

Федеральное агентство по государственным резервам

Федеральное государственное бюджетное учреждение
Научно-исследовательский институт проблем хранения Росрезерва



ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА И ХРАНЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНЫХ ЦЕННОСТЕЙ ДЛЯ ГОСУДАРСТВЕННЫХ НУЖД

*Международный научный сборник
Выпуск XXI*



г. Москва 2026

Федеральное агентство по государственным резервам
ФГБУ Научно-исследовательский институт проблем хранения



ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА И ХРАНЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНЫХ ЦЕННОСТЕЙ ДЛЯ ГОСУДАРСТВЕННЫХ НУЖД

*Международный научный сборник
Выпуск XXI*

Открытое приложение к информационному сборнику
«Теория и практика длительного хранения»

г. Москва 2026 г.

УДК 658.783.011.2:001.895 (082)

ББК 30.604.5

И 66

Редакционная комиссия: Т.А. Некрасова (председатель комиссии),
С.Л. Белецкий, Д.Ю. Пономарев, Т.Б. Гусева, Ф.В. Тимофеев, Е.И. Полякова

И 66 Инновационные технологии производства и хранения материальных ценностей для государственных нужд : науч. сб. Вып. XXI / ФГБУ НИИПХ Росрезерва ; под общ. ред. А.В. Кораблина. – М. : Объект 61125, 2026. – 256 с. – Откр. прил. к информ. сб. «Теория и практика длительного хранения»

В сборник вошли научные статьи ученых и специалистов, работающих над проблемами хранения материальных ценностей в государственном резерве.

Кроме специалистов ФГБУ НИИПХ Росрезерва свои материалы в сборник представили ученые из ВНИИ КП – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им В.М. Горбатова» РАН, ВНИИМС, ООО «Газпром ВНИИГАЗ», ФАУ «25 ГосНИИ Минобороны России» и других научно-исследовательских учреждений.

Материалы сборника освещают современные проблемы усовершенствования и развития технологий формирования, хранения, обеспечения безопасности и качества материальных запасов.

ISBN 978-5-6056351-0-9



ОГЛАВЛЕНИЕ

А.В. Баскаков

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СТРУКТУРОМЕТРА
СТ-2 В ИССЛЕДОВАНИЯХ РЕОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
КЕКСОВ.....7-15

С.Л. Белецкий, Н.Н. Потрахов

МЕТОДЫ МИКРОФОКУСНОЙ РЕНТГЕНОГРАФИИ В АПК.....16-34

Л.В. Годулян, Л.К. Авдеева, С.Л. Федоровский, В.Н. Стадник

ДИОКСИД ТИТАНА. УПАКОВКА И ХРАНЕНИЕ.....35-46

Т.Б. Гусева, О.М. Караньян

ПОДХОДЫ К ФОРМИРОВАНИЮ ЗАПАСА КАЧЕСТВА ДЛЯ
ПРОДУКЦИИ ДЛИТЕЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ.....47-53

Е.В. Казанцев

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ
ОЦЕНКИ СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ САХАРИ-
СТЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ.....54-62

Е.В. Казанцев

ЭФФЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИОКСИДА
СЕРЫ В СЫРЬЕВЫХ КОМПОНЕНТАХ И КОНДИТЕРСКИХ
ИЗДЕЛИЯХ.....63-69

Е.С. Калуцкий, Т.А. Оськина

ОСОБЕННОСТИ КОРРОЗИОННОГО ПОВЕДЕНИЯ МАГНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО, ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО ДЛЯ ДЛИТЕЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ.....70-76

Н.В. Линовская

ОБ АКТУАЛЬНОСТИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА КАКАО-БОБОВ.....77-82

В.В. Лунева, В.А. Губарева, А.А. Рудакова

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ ДИЗЕЛЬНЫХ ТОПЛИВ ЕВРО ПРИ ХРАНЕНИИ.....83-97

О.Н. Магаюмова, Н.С. Минеева

СТАРЕНИЕ НАТУРАЛЬНЫХ ТЕХНИЧЕСКИ СПЕЦИФИЦИРОВАННЫХ КАУЧУКОВ.....98-103

О.Н. Магаюмова, Н.С. Минеева, Г.Б. Белокурова

КЛАССИФИКАЦИЯ, ХАРАКТЕРИСТИКИ, ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ, УСЛОВИЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ И ХРАНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДЛЯ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.....104-124

О.Н. Магаюмова, Г.Б. Белокурова, Н.С. Минеева

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СИНТЕТИЧЕСКИХ КАУЧУКОВ.....125-137

М.В. Осипов

ВЛИЯНИЕ ИСПОЛЬЗУЕМОГО СЫРЬЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ.....138-143

Т.А. Оськина, Е.С. Калуцкий

ВЛИЯНИЕ ПРИМЕСЕЙ НА КОРРОЗИОННУЮ СТОЙКОСТЬ ГУБЧАТОГО ТИТАНА, ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО ДЛЯ ДЛИТЕЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ.....144-150

Е.Н. Пирогова, М.Б. Захарова, А.А. Афанасьева

ПРОДУКТЫ МАСЛОДЕЛИЯ И СЫРОДЕЛИЯ ДЛЯ ДЛИТЕЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ.....151-167

С.Ю. Поляков, А.Е. Скрыбина

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПРОГНОЗИРУЕМОГО СРОКА ХРАНЕНИЯ СМАЗОЧНЫХ МАСЕЛ ДЛЯ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ АГРЕГАТОВ.....168-176

С.Ю. Поляков

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСЧЕТА ТЕМПЕРАТУР СМАЗОЧНЫХ МАСЕЛ В ТАРЕ В ПРОЦЕССЕ ИХ ОХЛАЖДЕНИЯ.....177-185

Е.И. Полякова, Ф.В. Тимофеев, Д.Н. Соколов

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ АНТИКОРРОЗИОННЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ВНУТРЕННИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ СРЕДСТВ ХРАНЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ.....187-196

*С.А. Симачков, Л.В. Соев, И.В. Горожанин, П.Е. Поветкин,
А.С. Паршин*

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛЕВЫХ
МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ.....197-207

Д.Н. Соколов, Ф.В. Тимофеев, Е.И. Полякова, Т.П. Шевчук

СОХРАНЯЕМОСТЬ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТОПЛИВ
ДЛЯ РЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ КОНТАК-
ТЕ С АНТИКОРРОЗИОННЫМИ ПОКРЫТИЯМИ.....208-215

С.Ю. Солдатова

РОЛЬ УПАКОВКИ В СОХРАНЕНИИ КАЧЕСТВА ПРОДУК-
ЦИИ.....216-225

Е.А. Тарасова, Т.Б. Гусева

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ХРАНЕНИЯ МУКИ И КРУПЫ
ПРИ ПОСТОЯННЫХ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ...226-237

Ф.В. Тимофеев, Д.Н. Соколов, Е.И. Полякова

АНАЛИЗ СТАБИЛЬНОСТИ АВИАЦИОННОГО БЕНЗИНА В
УСЛОВИЯХ УСКОРЕННОГО СТАРЕНИЯ.....238-248

Н.А. Щербакова

ТЕХНОЛОГИЯ СЫРЦОВЫХ ПРЯНИКОВ С УВЕЛИЧЕННЫМ
СРОКОМ ГОДНОСТИ.....249-255

УДК 664.681

А.В. Баскаков, м.н.с., Всероссийский научно-исследовательский институт кондитерской промышленности – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СТРУКТУРОМЕТРА СТ-2 В ИССЛЕДОВАНИЯХ РЕОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КЕКСОВ

В статье рассматриваются особенности производства и структурные характеристики классических кексов на примере рецептуры «Столичный». Исследована эффективность использования методики на приборе «Структурометр СТ-2». Методика основана на измерении усилия нагружения при внедрении индентора на глубину, превышающую толщину кекса, что позволяет определить прочность верхней и нижней поверхности, зоны уплотнения мякиша и пористость структуры, а также высоту изделия. В результате выявлены особенности формирования структуры, связанные с технологическими факторами, такими как недостаточный промес или нарушение процессов подъёма теста, что влияет на качество конечного продукта. Анализ показал, что вариации в структуре, в частности объем уплотнённых участков, отражаются на геометрических характеристиках и общем объёме кексов. Полученные данные показывают оптимальность использования данной методики для исследования прочностных и структурно-механических характеристик кексов.

Ключевые слова: мучные кондитерские изделия, кексы, реологические показатели, структурометр.

A.V. Baskakov, junior research assistant, All-Russian Scientific Research Institute of Confectionery Industry – Branch of V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of RAS

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF THE STRUCTUROMETER ST-2 IN INVESTIGATING RHEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF MUFFINS

This article examines the production features and structural characteristics of classic muffins, using the "Stolichny" recipe as a case study. The effectiveness of employing the "Struclurometer ST-2" device methodology is thoroughly investigated. This method is based on measuring the force required to penetrate the muffin with an indenter to a depth exceeding the product's thickness, enabling the assessment of surface strength, the density of the crumb zone, porosity, and overall height of the baked goods. The study reveals key features of structural formation that are closely linked to technological factors such as insufficient mixing or disruptions in the dough rising process, which significantly impact the final product's quality. Analysis indicates that variations in the internal structure, particularly the volume of compacted areas, influence the geometric dimensions and overall volume of the muffins. The obtained results demonstrate the suitability and effectiveness of this methodology for investigating the strength and structural-mechanical properties of muffins, providing valuable insights for optimizing production processes and ensuring consistent product quality.

Keywords: flour confectionery, muffin, rheological parameters, struclurometer.

ВВЕДЕНИЕ

Кексы являются одним из популярных видов мучных кондитерских изделий. Доступность у широкого круга производителей обусловлена отсутствием сложных технологических процес-

сов и дорогостоящего оборудования для производства. Простота изготовления способствует активному развитию рынка и расширению ассортимента, что, в свою очередь, делает продукт универсальным и востребованным у потребителей [1-2].

Современные исследования в области производства кексов сосредоточены на усовершенствовании технологических процессов, составе ингредиентов, влиянии добавок и методов обработки на конечный продукт [3]. Это позволяет не только улучшать вкусовые и органолептические свойства, но и разрабатывать более эффективные методы производства и хранения [4].

В научных работах особое внимание уделяется поиску альтернативных ингредиентов для замены традиционных рецептурных компонентов кексов, а также дополнительному внесению плодово-ягодного сырья для улучшения нутриентного состава и витаминизированного комплекса готового изделия [5-6]. Изучение структурно-механических (реологических) характеристик в данных работах с помощью прибора «Структурометр СТ-2», направлено на определение общей, пластичной и упругой деформации мякиша кексов [7-8].

Прочностные характеристики – совокупность механических свойств тестовой и пористой структуры продукта, отражающих его способность сопротивляться деформации и разрушению под нагрузкой. Их изучение в рамках реологии позволяет количественно связать макроскопическое поведение изделия с микроструктурой и технологическими параметрами производства.

Использование методики исследования прочностных характеристик позволит наглядно оценить однородность кекса, прочность корки верхней и нижней поверхности изделия, равномерность пористости и прочность мякиша [9-10].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для проведения исследований прочностных характеристик на текстуроанализаторе «Структурометр СТ-2» за основу была выбрана классическая рецептура кекса «Столичный» с ис-

ключением из состава изюма, способного исказить полученные результаты. Вследствие этого был выполнен перерасчет количества сырья (таблица 1), с целью сохранения баланса ингредиентов и обеспечения репрезентативности полученных данных.

Таблица 1. Актуализированная рецептура кекса «Столичный»

Наименование сырья	Массовая доля сухих веществ, %	Расход сырья, кг			
		на загрузку		на 1 т готовой продукции (без заверточных материалов)	
		в натуре	в сухих веществах	в натуре	в сухих веществах
Мука пшеничная в.с.	85,50	100,00	85,50	619,04	529,28
Крахмал кукурузный	87,00	7,40	6,44	45,83	39,87
Сахарная пудра	99,85	29,00	28,96	179,54	179,27
Инвертный сироп	70,00	4,00	2,80	24,76	17,33
Маргарин	84,00	35,00	29,40	216,67	182,00
Молоко цельное	11,50	3,65	0,42	22,61	2,60
Меланж	27,00	5,00	1,35	30,96	8,36
Ванильная пудра	99,85	0,70	0,70	4,34	4,33
Соль	96,50	0,64	0,62	3,98	3,84
Сода питьевая	50,00	0,70	0,35	4,34	2,17
Аммоний углекислый	0,00	0,52	-	3,22	-
Итого	-	186,81	156,54	1156,53	969,05
Выход	95,50	161,54	154,27	1000,00	955,00

Методика основана на определении усилия нагружения при его внедрении в кекс на глубину, превышающую его толщину на 5 мм [10]. Режим работы прибора для определения прочностных характеристик кексов приведен в таблице 2.

Таблица 2. Режим работы «Структурометра СТ-2»

№	Наименование операции	Нормативы
1	Перемещение индентора «Игла» со скоростью движения V_d вниз до контакта с пробой продукта с усилием F_k	$V_d - 0,5 \text{ мм/с}$ $F_k - 5 \text{ г}$ $t - 100 \text{ с}$
2	Внедрение индентора «Игла» в пробу кекса со скоростью движения V_d до конечного положения $H_{\max}$ и пределом усилия нагружения F_n	$V_d - 1 \text{ мм/с}$ $H_{\max} - 45 \text{ мм}$ $F_n - 5000 \text{ г}$ $t - 100 \text{ с}$
3	Возврат индентора «Игла» со скоростью движения V_d до конечного положения $H_{\min}$	$V_d - 1 \text{ мм/с}$ $H_{\min} - 50 \text{ мм}$ $t - 100 \text{ с}$

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

На рисунке 1 представлен массив сходимых повторностей образцов изделия с целью выявления повторяющихся закономерностей в характеристиках или параметрах структуры изделия.

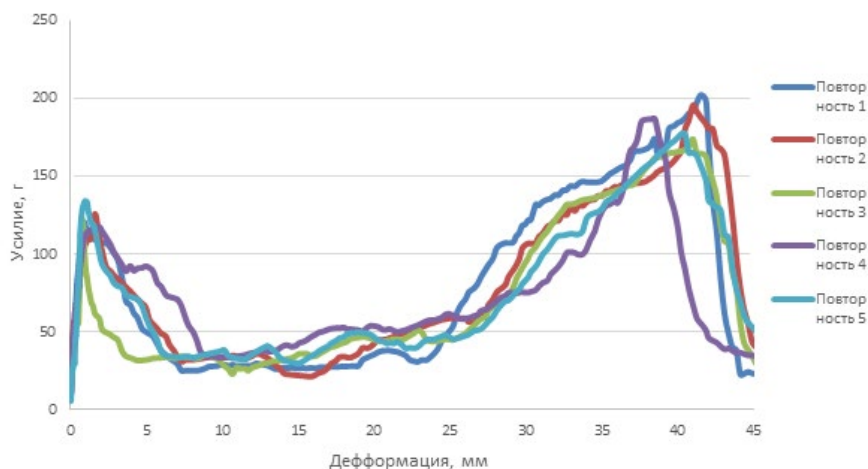


Рисунок 1. Массив данных полученных на приборе

Показатели структурометра можно разделить на 5 основных «зон» структуры кекса (рисунок 2).

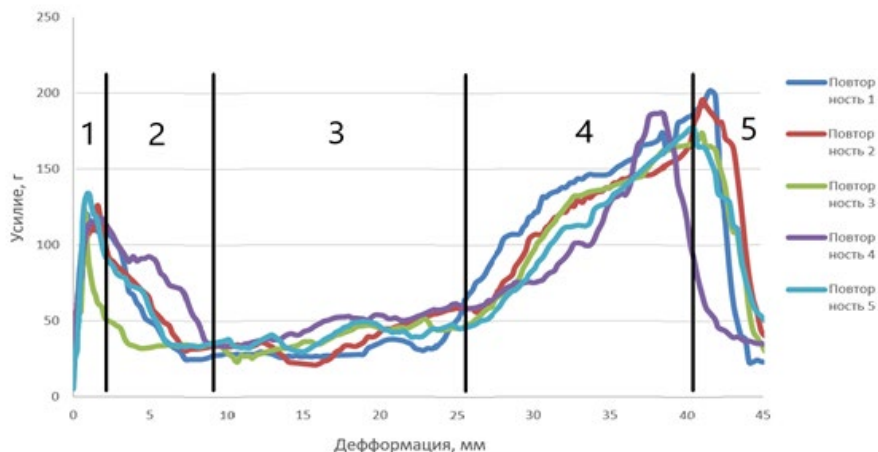


Рисунок 2. Деление графика на «зоны» структуры кекса

Каждая из «зон» может трактоваться как показатель структуры готового изделия. Первая зона – пиковая точка верхней поверхности кекса (прочность верхней корки). Вторая зона – уплотненная структура изделия под верхней коркой. Третья зона – пористая структура мякиша кекса (прочность мякиша). Четвертая зона – уплотненная структура изделия над нижней коркой. Пятая зона – пиковая точка нижней поверхности кекса (прочность нижней корки).

Два экстремума усилия нагружения на инденторе, выраженные в граммах, интерпретируются как показатели прочности верхней и нижней корки изделия. Третья зона определяется как среднее арифметическое значение твердости мякиша (таблица 3).

Таблица 3. Показатели прочности поверхностей и твердости мякиша кексов

Повторность/ показатель	Прочность верх- ней поверхности, F_{np}^1 , г	Прочность ниж- ней поверхности, F_{np}^2 , г	Прочность мяки- ша, F_m , г
1	120,2	202,3	31,38
2	126,1	195,4	37,86
3	123,2	174,1	39,07
4	117,4	186,8	47,55
5	133,9	177,1	40,3

Благодаря равномерному погружению индентора с постоянной заданной скоростью (1 мм/с) мы можем точно определить показатель высоты кекса. Пиковая точка нижней поверхности по оси абсцисс (величина деформация в миллиметрах) соответствует размерам изделия.

Уплотнённая структура, это показатель определённых участков кекса, не обладающих равномерной пористостью. Данная особенность может быть обусловлена недостаточным промесом или нарушением процессов подъёма теста в ходе выпекания. Такие факторы приводят к формированию участков с низкой пористостью и повышенной плотностью, что негативно сказывается на качестве конечного продукта (рисунок 3).

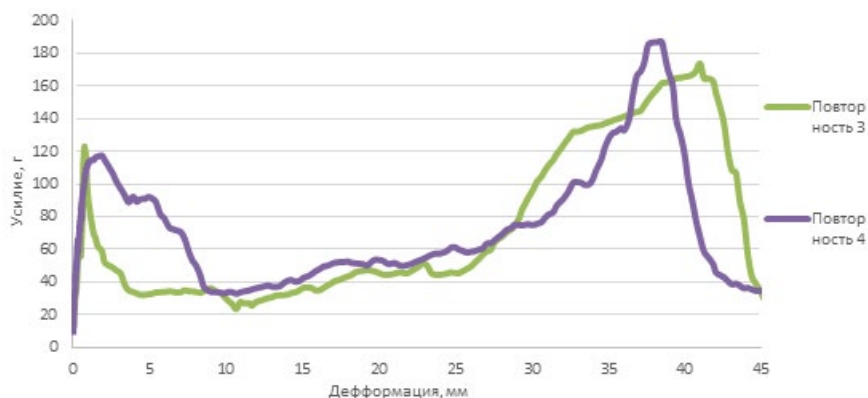


Рисунок 2. Повторности с выраженными различительными характеристиками

Повторность № 3 характеризовалась меньшим объемом уплотнённой структуры под верхней коркой изделия, после чего сразу начиналась пористая структура мякиша, что свидетельствует о равномерном подъёме теста в процессе выпекания. В то время как повторность № 4 отличалась большим объёмом уплотнения структуры под верхней поверхностью и меньшим объёмом уплотнённой области над нижней коркой. Это проявилось в уменьшении высоты готового изделия, что снизило его общий

объём. Остальные образцы демонстрировали практически одинаковую и равномерную высоту изделия.

ВЫВОДЫ

Исследования прочностных характеристик кексов с помощью прибора «Структурометр СТ-2», помогают расширить спектр показателей для оценки их структурных особенностей и качества изделия.

Полученные количественные показатели позволяют объективно характеризовать однородность изделия и выявлять технологические факторы, влияющие на формирование структуры, необходимые для управления качеством, оптимизации рецептуры и продления срока годности. Эти данные создают основу для научно обоснованных технологических решений и повышения потребительской привлекательности продукции.

Дальнейшие исследования будут направлены на изучение изменений структурных свойств кексов в процессе хранения. Это позволит установить влияние времени на пористость, уплотненность и механические характеристики изделия, а также определить технологические параметры, способствующие сохранению органолептических и структурных свойств кексов.

Список литературы

1. Л. А. Лобосова, Т. Н. Малютина, И. Ю. Нестерова, Н. С. Деревщиков Кексы функциональной направленности // Пищевая индустрия. 2020. №2 (44).

2. Денисенко, Т. А. Разработка технологии обогащенных кексов с использованием растворимых пищевых волокон / Т. А. Денисенко, В. В. Замышляева, А. Н. Пожар. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2020. — № 22 (312). — С. 107-110.

3. Мячикова Н.И. Влияние нетрадиционных видов муки на формирование потребительских свойств кексов / Н.И. Мячикова, Ю.А. Болтенко, Я.В. Чуркина, Е.Н. Елисеева // Ползуновский вестник. – 2023. – №4.

4. Пономарева Е.И., Лукина С.И., Скворцова О.Б. Разработка новой рецептуры кексов повышенной пищевой ценности // Вестник ВГУИТ. 2017. №4 (74).

5. Каменева К.С. Использование муки из семян льна в производстве кекса повышенной пищевой ценности / К.С. Каменева, К.В. Щевьева, Н.Л. Наумова // Вестник МГТУ. – 2020. – №3.

6. Пирожкова П.О. Разработка рецептуры кекса с добавлением черемуховой муки / П.О. Пирожкова, А.В. Тереньтьев // Проблемы науки. – 2019. – №7. – С. 43.

7. Пилипенко, Т. В. Изучение реологических характеристик кексов с использованием "Структурометра ст-2" / Т. В. Пилипенко, Т. Д. Старцева // Национальный форум молодых исследователей : сборник статей Международной научно-практической конференции, Петрозаводск, 25 декабря 2019 года. – Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука», 2019. – С. 7-11.Меренкова

8. С. П., Потороко И. Ю., Чеканова Е. В. Методологические подходы оценки потребительских свойств безглютеновых мучных кондитерских изделий // ТППП АПК. 2020.

