«Вентспилс»	-
Количество судов на линии	1	-
Загрузка судна в рейсе, т	4900	-
Род груза	Топливо	-
Интервал отправления $t_{ин}$, сут	21,8	-
Среднесуточное отправление грузов на линии, т/сут	224,9	-
Продолжительность периода отправления грузов, сут	152,5	-
Продолжительность рейса, сут	27,5	-
Время в порту, сут	3	-
Время в экспедиции, сут	19,5	-
Время хода, сут	5	-

Таблица 12

Характеристики линии Находка – БМЭ – Находка

Table 12

Certify distance Nakhodka – BSE – Nakhodka

Показатели	Рейсовый чартер	Тайм-чартер
1	2	3
Период эксплуатации $T_э$, сут	150	150
Объем перевозок за $T_э$, т	55000	55000
Протяженность линии, миль	3818	3818
Тип судна	«Алтай»	«Калининград-нефть»
Количество судов на линии	1	3

Окончание табл. 12

1	2	3
Загрузка судна в рейсе, т	4314	5000
Род груза	Топливо	Топливо
Интервал отправления $t_{ин}$, сут	29	10,3
Среднесуточное отправление грузов на линии, т/сут	148,5	483,3
Продолжительность периода отправления грузов, сут	116,2	113,8
Продолжительность рейса, сут	33,8	35,2
Время в порту, сут	2	3
Время в экспедиции, сут	18	20,5
Время хода, сут	13,8	12,7
Тип судна	«Вентспилс»	-
Количество судов на линии	2	-
Загрузка судна в рейсе, т	4900	-
Род груза	Топливо	-
Интервал отправления $t_{ин}$, сут	15	-
Среднесуточное отправление грузов на линии, т/сут	328,8	-
Продолжительность периода отправления грузов, сут	114,8	-
Продолжительность рейса, сут	36,2	-
Время в порту, сут	3	-
Время в экспедиции, сут	19,5	-
Время хода, сут	12,7	-

Для совершенствования работы ЗАО «Римско» были произведены расчеты по выбору оптимальных типов судов по обслуживанию рыбопромысловых экспедиций во фрахте. Предлагается рассмотреть два варианта фрахтования судов для завоза топлива в экспедиции. Экономическая эффективность была определена в сравнении с базовым вариантом финансового результата. Расчетные данные сведены в табл. 13.

Принимая во внимание расчеты в табл. 13, преимуществом внедрения в практическую деятельность обладает вариант сдачи танкерных судов в тайм-чартер при обслуживании рыбопромысловых экспедиций.

Таблица 13

Сравнительный анализ эффективности предлагаемых вариантов

Table 13

Comparative analysis of the effectiveness of proposed options

Показатели	Варианты		
	Базовый	Рейсовый чартер	Тайм-чартер
Объем перевозок, т	270000	270000	270000
Доходы за год, ам. долл.	7000063	8664192	6505090
Расходы за год, ам. долл.	6809400	7465211	4822008
Финансовый результат за год, ам. долл.	190663	1028981	1683082
Рентабельность за год, %	2,8	14,4	34,7
Себестоимость, ам. долл./т	25,2	27,5	17,9
Экономическая эффективность за год, ам. долл.	-	838318	1492419

Список литературы

1. Плявин Н.И., Шаповал М.А., Васильев Ю.В. Морские перевозки наливных судов. – М.: Транспорт, 1991. – 297 с.
2. Коробкова М.Н. Формирование качества портовых услуг // Журн. ун-та водных коммуникаций. – 2012. – № 3. – С. 200-207.
3. Войлошников М.В. Морские ресурсы и техника: эффективность, стоимость, оптимальность. – Владивосток: ДВГУ, 2002. – 586 с.
4. Прокопьев В.Е. Роль и место морского транспорта в хозяйственной системе Российской Федерации // Транспортное дело России. – 2008. – № 3.10 – С.28.
5. Жусупов С.Д. Состояние и перспективы развития морских портов России // Транспорт Российской Федерации. – 2011. – № 6(37) – С. 36-37.
6. Винников В.В. Экономика морского транспорта. Экономика морских перевозок. – Одесса: Феникс, 2011. – 944 с.
7. Постановление Правительства Российской Федерации от 12.08.2008 №606 «Повышение эффективности использования и развитие ресурсного потенциала рыбохозяйственного комплекса в 2009 – 2014 годах» (Собрание законодательства РФ от 25 августа 2008 г., № 34, ст. 3917 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.fishnews.ru/rubric/ofitsialno/939>. Дата обращения 15.07.2012.
8. Таблица расстояний между морскими портами [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.searates.com/ru/reference/portdistance>. Дата обращения 20.07.2012.

Сведения об авторах: Бурханов Сергей Борисович, кандидат экономических наук, e-mail: burkhanov@list.ru;
Кучеренко Лилия Владимировна, доктор технических наук, профессор, e-mail: LVK-07@mail.ru;
Баштовая Елена Дмитриевна, студентка, e-mail: e.bashtovaya@autotrade.su.

УДК 664.02

А.А. Дерябин, Д.Ю. Проскура, С.Д. Угрюмова

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОДВИЖЕНИЯ ВЯЗКИХ СРЕД ПО ТРУБОПРОВОДУ

Рассмотрено движение вязкопластических пищевых масс по трубам круглого сечения как одна из весьма сложных и практически важных проблем, связанных с необходимостью проведения различного рода расчетов. На величине численных значений свойств продукта основывается расчет кинематических и динамических параметров движения продукта, мощности электродвигателя, конструктивных размеров машины и условий прочности.

Применение трубопроводов гораздо перспективнее традиционных тележек и желобов для перемещения вязкопластических пищевых масс.

Методика эксперимента включает измерение геометрических факторов (длина, диаметр трубы, отверстия, щели), динамических (давление и реологические свойства), кинематических (средняя скорость по весовому или объемному расходу). Обработка методом анализа размерностей, когда их носителями приняты вместо динамических факторов предельное напряжение сдвига, кинематического – средняя скорость движения, геометрического – внутренний диаметр трубы, позволяет составить критериальное уравнение динамики движения вязкопластических пищевых масс.

Ключевые слова: исследования, методика, вязкопластические пищевые массы, трубопроводы, реология.

A.A. Derjabin, D.Y. Proskura, S.D. Ugryumova

PHYSICAL CHARACTERISTICS OF PROMOTION VISCOUS ENVIRONMENTS IN PIPELINE

The issues related to the scientific substantiation of motion of visco-plastic food mass through round-sectioned pipes as one of the very complex and important practical problems related to the need for various types of calculations have been studied. The magnitude of the numerical values of the properties of the product creates foundation for calculation of kinematic and dynamic parameters of product movement, motor power, structural dimensions of machines and strength conditions.

The use of pipelines is much more promising as compared to traditional carts and gutters to move the visco-plastic food mass.

The experimental procedure involves the measurement of geometric (length, diameter, holes, slots), dynamic (pressure and flow properties) and kinematic factors (average speed by weight or volume flow). The processing method of dimensional analysis when instead of dynamic factors such kinematic and geometric factors as average speed and internal diameter of the tube, respectively are considered as the carriers, allows the formulation of criterion equation of dynamic movement of visco-plastic food masses.

Key words: studies, methods, visco-plastic food mass, pipelines, rheology.

Одним из важных направлений технического развития пищевой промышленности является совершенствование существующих и создание новых механизированных и поточно-автоматизированных линий по переработке пищевого сырья и производству полуфабрикатов и готовой продукции на основе использования новейших достижений науки и техники.

Создание поточно-механизированных, особенно автоматизированных линий невозможно без использования средств межоперационного транспорта и транспортных систем

по перемещению сырья и полуфабрикатов. Наиболее перспективным и рациональным межоперационным видом транспорта, включая различные транспортеры, элеваторы, нории, спуски и т.д., является трубопроводный транспорт.

Наиболее важным в практическом отношении вопросом при оценке относительных достоинств и недостатков различных форм, размеров и расположения насадочных устройств и конструкций каналов продвижения пластических масс является правильная оценка гидродинамического режима движения подобных вязких сред, которые имеют одну общую характерную особенность – большую вязкость. Вязкость, как установлено экспериментально, с повышением температуры уменьшается и одновременно резко уменьшается зависимость вязкости от температуры. При этом необходимо отметить, что изменение вязкости идет не по пропорциональной зависимости: в разных диапазонах температур и разных по химическому составу сред изменение вязкости различно. Для перекачки вязких сред необходимо затратить большие мощности, чем, например, для перекачки воды, кроме того, во многих случаях требуется предварительный подогрев таких сред. Увеличение потребляемой мощности происходит вследствие увеличения гидравлических потерь в транспортирующих механизмах. Гидродинамические условия движения определяются физическими свойствами и параметрами вязкопластических пищевых масс.

Изучение движения вязкопластической массы по трубам круглого сечения представляет одну из весьма сложных и в то же время практически важных проблем, связанных с необходимостью проведения различного рода расчетов.

Вопросы течения вязкопластических масс в каналах различного профиля представляют практический и теоретический интерес, так как знание закономерностей течения в каналах перерабатывающего оборудования необходимо для выбора наиболее рациональных его параметров.

Технологический трубопроводный транспорт представляет собой закрытую транспортную систему и предназначен для перемещения по трубам различных жидкостей, сырья и продуктов между отдельными технологическими операциями, отделениями и цехами предприятия.

Трубопроводы перспективнее тележек, так как уменьшают затраты ручного труда, позволяют более компактно установить оборудование и создать поточность производства.