9. Влияние различных типов хлебопекарной муки на качественные характеристики кексов / А. В. Баскаков, Л. В. Зайцева, Т. А. Бортник, Н. В. Рубан // Хлебопродукты. – 2024. – № 10. – С. 49-53. – DOI 10.32462/0235-2508-2024-33-10-49-53.

10. Баскаков, А. В. Изучение структурно-механических характеристик кексов с использованием структурометра СТ-2 / А. В. Баскаков // Международная научно-практическая конференция молодых учёных и специалистов отделения сельскохозяйственных наук Российской академии наук. – 2024. – № 1. – С. 16-20.

УДК 616-073.75;681.1;581.48

С.Л. Белецкий, к.т.н., доцент, директор ВНИИКП – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им В.М. Горбатова» РАН, **Н.Н. Потрахов**, д.т.н., профессор, зав. кафедрой СПбГЭТУ «ЛЭТИ»

МЕТОДЫ МИКРОФОКУСНОЙ РЕНТГЕНОГРАФИИ В АПК

В статье кратко приводятся основные понятия, научные основы и актуальность микрофокусной рентгенографии, описываются имеющиеся в нашей стране рентгеновские приборы и основные объекты исследований АПК.

Ключевые слова: рентгенография, основы, приборы, семена, показатели качества, обнаружение дефектов, метод разрезанием, неразрушающий контроль (НК), микрофокусная рентгенография.

S.L. Beletskiy, N.N. Potrakhov

MICROFOCUS RADIOGRAPHY METHODS IN THE AGRICULTURAL SECTOR

This article briefly introduces the basic concepts, scientific foundations, and relevance of microfocus radiography, describes the X-ray equipment available in our country, and the main research objects in the agricultural sector.

Keywords: radiography, fundamentals, equipment, seeds, quality indicators, defect detection, cutting method, non-destructive testing (NDT), microfocus radiography.

Физико-технические основы рентгенографии семян

Рентгенография (от греч. *grapho* – писать, изображать) – способ получения изображения объекта исследования (ОИ) с помощью рентгеновского (РИ). Для этого ОИ располагается между источником рентгеновского излучения (ИРИ) и приемником рентгеновского изображения (ПРИ).

Рентгеновское изображение, получаемое в результате рентгенографии, содержит информацию о суммарной плотности вещества по толщине объекта исследования в каждой условной точке (пикселе) на площади рентгеновской тени (проекции) объекта в плоскости детектора. Размер пикселя рентгеновского изображения определяется пространственной разрешающей способностью рентгенографической системы, состоящей из ИРИ и ПРИ, а также размерами фокусного пятна d ПРИ. Чем выше суммарная пространственная разрешающая способность рентгенографической системы, тем меньше пиксель рентгеновского изображения, и тем более мелкие детали строения ОИ могут быть обнаружены на рентгеновском снимке. В целом рентгеновское изображение представляет собой сумму проекций (теней) от всех деталей строения объекта, наложенных друг на друга. Соответственно, рентгеновское изображение объекта исследования в классической рентгенографии характеризуется как плоское (двумерное) или теневое суммационное [1].

Взаимное расположение ОИ, ИРИ и ПРИ в процессе рентгеновской съемки, а также величина расстояний $f1$ (ИРИ – ПРИ) и $f2$ (ПРИ – ОИ) определяют рентгенооптическую схему съемки, и, соответственно, коэффициент геометрического (проекционного) увеличения изображения ОИ m :

$$m = f2/f1.$$

В контактной рентгенографии эффективный размер фокусного пятна ИРИ d составляет около 1 мм. Удаление ОИ от ПРИ может привести к недопустимому увеличению нерезкости изображения t , то есть «размытию» изображения его границ.

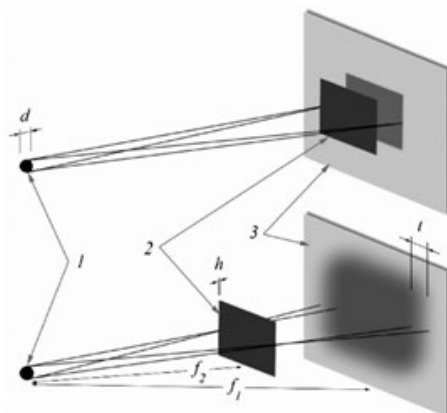


Рисунок 1. Рентгенооптическая схема съемки в контактной рентгенографии:
 t – нерезкость изображения, f_1 – расстояние ИРИ-ПРИ; f_2 – расстояние ИРИ-объект исследования; 1 – фокусное пятно ИРИ с эффективным размером d ;
 2 – объект исследования; 3 – плоскость ПРИ

Применение ИРИ с фокусным пятном d микронных размеров принципиально позволяет получать рентгеновские снимки с проекционным увеличением изображения ОИ m от нескольких раз до нескольких сот и даже тысяч раз без потери резкости ($t \rightarrow 0$), что существенно повышает информативность получаемых рентгенограмм (рис. 2).

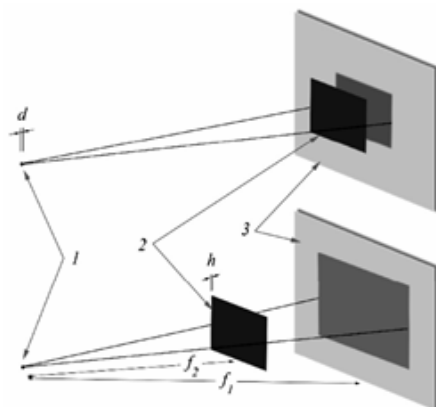


Рисунок 2. Рентгенооптическая схема съемки в проекционной рентгенографии

Поэтому контактную и проекционную рентгенографию различают в зависимости от соотношения расстояний $f1$ и $f2$, а также эффективных размеров фокусного пятна d .

Условно, при контактной рентгенографии $f2 \geq f1$, $m = 1-1,5$; при проекционной рентгенографии $f1 \gg f2$, $m \approx 10-1000$. Поскольку в проекционной рентгенографии, как уже отмечалось, используются рентгеновские трубки с размером фокусного пятна менее 0,1 мм (по ГОСТ 20337-74 получившие обозначение микрофокусные), то для ее определения используется еще один термин – «микрофокусная рентгенография». Следует отметить, что рентгенография в режиме реального времени называется рентгеноскопией (от греч. *scopio* – смотреть).

Со времен В.К. Рентгена в рентгенографии используется контактный способ рентгеновской съемки с фокусным пятном миллиметрового диапазона или протяженным фокусным пятном (классическая – стандартная рентгенография). Разработанные в ЛОЭП «Светлана» рентгеновские аппараты серии «Электроника» позволили применить для съемки семян проекционный способ с фокусным пятном микронного диапазона или точечным фокусным пятном (микрофокусный способ). Особенности указанных способов рентгеновской съемки рассмотрены на примере зерна гороха.

Качество рентгеновских снимков, в первую очередь, определяется резкостью получаемого изображения или величиной нерезкости. Чем меньше нерезкость, тем выше его качество и, соответственно, информативность. При съемке стандартным способом удовлетворительная нерезкость изображения будет обеспечиваться только при контактном расположении ОИ к ПРИ. Любое удаление объекта от приемника изображения приводит к появлению недопустимо большой величины нерезкости. Микрофокусный способ съемки позволяет без потери резкости получать многократно увеличенные изображения объектов малого размера и малой плотности, каковыми являются семена.

Рентгенооптические схемы съемки обоими способами в аксонометрической проекции, иллюстрирующие механизм формирования рентгеновского изображения, представлены на рисунках 3 и 4.

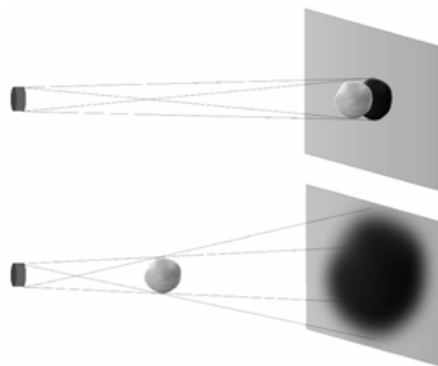


Рисунок 3. Формирование рентгеновского изображения зерна гороха при стандартной рентгенографии

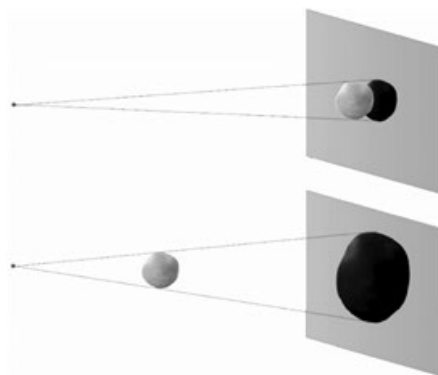


Рисунок 4. Формирование рентгеновского изображения зерна гороха при микрофокусной рентгенографии

Обращает на себя внимание смаз изображения, который возникает при попытке получить увеличенное изображение при съемке стандартным способом протяженным фокусным пятном.

Преимущества микрофокусной рентгенографии по сравнению со стандартной убедительно подтверждаются при визуальном анализе рентгеновских изображений зерна гороха (рис. 5 и 6).

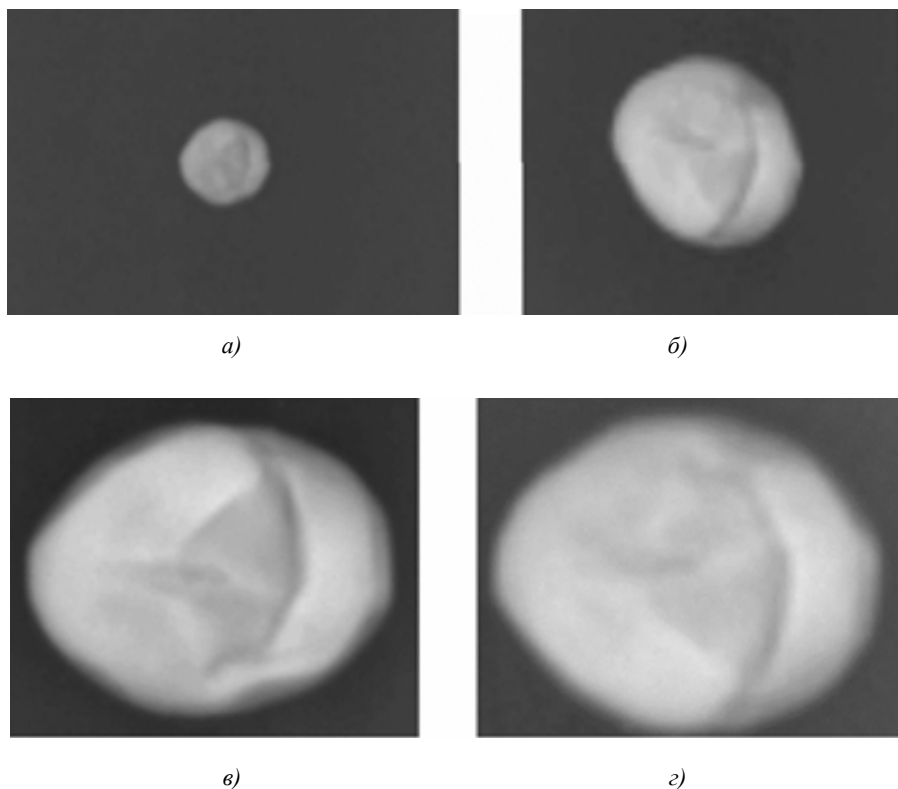


Рисунок 5. Рентгеновские изображения зерна гороха, полученные по методике стандартной рентгенографии:
а – контактно; б, в, г – с увеличением в 2, 4, 8 раз

По оценке специалистов качество микрофокусных снимков не только не ухудшается, но наоборот на увеличенных микрофокусных изображениях появляются детали структуры, неразличимые при контактной съемке микронным (точечным) фокусным пятном.

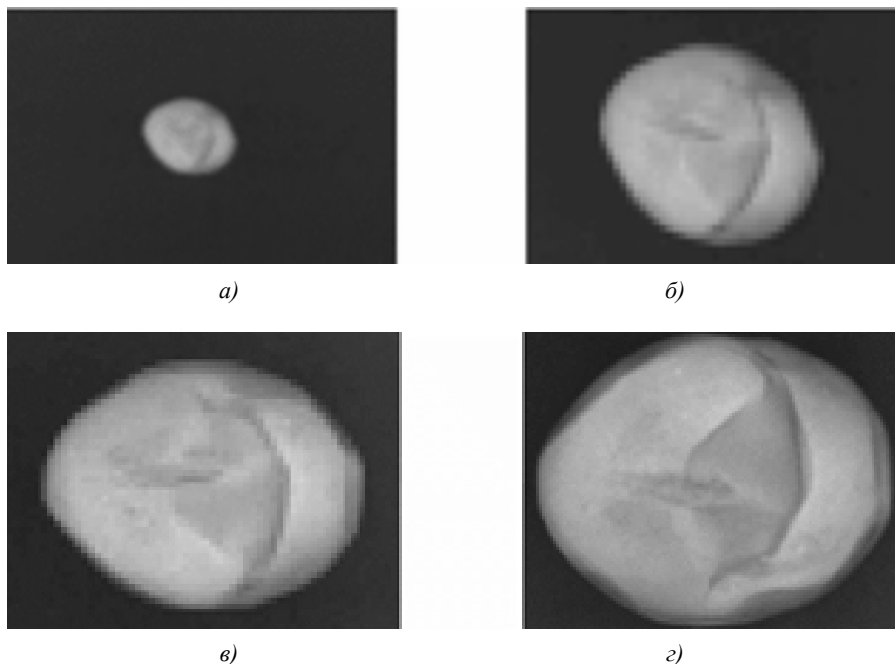


Рисунок 6. Рентгеновские изображения зерна гороха, полученные по методике микрофокусной рентгенографии:
а – контактно; б, в, г – с увеличением в 2, 4, 8 раз

Диагностические возможности микрофокусной рентгенографии при проекционной съемке с увеличением продемонстрированы на примере снимков ячменя (рис. 7).

Следует отметить, что в настоящее время как альтернатива микрофокусной рентгенографии используется микрорентгенография, которая выполняется на мелкозернистую рентгеновскую пленку и с последующим оптическим увеличением полученного изображения с помощью микроскопа. Однако пленочная (аналоговая) визуализация рентгеновского изображения гораздо более трудоемка по сравнению с регистрацией на современные электронные (цифровые) приемники изображения и при этом все же уступает по качеству получаемого в итоге изображения, что хорошо заметно на примере рентгеновских снимков семян артишока.

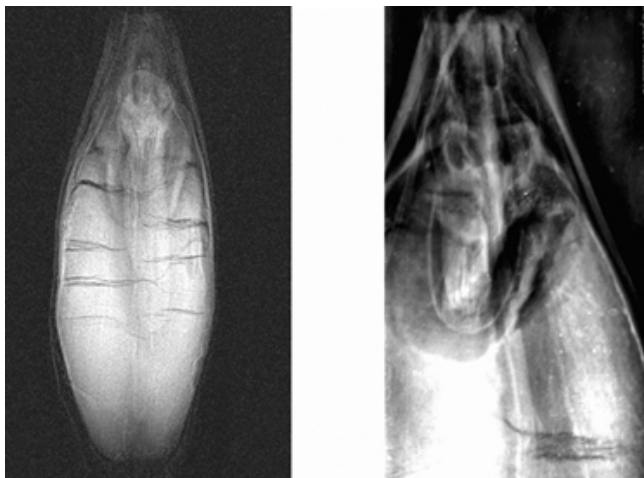
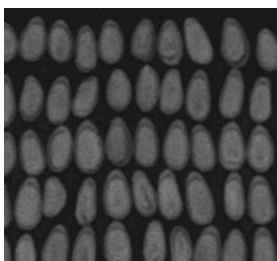


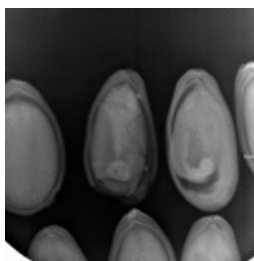
Рисунок 7. Рентгеновские изображения ячменя

Стандартная рентгенография

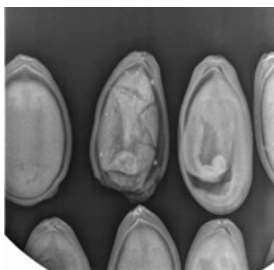
Микрофокусная рентгенография



Контактно



С проекционным увеличением

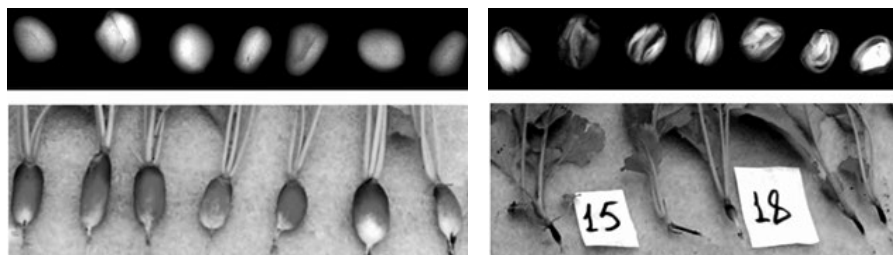


С оптическим увеличением

Рисунок 8. Рентгеновские изображения артишока

Как используется микрофокусная рентгенография для целей семеноводства?

Получив в результате микрофокусной съемки высокоинформативные, богатые мелкими деталями структуры изображения семян, их проращивают. По результатам проращивания выделяют и классифицируют рентгенографические признаки нормальных и дефектных семян. Это наглядно показано на примере рентгеновских снимков семян и фотографиях корнеплодов редиса (рис. 9).



Рентгенография популяционных семян
и фотография корнеплодов

Рентгенография инбредных семян
и фотография корнеплодов (недогоны)

Рисунок 9. Рентгеновские изображения редиса

Полученные корреляционные связи позволяют с высокой точностью оценивать хозяйственную пригодность, жизнестойкость или другие показатели, в зависимости от поставленной задачи, целых партий семян и зерна.

Начало системным исследованиям в области рентгенографии семян различных растений было положено более тридцати лет назад, когда группа специалистов ЛОЭП «Светлана», НИИ АФИ, а также преподавателей ЛЭТИ им. В.И. Ульянова (Ленина), была награждена премией Совета Министров СССР за разработку и внедрение в народное хозяйство микрофокусных рентгеновских излучателей и аппаратов на их основе. Одним из таких аппаратов был «Электроника-25», который предназначался для съемки на рентгеновскую пленку семян сельскохозяйственных и лесных древесных растений.

К сожалению, политический кризис 90-х годов и последовавший развал промышленности привели к тому, что производ-

ство рентгеновских аппаратов на «Светлане» было прекращено. Однако в СПбГЭТУ «ЛЭТИ» удавалось сохранить устойчивый научный интерес к этой проблеме. Дальнейшие исследования в области создания методик рентгенографии семян, а также разработки технических средств для их реализации были продолжены сотрудниками кафедры ЭПУ университета на базе малого предприятия Технопарк ЛЭТИ – ЗАО «ЭЛТЕХ-Мед».

На замену аппарату «Электроника-25» были разработаны аппаратно- программные комплексы в передвижном и портативном исполнениях. На рис. 10 представлен передвижной аппаратно-программный комплекс для рентгенографии семян. Этот комплекс предназначен для эксплуатации в стационарных условиях.



Рисунок 10. Передвижной аппаратно-программный комплекс для рентгенографии семян

Типовой состав такого комплекса включает в себя:

1. Микрофокусный источник рентгеновского излучения.
2. Цифровой приемник рентгеновского изображения.
3. Устройство для позиционирования семян.
4. Специализированное ПО для автоматического анализа изображения семян.
5. Защитную камеру для проведения рентгенографических исследований.

На рис. 11 представлен аппаратно-программный комплекс в портативном исполнении для полевых условий.



Рисунок 11. Портативный аппаратно-программный комплекс для рентгенографии семян

Современная методика рентгенографии семян предполагает получение цифровых рентгеновских изображений от нескольких до нескольких десятков семян, которые расклеиваются на специальных карточках с последующим анализом рентгенографических признаков на нормальные семена и семена с различными дефектами (рис. 12).

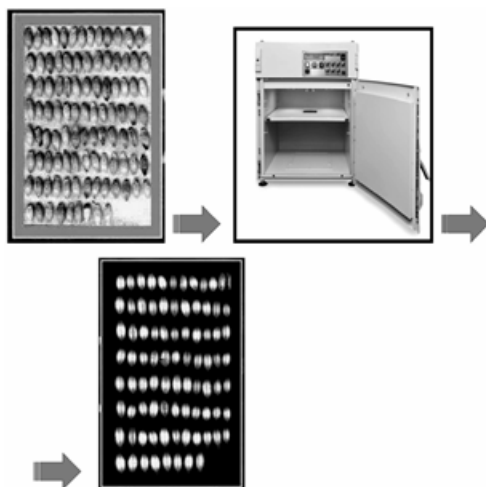


Рисунок 12. Методика рентгенографии семян

Способ получения цифровых рентгеновских изображений семян защищен патентом РФ на изобретение № 2352922 от 09.07.2007.

В результате многолетних исследований определены рентгенографические признаки нормальных семян, а также девяти основных типов дефектов. Перечень основных типов дефектов представлен на рисунке 13.

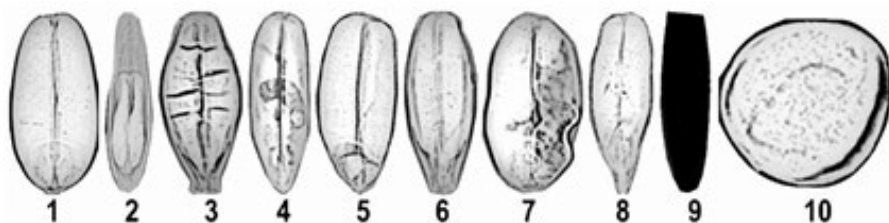


Рисунок 12. Диагностируемые типы дефектов:

- 1 – нормальное семя; 2 – щуплость; 3 – трещиноватость; 4 – скрытая зараженность и/или поврежденность насекомыми; 5 – травмированность или отсутствие зародыша; 6 – энзимомикозное истощение; 7 – поврежденность клопом вредная черепашка; 8 – внутреннее прорастание; 9 – невыполненность; 10 – отслоение оболочки

На основании полученных результатов специалисты НИИ АФИ и СПбГЭТУ «ЛЭТИ» разработали проект национального стандарта, который вступил в действие с 1 января 2022 года – ГОСТ 59603-2021 «Семена сельскохозяйственных культур. Методы цифровой рентгенографии».

Одним из наиболее перспективных направлений исследования в области рентгенографии семян с целью повышения информативности получаемых изображений семян в настоящее время является рентгеновская компьютерная томография.

Рентгеновская томография

Рентгеновская томография (от греч. *tomos* – кусок, слой) – способ получения изображения отдельного слоя ОИ с помощью РИ. В первую очередь она позволяет определить (вычислить) плотность вещества в каждой условной точке (вокселе) всего объема ОИ. Поэтому в результате рентгеновской томографии может быть реконструировано («нарисовано») рентгеновское изображе-

ние отдельного слоя ОИ определенной толщины в любом произвольном сечении этого объекта или его трехмерное изображение. Но в отличие от рентгенографии, что принципиально важно, на изображение этого слоя не будут наложены изображения деталей строения ОИ, не принадлежащих этому слою. Отсюда следует термин «томография» – получение изображения отдельного слоя ОИ. Соответственно, рентгеновское изображение ОИ в томографии характеризуется как объемное (трехмерное).

Для осуществления рентгеновской томографии рентгеновские снимки ОИ выполняются последовательно с разных сторон (ракурсов). С этой целью ИРИ и ПРИ одновременно перемещаются вокруг оси ОИ по окружности на угол до 360° . В общем случае производится так называемая многоракурсная съемка, дающая многочисленный набор отдельных снимков (проекций) объекта. При этом каждая условная точка ОИ многократно просвечивается по числу проекций (рис. 14).

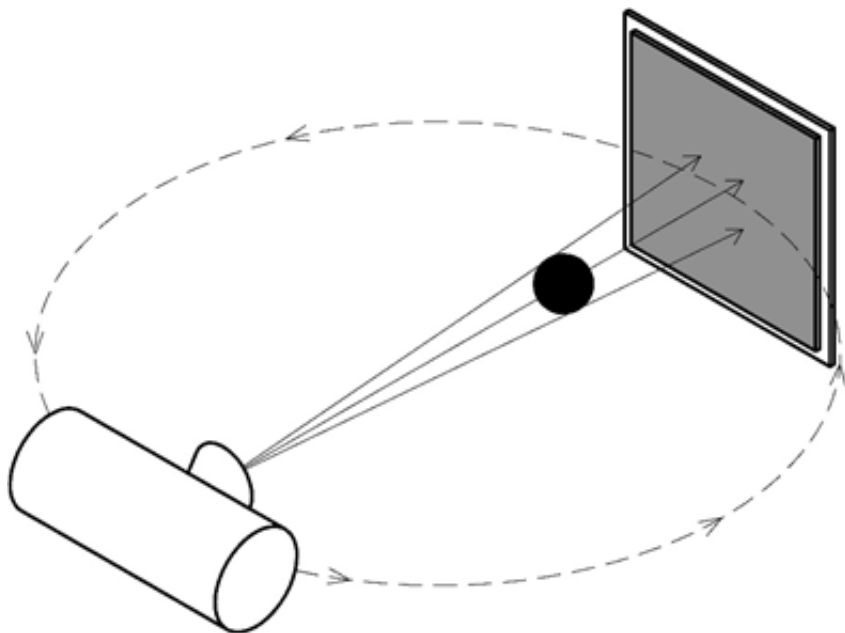


Рисунок 14. Рентгенооптическая схема томографической съемки

В общем случае, количество выполняемых проекций определяет точность вычисления плотности вещества в каждой точке ОИ и, соответственно, точность последующей реконструкции изображения конкретного слоя в сечении этого объекта или трехмерного изображения всего объекта.

Размеры вокселя в томографии, так же, как и пикселя в рентгенографии, в первую очередь, определяются разрешающей способностью ПРИ. Однако, как и в рентгенографии, использование ИРИ с фокусным пятном микронных размеров позволяет многократно увеличить суммарную пространственную разрешающую способность рентгеновской томографической системы за счет проекционного увеличения изображения ОИ.

Таким образом, микрофокусная рентгеновская томография позволяет проводить исследования относительно небольших объектов с высоким пространственным разрешением.

Основу конструкции отечественных микрофокусных рентгеновских компьютерных томографов в передвижном исполнении составляет рентгенозащитная камера (РЗК) для проведения рентгенографических работ. Внутри камеры расположены ИРИ моноблочного типа на основе микрофокусной рентгеновской трубки и ПРИ на основе плоскопанельного двухкоординатного детектора РИ, а также автоматизированное устройство для вращения и перемещения (УВП) ОИ вдоль оси пучка РИ.

РЗК обеспечивает радиационную безопасность при проведении рентгенографических работ. Ее размеры в основном определяются размерами объекта исследования. Суммарная толщина стенок камеры снижает мощность дозы рентгеновского излучения снаружи в любой доступной точке от поверхности камеры до нормативно допустимого уровня – 1 мкЗв/час. Лицевая стенка РЗК снабжена дверью для загрузки ОИ. С целью контроля за процессом томографии на двери расположено специальное окно.

ИРИ выполнен по моноблочной схеме на основе трехэлектродной микрофокусной рентгеновской трубки серии БС с полым вынесенным анодом и мишенью прострельного типа. Которая расположена в едином корпусе (моноблоке) с высоковольтным источником питания.

ПРИ выполнен на основе крупноформатного детектора рентгеновского излучения с характерным размером пикселя около 150 мкм.

УВП позволяет:

- разместить ОИ внутри РЗК в камере для образцов между ИРИ и ПРИ на оси пучка РИ;
- вращать ОИ вокруг своей оси;
- перемещать ОИ вдоль оси пучка РИ.

Управление работой УВП осуществляется в автоматическом режиме.

Одной из важнейших составляющих конструкций томографа является оригинальная компьютерная программа, которая обеспечивает управление работой ИРИ, ПРИ и УВП при получении и обработке проекционных данных в процессе просвечивания ОИ, а также послойную или трехмерную реконструкцию изображения ОИ.

Следует отметить, что при проведении рентгенографических исследований более крупных объектов в описанный комплект технических средств томографии РЗК не включается. В этом случае персонал, проводящий исследование, удаляется на безопасное расстояние от ИРИ, осуществляется так называемая «защита расстоянием». Подобная конструкция получила определение – томограф открытого типа («открытый» томограф).

На рис. 15 представлен внешний вид одного из отечественных микрофокусных рентгеновских томографов, который предназначен для высокоинформативных исследований различных объектов, в том числе семян и отдельных частей растений.



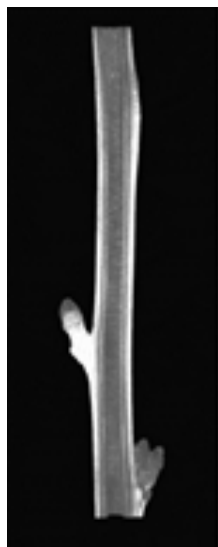
Рисунок 15. Рентгеновский компьютерный томограф МИКРОН 2.0

Основные технические характеристики томографа МИКРОН 2.0 представлены в табл. 1. В качестве примера полученных результатов рентгенотомографических исследований на рис. 16 представлены: рентгеновская проекция и трехмерная визуализация черешка персика, на рис. 17 томографический срез (изображения одного слоя) и трехмерная визуализация шишки сосны.

Таблица 1. Основные технические характеристики томографа МИКРОН 2.0

Основные технические параметры	Численное значение, размерность
Диапазон регулировки анодного напряжения, кВ	50 — 200
Шаг регулировки анодного напряжения, кВ	1
Диапазон регулировки анодного тока, мА	0,1 — 1
Максимальная выходная мощность излучения, Вт	200
Номинальный размер эффективного фокусного пятна, мм	$\leq 0,03 \times 0,03$
Тип мишени рентгеновской трубки	массивная
Материал мишени рентгеновской трубки	W (Вольфрам)
Регулируемые параметры источника рентгеновского излучения	анодное напряжение, анодный ток

Максимальные размеры объекта исследования (ДхШхВ), мм	100 x 100 x 200
Количество степеней свободы перемещения объекта исследования	3
Способ получения рентгеновского изображения	цифровой
Размер чувствительной области детектора, мм	240x300
Размер пикселя детектора, мкм	69
Разрядность АЦП, бит	16
Сигнализация включения рентгеновского излучения	светозвуковая
Управление источником рентгеновского излучения	программное — синхронизированное с приемником рентгеновского изображения
Потребляемая мощность, кВт	1,0
Габаритные размеры установки (ДхГхВ), мм	≤ 1350x810x950
Масса, кг	≤ 750



а)



б)

Рисунок 16. Рентгеновская проекция (а)
и трехмерная визуализация (б) черешка персика

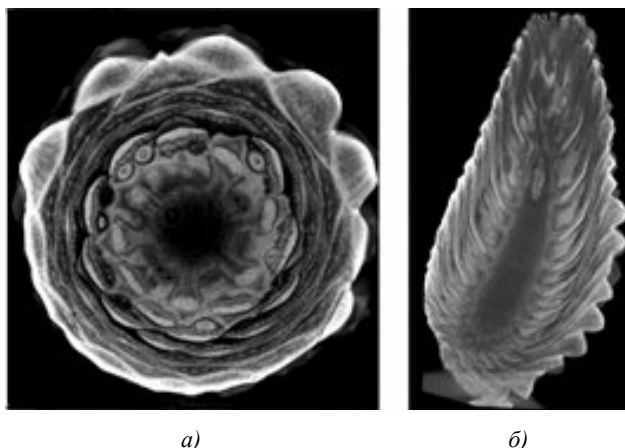


Рисунок 17. Томографический срез (а)
и трехмерная визуализация (б) шишки сосны

Полученный отечественными специалистами опыт разработки и эксплуатации современных технических средств рентгенографии показывает, что в нашей стране сформировался новый класс рентгеновской аппаратуры – портативно/передвижные рентгенографические системы (установки). Их диагностические возможности позволяют решать большинство задач, которые до недавнего времени были посильны лишь зарубежным стационарным системам рентгеновского контроля. Однако, использование оригинальных схмотехнических и технологических решений, а также ключевых комплектующих отечественного производства позволяет принципиально снизить габариты, вес, энергопотребление и стоимость таких систем. В результате дорогостоящее стационарная система рентгеновского контроля превратилась в настольный рентгенографический инструмент, который, как показывает практика, может эффективно использоваться при проведении исследований в интересах АПК.

Список литературы

1. Основы рентгенодиагностический техники / Под. ред. Н.Н. Блинова: Учебное пособие. – М.: Медицина, 2002. – 392 с.

2. Потрахов Н.Н., Грязнов А.Ю., Жамова К.К., Бессонов В.Б., Потрахов Ю.Н. Микрофокусная рентгенография: результаты исследований Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета "ЛЭТИ" им. В.И. Ульянова // Территория NDT. 2016. № 3. С. 54.

УДК546.824-31;678.029.985

Л.В. Годулян, к.т.н., в.н.с., Л.К. Авдеева, н.с., ФГБУ НИИПХ Росрезерва, С.Л. Федоровский, директор по качеству, В.Н. Стадник начальник отдела качества, Армянский Филиал ООО «Титановые инвестиции»

ДИОКСИД ТИТАНА. УПАКОВКА И ХРАНЕНИЕ

В статье представлены данные по требованию к качественным показателям диоксида титана, его упаковки, осмотру внешнего состояния штабелей, упаковки и внешнего вида диоксида титана при хранении в неотапливаемом складе завода изготовителя – АФ ООО «Титановые инвестиции». Показано, что после 2-х лет хранения состояние упаковки хорошее, мешки и биг-бэги целые, без следов повреждения и увлажнения. Биг-беги не потеряли форму и вертикальное расположение на поддонах в 1 и в 2 яруса по высоте. Внешний осмотр продукции показал, что в бумажных мешках и в биг-бэгах верхнего яруса диоксид титана белого цвета, без следов слеживаемости, а верхний слой диоксида титана в биг-бэгах нижнего яруса, уплотненный.

Ключевые слова: диоксид титана, марки, упаковка, мешки, биг-бэги, штабель, нормативно-техническая документация, внешний осмотр, слеживаемость.

L.V. Godulyan PhD in Engineering, L.K. Avdeeva, Federal State Budgetary Institution Research Institut of Storage Problems of the Federal Reserve, S.L. Fedorovsky Director for Quality, V.N. Stadnik, Head of the Quality Department- Armenian Branch of LLC "Titanium Investments"

TITANIUM DIOXIDE PACKAGING AND STORAGE

The article presents data on the requirements for the quality indicators of titanium dioxide, its packaging, inspection of the external condition of the stacks, packaging and the appearance of titanium dioxide during storage in the unheated warehouse of the manufacturer's plant – AF LLC "Titanium Investments". It is shown that after 2 years of storage, the condition of the packaging is good, the bags and big bags are whole, without traces of damage and moisture. Big-bags have not lost their shape and vertical arrangement on pallets in 1 and in 2 tiers in height. An external inspection of the products showed that the titanium dioxide in the paper bags and the top-tier big bags is white and free from caking, while the top layer of titanium dioxide in the bottom-tier big bags is compacted.

Keywords: titanium dioxide, grades, packaging, bags, big-bags, stack, regulatory and technical documentation, external inspection, caking.

Большая часть производимого диоксида титана используется для производства масляных красок и эмалей в качестве белого пигмента и цветных красок. Превосходство TiO_2 в качестве белого пигмента обусловлено главным образом его высоким показателем преломления и, как следствие, способностью рассеивать свет. Он применяется в составе лакокрасочных материалов (ЛКМ), пластмасс, искусственных кож, бумаги, резинотехнических изделий (РТИ), средств косметики и т.д. [1-2].

Установлено, что белизна и оттенок титановых пигментов зависят от вида исходной руды (ильменит, TiO_2); наличия примесей Fe, Cr, Sn, Nb; кристалльной модификации (анатаз или рутил); размера частиц. Оптимальными для светорассеяния считаются

частицы с размерами 0,25-0,33 мкм. При этом максимальное значение показателя приходится на частицы размером 0,25 мкм, что составляет половину среднего значения длины волны дневного света в воздухе [3].

Таким образом, диоксид титана является неотъемлемой частью красочных композиций, и от его качества и количества зависят такие показатели готовой продукции, как цвет, светостойкость и атмосфероустойчивость. Тонкость помола (дисперсность) пигментов имеет большое значение: чем тоньше размолот пигмент (до определенной степени дисперсности), тем лучше окрашивается поверхность и тем больше укрывистость и красящая способность пигмента. Также желательна неорганическая обработка поверхности части оксидами алюминия и кремния [4].

Требования к диоксиду титана установлены в ГОСТ 9808-84 «Двуокись титана пигментная. Технические условия» [5] с гарантийным сроком хранения – 12 месяцев со дня изготовления.

В настоящее время производителем диоксида титана в России является Армянский Филиал ООО «Титановые инвестиции», расположенный в Крыму, г. Армянске. Производство осуществляется по сульфатной технологии. Для улучшения пигментных свойств частицы диоксида титана подвергают поверхностной обработке путем нанесения на поверхность частиц пленки минеральных компонентов (гидроокиси алюминия, гидроокиси кремния и других). Предприятие производит диоксид титана по техническим условиям ТУ 20.12.11-001-17547702-2023 «Диоксид титана пигментный» [6], с гарантийным сроком хранения - 24 месяца со дня изготовления.

В таблице 1 приведены марки диоксида титана, выпускаемые Армянским Филиалом ООО «Титановые инвестиции».

Таблица 1. Марки двуокиси титана по ТУ 2321-001-17547702-2023
и их применение

№	Марки	Назначение
1.	TiOx-220	Применяется в производстве лакокрасочных материалов, в том числе водно-дисперсионных с хорошей атмосферостойкостью, пластмасс, искусственной кожи, пленочных материалов, бумаги, керамических изделий.
2.	TiOx-230	Применяется для производства лакокрасочных материалов, в том числе водно-дисперсионных красок, для покрытий высокой атмосферостойкости и с высокими декоративными свойствами, пленочных материалов, бумаги, керамических изделий.
3.	TiOx-270	Применяется для производства лакокрасочных материалов для покрытий высокой атмосферостойкости и с хорошими декоративными свойствами, полиграфических красок. пленочных материалов, бумаги, керамических изделий.
4.	TiOx-271	Применяется для производства печатных красок на водной и сольвентной основе, декоративных и промышленных покрытий на водной и сольвентной основе, порошковых красок и покрытий для жестяной тары, лаков для дерева, пленочных материалов, бумаги, керамических изделий.
5.	TiOx-280	Универсальный пигмент для промышленных покрытий и красок.

Марки диоксида титана вышеуказанных технических условий соответствуют маркам международного стандарта ISO 591-1 -2001 «Пигменты для красок на основе диоксида титана. Часть 1. Технические условия и методы испытаний», а именно марка Р-1 соответствует марке R1, марки Crimea TiOx-220, Crimea TiOx-230, Crimea TiOx-270, Crimea TiOx-271, Crimea TiOx-280 соответствуют марке R2.

По физико-химическим показателям диоксид титана должен соответствовать нормам, указанным в таблице 2.

Таблица 2. Физико-химические показатели

Наименование показателя	Р-1	Crimea TiOx-220	Crimea TiOx-230	Crimea TiOx-270	Crimea TiOx-271	Crimea TiOx-280
1	2	3	4	5	6	7

1. Массовая доля двуокиси титана, %, не менее	93	93	90	93	94	92
2. Массовая доля рутильной формы, %, не менее	97	97	97	97	97	97
3. Массовая доля летучих веществ, %, не более	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
4. Массовая доля веществ, растворимых в воде %, не более	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
5. pH водной суспензии	6,5-8,0	6,5-8,0	6,5-8,0	6,5-8,0	6,5-8,0	6,5-8,0
6. Остаток на сите с сеткой 0045, %, не более	0,15	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01
7. Разбеливающая способность, условные единицы, не менее	1700	1800	1900	1900	2050	1900
8. Укрывистость, г/м ² , не более	40	35	35	35	27	35
9. Диспергируемость, мкм, не более	Не нормируется	15	15	13	13	13
10. Белизна, условные единицы, не менее	95,3 94,3	96,1 95,1	96,8 95,8	96,6 96,6	96,6 96,6	96,8 95,8
11. Маслосоемкость, г/100 г пигмента, не более	25	25	25	25	25	25

Диоксид титана упаковывается в бумажные мешки массой нетто 25 кг, а также в разовые мягкие специализированные контейнеры типа МКР (биг-бэг) массой нетто 500 кг и 1000 кг.

В декабре 2022 г. и апреле 2023 г. с целью изучения качества диоксида титана в процессе длительного хранения в неотапливаемом кирпичном складе готовой продукции завода изготовителя – АФ ООО «Титановые инвестиции» были сформированы экспериментальные штабели диоксида титана в мешках и мягких контейнерах типа биг-бэг. Характеристика упаковки:

- мешки бумажные (25 кг) общим весом на поддоне 1 тонна, в два яруса по высоте. Марки: TiOx -220, TiOx -230, TiOx -271, TiOx -280;

- биг-бэги весом 1 тонна без картонной прокладки, в два яруса по высоте. Марки TiOx -220, TiOx -230 и TiOx -271.



Рисунок 1. Мешки на поддоне опытного штабеля



Рисунок 2. Контейнеры биг-бэг весом 1 т в штабеле в 2 яруса по высоте

ОТК завода ежеквартально проводился внешний осмотр диоксида титана и упаковки, отбор проб и испытания на соответствие требованиям НД, полученные данные сводились в таблицы.

В феврале 2024 г. дополнительно был сформирован еще один экспериментальный штабель из мягких контейнеров типа биг-бэг весом 1 тонна с укреплением стенок контейнера картоном, в два яруса по высоте, марка диоксида титана TiO_x - 220.

В августе 2025 г. на складе завода был проведен комиссионный осмотр диоксида титана и упаковки, а также отбор проб продукции из бумажных мешков и биг-бэгов для испытаний, на

соответствие требованиям нормативно-технической документации. Комиссионный осмотр и отбор проб проводился совместно сотрудниками ФГБУ НИИПХ Росрезерва и сотрудниками АФ ООО «Титановые инвестиции».

Внешний осмотр упаковки показал, что мешки и биг-бэги целые, без следов повреждения и увлажнения; вертикальность штабелей не нарушена. С февраля 2024 года, заложенные на хранение биг-беги, как с укрепляющей картонной прокладкой (рисунок 4б), так и без картона (рисунок 4а), не потеряли форму и вертикальное расположение на поддонах при хранении в 1-2 яруса по высоте.



Рисунок 3. Контейнеры биг-бэг весом 1 т в штабеле в 2 яруса по высоте – без картонной прокладки (а) и с картонной прокладкой (б)

Как видно из Рисунка 3 а,б, биг-беги как с укрепляющей картонной прокладкой, так и без картона устойчивы, расположены строго вертикально, в 2 яруса по высоте без нарушения формы упаковки.

Внешний осмотр диоксида титана показал, что:

- в бумажных мешках диоксид титана белого цвета, слеживаемость продукции не наблюдается;

- диоксид титана в биг-бэгах верхнего яруса, как с усилением картоном, так и без него, белого цвета, без следов слеживаемости;

- диоксида титана в биг-бэгах нижнего яруса, как с усилением картоном, так и без него, белого цвета, верхний слой, уплотненный.

Для проведения испытаний образцы диоксида титана отбирались из бумажных мешков и биг-бэгов экспериментальных штабелей. Отбор проб проводился в соответствии с требованиями ГОСТ 9980.2 и ТУ 20.12.11-001-17547702-2023.



Рисунок 4. Вскрытие упаковок



Рисунок 5. Внешний вид диоксида титана в верхнем контейнере (а) и нижнем (б)



Рисунок 6. Отобранные пробы диоксида титана (а) и подготовка их квартованием для проведения анализов (б)

После отбора проб мешки и биг-бэги тщательно упакованы и сформированы в штабели в два яруса по высоте для дальнейшего наблюдения до окончания эксперимента. В 2026 году будет проведен повторный осмотр влияния штабелирования на качественные показатели диоксида титана с выдачей заключения о возможности длительного хранения биг-бэгов в два яруса по высоте.