Трубопроводы, состоящие из труб, изготовленных из нержавеющей стали или пластмасс (например, полиэтилена), почти полностью устраняют недостатки, присущие тележкам и желобам: позволяют механизировать процесс транспортировки, исключают прикосновение рук рабочего к продукции; создают условия для внедрения в промышленность автоматизированных поточных линий; резко сокращают производственные площади (так как трубопровод может быть установлен под потолком цеха). Применение трубопроводов способствует дальнейшей механизации и автоматизации производства. Перспективы их использования расширяются в связи с увеличением в мясной промышленности предприятий одноэтажного и малоэтажного типов.

Преимущества трубопроводного транспорта:

- позволяет создавать закрытые поточно-механизированные и автоматизированные линии, системы;
- обеспечивает возможность транспортирования сырья, продукции на малые и большие расстояния от 1 до 50 м и более без нарушения их структуры;
- исключает возможность распыления и окисления перемещаемой продукции;
- исключает загрязнения производственного воздуха неприятными запахами и другими веществами;

- повышает санитарно-гигиенические условия и культуру производства;
- возможность визуального наблюдения и контроля за ходом движения продукции в случае изготовления трубопроводов из прозрачного материала, в частности из пищевого органического стекла и др.;
- снижает стоимость транспортирования продукции в 4-5 раз по сравнению с напольным транспортом;
- исключает загромождение производственных цехов, так как технологические трубопроводы могут быть проложены (смонтированы) в любом удобном месте и на любом уровне;
- отличается простотой конструкции, легкостью разборки, сборки и монтажа.

Технологический трубопроводный транспорт (технологическая трубопроводная система) состоит из следующих основных элементов: накопительной емкости (резервуара), устройств для создания напора и вытеснения транспортируемой массы, комплекта труб, соединительных и фасонных частей, запорной, регулирующей, дросселирующей, предохранительной и контрольной арматуры, а в отдельных случаях приборов для измерения структурно-механических характеристик перемещаемой массы (среды) и приемной емкости (приемника) в конечной точке перемещения.

Преимущества трубопроводного транспорта перед другими видами транспорта обуславливают его широкое использование в будущем. Сегодня в качестве основных направлений развития трубопроводного транспорта на перспективу являются следующие.

Применение новых, обладающих антиадгезионными, антикоррозионными и другими свойствами материалов, а также безынертными по отношению к пищевым продуктам для изготовления магистральных трубопроводов. Решение этого вопроса сделает трубопроводный транспорт самым экономичным, экологически чистым и исключаящим какое-либо воздействие на продукт во время транспортировки.

Создание трубопроводного транспорта (систем), совмещающего транспортирование с выполнением технологических операций, является наиболее перспективным и важным для предприятий мясной и других отраслей пищевой промышленности.

На реальный процесс течения налагаются следующие основные ограничения: рассматривается только ламинарный поток; процесс считается изотермическим; скорость прилегающих к стенкам частиц материала равна нулю; материал принимается практически несжимаемым; реологические свойства материала не зависят от времени, т. е. на течение не оказывают влияния процессы релаксации, тиксотропии и реопексин.

Течение вязкопластических масс (колбасные и мясные фарши, жиры при температуре, близкой к плавлению, и др.) отличается от течения жидкообразных тем, что кинетическая энергия потока меньше по сравнению с аналогичным потоком жидкообразной системы, т.е. число Рейнольдса, имеет небольшую величину. Это обусловлено высокой вязкостью и наличием предельного напряжения сдвига.

При транспортировании застывающих вязкопластических масс существенное значение имеет температурный режим. Температура стенки трубы или самой жидкости должна быть на 10-20 °С выше точки плавления во избежание застывания жидкости или коркообразования на внутренней поверхности трубы.

Твердообразные, вязкопластические массы имеют структурный режим движения, при котором скорость движения в тонком слое около стенки (градиентный слой) резко возрастает, в следующем, промежуточном, слое увеличивается незначительно, а центральная часть потока (ядро) движется, испытывая незначительные деформации за счет ползучести или пластичности продукта. Движение «степенных» жидкостей аналогично, но в ядре потока в зависимости от индекса течения в большей или меньшей мере существует градиент скорости.

В природе имеется много материалов, которые не подчиняются закону Ньютона: вязкость их при заданных температуре и давлении не остается постоянной, а зависит от скорости деформации, от предыстории материала – поэтому зависимость напряжения от скорости сдвига имеет нелинейный характер. Такие материалы относятся к неньютоновским.

Расчет кинематических и динамических параметров движения продукта, мощности электродвигателя, конструктивных размеров машины по условиям прочности основывается на величине численных значений свойств продукта. Изучение движения модельного материала, обладающего одинаковыми с натурным важнейшими свойствами, дает возможность получить расчетные зависимости, пригодные для натуральных материалов. Одновременно работа с модельным материалом существенно повышает надежность результатов, так как он по сравнению с натурным хорошо воспроизводит свойства.

Применение метода моделирования рассмотрено нами на примере движения по трубам обводненного фарша. Полученные результаты можно обобщить для различных материалов, если эпюры их скоростей и деформаций подобны. Учет реологических свойств при этом будет верным, если поле скоростей при их исследовании в приборе подобно полю скоростей в аппаратах, в расчете которых учитываются реологические свойства. Полное подобие для рассматриваемых случаев установлено экспериментально.

При расчете транспортирующих устройств необходимо знать плотность перерабатываемой массы. Поскольку в процессе переработки происходит уплотнение продукта, нужно учитывать не только абсолютное значение плотности при атмосферном давлении, но также и ее изменение в зависимости от давления.

Таким образом, модельные объекты в динамике достаточно точно воспроизводят наиболее существенные черты реальных объектов и позволяют установить не только качественные, но и количественные соотношения между натурными и модельными системами.

Диаметр трубопровода и скорость движения потока определяются технологией изготовления и транспортирующих устройств.

Обработка методом анализа размерностей, когда их носителями приняты вместо динамического фактора предельное напряжение сдвига, кинематического – средняя скорость движения, геометрического – внутренний диаметр трубы, позволяет составить критериальное уравнение динамики движения вязкопластических масс.

При переработке пищевых материалов в различных отраслях пищевой промышленности, таких как рыбная, молочная, хлебопекарная, кондитерская и макаронная в качестве межоперационного транспорта применяется трубопроводный транспорт.

Производительность трубопровода может быть определена, кг/с:

$$\Pi = f(m, \tau, V, d, l, \omega, \rho, \nu, \mu, t, c_p, \dots)$$

где m – масса фарша, кг; τ – время прохождения, с; V – объемный расход, м³/с; d – диаметр трубопровода, м; l – длина трубопровода, м; ω – скорость движения масс, м/с; ρ – плотность, кг/м³; ν – кинематическая вязкость, м²/с; μ – динамическая вязкость, Па·с; t – температура, °С; c_p – теплоемкость продукта, кДж/(кг·°С).

Нами разработан лабораторный экспериментальный стенд, моделирующий транспортирование вязкопластических масс по магистральным трубопроводам, который позволяет рассчитать скорость продвижения фарша с разной плотностью.

Объектами исследования являлись фарш рыбный, мясной. В образцы фарша добавлялась вода от 10 до 20 % (т.е. получали разную плотность).

Список литературы

1. Проскура Д.Ю., Дерябин А.А., Угрюмова С.Д. Особенности теплового и вибрационного воздействия при обработке вязких сред // Инновационные и современные технологии пищевых производств: материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2013.
2. Дерябин А.А., Проскура Д.Ю., Угрюмова С.Д. Особенности перемещения вязких сред с использованием виброподогревателей. – Владивосток: ТОВМИ, 2013.
3. Дерябин А.А., Проскура Д.Ю., Угрюмова С.Д. Методика экспериментального исследования влияния геометрических и динамических параметров на скорость продвижения вязкой среды: материалы конф. магистрантов и молодых ученых. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2013.
4. Косой В.Д. Инженерная реология биотехнологических сред: учеб. пособие / В.Д. Косой, Я.И. Виноградов, А.Д. Малышев. – СПб.: Гиорд, 2005. – 648 с.
5. Мачихин Ю.А., Мачихин С.А. Инженерная реология пищевых материалов. – М.: Легк. и пищ. пром-сть, 1981. – 216 с.

Сведения об авторах: Дерябин Андрей Анатольевич, старший преподаватель,

e-mail: reolog@mail.ru;

Проскура Дмитрий Юрьевич, старший преподаватель,

e-mail: dim.proscura@mail.ru;

Угрюмова Светлана Дмитриевна, доктор технических наук, профессор.

УДК 628.35-574.24.044

М.О. Зеленкова, Д.А. Крикун, А.И. ФедороваДальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б**ПРОБЛЕМЫ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ВОДОРΟΣЛЕЙ И ИХ РЕШЕНИЯ**

Проведен обзор отечественного и зарубежного измельчающего оборудования. Рассмотрены основные технические характеристики, достоинства и недостатки существующих измельчителей для производства кормов из водорослей. Выявлена функциональная зависимость основной технологической характеристики измельчителей – производительность от частоты вращения ножей, диаметра решетки, коэффициента использования всей площади решетки отверстиями для прохода продукта, количества лезвий каждого ножа, поверхности одного килограмма продукта после измельчения.

Ключевые слова: водоросли, измельчители, корм, устройства, производительность.