Выводы

1. Производство диоксида титана – это сложное, много-ступенчатое химическое производство. Завод - производитель Армянский Филиал ООО «Титановые инвестиции» производит марки диоксида титана рутильной формы. Каждая партия выпускаемой продукции сопровождается сертификатом качества.

2. Упаковка продукции производится в бумажные мешки весом 25 кг, в биг-бэги массой нетто 500 кг и 1 тонна.

3. Внутренняя конструкция биг-бэга изготавливается из специальных вставок – стабилизаторов (ребер жесткости, компенсаторов), которые позволяют сохранить форму контейнера даже при стабильной динамической нагрузке и сохранять устойчивое вертикальное положение при штабелировании.

4. Внешний осмотр упаковки показал, что мешки и биг-бэги целые, без следов повреждения и увлажнения; вертикальность штабелей не нарушена.

5. Внешний осмотр диоксида титана показал, что:

- в бумажных мешках диоксид титана белого цвета, слеживаемость продукции не наблюдается;

- диоксид титана в биг-бэгах верхнего яруса, как с усилением картоном, так и без него, белого цвета, без следов слеживаемости;

- диоксида титана в биг-бэгах нижнего яруса, как с усилением картоном, так и без него, белого цвета, верхний слой уплотненный.

Список литературы

1. Мюллер Б., Пот У. Лакокрасочные материалы и покрытия. Принципы составления рецептур. М. ООО «ПэйнтМедиа», 2007, 237 с.
2. Фрейтаг В., Стойе Д. Краски, покрытия и растворители: состав, производство, свойства и анализ. Пер. с англ. Изд. 2-е перераб.; под ред. Э.Ф. Ицко. СПб. Профессия, 2007, 526 с.
3. Молчанов В.И., Юсупов Т.С. Физические и химические свойства тонко диспергированных минералов. М. Недра, 1981, 160 с.
4. Павлуненко Л.Е., Губа Л.Н. Характеристика свойств титановых пигментов для лакокрасочных материалов, «Строительство и техногенная безопасность», 2013, № 46, 56-62 с.
5. ГОСТ 9808-84 «Двуокись титана пигментная. Технические условия».
6. ТУ 20.12.11-001-17547702-2023 «Диоксид титана пигментный».

УДК339.166.82;621.796;65.018

Т.Б. Гусева, к.б.н., с.н.с., О.М. Караньян, главный специалист, отдел продовольственных товаров, ФГБУ НИИПХ Росрезерва

ПОДХОДЫ К ФОРМИРОВАНИЮ ЗАПАСА КАЧЕСТВА ДЛЯ ПРОДУКЦИИ ДЛИТЕЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ

В статье рассматриваются проблемы формирования запаса качества продовольственных товаров, подходы и решения для увеличения хранимостпособности пищевой продукции, предназначенной для длительного хранения.

Ключевые слова: продовольственные товары, запас качества, длительное хранение, ускоренное старение.

T.B. Guseva, O.M. Karanyan, Federal State Budgetary Institution Research Institut of Storage Problems of the Federal Reserve

INCREASING THE SHELF LIFE OF CONDENSED MILK AS A STRATEGIC TASK

The article discusses the extension of the shelf life of canned whole milk with sugar, including the use of dihydroquercetin as an antioxidant.

Keywords: dairy canned goods, whole condensed milk with sugar, dihydroquercetin, expiration date.

Проблема сохранности продовольствия играла существенную роль на протяжении всей истории человечества. В Московском Кремле издавна существовал городской житный двор для хранения запасов, и эта сторона Кремля была наиболее защищена от вражеских нападений.

Еще Петр I уделял большое внимание качеству продуктов, предназначенных для запаса, и их сохранности. Он требовал, чтобы хлеб закупали «сухой овинный, а не сырмомолотый», наказывал «смотреть накрепко», чтобы принимать только хорошее зерно. Принимаемый на длительное хранение хлеб «должен быть нестарый, а от нового урожая, ибо хранящийся в ямах быв оттуда вынут, подвергается скорой порче» [1].

Издревле и поныне особую значимость имеют вопросы по разработке и внедрению инновационных технологий, которые обеспечивают высокую сохранность продовольственных товаров на весь период хранения.

В систему Росрезерва на длительное хранение поступает широкий ассортимент пищевой продукции, который включает в себя практически все группы продовольственных товаров. Накопленный практический опыт показывает, что продовольственные товары, предназначенные для хранения в государственном материальном резерве, должны отвечать особым требованиям.

В связи с этим существует необходимость установления научно-обоснованных дополнительных требований к качеству и безопасности продукции.

Формирование запаса качества продовольственных товаров для их гарантированной сохранности в течение длительного времени требует постановки и решения следующих задач:

- снижение интенсивности физических, химических, биохимических процессов, происходящих при длительном хранении продовольственных товаров;
- предотвращение развития микробиологических процессов в длительно хранящихся и впоследствии реализуемых продуктах питания;
- сокращение товарных и других потерь при длительном хранении продуктов питания в целях экономии финансовых средств на пополнение определенного запаса;
- регулирование условий и соблюдения сроков хранения

продуктов питания, чтобы при выпуске они соответствовали заданным требованиям к качеству и безопасности;

- определение критичных показателей качества и безопасности продуктов питания.

Основные требования к продовольственным товарам длительного хранения - это высокий уровень потребительских характеристик и потребительской приемлемости, возможность длительного сохранения ключевых показателей качества товаров [2, 3].

Ключевые характеристики качества представлены, как правило, ограниченным перечнем показателей. Показатели качества в процессе хранения подвержены изменениям в соответствии с кинетикой соответствующих химических и биохимических реакций. При этом качество товара определяется уровнем наиболее лабильного показателя, а иногда интегрального показателя ряда лабильных характеристик. Обеспечив высокий исходный уровень наиболее лабильных показателей качества или замедление темпов их снижения в процессе хранения, можно существенно влиять на качество товаров и продолжительность их жизненного цикла [4].

Увеличение срока годности продовольственных товаров является одной из важнейших задач для ФГБУ НИИПХ Росрезерва, и подход к ее решению был сформирован через разработку и внедрение новых технологий производства, ужесточение и введение новых требований к сырью и упаковке, разработку соответствующих нормативных документов. Работы по данному направлению на протяжении многих лет проводятся совместно с профильными научными институтами. Например, был увеличен срок годности молока сгущенного с сахаром с 12 до 24 месяцев, в основном за счет изменения технологии и ужесточения требований к сырью.

Учитывая, что товары с увеличенным сроком хранения должны обладать уникальными характеристиками, которые самопроизвольно не могут быть обеспечены рынком, необходимо

сформулировать эти характеристики в виде технического задания промышленности.

Индикаторами процессов, идущих в товарах при хранении, служат критичные показатели качества. К числу таких процессов могут быть отнесены: биологические, химические, биохимические, физические, физико-химические и микробиологические процессы. В ФГБУ НИИПХ Росрезерва проводятся комплексные исследования продукции с целью выявления критичных показателей качества и безопасности, влияющих на хранимоспособность.

Одним из методов оценки изменения качества продукции длительного хранения служит метод «ускоренного старения», который включает в себя исследование продукта при повышенных температурах. При использовании метода искусственно создается ситуация, при которой период порчи и значение кинетического фактора химической реакции значительно ускоряются во времени, а быстротечность реакции становится достаточно высокой. Продукт проходит свой «жизненный цикл порчи» за существенно более короткий период времени, чем при натурном хранении [2], что позволяет значительно сэкономить время и прогнозировать определенные показатели качества и сроки годности продовольственных товаров.

Объектами одного из проведенных недавно исследований для выявления критичных показателей качества являлась продукция следующих групп:

- консервированная продукция;
- бакалейная продукция;
- кондитерская продукция.

Для выбранных групп были разработаны методики ускоренного старения, выбраны лабильные характеристики качества продукции и измененные условия хранения, что позволило значительно сократить продолжительность исследований и прогнозировать динамику определенных показателей качества. Испытания проводились по критичным показателям, указанным в каждой

конкретной методике. Одновременно с ускоренными испытаниями проводились стандартные (нормальные) испытания продукции, хранящейся в складских условиях.

В ходе дальнейшего исследования оценивалась лабильность и информативность каждого показателя для конкретной продукции и целесообразность включения их в перечень контролируемых показателей. Показатели качества и безопасности оценивали на соответствие требованиям нормативных и законодательных документов. Также контролировали дополнительные показатели, характеризующие проходящие в продукции процессы окислительной порчи.

Для более полного контроля изменений, происходящих при ускоренном старении и натурном хранении, для каждого вида продукции были разработаны балльные шкалы органолептической оценки, а для круп введен дополнительный показатель: органолептическая оценка сваренной крупы.

В нашем исследовании, помимо прочего, мы рассматривали влияние сортности на хранимospособность. Например, в случае крупы пшено ярко видно, что органолептические характеристики крупы высшего сорта гораздо более стабильны при ускоренном старении, чем для первого сорта. Похожие тенденции относительно влияния сорта были отмечены при рассмотрении критичных показателей окислительной стабильности при ускоренном старении. Полученные данные подтверждаются и натурным хранением. Таким образом, была установлена более высокая хранимospособность крупы пшено высшего сорта.

На основании проведенных исследований для различных видов продукции были установлены критичные показатели окислительной стабильности, имеющие выраженную динамику в процессе хранения:

- орехи грецкие – перекисное и тиобарбитуровое числа;
- крупа пшено – кислотность по спиртовой вытяжке, перекисное и кислотное числа;

- печенье – перекисное и кислотное числа;
- галеты - перекисное и кислотное числа;
- икра овощная - перекисное и кислотное числа;
- рыбные консервы – перекисное и кислотное числа.

При исследовании изменений показателей качества и безопасности продукции в процессе длительного хранения были отмечены взаимосвязанные изменения органолептических характеристик и критичных показателей окислительной стабильности.

Требования к качеству и безопасности пищевой продукции, закладываемой в государственный материальный резерв, разрабатываются на основе детального изучения динамики критичных показателей качества и безопасности, которые служат индикаторами процессов, происходящих при хранении.

В общепринятой практике используют требования, регламентированные в соответствующих ТР ТС и ГОСТ. Однако, для обеспечения хранимостпособности продукции, подлежащей закладке на длительное хранение, на основании проведенных научно-исследовательских работ ужесточены требования по отдельным показателям, внесены дополнительные характеристики, особые требования к производству и сырью. Также для обеспечения сохранности продукции в процессе длительного хранения устанавливаются дополнительные требования к упаковке, например, для консервированной продукции – толщина материала металлических банок и качество покрытия, для всей продукции – марка картона для изготовления ящиков.

Используемые подходы включают в себя установление требований к сырью, производству, качеству и безопасности продукции, что позволяет гарантировать количественную и качественную сохранность при соблюдении условий хранения и увеличить срок годности многих видов продовольственных товаров.

Список литературы

1. 90 фактов о государственных резервах /Под общей редакцией Д.Ю. Гогина — М.: ТД ДеЛи, 2021. — 400 с.

2. Сидоренко Ю.И. Требования к качеству продовольственных товаров длительного хранения // Пищевая промышленность. 2012. №12. С. 14-15.

3. Резго Г.Я., Николаева М.А. Теоретические основы хранения продовольственных товаров: монография. М., 2010.

4. Гусева Т.Б., Солдатова С.Ю., Караньян О.М. Многофакторный подход к качеству и безопасности продовольственных товаров длительного хранения // Инновационные технологии производства и хранения материальных ценностей для государственных нужд. – 2023. – № 18. – С. 49-55.

УДК 664.1

Е.В. Казанцев, ВНИИКП – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ САХАРИСТЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ

В процессе хранения и при транспортировке в региональные сети, кондитерские изделия различных групп, включая пастилу, мармелад, глазированные пралиновые конфеты, состоящие из пралинового корпуса на основе различного орехового сырья подвержены влиянию различных факторов, изменяющих реологию и структурно-механические свойства корпуса изделия и полуфабрикатов из которых состоят изделия, что приводит к появлению браковочных признаков, обусловленных процессами миграции влаги и жировой фракции продукции. В работе предложены методы оценки показателей пластической прочности изделий с использованием структурометра СТ-2 (Россия), включая модуль упругости глазури как составной части изделий при температурах 18 °С. Метод позволяет оценить динамику повышения или снижения прочности сахаристых изделий, включая конфеты с корпусами на основе арахиса, кешью, фундука и миндаля, что позволяет прогнозировать стабильность свойств кондитерских изделий, состоящих из двух и более полуфабрикатов в процессе хранения.

Ключевые слова: кондитерские изделия, оценка качества, реологические характеристики.

E.V. Kazantsev, VNIKIP – Branch of V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of RAS

EXPERIENCE OF USING DOMESTIC EQUIPMENT FOR ASSESSING THE STRUCTURAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF SUGAR CONFECTIONERY PRODUCTS

During storage and transportation to regional distribution networks, various confectionery products, including pastilles, marmalade, and glazed praline candies, consisting of a praline core made from various nut-based raw materials, are subject to various factors that alter the rheology and structural-mechanical properties of the core and the semi-finished products they are composed of. This leads to the emergence of rejection characteristics due to moisture and fat fraction migration. This paper proposes methods for assessing the plastic strength of products using an ST-2 structure analyzer (Russia), including the elastic modulus of the glaze as a component of the product at temperatures of 18°C. This method allows one to evaluate the dynamics of strength increase or decrease in sugar-containing products, including candies with cores made from peanuts, cashews, hazelnuts, and almonds, thereby predicting the stability of the properties of confectionery products consisting of two or more semi-finished products during storage.

Key words: confectionery products, quality assessment, rheological characteristics.

Получение качественных кондитерских изделий, включая глазированные, способных продолжительное время сохранять высокие показатели физико-химических, органолептических и структурно-механических свойств, является приоритетной задачей. Востребованный ассортимент таких изделий представлен группой пастиломармеладных изделий и конфет, состоящих из пралинового корпуса на основе орехового сырья.

В процессе хранения изменяется химический состав сахаристых кондитерских изделий, таких как мармелад, зефир, пасти-

ла, мармелад, конфеты, обусловленный такими факторами, как индивидуальным соотношением массовой доли влаги в корпусе, твёрдого и жидкого жира, составом орехового сырья, температурой хранения.

Значимый вклад в изменение реологических свойств глазурей в процессе хранения глазированных изделий вносит жиросодержащее ореховое сырьё. Благодаря высоким пищевым и энергетическим свойствам орехи широко применяются в производстве глазированных кондитерских изделий. Кешью и арахис содержат большее количество олеиновой кислоты, фундук – линолевой и снижают риск сердечно-сосудистых заболеваний у потребителя. Жидкие жиры наиболее подвержены процессам миграции жира, поэтому массовая доля твёрдого жира при различной температуре позволяет оценивать риск миграционных процессов.

При колебании температур от 25 °С до 30 °С, происходит сильное плавление глазури и неконтролируемая перекристаллизация, что приводит к «поседению». Во время охлаждения на поверхности могут образовываться микротрещины, которые могут служить порами для жиров с низкой температурой плавления, в результате чего происходит их миграция через поры к поверхности изделий и дальнейшая перекристаллизация на поверхности с появлением серо-белого налета. Жировое поседение часто не нравится потребителю и приводит к утилизации готовой продукции.

Реологические характеристики, такие как вязкость, прочность, предельное напряжение сдвига, учитывающие особенности химического состава и микроструктуры исследуемых образцов, используются для оценки качества кондитерских изделий. Исследования реологических свойств глазированных кондитерских изделий предполагают изучение пластической прочности и модуля упругости глазури.

Оценка реологических характеристик как правило проводится с использованием дорогостоящих анализаторов структуры, при этом такие задачи могут быть успешно решены на приборной базе отечественного производства, например, используя структурометр СТ-2 (РФ).

Упругие деформации показывают степень жёсткости исследуемого образца и подразделяются на объёмные, сдвиговые и деформации кручения. Упругая деформация (ε) пропорционально напряжению (σ) согласно закону Гука. Кондитерские изделия не являются идеально упругими телами, поэтому измеряется коэффициент пропорциональности между σ и ε – объёмный модуль упругости или модуль Юнга (E), который характеризует сопротивляемость исследуемого модельного образца упругой деформации сжатия (формула 1):

$$E=(F/S)/(x/h)=(F \times h)/(S \times x); \quad (1)$$

где F - приложенная сила, г;

E – модуль упругости;

S – площадь поверхности по которой распределено действие силы, мм;

h – высота образца до деформации, мм;

x – модуль изменения высоты образца в результате упругой деформации, мм.

В соответствии с разработанной рецептурой аналогичной кондитерским изделиям, реализуемым в торговых сетях, изготовлены модельные образцы, состоящие из пралинового корпуса на основе различного орехового сырья (фундук, миндаль, кешью) и арахиса, глазированные кондитерской глазурью лауринового типа № 1 и шоколадной кондитерской глазурью с высоким содержанием трансизомеризованных жирных кислот № 2 (рисунок 1).



Рисунок 1. Модельные образцы конфет на основе орехового сырья

Массы пралине на основе арахиса (арахис 43,1%, сахар белый 29,2%, какао масло 7,8%), на основе кешью (кешью 43,1%, сахар белый 29,8%, какао масло 7,8%), на основе миндаля (миндаль 11,7%, сахар белый 31,7%, какао масло 7,8%), на основе фундука (фундук 10,6%, сахар белый 32,9%, какао масло 7,8%).

Исследованы физико-химические характеристики образцов (таблица 1).

Таблица 1. Жирнокислотный состав жировой фракции пралиновых масс

Жирная кислота	Обозначение	Состав жирных кислот жировой фракции пралиновых масс, %			
		арахис-масло какао	фундук-масло какао	миндаль-масло какао	кешью-масло какао
Пальмитиновая	16:0	14,26	14,96	17,02	16,76
Маргариновая	17:0	0,17	0,13	0,13	0,18
Стеариновая	18:0	20,19	21,29	23,46	26,33
Олеиновая	18:1	56,57	56,31	47,72	45,34
Линолевая	18:2	2,97	5,35	10,83	9,00
Арахидиновая	20:0	1,79	1,00	0,65	1,10
Бегеновая	22:0	1,50	-	-	0,18

В ряду орехового сырья кешью-миндаль-фундук-арахис массовая доля олеиновой кислоты жировой фракции пралиновой массы увеличивается от 45,3% до 56,6%.

Состав жирных кислот обусловил различные изменения консистенции глазури при хранении модельных образцов конфет. Поэтому была исследована пластическая прочность двух наименований глазури в процессе хранения модельных образцов конфет с корпусами, изготовленными с использованием различного видов орехового сырья. Пластическая прочность глазури 1 уменьшилась за 8 недель хранения изделий с пралиновыми корпусами от 1150 – 1250 г до 780 – 1020 г для корпусов на основе кешью и миндаля и до 500 – 1000 г для корпусов на основе арахиса и фундука (рисунок 2).

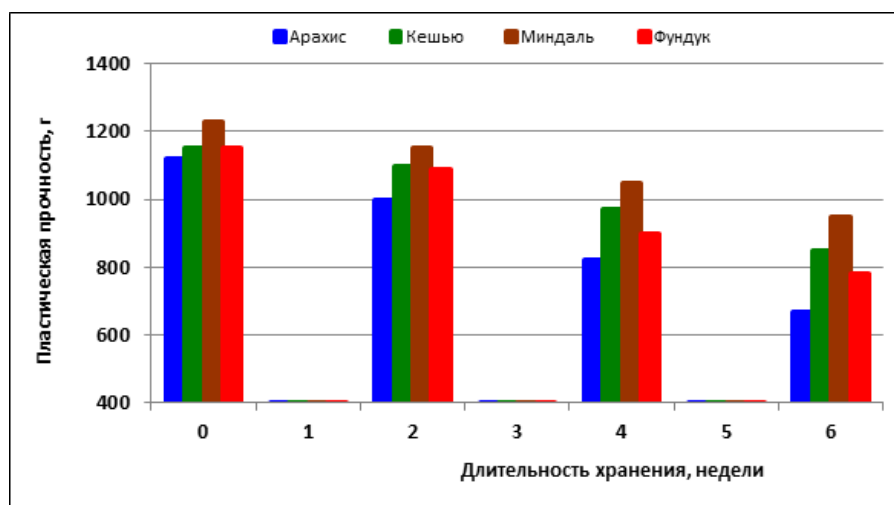


Рисунок 2. Изменение пластической прочности глазури 1 в процессе хранения модельных образцов конфет, изготовленных с использованием различного орехового сырья

Скорость изменения пластической прочности глазури 1 в процессе хранения модельных образцов конфет с корпусами на основе орехового сырья миндаль–кешью– фундук–арахис составила 42,5 : 46,3 : 71,3 : 87,5 г в неделю, соответственно.

Оценена сенсорная стабильность поверхности образцов глазированных пралиновых конфет, содержащих ореховое сырьё в процессе хранения. Установлено, что модуль упругости глазури изменяется в процессе хранения и зависит от состава корпусов конфет. При повышении температуры уменьшение модуля упругости глазури происходит с большей скоростью (рисунок 3).

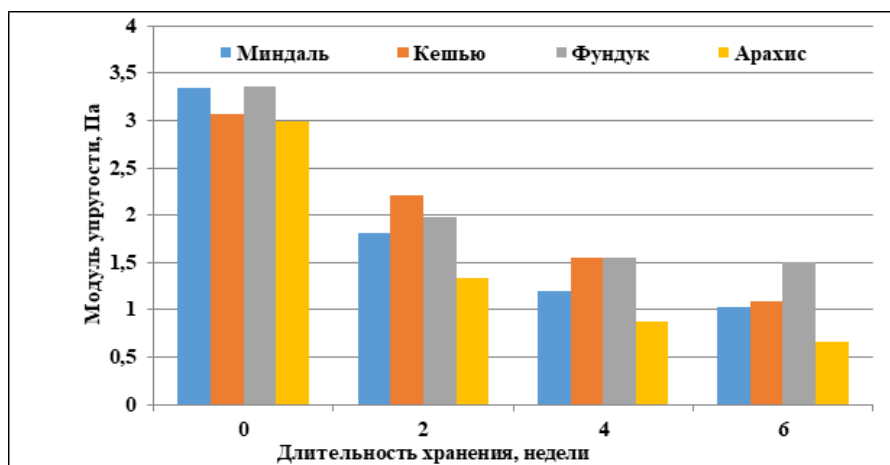


Рисунок 3. Изменение модуля упругости глазури пралиновых конфет, содержащих ореховое сырьё и арахис в процессе хранения при 27 °С

Снижение значений модуля упругости глазури образцов конфет с пралиновым корпусом на основе миндаля при 18 °С и 27 °С на 6-й неделе хранения сопоставимо со значениями модуля упругости образцов конфет на основе кешью и указывает на неустойчивость структурно-механических свойств глазури в процессе хранения.