М.О. Zelenkova, D.A. Krikun, A.I. Fedorova**PROBLEMS OF CRUSHING OF ALGAS AND THEIR DECISION**

The review of the domestic and foreign crushing equipment is carried out. The main technical characteristics, merits and demerits of existing grinders for production of forages from algas are considered. Functional dependence of the main technical characteristics on grinders – productivity from the frequency of rotation of knives, diameter of a lattice, efficiency of all area of a lattice by openings for pass of a product, quantity of edges of each knife, a surface of one kilogram of a product after crushing is revealed.

Key words: seaweed, grinders, forage, devices, productivity.

Введение

Рыбная промышленность – отрасль пищевой промышленности, занимающаяся добычей и переработкой рыбы, морского зверя, китов, морских беспозвоночных и водорослей в разнообразные виды пищевой, медицинской, кормовой и технической продукции. Освоение соленых вод Мирового океана занимало человека с самых древних времен. Первые раскопки производились в странах Азии и Ближнего Востока. Позже морской промысел продвинулся в страны Европы [1].

Развитие рыбной промышленности со временем привело к тому, что границы рыболовства стали расширяться от побережий в далекие просторы океана. Но, несмотря на то, что освоение подводных глубин практически началось одновременно с освоением суши, человечество накопило знаний о море гораздо меньше. Этот очевидный разрыв в настоящее время ученые стремятся как можно быстрее ликвидировать. Сейчас уже не подлежит сомнению, что морские просторы могут дать людям не меньше разнообразной пищевой и промышленной продукции, чем земля. В связи с этим все большее внимание ученых привлекают ресурсы Мирового океана, в частности растительные. Среди них особое место принадлежит водорослям – самым древним представителям растительного мира.

В настоящее время человек использует водоросли для употребления в пищу, в медицинских целях, в косметологии, для кормления скота, в качестве удобрения, а также для производства кормов при выращивании трепанга.

При технологии приготовления корма для трепанга сырьем является полезная по всем показателям водоросль-сырец. Основным технологическим процессом при производстве корма является измельчение. Необходимую степень измельчения достигают раз-

ными способами на специальных, различных по конструкции машинах-измельчителях. Измельчение позволяет измельчать сырье за короткое время, что дает возможность увеличить объемы перерабатываемого сырья [1].

Объект и методы исследования

Измельчители с диаметром решетки менее 80 мм используются как бытовые, а выше – промышленными производствами. Отечественным стандартом утверждены измельчители с диаметром решетки 82, 120, 160, 250 мм. За рубежом выпускают волчки с диаметром решетки 82, 100, 114, 130, 160, 200, 250, 300, 400 мм. В зависимости от производительности измельчителя и его назначения мощность привода, отнесенная к производительности, изменяется от 3,5 до 5,5 кВтч на 1 т продукции [3].

В России производят такие измельчители, как В2-ФД2-Б, К6-ФВП-120, К7-ФВП-160-1, 221ФВО, ЛПК-1000В ФГУП «Воронежский механический завод».

Измельчитель-дробилка В2-ФД2-Б предназначен для среднего и мелкого измельчения сырья. Куски сырья размерами до 700 мм загружают в бункер, они подхватываются шнеком и перемещаются к измельчительному устройству. Измельчение сырья осуществляется неподвижными матрицами и вращающимися измельчителями. Шнек приводится в движение электродвигателем через клиноременную передачу и редуктор. Техническая характеристика измельчителя В2-ФД2-Б: производительность 7500 кг/ч, размер кусков сырья до измельчения 700 мм и после измельчения 40 мм, установленная мощность 45 кВт, габаритные размеры 2620х1040х1380 мм, масса 2100 кг [1, 2].

Измельчитель К6-ФВП-120 предназначен для среднего и мелкого измельчения сырья. Он установлен на станине сварной конструкции и включает механизм подачи сырья, режущий механизм, привод и загрузочный бункер.

В механизм подачи сырья к режущему механизму входят рабочий шнек, вспомогательный шнек подачи сырья к рабочему шнеку и рабочий цилиндр с внутренними ребрами. Режущий механизм – ножи, установленные на хвостовике рабочего шнека, ножевые решетки и прижимное устройство.

Измельчитель типа К7-ФВП-160-1 предназначен также для среднего и мелкого измельчения сырья [1, 2]. Он состоит из четырех основных механизмов: питающего, режущего, привода и станины, на которой монтируются все сборочные единицы, детали, электродвигатель и пусковая электроаппаратура. Волчок включает также подпорную решетку, ножевой вал, одновитковую лопасть, клиноременную передачу ножевого вала, площадку для санитарной обработки, желоб и трубчатую насадку. Питающий механизм включает бункер и шнеки. Режущий механизм состоит из подпорной решетки, выходной ножевой решетки, ножей, промежуточной и приемной решеток, а также цилиндра с внутренними ребрами и гайкой-маховиком с трубчатой насадкой. Ножи выполнены из двух частей и имеют криволинейные зубья, между которыми расположены проходные каналы для продукта. Частота вращения ножей ($8,3 \text{ с}^{-1}$) превышает частоту вращения рабочего шнека ($3,3 \text{ с}^{-1}$). Рабочий шнек в месте загрузки имеет впадины для заполнения продуктом, а загрузочный бункер под шнеком — отсекающие ребра. Эта конструкция обеспечивает равномерную и непрерывную подачу продукта в рабочую машину.

Число спиральных ребер превышает в два раза число ребер со стороны загрузочного бункера, в результате чего исключается возврат продукта в бункер. Выходная решетка толщиной 8 мм поджимается жесткой подпорой с радиальными заостренными ребрами. Конструкция этой подпоры позволяет применять решетки толщиной до 3 мм, тогда как ранее решетки заменяли на новые при износе до толщины 8 мм.

Волчок работает следующим образом: сырье массой до 0,5 кг подается в бункер, откуда захватывается рабочим и вспомогательным шнеками и направляется в зону режущего

механизма. В нем сырье измельчается до заданной степени, которая обеспечивается путем установки ножей и ножевых решеток с соответствующими диаметрами отверстий [1].

Измельчитель 221ФВО состоит из станины, загрузочной чаши, рабочего и вспомогательного шнеков, камеры, электродвигателя, муфты, мотор-редуктора, ножей, прижимной гайки, откидного столика, решеток клиноременной передачи, цепной передачи, опор, кнопки управления. Режущий механизм состоит из двух ножей, которые установлены на хвостовике рабочего шнека, решеток и прижимной гайки [3].

Привод рабочего шнека состоит из электродвигателя, клиноременной передачи; привод вспомогательного шнека – из мотор-редуктора и цепной передачи.

Измельчители ЛПК-1000В ФГУП «Воронежский механический завод». Конструкция измельчителя выполнена в виде прямоугольного силового сварного корпуса на четырех регулируемых опорах, облицованного панелями из нержавеющей стали. В верхней части корпуса расположен загрузочный бункер с подающим шнеком.

Технические характеристики российских измельчителей приводятся в табл. 1 [4].

В табл. 2 представлены технические характеристики отечественного измельчающего оборудования. Бункер имеет предохранительную решетку с блокировочным устройством. В нижней части корпуса расположены отдельные приводы рабочего и подающего шнеков, а также другие механизмы, обеспечивающие надежную работу измельчителя. Производительность 1300 кг/ч. Диаметр входной решетки 114 мм [4].

Таблица 1

Технические характеристики измельчителей

Table 1

Technical characteristics of grinders

Показатель	К6-ФВП-120	К7-ФВП-160-1
Производительность, кг/ч	2500	5000
Диаметр решеток режущего механизма, мм	120	160
Остановленная мощность, кВт	12,5	32,2
Габаритные размеры, мм	1600×900×1600	1900×1000×1650
Масса, кг	800	1200

Таблица 2

Технические характеристики отечественного измельчающего оборудования [4]

Table 2

Technical characteristics of the domestic crushing equipment [4]

Марка измельчителя	Производительность, кг/ч	Диаметр отверстий решетки, мм	Диаметр режущего механизма решетки, мм	Мощность электродвигателя, кВт	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
МП-82	400-600	3, 6, 8, 12	82	2,8	710×400×600	200,0
МП-1-120	1000-2000	3, 5, 14	120	7,0	1040×575×600	460,0
МП-1-160	1500-3700		200	14,0	1380×610×1100	780,0
МП-2-200	2400	3, 6, 8, 25	160	20,0	1630×810×1230	1000,0
К6-ФЗП-200	4500	3, 6, 8, 16, 25	200	18,5	1720×910×1320	1200,0
К6-ФЗП-160	5000	3, 6, 8, 16, 25	160	28,0	1820×960×1350	1200,0
К6-ФЗП-120	2000	3, 5, 8, 12, 16	120	10,0	1080×700×1000	500,0

В измельчителях зарубежного производства, представленных, например, фирмой «Кремер-Греббе» (Германия), разработан режущий механизм с укороченной зоной резания. В этой схеме вместо приемной решетки устанавливают четырехперый односторонний нож и затем выходную решетку с диаметрами отверстий 1...3 мм. При этом ножевой вал вращается намного быстрее подающего шнека. За счет быстрого движения ножа повышается его режущая способность и значительно снижается давление продукта перед решеткой. Продукт меньше деформируется, его конечная структура получается зернистой. Более прочные части материала измельчают на решетке до частиц менее 1 мм [1].

В режущем комплекте фирмы «Кремер-Греббе» (Германия) установлены приемная, промежуточная и выходная решетки и первый крестообразный четырехперый нож. Жилующий нож имеет четыре пера П-образной формы. Для прочности концы перьев связаны между собой кольцом. Сплошной стороной нож прижат к промежуточной решетке, двумя режущими кромками – к выходной. Угол заточки ножа с двух сторон 90°.

Режущий и жилующий механизмы с укороченной зоной резания включают крестообразный односторонний нож, промежуточную и выходную решетки и жилующий нож с П-образными перьями. Ножи установлены на валу, который проходит внутри подающего шнека, и вращаются с большей скоростью, чем шнек.

Решетки изготавливают из инструментальных углеродистых сталей У8А, У10А, инструментальных легированных сталей 9ХС, 9ХВТ и др. Твердость на поверхности решетки составляет 56...62 НРС. Число отверстий в решетке зависит от рационального расположения отверстий при обеспечении ее прочности. Показано, что шахматное расположение позволяет получить наибольшее их количество и степень полезного использования. Так, при диаметре отверстий 2...4 мм степень использования 0,3...0,35, при 20...25 мм – 0,4...0,45 [4].

Отверстие в решетках сверлят под прямым углом к боковой поверхности или под острым углом, что улучшает условия прохождения измельчаемого продукта и условия резания.

Измельчители моделей ТА и ТМ фирмы Velati (Италия). Конструкция измельчителей ТА6 и ТМ6 идентична и представляет собой сварной силовой корпус из нержавеющей стали прямоугольной формы на четырех регулируемых опорах. В верхней части корпуса установлен бункер, который снабжен либо подающим механизмом в виде шнека (модель ТА6), либо механизмами для смещения в виде двух валов с лопатками и подачи сырья в зону резания (модель ТМ6). Сверху бункер закрывается прозрачной крышкой, которая имеет блокировку с приводом. Основной привод у измельчителя расположен внизу корпуса и имеет в первом варианте две скорости вращения подающего шнека и постоянную скорость вращения ножей. Во втором варианте переменную скорость вращения имеют как подающий, так и режущий механизмы. Производительность и диаметр выходной решетки ТА6 – 1,5 кг/ч, 150 мм и ТМ6 – 2,5, 150 мм.

Результаты и их обсуждение

Анализ измельчающего оборудования показал, что достоинством одношнековых измельчителей является высокая производительность; простота конструкции основных механизмов; легкость сборки и разборки для санитарной обработки; удобство эксплуатации; надежность работы.

При применении одношнекового измельчителя обеспечивается максимальная надежность и производительность работы с незначительными энергозатратами.

Недостатки одношнекового измельчителя: сырье медленнее измельчается, чем на двухшнековых измельчителях, и быстрее подвергается нагреву.

На рыбноводных предприятиях по своим техническим и конструкционным характеристикам двухшнековые измельчители являются более подходящим оборудованием для из-

мельчения водорослей. Основными достоинствами двухшнековых измельчителей является высокая производительность и качество при измельчении водорослей; эксплуатационная надежность: повышенный срок службы подшипников и ножей; простота технического обслуживания: удобность замены решета и ножей, регулирования. А также основным достоинством двухшнековых измельчителей является наличие двух шнеков: рабочего и вспомогательного. Благодаря этому сырье быстрее измельчается и меньше подвергается нагреву. Указанные достоинства измельчителей способствуют их успешному внедрению на многих российских и зарубежных предприятиях.

Важной характеристикой измельчительного оборудования является производительность, которая может быть рассчитана как, кг/ч:

$$P = f(n, D, \varphi, k_1, k_2, k_3, F),$$

где P – производительность волчка, кг/ч; n – частота вращения ножей, мин⁻¹; D – диаметр решетки измельчителя, м; φ – коэффициент использования всей площади решетки отверстиями для прохода продукта; k_1, k_2, k_3 – количество лезвий каждого ножа; F – поверхность одного килограмма продукта после измельчения, м²/кг.

Выводы

Нами разработан измельчитель водорослей и получен патент на полезную модель «Устройство для измельчения водорослей» № 2012154721/13 (086833), представляющий собой комбинацию режущего и протирочного механизмов, позволяющих получить массу измельченных водорослей с частичками размерами от 1 мм до 1 мкл. Достоинством такого измельчителя является высокая производительность и качество при измельчении водорослей, эксплуатационная надежность: повышенный срок службы подшипников и ножей, простота технического обслуживания: удобность замены решета и ножей, регулирования, а также основным достоинством измельчителя является наличие двух шнеков: рабочего и вспомогательного. Благодаря этому сырье быстрее измельчается и меньше подвергается нагреву.

Список литературы

1. Бредихин С.А., Бредихин О.В., Космодемьянский Ю.В. и др. Технологическое оборудование мясокомбинатов. – М.: Колос, 2005. – 392 с.
2. Горбатюк В. И. Процессы и аппараты пищевых производств. – М.: Колос, 2000. – 335 с.
3. Ивашов В.И. Оборудование для переработки мяса. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности: учеб. пособие: в 2 ч. – СПб.: Гиорд, 2007. – Ч. II – 464 с.
4. Соловьев О.В. Мясоперерабатывающее оборудование нового поколения: справ. – М.: ДеЛи принт, 2010. – 470 с.

Сведения об авторах: Зеленкова Марина Олеговна, аспирант;
Крикун Дмитрий Александрович, аспирант;
Федорова Александра Игоревна, аспирант.

УДК 531.01 (07)

И.В. Пищулина

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
698087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ И ОБОРУДОВАНИЕ В ТЕХНИКЕ ИЗМЕРЕНИЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

Деятельность человека неразрывно связана с измерением расстояний, углов, объемов и других физических величин, выражаемых через длину. В свою очередь, точность измерений соответствует уровню развития физической науки и оказывает значительное влияние на прогресс промышленной технологии. Данная статья носит обзорный характер некоторых инновационных методов и оборудования в технике измерения геометрических величин: новые типы толщиномеров, новейшие способы измерения эвольвентных поверхностей, лазерные интерферометры и наноизмерения. Автор рассматривает отдельные статьи выпусков «Мира измерений», из которых видно, насколько сложна аппаратура и механизм обработки результатов для обеспечения требуемой точности измерений в условиях современного производства.

Ключевые слова: методы и средства измерения, геометрические величины, точность, инновационный, нанотехнология.

I.V. Pishchulina

THE INNOVATIVE METHODS AND THE EQUIPMENT IN THE TECHNIQUE OF GEOMETRIC QUANTITIES' MEASUREMENT

Human activity is inextricably linked with the measurement of distances, angles, volumes, and other physical quantities, expressed in terms of length. In the other hand, the accuracy in measuring matches to the level of the development of physical science and has a significant impact on progress of industrial technology. This article is a review of some innovative techniques and equipment in the methods of measurement of geometrical quantities: new types of thickness gauges, new ways of measuring involute surfaces, laser interferometers and nanomeasuring. The authors examine the issues of several articles of «Measurement World», which show how complex the equipment and data processing of the results are for providing the required measurements' accuracy for the modern production.

Key words: methods and tools for measuring, geometric quantities, precision, innovation, nanotechnology.

Измерение геометрических величин относится к одному из древнейших разделов метрологии. И в настоящее время значение этого вида измерений остается очень большим. Сегодня нас окружает громадное количество всевозможных машин и механизмов, которые постоянно совершенствуются и усложняются, а точность изготовления их деталей все время увеличивается. Определение размеров деталей сложной формы, например, лопаток турбин, зубчатых колес, корпусов двигателей и т.д., является сложной метрологической задачей. Решением ее занимаются во всех промышленно развитых странах мира, привлекая к этому значительные финансовые и людские ресурсы.

Нанотехнологии поставили ряд новых специфических задач, обусловленных малыми размерами элементов и структур, с которыми приходится иметь дело в данной области. Здесь, как нигде, актуален тезис: «Если нельзя правильно измерить, то невозможно создать».

История развития науки и техники неразрывно связана с развитием системы, методов и средств измерений. Вся научно-техническая деятельность человека может быть условно представлена единой шкалой размеров (рис. 1). Во главе этой шкалы стоит Первичный эталон единицы длины – метр.

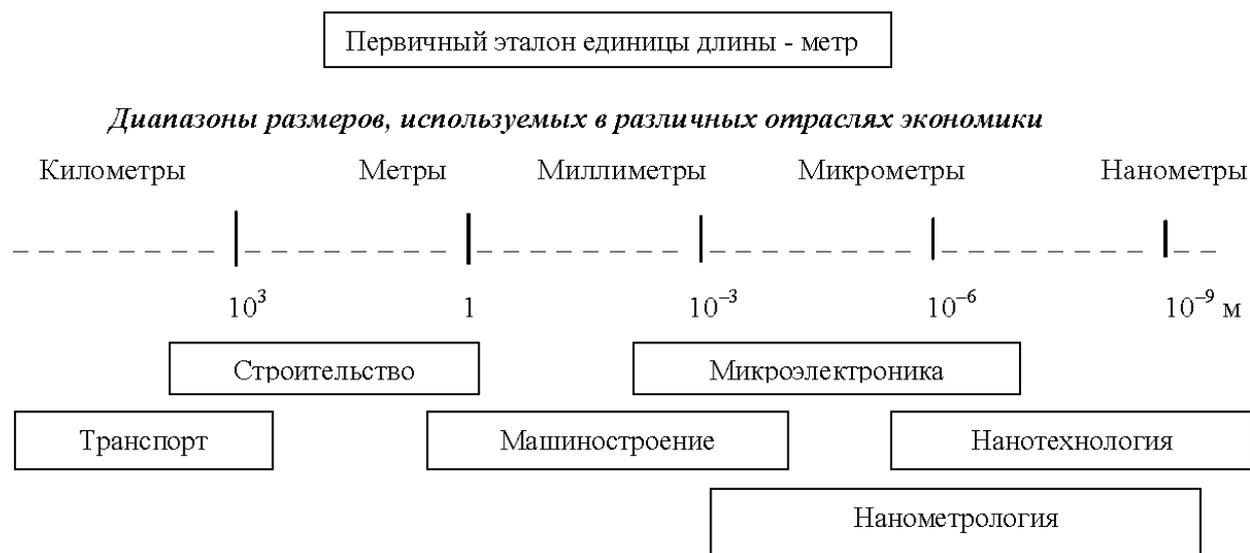


Рис. 1. Шкала линейных размеров в научно-технической деятельности человека
 Fig. 1. The scale of linear dimensions in human's scientific and technical activity

Согласно определению, принятому во Франции в 1791 г., метр был равен 1×10^{-7} части четверти длины парижского меридиана («архивный метр»). Из-за отсутствия точных данных о конфигурации земного шара и значительных погрешностей геодезических измерений в 1872 г. Международная метрическая комиссия приняла решение о принятии «архивного метра» в качестве исходной меры длины. По нему в 1889 г. был изготовлен 31 эталон в виде штриховой меры длины – бруса из платиноиридиевого сплава (9:1). Международный прототип метра и национальные прототипы в течение десятков лет обеспечивали единство и точность измерений, отвечая уровню науки и техники того времени.