При температуре 27 °С выявлено снижение значения модуля упругости глазури образцов конфет с корпусом типа пралине на основе арахиса на 77,5% относительно исходных образцов, что связано со значительным снижением массовой доли твердого жира и повышением скорости процессов миграции жиров арахиса.

Исследовано влияния вида орехового сырья для изготовления корпусов конфет на основе типа пралине на реологические свойства глазури (прочность, консистенция и др.).

Для прогнозирования срока годности и структурно-механических свойств конфет на основе орехового сырья предложено использовать модуль прочности глазури.

Установлено, что после 1,5 месяца хранения при температуре 27 °С модуль прочности глазури конфет с корпусами на основе арахиса, кешью, фундука и миндаля уменьшается в 1,1 - 2,3 раза быстрее по сравнению с конфетами, хранившимися при температуре 18 °С.

Полученные результаты могут быть использованы для обоснования дополнительных требований к используемому сырью при обосновании увеличенных сроков годности.

Список литературы

1. Mohos F.A. Confectionery and Chocolate Engineering: Principles and Applications, Second Edition/ F.A. Mohos. U.S.: Wiley-Blackwell. 2017. 792 p. doi:10.1002/9781444320527.fmatter.

2. Табарович А.Н., Худякова О.Д. Особенности влияния ассортимента и экспертизы качества шоколада в современных условиях / А.Н. Табарович, О.Д. Худякова // Сибирский торгово-экономический журнал. 2014. № 1(19). – С. 111-116.

3. Dahlenborg H., Millqvist-Fureby A., Bergenstahl B. Effect of shell microstructure on oil migration and fat bloom development in model pralines / H. Dahlenborg, A. Millqvist-Fureby, B. Bergenstahl // Food Structure. 2015. Vol. 5. - P. 51–65. doi.org/10.1016/j.foostr.2015.06.002.

4. Features of micro- and ultrastructure of low-fat butter and its low-fat analogues / Topnikova E.V., Pirogova E.N., Nikitina Y.V., et al. // Foodsystems. 2020. Vol. 3. No. 4. - P. 15-19. Doi.org/10.21323/2618-9771-2020-3-4-15-19.

5. Böhme B., Bickhardt A., Rohm H.. Pre-Crystallization of Nougat by Seeding with Cocoa Butter Crystals Enhances the Bloom Stability of Nougat Pralines / B. Böhme, A. Bickhardt, H. Rohm // Foods. 2021. Vol. 10. - P. 1056. doi.org/10.3390/foods10051056.

6. Ros E. Health benefits of nut consumption / E. Ros // Nutrients. 2010. Vol. 2. P. 652-682.

УДК 664.68

Е.В. Казанцев, ВНИИКП – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН

ЭФФЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИОКСИДА СЕРЫ В СЫРЬЕВЫХ КОМПОНЕНТАХ И КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЯХ

Сырьевые компоненты, применяемые в технологиях кондитерских изделий, могут содержать пищевые добавки, включая консервант диоксид серы (Е 220). Антимикробные свойства диоксида серы позволяют обеспечить высокие органолептические характеристики и сохранность сырьевых компонентов в течение заявленного производителем срока годности. Также этот консервант обладает антиоксидантными и отбеливающими свойствами, что определяет его востребованность при изготовлении кондитерской продукции. При этом высокое содержание диоксида серы в кондитерских изделиях может быть причиной аллергических реакций потребителей и последующих претензий к изготовителю. Согласно Техническому регламенту таможенного союза 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», содержание Е 220 в кондитерских изделиях не должно превышать 10 мг/кг продукта. Поэтому необходимы современные методы оценки данного консерванта в сырьевых компонентах и кондитерской продукции, позволяющие эффективно обосновывать их выбор. Проведена оценка различных наименований сырьевых компонентов на наличие консерванта диоксида серы йодометрическим и ферментативным методами. Полученные результаты могут быть использованы аналитическими лабораториями оценки качества кондитерской продукции для выявления причин содержания Е 220 более 10 мг/кг продукта.

Ключевые слова: диоксид серы, методы, сырьевые компоненты, кондитерские изделия.

E.V. Kazantsev, VNIKP – Branch of V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of RAS

**EFFECTIVE METHODS FOR THE DETERMINATION
OF SULFUR DIOXIDE IN RAW MATERIALS
AND CONFECTIONERY PRODUCTS**

Raw materials used in confectionery production may contain food additives, including the preservative sulfur dioxide (E 220). The antimicrobial properties of sulfur dioxide ensure high organoleptic characteristics and preserve raw materials throughout the manufacturer's stated shelf life. This preservative also has antioxidant and whitening properties, making it popular in confectionery production. High sulfur dioxide levels in confectionery products can cause allergic reactions in consumers and subsequent complaints against the manufacturer. According to Technical Regulations of the Customs Union 021/2011 "On Food Safety," the content of E 220 in confectionery products must not exceed 10 mg/kg of product. Therefore, modern methods for assessing this preservative in raw materials and confectionery products are needed to effectively justify their selection. Various raw materials were assessed for the presence of the preservative sulfur dioxide using iodometric and enzymatic methods. The obtained results can be used by analytical laboratories for assessing the quality of confectionery products to identify the causes of E 220 content of more than 10 mg/kg of product.

Key words: sulfur dioxide, methods, raw materials, confectionery products.

Кондитерские изделия и полуфабрикаты содержат дорогостоящие растительные сырьевые компоненты, обладают высокими органолептическими достоинствами и востребованы на международных рынках.

Высокие, заданные качественные характеристики сахаристых и мучных кондитерских изделий обусловлены в первую

очередь использованием высококачественного сырья и полуфабрикатов. Для повышения срока годности таких изделий необходимы пищевые добавки, включая консерванты. В соответствии с технической документацией ТР ТС 029/2012 «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств» по технологическим функциям диоксид серы – E220 (sulphur dioxide) является консервантом и антиокислителем. Предельно допустимое содержание диоксида серы и сульфитов (E221 – E227) в сырье и полуфабрикатах, применяемых для получения кондитерских изделий согласно ТР ТС 029/2012 (приложение 8), находится в широком диапазоне 50 – 2000 мг/кг (таблица 1).

Таблица 1. Предельное содержание диоксида серы в сырьевых компонентах

№ п/п	Наименование	мг/кг
1.	Фрукты сушеные: - абрикосы, персики, виноград (изюм), слива, инжир - бананы - яблоки и груши - другие, включая орехи в скорлупе	2000 1000 600 500
2.	Глазированные в сахаре (кондированные), фрукты, овощи, цукаты, даягиль	100
3.	Джемы, желе, мармелад, повидло, изготовленные с использованием сульфитированных фруктов и ягод	100
4.	Джемы, мармелады, желе, повидло с низким содержанием сахара и без сахара и другие аналогичные продукты	50
5.	Восстановленные (регидратированные) сухофрукты, пастеризованные	100

Преимущества диоксид серы заключаются в высоком антимикробном эффекте, отсутствии запаха, не горючести, способности ингибирования неферментативного потемнения растительных фруктово-ягодных компонентов.

Сложности при определении E220 связаны с его высокой реакционной активностью при взаимодействии с сахарами, альдегидами, кетонами. В результате таких химических взаимодействий диоксид серы в сырьевых компонентах находится в двух формах: связанной и свободной, что значительно затрудняет его определение аналитическими методами. Поэтому обоснование метода определения диоксида серы в сырье с целью минимизации содержания диоксида серы в кондитерских изделиях является актуальной проблемой.

В настоящее время разработаны различные методы для определения диоксида серы в сырьевых компонентах и кондитерских изделиях различных групп, для применения которых требуется дорогостоящее современное аналитическое оборудование. Так, в ГОСТ 34552-2019 «Изделия кондитерские. Методы определения диоксида серы» описан йодометрический метод, включающий стадию отгонки диоксида серы с паром с использованием дистилляционной установки, что не всегда отвечает возможностям по оснащённости лабораторным оборудованием производителя кондитерских изделий. Метод Монье-Вильямса также требует специального оснащения производственных лабораторий. Для возможности определения диоксида серы в сырьевых компонентах предпочтителен метод, исключающий специальные дорогостоящие лабораторные установки. Одним из таких методов является ферментативный метод с использованием фермента сульфитоксидазы (рисунок 1).

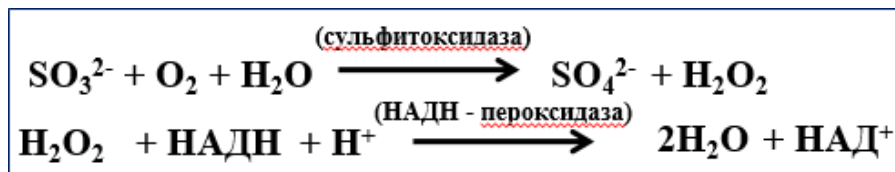


Рисунок 1. Принцип ферментативного метода определения диоксида серы в кондитерских изделиях

Ферментативный метод широко используется для определения различных форм диоксида серы в пищевых системах, включая растительные сырьевые компоненты, используемые при получении кондитерских полуфабрикатов и изделий.

Проведены исследования содержания диоксида серы в основных сырьевых компонентах, используемых для получения различных групп кондитерских изделий. В качестве объектов исследования обоснованы сахар белый кристаллический, патока крахмальная, фруктовые пюре, мука пшеничная высшего сорта, сухофрукты. Для определения общего содержания диоксида серы в исследуемых объектах применён ферментативный метод по ГОСТ 34552-2019 «Изделия кондитерские. Методы определения диоксида серы». Метод включал пробоподготовку исследуемого образца с использованием стадий ультразвуковой обработки и последующего фильтрования и центрифугирования, что позволило извлечь как свободную, так и связанную формы диоксида серы. Далее проводили спектрофотометрическое определение растворов образцов в двух повторностях для каждого исследуемого образца и расчёт содержания диоксида серы.

Установлено, что содержание диоксида серы в исследованных образцах основных сырьевых компонентов находилось в широких диапазонах. Так сахар белый содержал 8 – 16 мг/кг, патока крахмальная 20 – 45 мг/кг, пюре яблочное сульфитированное 70 – 100 мг/кг, мука пшеничная высшего сорта 6 – 12 мг/кг, чернослив 140 – 230 мг/кг.

Исследовано содержание диоксида серы в сахаристых кондитерских изделиях, жележном мармеладе, зефире, пастиле, сахарном печенье. Установлено, что образцы фруктовых пюре, предварительно обработанные диоксидом серы, вносят наибольший вклад в общее содержание консерванта в жележном мармеладе и пастиле. Так пюре из яблок, груши, сливы и клубники содержало 120 мг/кг, 150 мг/кг и 180 мг/кг консерванта, соответственно. В пастиле содержание диоксида серы составило 25-30 мг/кг, что мо-

жет быть объяснено использованным сульфитированного яблочного пюре, предварительно обработанного диоксидом серы.

Проведён анализ диоксида серы ферментативным методом в исследованных наименованиях кондитерских изделий (таблица 2).

Таблица 2. Содержание диоксида серы
в исследованных образцах сырья и изделий

№ п/п	Наименование	мг/кг
1.	Сахар белый	8 – 16
2.	Патока крахмальная	20 – 45
3.	Пюре яблочное сульфитированное	70 – 100
4.	Мука пшеничная высшего сорта	6 – 12
5.	Желейный мармелад	15
6.	Зефир	17 – 25
7.	Пастила	25-30

Исследования содержания диоксида серы в зефире и пастиле показали, что включение в состав этих изделий фруктово-ягодного пюре, крупных добавлений, таких как кусочки чернослива может приводить к содержанию диоксида серы более 10 мг/кг, при этом в сахарном печенье его содержание не превышало 5 – 7 мг/кг.

На основании проведённых исследований сделан вывод, что для эффективного определения содержания диоксида серы в кондитерских изделиях целесообразно использовать методы на основе ферментов, в частности сульфитоксидазу.

Список литературы

1. Казанцев, Е. В. Аналитические методы определения содержания диоксида серы и реологических свойств кондитерских

изделий / Е. В. Казанцев // Товаровед продовольственных товаров. – 2023. – № 8. – С. 470-473. DOI: 10.33920/igt-01-2308-03.

2. Guerrero, R.F., Cantos-Villar E. Demonstrating the efficiency of sulphur dioxide replacements in wine: A parameter review. Trends in Food Science & Technology. – 2015. – Vol. 42(1), – P. 27–43. DOI: 10.1016/j.tifs.2014.11.004.

3. Стеле, Р. Срок годности пищевых продуктов. Расчет и испытание / Под ред. Р. Стеле / Пер. с англ. В. Широкова / Под общ. ред. Ю.Г. Базарновой. СПб.: Профессия, 2006. 480 с.

4. Казанцев, Е. В. Определение содержания пищевой добавки E220 в кондитерских изделиях пенообразной структуры / Е. В. Казанцев, Н. Б. Кондратьев [и др.] // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2022. – № 5(389). – С. 59-61. DOI: 10.26297/0579-3009.2022.5.13.

5. ГОСТ 34552-2019 «Изделия кондитерские. Методы определения диоксида серы». – Москва: Стандартинформ. – 2019. – 17 с.

УДК 553.3.072; 669

*Е.С. Калущий, к.т.н., в.н.с., Т.А. Оськина, с.н.с., ФГБУ
НИИПХ Росрезерва*

ОСОБЕННОСТИ КОРРОЗИОННОГО ПОВЕДЕНИЯ МАГНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО, ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО ДЛЯ ДЛИТЕЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ

В настоящей работе проведено исследование особенностей коррозионного поведения магния металлического в химически активной среде. Рассмотрены вопросы влияния коррозии на качество магния, приведены микрофотографии поверхностей, а также показан состав поверхностного слоя образца и влияние элементов, в него входящих на коррозионное поведение продукции.

Ключевые слова: коррозия, магний металлический, микрофотографии поверхностей, примеси.

*E.S. Kalutsky, T.A. Oskina, Federal State Institution Scientific
Research Institute for storing Rosrezerva*

FEATURES OF THE CORROSIVE BEHAVIOR OF METALLIC MAGNESIUM INTENDED FOR LONG-TERM STORAGE

In this work, a study of the features of the corrosive behavior of metallic magnesium in a chemically active medium is carried out. The issues of the influence of corrosion on the quality of magnesium are considered, micrographs of surfaces are given, and the composition of the surface layer of the sample and the influence of the elements included in it on the corrosion behavior of products are shown.

Keywords: corrosion, titanium sponge, micrographs of surfaces, impurities.

Широкое применение магния в технике связано с его относительно высокой прочностью и низкой плотностью, а также со способностью легко обрабатываться и хорошо свариваться [1].

Высокий отрицательный потенциал магния делает его ценным материалом для протекторной защиты металлов от коррозии. Магниевые протекторы используются для защиты подземных и подводных трубопроводов, для внутренней защиты холодильников, конденсаторов, водонагревателей и других аппаратов химической промышленности, а также для защиты внешней обшивки кораблей. Для того чтобы предотвратить собственную коррозию и получить высокие токи, защищающие конструкции, протекторы рекомендуется изготавливать из магния самой высокой степени чистоты. Примеси меди, железа и никеля снижают эффективность защитного действия протектора [2,3].

Водные растворы солей в зависимости от их состава и величины pH оказывают различное коррозионное действие на магний и его сплавы. Растворы, содержащие ионы хлора, вызывают более значительную коррозию, чем растворы с сульфат- или нитрат-ионами, так как на металлической поверхности образуется очень пористая пленка. Магний и его сплавы, за исключением специальных сплавов с высоким содержанием марганца, корродируют в морской воде. При одинаковом содержании хлорида натрия скорость коррозии в морской воде значительно выше, чем в чистом растворе хлорида натрия из-за наличия в морской воде агрессивных сульфат-ионов. Нейтральные и щелочные растворы фторидов не агрессивны по отношению к магнию и его сплавам вследствие образования защитной пленки [4,5,6].

Соли, растворы которых в результате гидролиза имеют кислую среду, вызывают интенсивную коррозию магния [7].

Окислительно действующие соли проявляют повышенную агрессивность к магнию по сравнению с неокислительными. Исключение составляют хроматы, ванадаты и фосфаты, которые способны образовывать пленки, уменьшающие скорость коррозии магния и его сплавов, но не при повышенной температуре.

Исходя из приведенной информации, особый интерес вызывает исследование влияния коррозии на качество магниевого сырья.

В качестве образца для исследований применялся магний металлический в форме цилиндра, внешний вид которого представлен на рисунке 1.



Рисунок 1. Внешний вид образца магния металлического

Для проведения исследований было использовано оборудование, представленное на рисунке 2.



Рентгенофлуорисцентный
анализатор

Электронный металлографический
микроскоп

Рисунок 2. Оборудование, применяемое для исследования магния металлического

Результаты рентгенофлуорисцентного исследования образца представлен на рисунке 3.

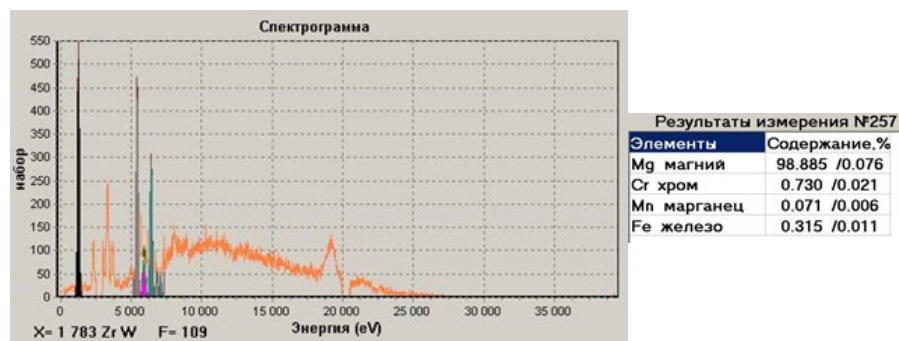


Рисунок 3. Результаты рентгенофлуорисцентного исследования образца магния металлического

Микрофотографии поверхности исходного образца представлены на рисунке 4.

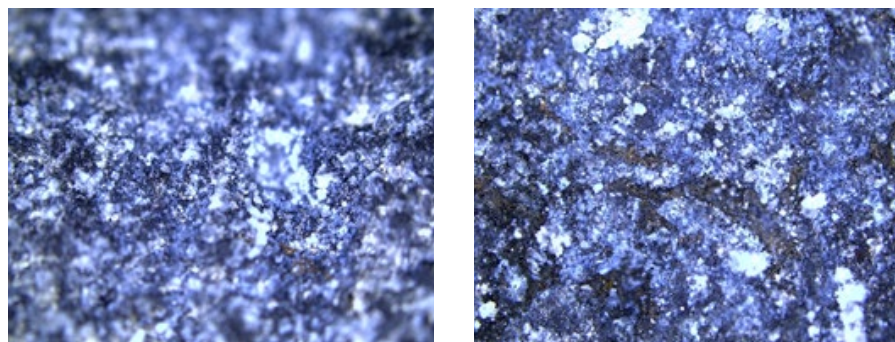


Рисунок 4. Микрофотографии поверхности образца магния металлического (×150)

Для исследования коррозионного поведения образец выдерживался в условиях повышенного окислительного воздействия в среде, содержащей окислительно действующие соли.

Внешний вид образца, подверженного окислительному воздействию представлен на рисунке 5.



Рисунок 5. Внешний вид образца магния металлического, подверженного коррозионному воздействию

Рентгенофлуорисцентный анализ испытанного образца показан на рисунке 6.

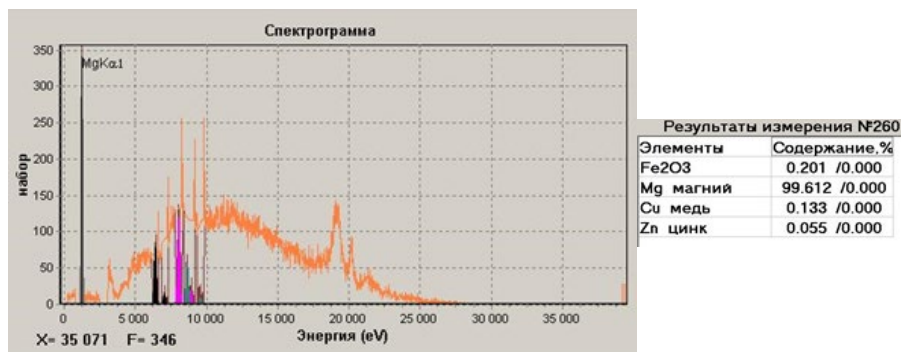


Рисунок 6. Результаты рентгенофлуорисцентного анализа испытанного образца магния металлического

Анализ рисунка 6 показывает наличие в поверхностном слое оксида железа, которое косвенно объясняет проявление коррозии металлического магния. Визуальное подтверждение наличия коррозионного воздействия на образец можно увидеть на рисунке 5, который также подтверждает снижение качества образца магния металлического, подверженного коррозионному воздействию.

Микрофотографии поверхности, подверженной коррозионному воздействию показан на рисунке 7.

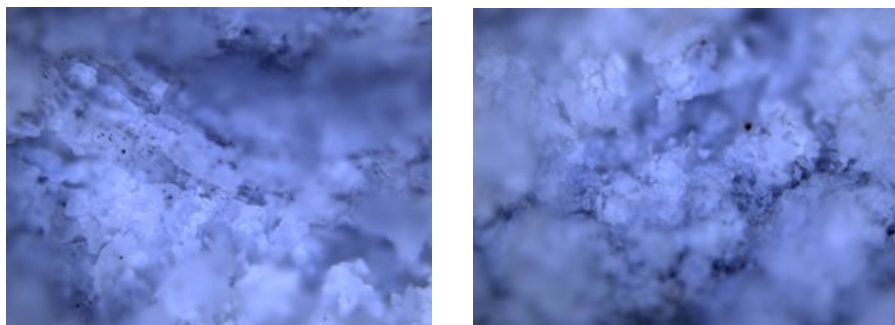


Рисунок 7. Микрофотографии поверхности образца магния металлического, подверженного коррозионному воздействию ($\times 150$)

Исходя из приведенных данных можно сделать вывод о снижении качественных показателей образца магния, подверженного коррозионному воздействию. Объяснить данное явление можно наличием в образце примесей, что подтверждается рентгенофлуорисцентным анализом образцов. Что касается чистого магния, то его можно рекомендовать для использования в качестве защитного покрытия, практически во всех средах.