В 1960 г. 11-я Генеральная конференция по мерам и весам приняла новое определение метра: «Метр – длина, равная 1650763,73 длины волны в вакууме излучения, соответствующего переходу между уровнями 2p₁₀ и 5d₅ атома криптона – 86». Современное определение метра в терминах времени и скорости света было введено в 1983 г.: «Метр – это длина пути, проходимого светом в вакууме за 1/299792458 с». Из этого следует, что в системе СИ скорость света в вакууме принята равной 299792458 м/с. Таким образом, определение метра, как и два столетия назад, вновь привязано к секунде, но на этот раз с помощью универсальной мировой константы [1].

Сегодня в качестве источника света для высокоточных измерений длины используют лазер. Лазерный свет обладает особыми качествами, которые являются следствием вынужденного излучения. Именно поэтому наряду с другими многочисленными техническими приложениями лазерный свет подходит и для высокоточных измерений длины – «оптической линейки».

В нашей стране примерно с 1978 г. были начаты работы по созданию нового эталона единицы длины, так как новое определение метра уже предвиделось и необходимо было подготовиться к его реализации. К принятию определения работы были закончены, а в 1985 г., после исследований, был утвержден новый государственный первичный эталон, который успешно функционирует.

Конкурентоспособность наукоемкой продукции определяется обеспечением единства измерений на каждой стадии жизненного цикла изделия, что невозможно без развития и поддержания современной базы во всех массовых видах и областях измерений. Этим обусловлена актуальность и государственная значимость системных научно-исследователь-

ских работ, проводимых государственными метрологическими центрами (ГНМЦ) Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии. В 2004 г. учеными ВНИИМС был разработан, исследован и утвержден Государственный специальный эталон длины для параметров эвольвентных поверхностей и угла наклона линии зуба. Эвольвентные зубчатые зацепления являются одним из основных видов зубчатых передач.

В основу работы эталона положен метод воспроизведения координат дискретных точек теоретической эвольвентной поверхности в полярной и декартовой системах координат.

Введение эталона единиц длины профиля эвольвентной поверхности и угла наклона линии зуба будет иметь важную роль при обеспечении безопасности изделий машиностроения, повышению эксплуатационных показателей качества деталей машин и приборов, использующих эвольвентные зубчатые колеса в высокотехнологичных наукоемких отраслях промышленности [2].

В промышленности выпускается огромное количество деталей сложной формы, у которых надо контролировать не просто длину, ширину и высоту, а точность измерения поверхности сложной формы, ее отклонение от номинальной. Это – эвольвенты, геликоидные и гипоидные поверхности, поверхности турбинных лопаток, асферические поверхности астрооптики, цилиндрические и конические резьбы и т.д. Сейчас точность измерения размеров формы, расположения и шероховатости таких элементов, как зубчатые зацепления, другие детали сложной формы, тонкие пленки и покрытия, элементы трехмерных объектов нанотехнологий в прецизионном машино-и приборостроении, достигла долей микромира и может быть обеспечена стопроцентным контролем.

Для адекватной оценки качества геометрических параметров (ГП) обработанных прецизионных поверхностей как трехмерных объектов необходимы не одномерные, а пространственные методы. Известно, что пространственные измерения ГП поверхностей не могут быть осуществлены прямым аналоговым методом. Для этого необходимы измерения дискретных координат поверхностей в заданной системе координат и последующий расчет ГП по координатам в соответствии с их определением по стандартам. Такой метод измерений называется координатным.

При этом и сами измерения, и последующая обработка в реальном масштабе времени измерительной информации смогли быть осуществлены только с появлением быстродействующей компьютерной техники. Все эти технические устройства как раз и появились тридцать лет назад и дали мощный импульс развитию координатно-измерительной техники. В 1973 г. на базе координатно-расчетного станка швейцарской фирмы SIP была создана первая координатно-измерительная машина (КИМ).

КИМ являются современными измерительными системами, построенными на базе точных измерительных преобразователей и вычислительной техники. Их характеризует не только большая производительность измерений, но и значительный динамический диапазон, а также возможность одновременного измерения большого набора геометрических параметров поверхности детали за один прием [3].

Примером КИМ может служить прибор для контроля размеров, формы и расположения поверхностей деталей типа тел вращения (КИМ-ТВ 800). Машина выдает протокол с указанием диаметров шеек коленчатого вала, отклонений от округлости, цилиндричности, соосности, значений углового расположения шатунных шеек.

Анализ видов размеров, характерных для тел вращения, позволил составить перечень контролируемых размеров и разработать алгоритмы их контроля (рис. 2).

Указанные координатно-измерительные машины в течение ряда лет (от 2 до 10) успешно работают в моторостроительных производствах автомобилей ВАЗ, ГАЗ, УАЗ.

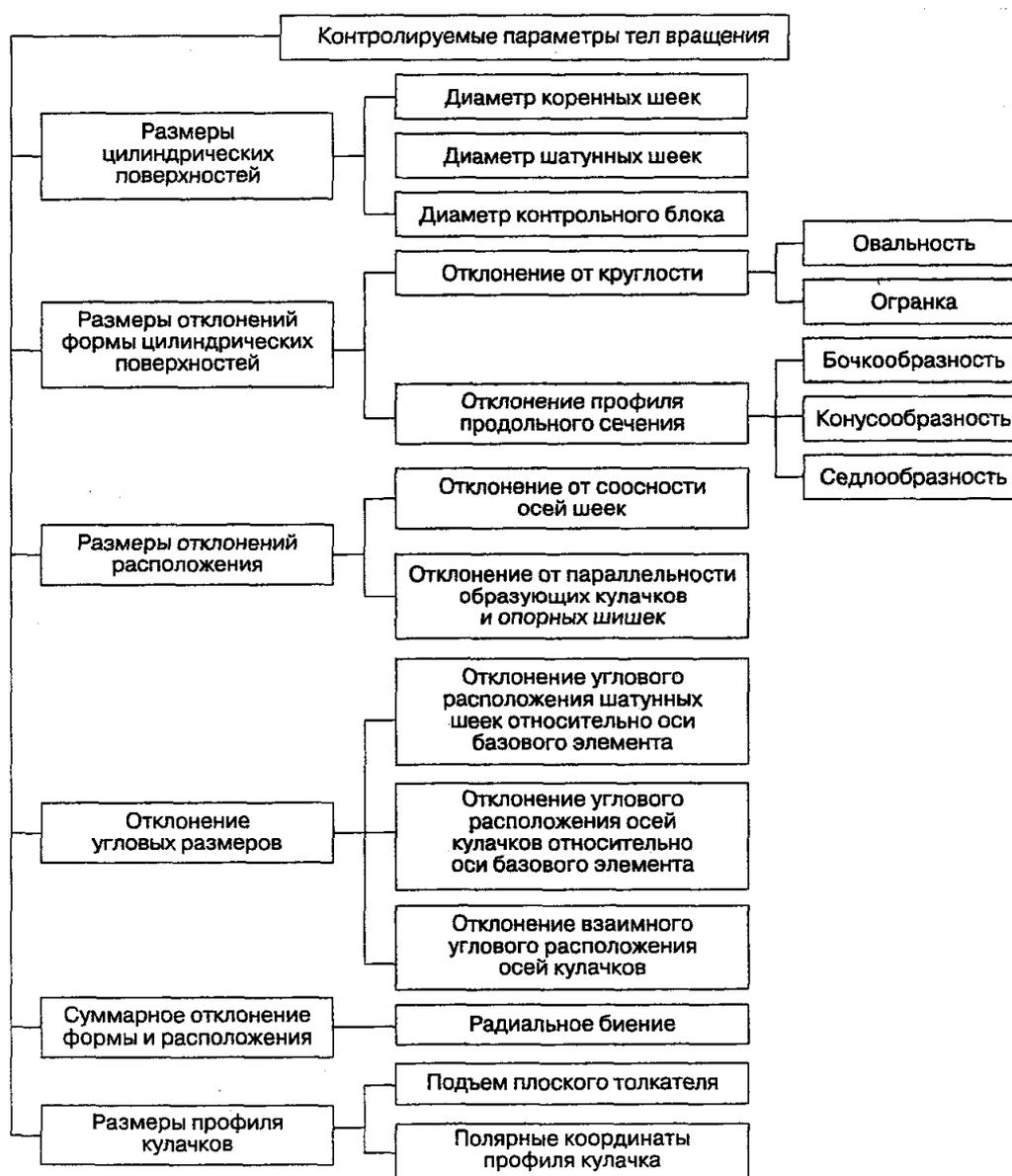


Рис. 2. Структура контролируемых геометрических параметров тел вращения
 Fig. 2. The structure of controlled geometric rates of rotation body

Таким образом, в России создан новый тип координатно-измерительных машин для тел вращения, стоимость которых значительно ниже аналогичных зарубежных, кроме того, программно-математическое обеспечение КИМ-ТВ 800 позволяет получить результаты измерений распределительных валов от различных баз, что дает возможность корректировать технологический процесс их изготовления в отличие от обеспечения зарубежных КИМ [4].