Список литературы

1. Гапчич А.О., Щербань П.С., Летуновская О.Н., Новиков И.С. Получение металлического магния на основе полиминеральных руд Калининградско-Гданьского солеродного бассейна // Известия Уральского государственного горного университета. 2023. № 2 (70). С. 107-120.
2. Елшина Л.А., Эльтерман В.А., Вовкотруб Э.Г. Магний-графеновый металлический нанокompозитный материал // В сборнике: VI Всероссийская конференция по наноматериалам с элементами научной школы для молодежи. Сборник материалов. 2016. С. 368-369.
3. Полубояринов П.А. Использование металлического магния для обезвреживания медьсодержащих травильных растворов // В сборнике: Техносферная безопасность. Современные реалии.

Сборник материалов региональной научно-практической конференции. Под редакцией Н.Х. Месробян. 2018. С. 23-25.

4. Шевчик А.П., Фирсанова Т.В. О роли добавок алюминия и магния в процессах создания материалов для защитных и ремонтно-восстановительных покрытий на керамике // Депонированная рукопись ВИНТИ РАН № 983-B2007 19.10.2007.

5. Козлов И.А., Дуюнова В.А. Коррозия магниевых сплавов и современные методы их защиты // В сборнике: Развитие фундаментальных основ материаловедения легких сплавов и композиционных материалов на их основе для создания изделий аэрокосмической и атомной техники. сборник докладов Международной научно-технической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения выдающегося ученого-металловеда, академика РАН И.Н. Фридляндера. 2013. С. 36.

6. Норова М.Т., Вазиров Н.Ш., Иброхимов Н.Ф., Ганиев И.Н. Коррозия алюминиево-магниевых сплавов, легированных некоторыми редкоземельными металлами // Доклады Академии наук Республики Таджикистан. 2018. Т. 61. № 5. С. 480-484.

7. Синявский В.С. Особенности коррозии магниевых сплавов при широком применении // Технология легких сплавов. 2011. № 2. С. 77-85.

УДК 663.911.13

Н.В. Линовская, к.т.н., ВНИИКП – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН

ОБ АКТУАЛЬНОСТИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА КАКАО-БОБОВ

Какао-бобы – особое сырьё, пользующееся высоким спросом у производителей шоколадной продукции. В настоящее время обострилась ситуация с качеством какао-бобов из-за их неурожая в 2024 году. В межгосударственном и межнациональном стандартах установлены требования по содержанию дефектных какао-бобов в анализируемой пробе. Доминирующие показатели качества: массовая доля недоферментированных какао-бобов и их массовая доля жира не регламентируются в ГОСТ. В работе проведены исследования качества какао-бобов, представленных в настоящее время на российском сырьевом рынке. Показана необходимость актуализации нормативной документации на какао-бобы с целью закупки данного сырья надлежащего товарного качества.

Ключевые слова: какао-бобы, стандарт качества, контроль качества, дефекты какао-бобов.

N.V. Linovskaya, VNIKP - branch of FGBNU "V. M. Gorbatov Federal Research Center of Food Systems" RAS

ON THE RELEVANCE OF ASSESSING THE QUALITY OF COCOA BEANS

Cocoa beans are a special raw material, highly sought after by chocolate manufacturers. The cocoa bean quality situation has recently become acute due to the expected 2024 harvest failure.

Interstate and international standards set requirements for the content of defective cocoa beans in the analyzed sample. The dominant quality indicators—the mass fraction of underfermented cocoa beans and their mass fraction of fat—are not regulated by GOST. This paper examines the quality of cocoa beans currently available on the Russian raw materials market. The need to update regulatory documentation on cocoa beans in order to purchase this raw material of appropriate commercial quality is shown.

Keywords: cocoa beans, quality indicators, quality control, cocoa bean defects.

Семена дерева какао широко используются в производстве шоколадной продукции.

Как и любая сельскохозяйственная культура, дерево какао подвержено влиянию погодных условий, страдает от вредителей и болезней, а производство «шоколадных» семян зависит от многих социально-экономических факторов [1].

В 2024-2025 годах мировые цены на какао-бобы значительно выросли, в частности из-за их низкого урожая в странах лидерах рынка -Кот-д'Ивуаре и Гане. Вследствие этого вероятность закупки товара низкого качества предприятиями, перерабатывающими какао-бобы, весьма высока [2].

Согласно ГОСТ 32615-2014 какао-бобы разделяются на два сорта в зависимости от содержания в исследуемой партии заплесневелых, темно-серых, поврежденных насекомыми, проросших и плоских семян. При этом не учитывается количество бобов с плодовой мякотью и недоферментированных бобов, являющихся важнейшим показателем, влияющим на органолептические свойства готовой продукции. Также в ГОСТ 32615-2014 не отражены требования к количеству какао-бобов в 100 г – важнейшему критерию качества, влияющему на выход основных полуфабрикатов шоколадного производства – какао тертого и масла какао.

Не нормируются также такие важные показатели качества какао-бобов как плесневелые снаружи, слипшиеся (сросшиеся)

бобы и массовая доля жира, влияющие на качество шоколадного сырья [3].

Регулярный товароведческий анализ, закупаемых по контрактам какао-бобов, с целью их сортировки для производства шоколадной продукции премиум класса или массовых изделий – задача весьма актуальная.

Объекты и методы. Объектами исследования являлись образцы какао-бобов сортов: «криолло», «форастеро» и «тринитарио» из торговой сети г. Москва. Исследования проводились общепринятыми стандартными методами.

Результаты исследований. Произвели товароведческий анализ внешних и внутренних дефектов какао-бобов, а также исследовали их физико-химические показатели. К внешним дефектам какао-бобов относят количество посторонних примесей, плодовой мякоти, ломанных, слипшихся, проросших, тощих и с наружной плесенью бобов (табл. 1).

Таблица 1. Внешние дефекты какао – бобов

Сорт	Образец №	Внешние дефекты какао - бобов, %							Вес 100 штук, г
		Ломаные	Тощие	Слипшиеся	С плодовой мякотью	Проросшие	С наружной плесенью	Посторонние примеси	
«Криолло»	1	1,4	1,0	4,3	-	3,0	3,5	0,1	104,5
	2	1,0	2,7	0	2,7	2,0	0	0	128,0
«Форастеро»	3	2,0	11,0	0,7	7,7	2,3	0	0,1	92,31
	4	0	5,3	2,7	1,6	2,6	0,6	0,3	111,4
«Тринитарио»	5	0,3	1,6	0,3	0,6	1,6	0,0	0,1	124,5
	6	0	5,6	0,3	4,0	1,3	0,0	0	83,7

Требования в соответствии с нормативной документацией:								
ISO 2451:2017, %, не более	3,5	1,5	н/р	н/р	3,0	н/р	0,75	н/р
ГОСТ 32615-2014, %, не более	2,0 по у.к.	3,0					1,5 по у.к.	

н/р – не регламентируются; у.к. – условия контракта

Полученные данные свидетельствовали, что качество какао – бобов, оцениваемое по внешним дефектам, колебалось в широком диапазоне. Какао-бобы сорта «форастеро» и «тринитарио» не отвечали требованиям ISO 2451:2017 и ГОСТ 32615-2014 по показателю количество тощих какао-бобов. Кроме того, образец какао-бобов №3 характеризовался наличием большого количества семян с прилипшей плодовой мякотью -7,7%. Вес 100 штук какао-бобов среднего качества обычно составляет 100-120 г. Образцы №3 и №6 весят 83,7 г и 92,3 г соответственно, что свидетельствует об их незрелости.

Подсчитаны внутренние дефекты какао – бобов: «слейти», недоферментированные, с внутренней плесенью, поврежденные сельскохозяйственными (с/х) вредителями (табл. 2).

Таблица 2. Внутренние дефекты какао-бобов

Сорт	Образец №	Внутренние дефекты какао-бобов, %			
		«Слейти»	Недоферментированные	С внутренней плесенью	Поврежденные с/х вредителями
«Криолло»	1	4,0	6,0	1,0	1,0
	2	2,0	10,0	0,0	0
«Форастеро»	3	2,0	12,0	0,0	0
	4	2,0	6,0	0	0

«Тринитарио»	5	1,0	8,0	0,0	0
	6	7,0	19,0	0,0	0
Требования в соответствии с нормативной документацией:					
ISO 2451:2017 и ГОСТ 32615-2014, %, не более	3,0 -1 сорт 8,0 -2 сорт	н/р	3,0 -1 сорт 4,0 -2 сорт	3,0 - 1 сорт 6,0 - 2 сорт суммарно с тощими	

Как видно из таблицы 2, по количеству «слейти» какао-бобы «криолло» образец №1 и какао-бобы «тринитарио» образец №6 можно отнести ко второму сорту. Наибольшей степенью недоферментированности отличались какао-бобы: образец №2, №3 и №6.

Изучили физико-химические показатели семян дерева какао (табл.3).

Таблица 3. Физико-химические показатели какао-бобов

Сорт	Образец №	Физико-химические показатели		
		Массовая доля влаги, %	Массовая доля жира, %	Кислотное число, мг КОН/г жира
«Криолло»	1	5,2	46,3	21,0
	2	4,6	45,7	9,1
«Форастеро»	3	14,5	48,8	11,7
	4	5,3	50,6	9,1
«Тринитарио»	5	4,4	34,1	27,0
	6	5,1	43,9	11,0

Выявлено, что массовая доля влаги в какао-бобах составляет от 4,4% до 14,5%. При этом образец какао-бобов №3 очень влажный – 14,5%, в связи с чем, можно предположить, что они подверглись намоканию в процессе транспортировки или хранения.

Изучение нерегламентируемых характеристик какао-бобов показало, что их массовая доля жира существенно различалась. Образец № 5 имел наименьшую, а образец № 4 – наибольшую жирность (34,1% и 50,6% соответственно). Известно, что использование какао-бобов с низкой массовой долей жира приведет к значительному снижению выхода масла какао, а также к технологическим проблемам при его производстве.

Во всех сортах присутствовали группы семян как с низким содержанием свободных жирных кислот (9,1 мг КОН/г жира), так и с высоким – 27,0 мг КОН/г. При этом, чем выше кислотное число, тем кислее какао-бобы и шоколад, выработанный из такого сырья.

Закключение. Применение сырья, обладающего необходимыми технологическими и потребительскими свойствами, – важная задача для шоколадного производства.

Так как показатели качества изученных какао-бобов независимо от их сорта колебались в широком диапазоне, должна оцениваться каждая партия данного сырья, поступающего на производство.

Установление новых единых обязательных требований к какао-бобам и совершенствование инструментов оценки их показателей качества позволит обеспечить выпуск шоколадной продукции с высокими потребительскими свойствами.

Список литературы

1. Гаврилова Н.Г. Страны Африки в глобальном производстве и экспорте какао-бобов // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2024. №12. С. 107-115.
2. Lucette Adet, Danaë M.A. Rozendaal, et al. Cocoa tree performance and yield are affected by seasonal rainfall reduction // Agricultural Water Management. 2024. Vol.302. DOI: 10.1016/j.agwat.2024.108995.
3. Линовская Н.В., Мазукабзова Э.В., Белецкий С.Л. Новый подход к идентификации дефектов какао-бобов // Пищевая промышленность. 2024. № 7. С. 65-67.

УДК 665.753.4

В.В. Лунева, к.т.н., с.н.с., **В.А. Губарева**, н.с.,
А.А. Рудакова, н.с., ФАУ «25 ГосНИИ химмотологии Миноборо-
ны России»

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ ДИЗЕЛЬНЫХ ТОПЛИВ ЕВРО ПРИ ХРАНЕНИИ

Статья посвящена изучению качества дизельных топлив ЕВРО при хранении. Экспериментальные данные, полученные при исследовании, позволили установить изменения значений показателей, характеризующих физическую и химическую стабильность дизельных топлив ЕВРО и изменения эффективности действия противоизносных и повышающих цетановое число присадок при хранении.

Ключевые слова: дизельное топливо ЕВРО, стабильность, хранение, противоизносные присадки, присадки, повышающие цетановое число.

V.V. Luneva, V.A. Gubareva, A.A. Rudakova, Federal Autonomous Enterprise «The 25-th State Research Institute of Chemmotology, Ministry of Defence of the Russian Federation»

STUDY OF DIESEL FUEL STABILITY DURING RESERVOIR STORAGE

The article reports the quality examination of EURO diesel fuel during storage. The experimental data obtained during the study allow us to determine changes in the parameters characterizing the physicochemical stability of EURO diesel fuel, as well as changes in antiwear and cetane-boosting properties during storage.

Keywords: diesel fuel EURO, stability, storage.

Отечественные нефтеперерабатывающие заводы до 2005 г. производили дизельное топливо (далее – ДТ) по одному ГОСТ 305-82 [1], которое получали прямой перегонкой нефти с частичной гидроочисткой, и практически не содержащее присадок и имеющее гарантийный срок хранения 5 лет, который был установлен в результате многолетних исследований и испытаний.

Начиная с 2005 г. и по настоящее время, отечественная промышленность перешла на производство дизельных топлив с улучшенными экологическими характеристиками по: ГОСТ Р 52368-2005 (ЕН 590:2009) [2], ГОСТ 32511-2013 (ЕН 590:2009) [3] в которых гарантийный срок хранения устанавливался в договорах на поставку. В 2019 г. изменением № 1 к ГОСТ 32511-2013 установлен гарантийный срок хранения 1 год для дизельных топлив без депрессорно-диспергирующих присадок (ДДП) и 6 месяцев с ДДП; ГОСТ 305-2013 [4] в котором установлен гарантийный срок хранения 5 лет; ГОСТ Р 55475-2013 [5] в котором установлен гарантийный срок хранения 1 год. Во все дизельные топлива ЕВРО, за исключением выпускаемых по ГОСТ 305-2013, добавляются присадки различного функционального назначения, а компонентный состав в основном содержит фракции, полученные с использованием вторичных процессов переработки нефти.

Изменение качества горючего при хранении происходит в результате образования продуктов окисления, которые с течением времени выпадают в осадок, при этом стабильность и степень окисления топлива зависит не только от компонентного и углеводородного состава, но и от температуры окружающего воздуха, освещенности и влажности.

Для оценки химической стабильности и изучения особенностей хранения ДТ, выпускаемых по новым ГОСТ, были заложены на хранение в условиях необогреваемого складского помещения девять образцов дизельных топлив (как летних, так и зимних) в бочках БС-200 и в канистрах КС-20, выпущенных отечественными заводами по современным технологиям. В составе топлив содержались: гидроочищенные дизельные и кероси-

новые фракции, фракции гидрокрекинга, депарафинизированные и гидродеароматизированные дизельные фракции, прямогонные дизельные и керосиновые фракции, а также все образцы содержали противоизносные присадки (ПП) отечественного («Байкат», Адди ТОП СМ/AddiTOP L, Адди Макс СМ) и зарубежного (PS-32 (фирма Total), Dodilube 4940) производства. Образцы дизельного топлива ЕВРО содержали присадки повышающую цетановое число (ПЦ), как отечественного (ТУ 0257-081-07511608-2009, «Про-цетан плюс 51» марки А, «Экоцетан», Адди Макс ЦП), так и зарубежного (Dodicet 5073, «Kerobrisol EHN» (фирма BASF)) производства. Один образец дизельного топлива, кроме противоизносных и повышающих цетановое число присадок, содержал антиокислительную отечественную присадку Агидол-1.

Все 9 образцов ДТ были исследованы по некоторым показателям (значения которых могут изменяться в процессе хранения) ГОСТ Р 32511-2013 (ЕН 590:2009) и по дополнительным показателям: концентрация фактических смол по ГОСТ 8489; оптическая плотность по СТО 08151164-047-2010; кислотность по ГОСТ 5985; содержание адсорбционных смол по СТО 08151164-046-2010 и по методу определения стабильности дизельных топлив в условиях длительного хранения по СТО 08151164-047-2010.

Изменения качества дизельных топлив ЕВРО представлены в таблице 1, где, как типичный образец, представлены результаты исследования дизельного топлива ЕВРО, сорт С, экологического класса К5 марки ДТ-Л-К5 по ГОСТ 32511-2013 (ЕН 590:2009) следующего компонентного состава: фракция дизельного топлива гидроочищенная – 100 % масс., присадка противоизносная Dodilube 4940 (фирма Клариант) – 0,012 % масс., присадка, повышающая цетановое число Dodicet 5073 (фирма Клариант) – 0,004 % масс. (образец № 4). Марки летних дизельных топлив ЕВРО, сорта С, экологического класса К5 производятся отечественными нефтеперерабатывающими заводами в больших объемах.

Таблица 1. Изменения физико-химических и эксплуатационных свойств дизельного топлива ЕВРО (Образец № 4) в процессе хранения в бочке БС-200

Дизельные топлива ЕВРО по ГОСТ 32511-2013 образец № 4												
Проверяемые показатели	Методы испытаний	Дизельные топлива ЕВРО по ГОСТ 32511-2013 образец № 4										
		исх.	через 12 мес.	через 17 мес.	через 23 мес.	через 29 мес.	через 35 мес.	через 41 мес.	через 47 мес.	через 53 мес.	через 59 мес.	через 65 мес.
1 Цетановое число	По ГОСТ 3122	55,0	55,0	54,0	54,0	54,0	54,0	54,0	54,0	54,0	54,0	54,0
2 Смазывающая способность, скорректиро- ванный диаметр пятна износа (WSD1,4) при 60 °С, мкм	По ГОСТ Р ИСО 12156-1	388	405	406	410	412	419	414	423	428	450	460
3 Концентрация фактических смол, мг на 100 см ³ топлива	По ГОСТ 8489	4,0	9,0	14,0	10,0	10,0	5,0	1,0	12,0	2,0	4,0	19,0
4 Кислотность, мг КОН на 100 см ³ топлива	По ГОСТ 5985	0,88	0,91	1,18	1,28	1,30	1,32	1,38	1,42	1,63	1,96	1,78
5 Оптическая плотность, ед.	По СТ 08151164- 047-2010	-	0,177	0,194	0,207	0,216	0,213	0,237	0,236	0,225	0,222	0,224
6 Содержание адсорбционных смол, мг на 100 см ³ топлива	По СТО 08151164- 046-2010	490	-	450	422	390	308	199	173	236	360	280

7 Окислительная стабильность: общее количество осадка, г/м ³	По ГОСТ Р ЕН ИСО 12205	-	3,0	9,3	8,0	6,0	3,0	1,0	3,0	19,0	-	-
8 Стабильность дизельного топлива в условиях длительного хранения:	По СТ 08151164-047-2010											
- осадок, мг на 100 см ³ топлива		1,69	1,95	1,65	1,68	2,12	1,08	0,70	0,25	1,03	0,65	0,13
- концентрация фактических смол, мг на 100 см ³ топлива	По ГОСТ 8489	24,0	18,0	15,0	9,0	9,0	10,0	12,0	28,0	9,0	2,0	38,0
- кислотность, мг КОН на 100 см ³ топлива	По ГОСТ 5985	1,00	1,58	1,50	1,54	1,27	1,43	1,67	1,83	2,18	2,29	2,24
- оптическая плотность, ед.		0,300	0,266	0,266	0,306	0,319	0,294	0,343	0,347	0,319	0,313	0,317

Закономерности изменения основных показателей, характеризующих процесс окисления при длительном хранении дизельных топлив ЕВРО в бочках БС-200, представлены на рисунках 1-4. Представленные на рисунках закономерности характерны для всех исследованных дизельных топлив ЕВРО. Изменения качества дизельного топлива ЕВРО (Образец № 4) представлены в таблице 1.

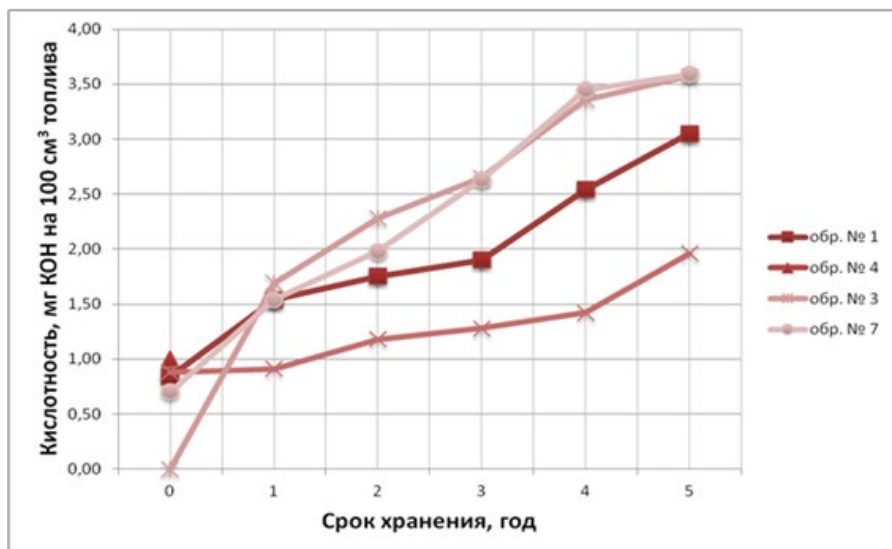


Рисунок 1. Изменение показателя «Кислотность» при опытном хранении дизельных топлив ЕВРО в бочках БС-200 в течение 5 лет

На рисунке 1 представлены для сравнения изменение показателя «Кислотность» при опытном хранении: образец № 1 ($R^2 = 0,961$), образец № 4 ($R^2 = 0,896$), образец № 3 ($R^2 = 0,906$), образец № 7 ($R^2 = 0,979$).

Полученные зависимости адекватно описывают изменение «Кислотности». Значение показателя с течением времени также растет независимо от марки топлива и его компонентного состава. Следует отметить, что у исходного (свежего) топлива, в

компонентном составе которого присутствует присадка Агидол-1 (образец № 3), кислотность отсутствовала, но в процессе опытного хранения это значение интенсивно увеличивалось, и если у образца № 1 и образца № 4 кислотность увеличилась максимум в 2 раза, то у образца № 3 – в 3,5. Образцы № 1 и № 4 топлива дизельного ЕВРО содержат в своем составе импортные противозносные присадки, а образцы № 3 и № 7 содержат отечественную присадку Байкат: образец № 3 – в количестве 0,03% масс, а образец № 7 – 0,13% масс. После пятилетнего хранения значения кислотности у этих образцов сравнялось и стало равным 3,57 и 3,59 соответственно. Это может быть связано с окислением самой присадки, так как она теряет свою эффективность в процессе хранения.

Но, несмотря на рост значений показателя «Кислотность» при опытном хранении в течение 5 лет у всех 9 образцов дизельных топлив численные значения не превышают нормы пункта 4.3 Программы квалификационных испытаний дизельных топлив и требований к этому показателю ГОСТ 305-2013 (не более 5 мг КОН на 100 см³ топлива). Изменения кислотности в процессе хранения у разных образцов составило от 0,8 мг КОН на 100 см³ топлива до 2,0 мг КОН на 100 см³ топлива и от 0 (отсутствие) до 3,5 мг КОН на 100 см³ топлива в среднем прирост составил 2,35 мг КОН на 100 см³ топлива, можно предположить, что если у закладываемого на хранение в бочках БС-200 дизельного топлива ЕВРО кислотность будет 4,0 мг КОН на 100 см³ топлива, то через 5 лет значение у заложенного дизельного топлива ЕВРО превысит норму на 2,35 мг КОН на 100 см³ топлива и станет не кондиционным.

Исходя из вышеизложенного следует, что необходимо измерять кислотность у дизельных топлив ЕВРО при закладке на хранение в бочках БС-200.

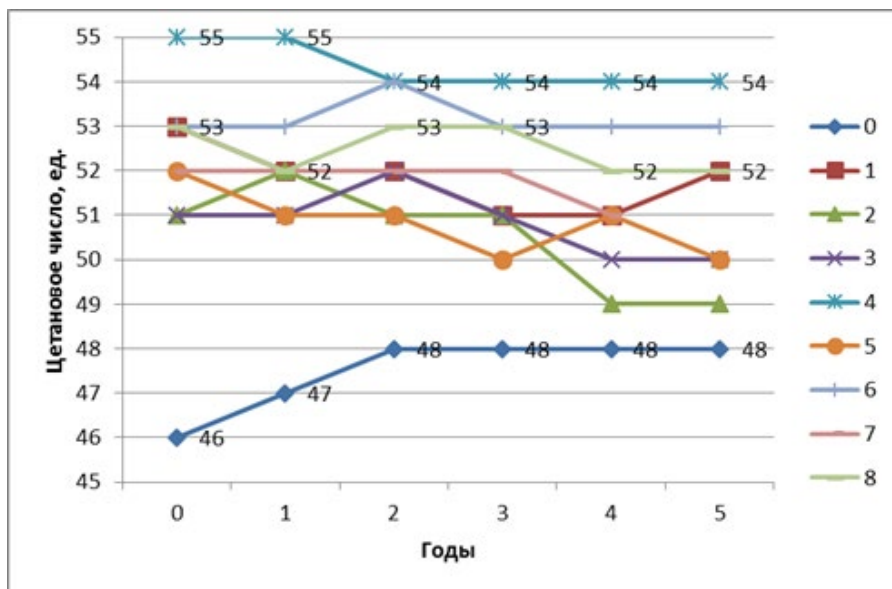


Рисунок 2. Изменение цетановых чисел дизельных топлив в процессе хранения

У дизельных топлив ЕВРО, «Цетановое число» которых, приводится к требуемой норме за счет введения промоторов воспламенения (присадок повышающих цетановое число), значения его несколько уменьшается на 1 ед. – 3 ед., в то время как у прямогонных дизельных топлив (ГОСТ 305-82) (график 0) при хранении за счет образования продуктов окисления (гидроперекисей и кислот) значения показателя сохраняются на протяжении всего срока хранения (47 ед. - 48 ед.). Известно, что в процессе хранения эффективность нитратных присадок, которые входят в состав дизельных топлив ЕВРО, снижается, причем, у отечественных сильнее, чем у зарубежных. Данные рисунка 2 подтверждают эти изменения (максимально на 3 ед.), но их интенсивность не такая, как отмечено в работе [6], там приведены исследования дизельных топлив, заложенных на хранения в канистрах, и изменение цетанового числа за 3 года составило от 1 ед. до 6 ед.

На рисунке 3 представлены изменения, в процессе 5 лет хранения, значений показателя «Смазывающая способность», который оценивает эффективность действия противоизносных присадок. Исследования проводили по методу ГОСТ Р ИСО 12156-1-2006 «Топливо дизельное. Определение смазывающей способности на аппарате HFRR». Образцы ДТ пронумерованы, аналогично, образцам на рисунке 3.

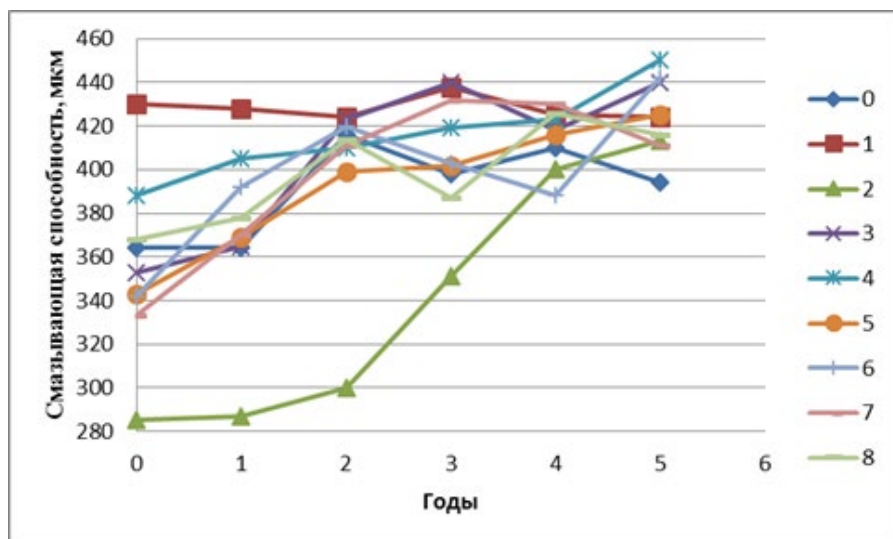


Рисунок 3. Изменение смазывающей способности дизельных топлив ЕВРО в процессе хранения

Не зависимо от того, отечественная или зарубежная противоизносная присадка содержится в топливах, эффективность действия снижается в процессе хранения за 5 лет (по показателю «Смазывающая способность» от 80 мкм до 130 мкм), но не превышает установленную норму по показателю «Смазывающая способность» 460 мкм.

По результатам этих исследований можно сделать предположение, что если у дизельного топлива ЕВРО, закладываемого на хранение значение по показателю «Смазывающая спо-

способность» будет 400 мкм и выше, то такое топливо после 5 лет хранения в бочках БС-200 будет не кондиционным.

В таблице 2 представлены результаты исследования по основным показателям, которые могут изменяться при длительном хранении дизельного топлива марки ДТ-3-К5 по ГОСТ 32511 компонентного состава: гидроочищенное дизельное топливо – 99,96% масс., промотор воспламенения – Адди Макс ЦП – 0,02% масс., противоизносная присадка Адди Макс СМ – 0,02% масс. после 5 лет хранения в канистре КС-20. В таблице 2 не представлены результаты исследования по таким показателям, как концентрация фактических смол по ГОСТ 8489; оптическая плотность по СТО 08151164-047-2010; содержание адсорбционных смол по СТО 08151164-046-2010 и по методу определения стабильности дизельных топлив в условиях длительного хранения по СТО 08151164-047-2010, так как эти изменения имеют циклический характер.

Анализируя результаты исследования можно сделать заключение, что хранение дизельных топлив ЕВРО в канистрах КС-20 возможно не более 2-3 лет, так как ухудшение значений показателей «Кислотность» и «Смазывающая способность» происходит более интенсивно, чем у ДТ, хранившихся в бочках БС-200 (таблица 1).

На предприятии Росрезерва также было заложено в РВС 5000 на хранение дизельное топливо ЕВРО, сорт С, вид III (ДТ-Л-К5) по ГОСТ Р 52368-2005 (ЕН 590:2009) компонентного состава: фракция дизельная гидроочищенная 100% масс., 0,015% масс. противоизносной присадки «PS-32» (фирма Total) и 0,019% масс. промотора воспламенения «Экоцетан» (ДТ-Л-К5).

В таблице 3 представлены результаты исследования по некоторым показателям (значения которых могут изменяться в процессе хранения) ГОСТ Р 52368-2005 (ЕН 590:2009) и по дополнительным показателям: концентрация фактических смол по ГОСТ 8489; оптическая плотность по СТО 08151164-047-2010; кислотность по ГОСТ 5985; содержание адсорбционных смол

Таблица 2. Изменения значений показателей физико-химических и эксплуатационных свойств ДТ-3-К5 по ГОСТ 32511 (хранение в КС-20)

Наименование показателя	Норма ГОСТ 32511	Метод испытаний	Срок хранения							
			Исх.	1 г.	2 г.	3 г.	3 г. 6 мес.	4 г.	4 г. 6 мес.	5 л.
1. Цетановое число	Не менее 47,0	ГОСТ 3122	53,0	52,0	51,0	49,0	49,5	49,0	49,0	48,5
2. Плотность при 15 °С, кг/м³	От 800,0 до 840,0	ГОСТ Р 51069	824,0	-	825,5	825,0	825,0	825,5	825,1	825,3
3. Массовая доля серы, мг/кг	Не более 10,0	ГОСТ ISO 20884	5,3	-	5,5	4,7	-	4,0	-	4,4
4. Температура вспышки в закрытом тигле, °С	Не менее 30	ГОСТ 6356	59	-	58	59	-	58	-	58
5. Смазывающая способность: скорректированный диаметр пятна износа при 60 °С, мкм	Не более 460	ГОСТ Р ИСО 12156-1	339	371	406	415	403	417	430	450
6. Предельная температура фильтруемости, °С	Не более минус 38	ГОСТ 22254	минус 46	-	минус 47	минус 46	минус 47	минус 46	минус 45	минус 45
7. Кислотность, мг КОН на 100 см³ топлива	Не более 5*	ГОСТ 5985	3,61	4,97	5,18	5,66	5,58	5,77	-	5,84
*Требование ГОСТ 305-2013										

по СТО 08151164-046-2010 и по методу определения стабильности дизельных топлив в условиях длительного хранения по СТО 08151164-047-2010 в процессе хранения в резервуаре РВС 5000 в течение 2-х лет.

Таблица 3. Результаты исследования изменения качества ДТ-Л-К5
в процессе хранения

Наименование показателя	Норма по ГОСТ Р 52368-2005	Методы испытаний	Результаты испытаний		
			Исходные данные	Через 1 год	Через 2 года
1. Цетановое число	Не менее 51,0	ГОСТ 3122	51,7	52,2	52,0
2. Плотность при 15 °С, кг/м ³	820 - 845	ГОСТ Р 51069	831,5	832,0	832,0
3. Массовая доля серы, мг/кг для топлива вид III	Не более 10,0	ГОСТ ISO 20884	8,0	7,8	7,0
4. Температура вспышки в закрытом тигле, °С	Не ниже 62	ГОСТ 6356	65	67	68
5. Смазывающая способность, скорректированный диаметр пятна износа (WSD1,4) при 60 °С, мкм	Не более 460	ГОСТ Р ИСО 12156-1	403	380	385
6. Фракционный состав: при температуре 250 °С, % (по объему) при температуре 350 °С, % (по объему) 95 % (по объему) перегоняется при температуре, °С	Менее 65	ГОСТ 2177	41,4	36,0	34,6
	Не менее 85		97,9	97,0	97,3
	Не выше 360		331,7	335,0	338,5

7. Предельная температура филь- труемости, °С	Не выше минус 5	ГОСТ 22254	Минус 10	Минус 9	Минус 9
8. Концентрация фактических смол, мг на 100 см ³ то- плива	Не более 40*	ГОСТ 8489	8,0	10,5	9,5
9. Кислотность, мг КОН на 100 см ³ топлива	Не более 5**	ГОСТ 5985	1,70	1,85	1,98
10. Оптическая плотность, ед.	Не более 2*	СТО 08151164 -047-2010	0,101	0,094	0,106
11. Содержание адсорбционных смол, мг на 100 см ³ топлива	Не более 2000*	СТО 08151164 -046-2010	210	190	208
12. Стабильность дизельного то- плива в условиях длительного хра- нения:		СТО 08151164 -047-2010			
- осадок, мг на 100 см ³ топлива	Не более 5,0*		0,5	0,7	0,8
- концентрация фактических смол, мг на 100 см ³ то- плива	Не более 60,0**	ГОСТ 8489	20,0	28,0	34,0
- кислотность, мг КОН на 100 см ³ топлива	Не более 6,0*	ГОСТ 5985	2,67	3,15	3,88
- оптическая плот- ность, ед.	Не более 2*		0,200	0,180	0,209
Примечание: * - норма по ГОСТ 305-82, ** - норма по программе квалификационных испытаний для дизельных топлив.					

Результаты, представленные в таблицах 1 и 2, свидетельствуют, что изменения качества дизельного топлива ДТ-Л-К5 в процессе хранения соответствуют теоретическим предположениям [7, 8] и за два года изменились не значительно. Содержание серы снижается, температура вспышки растёт, кислотность увеличивается, а значения таких показателей как концентрация фактических смол, содержание адсорбционных смол, оптическая плотность изменяются волнообразно, что отмечалось ранее при более длительных сроках хранения [9].

Сопоставляя данные приведенные выше, явно прослеживается тенденция, чем больше объем топлива заложенного на хранение, тем медленнее изменяется его качество. По техническим причинам не удалось закончить проведение исследований изменения качества дизельного топлива ЕВРО при длительном хранении в резервуаре РВС 5000.

Проведенные исследования позволяют дать следующие рекомендации. Хранение дизельных топлив ЕВРО по ГОСТ Р 52368-2005 (ЕН 590:2009) и ГОСТ 32511-2013 (ЕН 590:2009) в бочках БС-200 возможно в течение 5 лет. Топлива, предназначенные для хранения, должны иметь значения показателей «Смазывающая способность» и «Кислотность» меньше нормы на 130 мкм и на 2 мг КОН на 100 см³ топлива, соответственно. Хранение дизельных топлив ЕВРО в канистрах КС-20 возможно не более 2-3 лет.

Контроль значений показателей «Смазывающая способность» и «Кислотность» должен осуществляться после 2 лет хранения дизельных топлив ЕВРО в бочках БС-200 и через каждые 6 месяцев хранения в канистрах КС-20.

В настоящее время проводится опытное хранение в разных климатических районах дизельных топлив, соответствующих экологическим требованиям ЕВРО, в резервуарах различной емкости. По результатам 5-летнего хранения будут даны соответствующие рекомендации по срокам и особенностям хранения дизельных топлив ЕВРО в резервуарах.

Список литературы

1. ГОСТ 305-82 «Топливо дизельное. Технические условия». – М.: Издательство Стандартов, 1982. - 28 с.
2. ГОСТ Р 52368-2005 «Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия». – М.: ФГУП «Стандартинформ», 2005. - 28 с.
3. ГОСТ 32511-2013 «Топливо дизельное. Технические условия». - М.: ФГУП «Стандартинформ», 2014. - 15 с.
4. ГОСТ 305-2013 «Топливо дизельное. Технические условия». – М.: ФГУП «Стандартинформ», 2014. - 23 с.
5. ГОСТ Р 55475-2013 «Топливо дизельное зимнее и арктическое депарафинированное. Технические условия. – М.: ФГУП «Стандартинформ», 2013. - 9 с.
6. Митусова Т.Н., Сафонова Е.Е. и др. Стабильность дизельного топлива при длительном хранении //Нефтепереработка и нефтехимия. – 2017. - № 4. – С.9-13.
7. Вольф М.Б. Химическая стабилизация моторных и реактивных топлив. Издательство «Химия». - Москва. 1970 – С. 376.
8. Саблина З.А. «Состав и химическая стабильность моторных топлив» Изд-во «Химия», 1972. 278 с.
9. Лунёва В.В., Губарева В.А. Исследования стабильности дизельных топлив ЕВРО при длительном хранении // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2022. - №8-9. – С. 28-32.

УДК 691.173;678.019.3

О.Н. Магаюмова, с.н.с., **Н.С. Минеева**, м.н.с., комплексный отдел по эксплуатации основных фондов и технологии хранения промышленных товаров, ФГБУ НИИПХ Росрезерва

СТАРЕНИЕ НАТУРАЛЬНЫХ ТЕХНИЧЕСКИ СПЕЦИФИЦИРОВАННЫХ КАУЧУКОВ

В данной статье рассматриваются основные факторы, влияющие на старение технически специфицированных каучуков при длительном хранении, механизм старения, изменение качественных показателей каучуков в результате старения.

Ключевые слова: натуральный технически специфицированный каучук, длительное хранение, старение, факторы старения, механизм старения.

O.N. Magayumova, Senior Researcher, **N.S. Mineeva**, Junior Researcher. Complex Department for the Operation of Fixed Assets and the Technology of Storage of Industrial Goods, Federal State Budgetary Institution Research Institute of Storage Problems of the Federal Reserve

AGING OF NATURAL TECHNICAL SPECIFIED RUBBERS

This article discusses the main factors affecting the aging of technically specified rubbers during long-term storage, the aging mechanism, and the changes in the quality characteristics of rubbers resulting from aging.

Keywords: natural technical specified rubber, long-term storage, aging, aging factors, aging mechanism.

При хранении натуральных технически специфицированных каучуков (ТСНК, TSR), а также при хранении и эксплуатации резиновых изделий на их основе, происходит неизбежный процесс естественного старения, приводящий к ухудшению свойств. Старение – результат воздействия на каучук температуры окружающей среды, света, жидких агрессивных сред, кислорода воздуха и особенно озона.

Процессы старения разделяются на физические и химические. Процессы физического старения обратимы. Они не приводят к разрыву или сшиванию полимерных цепей. В качестве примера можно привести процессы кристаллизации, перекристаллизации или проникновения в полимер нежелательных растворителей, которые вызывают межкристаллитную коррозию и приводят к ухудшению механических свойств полимерных изделий. Процессы химического старения необратимы. Они приводят к разрыву химических связей, а иногда и к сшивке макромолекул, изменению химической структуры, понижению или увеличению молекулярной массы полимера [1, 2].

В результате старения каучуков происходит изменение их качественных характеристик: снижается прочность при растяжении, эластичность и относительное удлинение, повышаются гистерезисные потери и твердость, уменьшается сопротивление истиранию, изменяется пластичность, вязкость и растворимость невулканизированного каучука, что приводит к уменьшению продолжительности эксплуатации резиновых изделий на его основе.

Стабильность каучуков – их способность не менять свойства (быть устойчивыми) под влиянием окружающей среды в процессе переработки, эксплуатации и хранения.

Неполярные каучуки, к которым относятся натуральные технически специфицированные каучуки, менее устойчивы к старению. Их сопротивление старению определяется, главным образом, особенностями молекулярной структуры, положением двойных связей и их количеством в основной цепи.

В связи с тем, что роль факторов, активирующих окисление, меняется в зависимости от природы и состава полимерного материала, различают в соответствии с преимущественным влиянием одного из факторов следующие виды старения:

1) тепловое (термическое, термоокислительное) старение в результате окисления, активированного теплом;

2) утомление – старение в результате усталости, вызванной действием механических напряжений и окислительных процессов, активированных механическим воздействием;

3) окисление, активированное металлами переменной валентности;

4) световое старение – в результате окисления, активированного ультрафиолетовым излучением;

5) озонное старение;

6) радиационное старение под действием ионизирующих излучений;

7) старение, вызываемое воздействием на полимерный материал жидких агрессивных сред (кислот, щелочей, горюче-смазочных материалов) [3,4,5].

Накопленный к настоящему времени экспериментальный материал и его анализ позволяют выделить наиболее «агрессивные» виды воздействия. К таким видам воздействия относят в первую очередь температуру и озон.

Температура значительно влияет на процесс старения каучуков. В зависимости от диапазона температур и преобладающих процессов происходят разные изменения свойств материала:

ниже $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ Кристаллизация, стеклование, потеря эластичности, охрупчивание; **$-30...+70\text{ }^{\circ}\text{C}$** Медленное окисление, постепенное изменение физико-механических свойств;

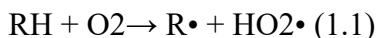
$+70...+150\text{ }^{\circ}\text{C}$ Термоокислительная деструкция, ускоренная потеря прочности и эластичности, ресурс сокращается примерно вдвое на каждые $10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

выше $+150\text{ }^{\circ}\text{C}$ Термическая деструкция, деполимеризация, размягчение и разрушение структуры.

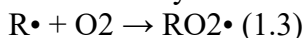
Высокая температура способствует окислительной реакции между кислородом и молекулами каучука, в результате чего молекулярные цепочки разрываются или увеличивается плотность поперечных связей, что приводит к затвердеванию каучука.

Тепловое (термоокислительное) старение – результат одновременного воздействия тепла и кислорода. Окислительные процессы являются главной причиной теплового старения в воздушной среде [6].

Термическое окисление каучуков является разветвленным цепным процессом, и осуществляется в соответствии с приведенной ниже схемой:



Образовавшийся свободный радикал ($R\cdot$) присоединяет кислород с большой скоростью, так как энергия активации этой реакции близка к нулю:



Радикал $RO_2\cdot$ участвует в реакции передачи цепи, отрывая водород от молекулы каучука, как показано ниже:



Для ненасыщенных каучуков, содержащих в молекуле подвижные водородные атомы в α -положении к двойным связям, то есть атомы, связь которых с углеродом ослаблена эффектом сопряжения, энергия активации реакции (1.4) не превышает 16,7 – 37,7 кДж/моль.

При тепловом старении натуральных технически специфицированных каучуков в большей мере развиваются деструктивные процессы, приводящие к уменьшению условных напряжений при заданных удлинения и повышению остаточных деформаций.