Другой тип измерительного оборудования – толщиномеры. Рентгеновские толщиномеры (РТ) позволяют проводить измерения толщины полосы на прокатных станах с широким сортаментом обрабатываемых металлов и сплавов бесконтактно с высокой чувствительностью и быстродействием при любой шероховатости поверхности и температуре металла. Первое упоминание о применении толщиномеров с использованием ионизирующих излучений относится к 1948 г., когда фирма General Electric применила для измерения толщины проката гамма-излучения от радионуклидных источников на основе америция и ко-

бальта. Низкое быстродействие, ограниченный диапазон контролируемых толщин проката, трудности с утилизацией радионуклидных источников ускорили разработку рентгеновских измерителей проката на основе источников рентгеновского излучения. Наибольшее распространение получили две схемы построения рентгеновских толщиномеров:

- измерение по величине интенсивности потока излучения после прохождения через контролируемый объект (прямое измерение);
- сравнение интенсивностей 2 потоков излучения: прошедшего через контролируемый объект и прошедшего через эталонный образец (измерение сравнением).

В России в течение ряда лет разработаны три поколения рентгеновских толщиномеров холодного и горячего проката, которыми оснащены отечественные металлургические предприятия. Достоинство РТ первого поколения заключается в том, что в момент отсутствия контролируемой полосы можно проводить нормализацию по толщине проката. Использование полученных при помощи математической модели зависимостей от толщины контролируемого изделия поправок на химический состав позволяет уменьшить систематическую погрешность измерения толщины до значений на порядок ниже допустимых ГОСТом.

Серия рентгеновских толщиномеров последнего поколения имеет автоматические системы компенсации изменения химического состава сплава и его дефектности и отвечает высоким требованиям по линеаризации выходного сигнала отклонения от контролируемой толщины проката.

С помощью РТ можно осуществлять контроль стального и цветного листового и трубного проката с переменной толщиной стенки и изменяющейся геометрией с погрешностью измерения 0,2 % от измеряемого значения. Для повышения надежности работы и предотвращения выпуска бракованного проката в РТ встроена система автоматической диагностики. Таким образом, рентгеновский толщиномер является сложным автоматизированным комплексом измерения геометрических величин [5].

Ключевые функциональные компоненты современных технических устройств становятся все меньше и точнее, и тем не менее для эффективного функционирования таких компонентов очень важно, чтобы они двигались плавно и работали скоординировано.

Основным фактором, гарантирующим бесперебойную и длительную службу движущейся рабочей детали, является точное соблюдение при ее изготовлении расчетных размеров и формы. Требования к параметрам округлости, плоскостности, прямолинейности, а также к минимизации биения становятся все более жесткими, особенно, если речь идет об осесимметричных деталях. Допуски на изготовление осесимметричных деталей строго регламентируются. Соблюдение таких допусков на производстве может обеспечить только применение прецизионного прибора для контроля формы, специально оптимизированного для этих целей.

Компания Mahr предлагает производителям инновационные системы MarForm, представляющие собой универсальные ультраточные автоматические приборы для измерения формы деталей.

Под этой маркой выпускается серия настольных приборов для измерения отклонения формы и расположения поверхностей (формтестеров). Прибор рассчитан на работу в цеховых и лабораторных условиях, надежен в эксплуатации и обеспечивает точность измерений параметров округлости, круглости сектора, радиального и осевого биения, концентричности, соосности, плоскостности, прямолинейности, параллельности и перпендикулярности, плоскопараллельности противоположных кругов. Выполняет гармонический анализ и анализ волнистости [6].

Прецизионные системы пространственных измерений серии Precimar производства компании Mahr предназначены для поддержки инспектирования линейных размеров (аб-

солютных и относительных измерений) точных деталей. Эти системы широко применяются для контроля качества продукции в авиационной и автомобильной промышленности, а также для поверки тестового оборудования в калибровочных лабораториях.

Измерительные машины серии Ptesimar позволяют надежно и с высочайшей точностью измерять длины, внешние и внутренние диаметры, цилиндрические и конические резьбы, гладкие конусы и даже прецизионную наномасштабную продукцию, а также поверять микрометры, калибр-скобы, индикаторы, датчики и концевые меры длины (КМД).

Одним из самых часто используемых на производстве приборов для линейных измерений является Linear 100 – универсальный, простой в эксплуатации промышленный длиномер для быстрого и точного выполнения внешних и внутренних измерений в диапазоне до 100 мм.

Универсальные дальномеры марки ULM применяют при прецизионных линейных измерениях точных деталей, таких как зубчатые зацепления, цапфы, ступицы, сепараторы шарикоподшипников, обоймы шарикоподшипников, валы редукторов и т.д. Данные дальномеры уже успели оценить такие предприятия, как Иркутский авиационный завод, Новосибирский ЦСМ, Омский ЦСМ [7].

С развитием техники, усложнением процессов производства различных высокотехнологичных изделий резко повышаются требования к средствам контроля их геометрических параметров. Для реализации повышенных требований необходимы новые технические решения в области метрологии, включающие создание методов и средств контроля линейных размеров и перемещений, имеющих конечной целью достижение нормированной точности в нанометровом диапазоне.

Нанотехнология – совокупность методов и приемов, обеспечивающих возможность контролируемым образом создавать и модифицировать объекты, включающие компоненты с размерами менее 100 нм, имеющие принципиально новые качества и позволяющие осуществлять их интеграцию в полноценно функционирующие системы большого масштаба.

Метрологическое и нормативно-методическое обеспечение отраслей nanoиндустрии наиболее развито в части измерения линейных или геометрических параметров. Это связано с тем обстоятельством, что нанотехнологии оперируют объектами нанометровой протяженности, из чего естественным образом проистекает первоочередная задача измерений геометрических параметров объекта.

Первостепенная задача опережающего развития нанометрологии – реализация наномасштаба в нанометровом и прилегающих к нему диапазонах. Существенный вклад в исследования в этой области вносит Россия. Достижение предельных возможностей при измерениях длины в нанометровом диапазоне связано с использованием высокоразрешающих методов растровой электронной и сканирующей зондовой микроскопии в сочетании с лазерной интерферометрией и рентгеновской дифрактометрией при сохранении абсолютной привязки к Первичному эталону меры длины – метру. В результате длительных исследований в России концептуально создана основа метрологического обеспечения измерений длины в диапазоне 1...1000 нм [8].

В результате длительных фундаментальных научных и научно-технических исследований и опытно-конструкторских разработок, проведенных в России, были созданы:

- метрологическое обеспечение линейных измерений, включая методы и средства воспроизведения и передачи размера единицы длины в нанометровом диапазоне с абсолютной привязкой к Первичному эталону единицы длины – метру, основанные на принципах сканирующей зондовой микроскопии, лазерной интерферометрии – фазометрии;

- технология получения трехмерных мер микро- и нанорельефа поверхности, обеспечивающих поверку и калибровку сканирующих туннельных, атомно-силовых, растровых электронных микроскопов и других средств линейных измерений в нанометровом диапазоне;

- алгоритмы и пакет программ, позволяющие реализовать автоматизированное трехмерное измерение нанорельефа поверхности конденсированных сред.

Это обеспечивает успешное развитие нанотехнологии в России. В области линейных измерений нанометрового диапазона наша страна опережает другие, по крайней мере, лет на 10-15.

Важнейшей задачей метрологического обеспечения линейных измерений в нанометровом диапазоне является создание вещественных носителей размера – мер с программируемо заданным нанорельефом поверхности, обеспечивающих калибровку средств измерений с наивысшей точностью.

Итак, развитие нанотехнологии ужесточает требования к измерительным системам, погрешности измерений которых должны быть сравнимы с межатомными расстояниями.

Средства измерений геометрических величин нанометрового диапазона существуют несколько десятилетий. Тем не менее их метрологическое обеспечение недостаточно разработано и исследовано для тестирования средств измерений геометрических величин нанометрового диапазона и сравнения результатов измерения этих величин различными методами и средствами.

Для исследования метрологических характеристик атомно-силовых микроскопов Nanoscan, разработанных в России, были использованы тест-объекты, изготовленные планарной технологией с известными геометрическими размерами. Измерения геометрических тест-объектов были выполнены и на других приборах: атомном силовом микроскопе Nanotop (Республика Беларусь), СТМ Р4-SPM-MDT (Россия), контактном профилометре Talystep (Великобритания), модернизированном интерференционном микроскопе МИИ-4 (Россия) [9].

Развитие таких технологий, как производство интегральных схем с микронными и субмикронными размерами, алмазное точение прецизионных зеркал и прочего невозможно без применения лазеров в составе интерферометров. Именно лазерные интерферометры используются при динамических измерениях в нанотехнологиях.

Лазерный интерферометр перемещений – это линейная измерительная система для абсолютных измерений длины путем сравнения с длиной волны стабилизированного по частоте лазера. Интерферометры имеют возможность соединения с ЭВМ и создают основу для перехода на модульный принцип построения оптических измерительных схем. В зависимости от характера решаемых задач собирается нужная конфигурация прибора. Это позволяет расширить круг измеряемых величин – скорости, ускорения, углов поворота, прямолинейности, плоскостности и др.

Главные достоинства этих приборов – высокая точность и широкие пределы измерений – сочетаются с такими факторами, как высокая стабильность световой шкалы, определяемая свойствами атомов, испускающих излучение.

Лазерные интерферометры перемещений незаменимы при производстве сверхбольших интегральных микросхем (СБИС), а также в научных исследованиях, высокотехнологичных производствах, для испытания станков и на обычных рабочих местах, где требуется высокая точность измерения формы и расположения поверхностей, длины, скорости, ускорения, углов и других параметров физических тел.

Применение в составе интерферометров двухчастотных стабилизированных лазеров с повышенной разностной частотой позволяет повысить предельную скорость измерения интерферометров более чем в два раза.

В промышленных лазерных интерферометрах в качестве источника света применяются стабилизированные одно- или двухчастотные гелий-неоновые лазеры, излучающие на длине волны, равной 0,63 мкм.

В настоящее время только Россия и США могут сделать лазеры с повышенной разностной частотой. Но интерес к этим приборам в мире настолько велик, что повсеместно множество фирм-производителей начали выпуск ускоренными темпами лазеров подобного класса. Введение аттестации по длине волны отечественных двухчастотных лазеров типа ЛГН-212-1М позволит повысить их конкурентоспособность и вытеснить с российского рынка лазеры данного класса и назначения других производителей.

Деятельность человека неразрывно связана с измерениями расстояний, углов, объемов и других физических величин, выражаемых через длину. В свою очередь, точность измерений соответствует уровню развития физической науки и оказывает влияние на прогресс промышленной технологии в конце XX и начале XXI вв. Появляются так называемые высокие технологии, из которых важнейшее значение имеют микроэлектроника и нанотехнология.

Достижение предельных возможностей при измерении длины в нанометровом диапазоне связано с использованием высокоразрешающих методов растровой электронной и сканирующей зондовой микроскопии в сочетании с лазерной интерферометрией и фазометрией при сохранении абсолютной привязки к Первичному эталону меры длины – метру.

Все страны, вступившие в нанотехнологический прорыв, прекрасно понимают необходимость опережающего развития метрологии, поскольку именно уровень точности и достоверности измерений способен либо стимулировать развитие научно-технического прогресса, либо служить сдерживающим фактором.

Список литературы

1. Коногонов, С.А. Новый государственный специальный эталон единицы длины для эвольвентных поверхностей и угла наклона линии зуба / С.А. Коногонов, В.Г. Лысенко, В.Г. Фирстов // Мир измерений. – 2004. – № 10. – С. 82-85.
2. Бражкин, Б.С. Контроль размеров формы и расположения поверхностей деталей типа тел вращения / Б.С. Бражкин, В.С. Миротворский, В.Д. Хлебников // Мир измерений. – 2004. – № 6. – С. 8-11.
3. Артемьев, Б.В. Использование рентгеновских толщиномеров для контроля толщины проката цветных металлов / Б.В. Артемьев, А.И. Маслов // Мир измерений. – 2004. – № 6. – С. 12-18.
4. Фурцев, А.И. Измерение высоты подвеса автосцепки / А.И. Фурцев, А.З. Венедиктов, О.В. Пальчик // Мир измерений. – 2007. – № 10. – С. 4-6.
5. Лоскутов, А.А. Новейшие технологии измерения формы изделий / А.А. Лоскутов, А.В. Золотов // Мир измерений. – 2010. – № 8. – С. 34-35.
6. Лоскутов, А.А. Новейшее оборудование для линейных измерений / А.А. Лоскутов, А.В. Золотов // Мир измерений. – 2010. – № 6. – С. 40-41.
7. Протасьев, В.Б. Оценка точности измерений с использованием 3D-моделей / В.Б. Протасьев, В.В. Истоцкий, О.М. Мекеня // Мир измерений. – 2012. – № 7. – С. 18-22.
8. Тодуа, П.А. Нанометрология: время не ждет / П.А.Тодуа // Мир измерений. – 2011. – № 6. – С. 27-35.
9. Лысенко, В.Г. Методы и средства измерений в нанотехнологиях / В.Г. Лысенко, С.С. Голубев, А.В. Пошивалов // Мир измерений. – 2005. – № 8. – С. 10-15.

Сведения об авторе: Пищулина Ирина Валентиновна, старший преподаватель, e-mail: stepka_53@mail.ru.

УДК 664.02 + 664.952

Д.Ю. Проскура, А.А. Дерябин

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

К ВОПРОСУ О НАДЕЖНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ФАРШЕВЫХ ИЗДЕЛИЙ

Проведен анализ надежности технологического оборудования для производства рыбного фарша и изделий из рыбного фарша при эксплуатации в условиях, не рекомендованных производителями, так как внедрение новых видов продукции и использования для них нетрадиционных пород рыб происходит на традиционном в фаршевом производстве оборудовании. Рекомендованы пути повышения надежности данного оборудования при рассмотрении производимого спектра изделий.

Ключевые слова: надежность, оборудование, фарш, фаршевые изделия.

D.Y. Proskura, A.A. Derjabin

THE ISSUE OF RELIABILITY OF MINCED PRODUCT MANUFACTURING EQUIPMENT

The analysis of the reliability of the process equipment for the production of minced fish minced fish products during operation under conditions not recommended by manufacturers used has been performed. It was necessary because introduction of new products, and application of non-traditional fish species in manufacturing of the above products occur on the equipment traditionally used in minced product manufacturing. The methods to improve the reliability of the equipment when considering the range of products made have been recommended

Key words: Reliability, equipment, mince, minced products.

Современное развитие техники характеризуется разработкой и эксплуатацией изделий, представляющих собой сложные технические системы и комплексы. Важным показателем таких систем является надежность.

В современной теории надежности выделяют направления: совершенствование конструктивных и технологических методов надежности; обеспечение эксплуатационной надежности.

Нормативной основой для развития указанных направлений являются международные и государственные стандарты, стандартные методики и программы обеспечения надежности.

Показателем, определяющим долговечность системы, объекта, машины, может служить коэффициент технического использования.

Под значением коэффициента технического использования понимается отношение математического ожидания суммарного времени пребывания объекта в работоспособном состоянии за некоторый период эксплуатации к математическому ожиданию суммарного времени пребывания объекта в работоспособном состоянии и всех простоев для ремонта и технического обслуживания.

Исходя из условий эксплуатации, к надежности основного технологического оборудования должны предъявляться повышенные требования, так как внезапный его отказ может привести к тяжелым осложнениям и авариям.

В зависимости от возможности прогнозировать момент наступления отказа все отказы подразделяют на внезапные (поломки, заедания, отключения) и постепенные (износ, старение, коррозия), на конструктивные (вызванные недостатками конструкции).

По причинам возникновения отказы классифицируют на производственные (вызванные нарушениями технологии изготовления) и эксплуатационные (вызванные неправильной эксплуатацией).

Надежность изделий в зависимости от их назначения можно оценивать, используя либо часть показателей надежности, либо все показатели.

Надежность невосстанавливаемых систем характеризуется следующими показателями:

а) вероятностью безотказной работы $P(t)$;

б) интенсивностью отказов $\lambda(t)$;

в) средней наработкой до отказа T_{cp} ;

г) частотой отказов $f(t)$.

Вероятность безотказной работы вычисляется по формуле [1, 2]

$$P(t) \approx \frac{N_0 - n(t)}{N_0}, \quad (1)$$

где N_0 – начальное количество элементов; $n(t)$ – количество отказавших элементов.

Условия работы по производству фаршей и по производству фаршевых изделий очень сложные по разным техническим параметрам. На производстве рыбных фаршей используется разное сырье: разные породы рыб целиком, филе рыбы одного наименования парное, филе рыбы одного наименования мороженое (после дефростации). От качества сырья зависит и качество фарша, а также соответственно качество готовой фаршевой продукции. Исходя из этого целесообразно считать надежность оборудования по производству рыбных фаршей и оборудование по производству изделий из рыбных фаршей как одну технологическую линию. Выстраиваемая технологическая линия из оборудования разного назначения имеет одинаковый коэффициент надежности, заложенный конструкторами и производителями, где учитываются и условия работы отдельных единиц оборудования, и качество перерабатываемого сырья, и химико-физические свойства сырья и ингредиентов при производстве готовой продукции или полуфабрикатов.

Условно эту цепочку можно разделить на три основных этапа:

1. Рыборазделочная линия (например, минтая).
2. Производство рыбного фарша (например, фарша «Суrimi»).
3. Изготовление готовой продукции из фарша «Суrimi».

Исходя из вышесказанного принимаем коэффициент надежности, равный на всех этапах производства. Межремонтный период у каждой единицы оборудования разный. Если плановое техническое обслуживание можно проводить в процессе работы линии, или во время пересменок, или выделяя специальное время, включая и санитарную обработку всего цеха, то серьезные плановые ремонтные работы требуют серьезной подготовки, остановки всей линии из-за техобслуживания одной единицы технологического оборудования.

Особого внимания требует оборудование, где параметры сырья, промежуточных операций с сырьем и производство продукции из готовых фаршевых изделий необходимо выдерживать в очень узких рамках технологического процесса. Так как от температуры сырья, вязкости, плотности, влажности зависит безотказная работа оборудования.

Именно несоблюдение или отклонения от технологических параметров сырья и исходного продукта и вызывает внезапные, не прогнозируемые поломки или заедания, отключения оборудования, что очень негативно влияет на эффективность всего производства. Чем интересны в этом аспекте процессы изготовления фаршей и изделий из рыбных фаршей, что эта вязкая масса имеет разную величину адгезии при разных допустимых температу-

рах, при разных видах исходного сырья. Также плотность, влажность и вязкость могут иметь сильно отличающиеся значения в разных партиях сырья и готового фарша.

Фарши разного качества и сорта обрабатываются на одном и том же оборудовании, что требует особого отношения к технике во избежание внезапных поломок или остановок какой-либо одной единицы оборудования, что влечет за собой остановку всей линии.

Для решения задач по оценке надежности и прогнозированию работоспособности объекта необходимо иметь математическую модель, которая представлена аналитическими выражениями одного из показателей $P(t)$, $f(t)$ или $\lambda(t)$. Основным путем для получения модели состоит в проведении испытаний, вычислении статистических оценок и их аппроксимации аналитическими функциями.

Возникает необходимость выяснить, как изменяется безотказность объектов при их эксплуатации, что позволит классифицировать модели и определить возможности их применения.

Опыт эксплуатации показывает, что изменение интенсивности отказов $\lambda(t)$ подавляющего большинства объектов описывается U-образной кривой (рис. 1).

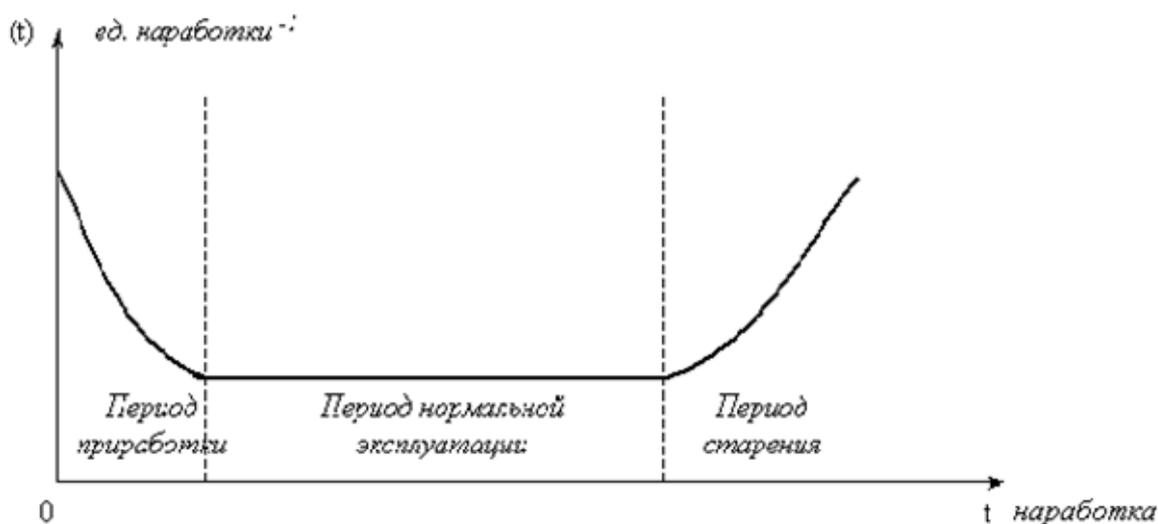


Рис. 1. Интенсивность отказов в течение срока службы изделия
Fig. 1. The failure rate during the life of the product

Кривую можно условно разделить на три характерных участка: первый – период приработки, второй – период нормальной эксплуатации, третий – период старения объекта.

Период приработки объекта имеет повышенную интенсивность отказов, вызванную приработочными отказами, обусловленными дефектами производства, монтажа, наладки. Иногда с окончанием этого периода связывают гарантийное обслуживание объекта, когда устранение отказов производится изготовителем.

В *период нормальной эксплуатации* интенсивность отказов уменьшается и практически остается постоянной, при этом отказы носят случайный характер и появляются внезапно, прежде всего, из-за несоблюдения условий эксплуатации, случайных изменений нагрузки, неблагоприятных внешних факторов и т. п. Именно этот период соответствует основному времени эксплуатации объекта [3, 4].

Возрастание интенсивности отказов относится к *периоду старения* объекта и вызвано увеличением числа отказов от износа, старения и других причин, связанных с длительной эксплуатацией.

Вид аналитической функции, описывающей изменение показателей надежности $P(t)$, $f(t)$ или $\lambda(t)$, определяет закон распределения случайной величины, который выбирается в зависимости от свойств объекта, условий его работы и характера отказов.

Вероятность безотказной работы определяется по формуле [1, 3]

$$R(t) = \frac{n_s(t)}{n_s(t) + n_f(t)} = \frac{n_s(t)}{n_0}, \tag{2}$$

где $n_s(t)$ – аппараты, сохраняющие работоспособность; $n_f(t)$ – аппараты, вышедшие из строя; n_0 – всего аппаратов в линии.

Величина $R(t)$ и вероятность появления отказов в момент времени t связаны соотношением $R(t) + F(t) = 1$.

Вероятность появления отказов в момент времени t определяется по формуле [1, 3]

$$F(t) = 1 - R(t) = 1 - \frac{n_s(t)}{n_0}. \tag{3}$$

На рис. 2 изображена блок-схема с последовательным соединением аппаратов.

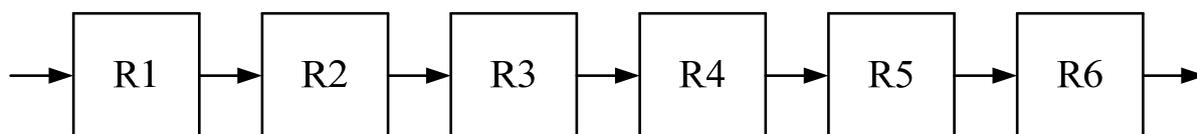


Рис. 2. Блок схема с последовательным соединением аппаратов

Fig. 2. Block diagram with a serial connection devices

Отказы, появляющиеся в период нормальной эксплуатации, называют внезапными, так как они появляются в случайные моменты времени, или, другими словами, внезапно, непредсказуемо.

Уровень собственной надежности системы закладывается в этапе проектирования. Отсутствие в этот период должностного контроля и руководства может привести к дорогостоящим переделкам системы в процессе эксплуатации.

Уровень собственной надежности системы закладывается в процессе проектирования оборудования. Но попадая на предприятие, где, следуя условиям рынка, ассортимент продукции, выпускаемой на этом оборудовании, может значительно превышать заложенный проектировщиками. А это и физико-химические показатели сырья, постоянно изменяющаяся рецептура готовых продуктов. Такие условия работы оборудования влекут за собой непрогнозируемые заедания, остановки или даже поломки оборудования или отдельных его узлов. Особо отмечается отказ оборудования по производству изделий из фарша (фаршевого теста), где контроль качества на всех этапах производится компьютером посредством размещения на ответственных участках линии датчиков, следящих за параметрами сырья, из-за незначительных отклонений состояния сырья по основным параметрам (температура, давление в транспортирующих трубопроводах, влажность, вязкость, плотность и т.д.), что не влияет на качество готового продукта, но не допускается контрольными приборами.

Внезапная остановка такого оборудования влечет за собой серьезные последствия, так как застрявшая в рабочих органах вязкая масса (фарш, тесто) быстро меняет свои физико-химические свойства, создает пробки в трубопроводах, влияет на работу рабочих органов машин, забивает экструзионные решетки, заклинивает фаршевые насосы и т.д., что ведет к остановке всего предприятия на неопределенное время.

Для предотвращения таких аварий необходимо уже на стадии проектирования оборудования предусмотреть возможные и невозможные ситуации и снабдить оборудование легко заменяемыми узлами и рабочими органами, чтобы за максимально короткий срок заменить заклинившие узлы, участки, рабочие органы на новые, а ремонт и восстановление снятых производить в специальных условиях без спешки.

В местах вероятных пробок на транспортирующих трубопроводах следует предусмотреть необходимое количество герметично закрывающихся лючков для экстренной чистки проблемных участков.

На особо важных с технологической точки зрения участках возможно установить дублирующее оборудование для незамедлительного перехода с аварийной единицы на рабочую без остановки всей линии.

Одним из направлений развития технических средств может стать создание программ расчета надежности и риска для простейших, повторяющихся в разных технических системах ситуаций. Идея, очевидно, не нова, но она приобретает возможность воплощения качественно отличающегося от предшествующих вариантов благодаря применению современной вычислительной техники и возможностям имеющегося программного обеспечения.

Список литературы

1. Александровская, Л.Н. Современные методы обеспечения безотказности сложных технических систем: учебник / Л.Н. Александровская, А.П. Афанасьев, А.А. Лисов. – М.: Логос, 2003. – 208 с.
2. Ветошкин, А.Г. Надежность технических систем и техногенный риск / А.Г. Ветошкин. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2003. – 155 с.
3. Надежность технических систем и техногенный риск: метод. указания к выполнению практ. работ / сост.: В.С. Сердюк, А.Б. Корчагин, М.Г. Нинилина. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2007. – 20 с.
4. Острейковский, В.А. Теория надежности: учебник для вузов / В.А. Острейковский. – М.: Высш. шк., 2003. – 463 с.

Сведения об авторах: Проскура Дмитрий Юрьевич, старший преподаватель,
e-mail: dim.proscura@mail.ru.

Дерябин Андрей Анатольевич, старший преподаватель,
e-mail: reolog@mail.ru;