Озон оказывает сильное влияние на старение натуральных технически специфицированных каучуков и резин на их основе даже в незначительной концентрации.

Озон присоединяется к каучуку по двойным связям с образованием озонидов, распад которых приводит к разрыву макромо-

лекул. Кроме того, при озонировании одновременно развиваются окислительные процессы. Скорость озонного старения возрастает при увеличении концентрации озона, повышении температуры и при воздействии света [7]. Понижение температуры приводит к резкому замедлению данного вида старения. Скорость реакции озона с двойной связью $C = C$ в 100000 раз выше, чем скорость реакции озона с одинарной связью $C - C$.

Естественное старение дает точную характеристику устойчивости каучука к старению в конкретных климатических условиях.

Основной недостаток метода естественного старения – его длительность, поэтому чаще используются более кратковременные методы искусственного старения.

Ускоренное старение технически специфицированных натуральных каучуков - это процесс искусственного ускорения деградации свойств материала под воздействием определённых условий с целью получения эффекта естественного старения в более короткие сроки. Такие испытания позволяют оценить устойчивость натуральных технически специфицированных каучуков к старению и прогнозировать срок хранения.

В настоящее время нет других приемов ускорения теплового старения каучука, кроме как повышения температуры и давления кислорода. Поскольку повышение давления на практике реализовывать достаточно сложно, задача сводится к установлению корреляции между данными старения при разных температурах.

Температурная зависимость изменения свойств данного типа натурального каучука при старении может показаться весьма сложной, в особенности, если критерием старения служат изменения стандартных физико-механических параметров вулканизатов на его основе.

Относительное удлинение при разрыве является наиболее характерным показателем при изучении процессов старения каучука.

В настоящее время в ФГБУ НИИПХ Росрезерва разработана методика проведения ускоренного климатического старения технически специфицированного каучука марки SIR20 и прогнозирования изменения его свойств в процессе старения на основе кинетического уравнения зависимости свойств от температуры и времени.

Достоверность полученных результатов обеспечивается использованием стандартных методов исследования с применением современного оборудования, прошедшего метрологическую поверку.

Список литературы

1. Заиков Г.Е. Современное состояние и перспективы развития исследований в области старения полимеров, используемых в производстве и хранении пищевых продуктов (обзор) / Г.Е. Заиков // Пластические массы. – 1993. - №4. - С. 39.

2. Корсуков В.Е. Кинетика деструкции полимеров в механически напряженном состоянии / В.Е. Корсуков, В.И. Веттергренъ, И.И. Новак, Л.П. Зайцева // Высокомолекулярные соединения. - 1974, - №7 Т. (А) 16. - С. 1538.

3. ГОСТ 9.707-81 Материалы полимерные. Методы ускоренных испытаний на климатическое старение. М.: Изд-во стандартов, 1982.

4. ГОСТ 9.713-86 Единая система защиты от коррозии и старения резины. Метод прогнозирования свойств при термическом старении. М.: Изд-во стандартов, 1987.

5. ГОСТ ISO188-2013 Резины и термоэластопласты. Испытания на ускоренное старение и теплостойкость. М.: Стандартинформ, 2014.

6. Гойхман Б.Д. Имитация теплового старения и силовых воздействий при хранении и эксплуатации изделий из полимерных материалов / Б.Д. Гойхман // Пластические массы. – 1971. - № 2. – с. 56.

7. Изменение свойств резин в процессе длительного хранения в натуральных условиях: тематический обзор. – М.: ЦНИИ-ИТЭнефтехим, 1974. – 28 с.

УДК 661.185.74;004.056

О.Н. Магаюмова, с.н.с., **Н.С. Минеева**, м.н.с.,
Г.Б. Белокурова, и.о. начальника отдела, комплексный отдел по
эксплуатации основных фондов и технологии хранения промышлен-
ленных товаров, ФГБУ НИИППХ Росрезерва

**КЛАССИФИКАЦИЯ, ХАРАКТЕРИСТИКИ, ОБЛАСТИ
ПРИМЕНЕНИЯ, УСЛОВИЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ
И ХРАНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ
ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДЛЯ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ.
ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ
И ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

*В данной статье представлена информация о пеноо-
бразователях, находящихся применение при тушении различных
видов пожаров, рассмотрены технические характеристики и
особенности применения каждого типа пенообразователя.*

*Ключевые слова: пенообразователи для тушения пожаров,
поверхностно-активные основы, технические характеристики
пенообразователей, назначение, требования безопасности.*

*O.N. Magayumova, Senior Researcher, N.S. Mineeva, Junior
Researcher, G.B. Belokurova, Acting Head of Department. Integrated
Department for Operation of Fixed Assets and Storage Technology
of Industrial Goods Federal State Budgetary Institution Research
Institute of Storage Problems of the Federal Reserve*

**CLASSIFICATION, CHARACTERISTICS, APPLICATIONS,
CONDITIONS FOR TRANSPORTING A
ND STORAGE OF VARIOUS TYPES
OF FOAMING AGENTS FOR EXTINGUISHING FIRES
SAFETY AND ENVIRONMENTAL REQUIREMENTS**

*This article provides information on foaming agents
used in extinguishing various types of fires, considers the*

technical characteristics and features of the use of each. type of foaming agent.

Key words: foaming agents for firefighting, surface-active bases, technical characteristics of foaming agents, purpose, safety requirements.

Применяемые для тушения пожаров пенообразователи, называемые еще пенными концентратами, представляют собой концентрированные растворы поверхностно-активных веществ (ПАВ). Для получения пенообразующего раствора исходный пенный концентрат – пенообразователь разбавляют на 94-99% водой так, чтобы содержание пенообразователя в рабочем растворе составляло не более шести объемных процента.

Концентрация рабочего раствора зависит от типа пенообразователя. Различие связано с природой ПАВ, на основе которого изготовлен пенообразователь.

Пенообразователи (пенные концентраты) представляют собой многокомпонентные водные растворы, в состав которых входит одно или несколько поверхностно-активных веществ, добавки, обеспечивающие термическую или гидростатическую устойчивость пены, низкую температуру замерзания пенного концентрата, ингибиторы коррозии и вещества, обеспечивающие совместимость перечисленных выше компонентов.

По природе поверхностно-активной основы пенообразователи делятся на протеиновые (фторпротеиновые), синтетические (фторсинтетические), спиртостойкие.

Синтетические (углеводородные) – дешевые, долго хранятся, относятся к пенообразователям общего назначения, обычно применяются для борьбы с огнем в жилых домах. Может генерироваться пена от низкой до высокой кратности. Данный тип пенообразователя для пожаротушения имеет наиболее длительный срок хранения по сравнению с другими типами.

Фторсинтетические – образуют пленку с высокой плотностью, которая прекращает горение за счет отсутствия досту-

па воздуха к очагу огня. Основное применение – тушение горючего. При этом пленка препятствует повторному появлению пожара.

Протеиновые – изготавливаются с использованием растительного сырья. Назначение – тушение пожаров в тех случаях, когда требуется длительное время сохранять структуру пены. Подвержены воздействию гнилостных микроорганизмов, поэтому для защиты от них в пенообразователь вводят антисептические средства.

Фторпротеиновые – образуют раствор с самой высокой плотностью, при этом мало способствующий образованию коррозии. Фторпротеиновые пенные составы применяют зимой для гашения нефтепродуктов. Они же используются для тушения морских пожаров, так как хорошо сочетаются с морской водой.

Спиртостойкие. Вышеуказанные пенообразователи не годятся для тушения горящих спиртов, альдегидов и кетонов. Для этих веществ используется спиртостойкий состав пенообразователя для пожаротушения. Это разновидность фторсинтетических пенообразователей с добавлением водорастворимых полимеров, служащих для образования поверхностной пленки, делающей пену долговечнее.

В России на пенообразователи для тушения пожаров действуют два национальных стандарта: ГОСТ Р 50588 [1] и ГОСТ Р 53280.2 [2].

Отечественные ГОСТы разделяют пенообразователи на составы общего и специального назначения, плёнкообразующие.

Общие – универсальные, с их помощью борются с бытовыми пожарами, возгораниями горюче-смазочных материалов, горючих жидкостей, твердых и плавящихся веществ.

Смачиваемые (плёнкообразующие) – предназначены для гашения пожаров жидкого топлива, растекшегося или находящегося в резервуарах, образуют плотную пленку, отсекающую вещество от контакта с воздухом.

Целевые – предназначены для конкретных условий, например, морская соль придает пене морозоустойчивость, что позволяет бороться с огнем зимой во время сильных холодов.

Основные типы пенообразователей, используемые в России, представлены на рисунке 1.



Рисунок 1. Основные типы пенообразователей, используемые в России

Где:

- AFFF (aqueous film-forming foam): Синтетический фторсодержащий пленкообразующий пенообразователь целевого назначения для тушения горючих жидкостей;
- FFFP (film-forming fluoroprotein foam): Протеиновый фторсодержащий пленкообразующий пенообразователь целевого назначения для тушения горючих жидкостей;
- FP (fluoroprotein foam): Протеиновый фторсодержащий пенообразователь целевого назначения для тушения горючих жидкостей;
- AFFF/AR (aqueous film-forming foam/ alcohol resistance): Синтетический фторсодержащий пленкообразующий спиртоустойчивый пенообразователь целевого назначения для тушения водорастворимых и водонерастворимых горючих жидкостей;
- AFFF/AR-LV (aqueous film-forming foam / alcohol resistance – low viscosity): Синтетический фторсодержащий пленкообразующий спиртоустойчивый пенообразователь целевого на-

значения низкой вязкости для тушения водорастворимых и водонерастворимых горючих жидкостей;

- FFFP/AR (film-forming fluoroprotein foam / alcohol resistance): Протеиновый фторсодержащий пленкообразующий спиртоустойчивый пенообразователь целевого назначения для тушения водорастворимых и водонерастворимых горючих жидкостей;

- FP/AR (fluoroprotein foam / alcohol resistance): Протеиновый фторсодержащий спиртоустойчивый пенообразователь целевого назначения для тушения водорастворимых и водонерастворимых горючих жидкостей;

- S/AR (synthetic foam / alcohol resistance): Синтетический спиртоустойчивый пенообразователь целевого назначения без содержания фторированного поверхностно-активного вещества для тушения водорастворимых и водонерастворимых горючих жидкостей;

- S (synthetic foam): Синтетический пенообразователь, не содержащий фторированные поверхностно-активные вещества для тушения пожаров;

- WA: Синтетический пенообразователь, не содержащий фторированные поверхностно-активные вещества, используемый для тушения пожаров в качестве смачивателя.

Пенообразователи помимо типов имеют множество подтипов согласно своим свойствам: вязкость, кратность пены, биоразлагаемость, процент дозирования, срок хранения и прочие.

Ввиду того, что протеиновые/фторпротеиновые пенообразователи имеют высокую стоимость, а также подвержены при хранении микробиологической порче, они имеют ограниченный спрос. Наиболее востребованы синтетические и фторсинтетические пенообразователи.

Одним из лидеров по производству синтетических пенообразователей в России является ООО «ЭГИДА ПТВ». Данное предприятие производит все типы пенообразователей общего и

целевого назначения и смачиватели, которые применяются при тушении пожаров в различных отраслях народного хозяйства.

ООО «ЭГИДА ПТВ» – первое предприятие в России, которое освоило производство пенообразователей типа AFFF. Кроме этого, им впервые в мире был разработан и запатентован состав пенообразователя общего назначения с 1% рабочей концентрацией, который по заключению ведущих специалистов пожарной охраны по своим техническим и эксплуатационным параметрам превосходит лучшие зарубежные аналоги.

Синтетические пенообразователи, выпускаемые ООО «ЭГИДА ПТВ» можно подраздели на 3 группы:

1. Фторсинтетические плёнкообразующие пенообразователи целевого назначения.

К ним относятся пенообразователи марок ПО-А3F и «Меркуловский».

2. Фторсинтетические плёнкообразующие спиртоустойчивые пенообразователи целевого назначения

К ним относятся пенообразователи марок «Полярный» и «Полярный LV».

3. Синтетические пенообразователи, не содержащие фторированные поверхностно-активные вещества

К ним относятся пенообразователи марок ПО-НСВ, ПО-НСВ «Море», ПО-НСВ «АВИА», ПО-НСВ «Люкс», «Транспортный» НСВ.

Краткие технические характеристики пенообразователей, выпускаемых ООО «ЭГИДА ПТВ», представлены ниже.

Пенообразователь ПО-А3F

Выпускается по ТУ 2412-002-80824910-2012.

Пенообразователь ПО-А3F – фторсинтетический плёнкообразующий пенообразователь целевого назначения, предназначенный для приготовления водных растворов, используемых для тушения пожаров классов А и В пеной низкой, средней и высокой кратности с использованием питьевой, жёсткой и морской воды,

а также для подслоного тушения пожаров нефти и нефтепродуктов в резервуарах.

В соответствии с ГОСТ Р 50588-2012 и международной классификацией пенообразователь относится к типу AFFF (синтетические фторсодержащие пленкообразующие пенообразователи целевого назначения для тушения горючих жидкостей).

Пенообразователь не содержит в своём составе перфтороктансульфонатов, перфтороктановой кислоты и её солей.

Структура условного обозначения пенообразователя отражает объёмную концентрацию пенообразователя в водном (рабочем) растворе (1%, 3%, 6%) и температуру застывания:

- без обозначения – минус 15 °С

- М20, М25, М30, М35, М40, М45, М 50 (минус 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50 °С соответственно).

Пример записи пенообразователя:

Пенообразователь ПО-А3FM35ТУ2412-002-80824910-2012

(объёмная концентрация пенообразователя в водном (рабочем) растворе -3%, температура застывания 35 °С)

Пенообразователь ПО-А3F применяется в следующих случаях:

1. При тушении нефтепродуктов пеной низкой, средней и высокой кратности;

2. Для подслоного тушения пожаров нефти и нефтепродуктов в резервуарах;

3. Для подачи низкократной пены в слой и на поверхность горячей жидкости (комбинированный способ пожаротушения);

4. При тушении стабильного газового конденсата пеной низкой и средней кратности;

5. При тушении бензинов с высоким октановым числом;

6. При объёмном тушении пожаров пеной средней и высокой кратности;

7. При тушении пожаров на морских и речных судах, нефтеперерабатывающих установках, расположенных в акватории моря;

8. При тушении пожаров на прибрежных объектах, в зоне размещения которых существует дефицит пресной воды, в районах с повышенным содержанием в воде солей кальция и магния;

9. Для тушения наземных пожаров на воздушных судах;

10. Для покрытия взлётно-посадочных полос пеной при аварийных посадках самолётов;

11. При тушении пожаров стационарными установками с использованием распыливающих устройств;

12. Для защиты строительных конструкций, технологических аппаратов и хранящихся материалов от воздействия тепловых потоков.

Таблица выбора модификации пенообразователя

Модификации пенообразователя	Температура застывания, °С							
	- 15	- 20	- 25	- 30	- 35	- 40	- 45	- 50
ПО-1А3F	+	-	-	-	-	-	-	-
ПО-3А3F	+	+	+	+	+	+	+	-
ПО-6А3F	+	+	+	+	+	+	+	+

Пенообразователь «Меркуловский»

Выпускается по ТУ 2412-003-80824910-2012.

Пенообразователь "Меркуловский" – фторсинтетический плёнкообразующий пенообразователь целевого назначения, предназначенный для приготовления водных растворов, используемых для тушения пожаров классов А и В пеной низкой кратности с использованием питьевой, жёсткой и морской воды, а также для подслоного тушения пожаров нефти и нефтепродуктов в резервуарах.

В соответствии с ГОСТ Р 50588-2012 и международной классификацией пенообразователь относится к типу AFFF.

Пенообразователь не содержит в своём составе перфтороктансульфонатов, перфтороктановой кислоты и её солей.

Структура условного обозначения пенообразователя отра-

жает объёмную концентрацию пенообразователя в водном (рабочем) растворе (0,5 %, 1%, 3%, 6%) и температуру застывания:

- без обозначения – минус 15 °С

- М20, М25, М30, М35, М40, М45, М 50 (минус 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50 °С соответственно.

Пример записи пенообразователя:

Пенообразователь «Меркуловский» - 3%М35ТУ2412-003-80824910-2012

(объёмная концентрация пенообразователя в водном (рабочем) растворе -3%, температура застывания 35 °С)

Пенообразователь «Меркуловский» применяется в следующих случаях:

1. При тушении нефтепродуктов пеной низкой кратности;
2. Для подслоного тушения пожаров нефти и нефтепродуктов в резервуарах;
3. Для подачи низкократной пены в слой и на поверхность горячей жидкости (комбинированный способ пожаротушения);
4. При тушении стабильного газового конденсата пеной низкой кратности;
5. При тушении бензинов с высоким октановым числом пеной низкой кратности;
6. При тушении пожаров на морских и речных судах, нефтеперерабатывающих установках, расположенных в акватории моря;
7. При тушении пожаров на прибрежных объектах, в зоне размещения которых существует дефицит пресной воды, в районах с повышенным содержанием в воде солей кальция и магния;
8. При тушении пожаров стационарными установками с использованием распыливающих устройств;
9. Для защиты строительных конструкций, технологических аппаратов и хранящихся материалов от воздействия тепловых потоков.

Таблица выбора модификации пенообразователя

Модификации пенообразователя	Температура застывания, °С							
	- 15	- 20	- 25	- 30	- 35	- 40	- 45	- 50
«Меркуловский» - 0,5%	+	-	-	-	-	-	-	-
«Меркуловский» - 1%	+	+	+	+	+	-	-	-
«Меркуловский» - 3%	+	+	+	+	+	+	+	+
«Меркуловский» - 6%	+	+	+	+	+	+	+	+

Пенообразователь «Полярный»

Выпускается по ТУ 2412-004-80824910-2012

Пенообразователь «Полярный» – фторсинтетический плёнкообразующий спиртоустойчивый пенообразователь целевого назначения, предназначенный для приготовления водных растворов, используемых для тушения пожаров водорастворимых и водонерастворимых горючих жидкостей пеной низкой, средней и высокой кратности с использованием питьевой, жёсткой и морской воды.

В соответствии с ГОСТ Р 50588-2012 и международной классификацией пенообразователь относится к типу AFFF/AR (синтетические фторсодержащие пленкообразующие спиртоустойчивые пенообразователи целевого назначения для тушения водорастворимых и водонерастворимых горючих жидкостей).

Пенообразователь не содержит в своём составе перфтороктансульфонатов, перфтороктановой кислоты и её солей.

Пенообразователь относится к неньютоновским жидкостям. При работе с ним необходимо использовать оборудование, предназначенное для работы с данным типом жидкостей.

Структура условного обозначения пенообразователя отражает объёмную концентрацию пенообразователя в водном (рабочем) растворе (3%, 6%), кратность пены (низкая – Н; низкая, средняя, высокая - НСВ) и температуру застывания:

- без обозначения – минус 15 °С
- М20, М25, М30, М35 (минус 20, 25, 30, 35 °С соответственно).

Пример записи пенообразователя:

Пенообразователь «Полярный» - ЗНСВМ30ТУ2412-004-80824910-2012

(объёмная концентрация пенообразователя в водном (рабочем) растворе -3%, низкая, средняя, высокая кратность пены температура застывания 30 °С)

Пенообразователь «Полярный» применяется в следующих случаях:

1. При тушении нефтепродуктов пеной низкой, средней и высокой кратности;
2. При тушении пожаров водорастворимых горючих жидкостей (низшие спирты, эфиры, ацетон и др.) пеной низкой и средней кратности.
3. При тушении стабильного газового конденсата пеной низкой и средней кратности;
4. При тушении бензинов с высоким октановым числом пеной низкой и средней кратности;
5. При объёмном тушении пожаров пеной средней и высокой кратности;
6. При тушении пожаров на морских и речных судах, нефтеперерабатывающих установках, расположенных в акватории моря;
7. При тушении пожаров на прибрежных объектах, в зоне размещения которых существует дефицит пресной воды, в районах с повышенным содержанием в воде солей кальция и магния;
8. При тушении пожаров стационарными установками с использованием распыливающих устройств;
9. Для защиты строительных конструкций, технологических аппаратов и хранящихся материалов от воздействия тепловых потоков;

10. В целях предотвращения взрыва паров аммиака при его аварийном разливе и в целях обеспечения безопасности работы личного состава подразделений пожарной охраны и аварийно-спасательных служб рекомендуется в течение времени тушения пожара (ликвидации аварии) подавать на поверхность аммиака и его водных растворов пену, образованную из пенообразователя с интенсивностью $(0,01-0,05) \text{ дм}^3 \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$.

Таблица выбора модификации пенообразователя

Модификации пенообразователя	Температура застывания, °С							
	- 15	- 20	- 25	- 30	- 35	- 40	- 45	- 50
«Полярный LV» - 1Н	+	-	-	-	-	-	-	-
«Полярный LV» - 3Н	+	+	+	+	+	+	+	-
«Полярный LV» -3НСВ	+	+	+	+	+	+	-	-
«Полярный LV» - 6Н	+	+	+	+	+	+	+	+
«Полярный LV» - 6НСВ	+	+	+	+	+	+	+	-

Пенообразователь ПО-НСВ

Выпускается по ТУ 2412-001-80824910-2012.

Пенообразователь «ПО-НСВ» – синтетический пенообразователь общего назначения, предназначенный для получения пены низкой, средней и высокой кратности, а также растворов смачивателей при тушении горючих жидкостей, твёрдых горючих материалов, волокнистых и тлеющих веществ, для защиты строительных конструкций, технологических аппаратов и хранящихся материалов от воздействия тепловых потоков.

В соответствии с ГОСТ Р 50588-2012 и международной классификацией пенообразователь относится к типу S (синтетические пенообразователи, не содержащие фторированные поверхностно-активные вещества для тушения пожаров), при использовании в качестве смачивателя к типу WA (синтетические пенообразователи, не содержащие фторированные поверхност-

но-активные вещества, используемые для тушения пожаров в качестве смачивателя).

Пенообразователь не содержит в своём составе фторированные поверхностно-активные вещества.

Структура условного обозначения пенообразователя отражает:

- объёмную концентрацию пенообразователя в водном (рабочем) растворе (1%, 3%, 4%, 6%):

- категорию использования:

отсутствии обозначения – используется с питьевой и жёсткой водой;

«море» – используется с питьевой, жёсткой и морской водой (соответствует требованиям международной морской организации);

«авиа» – соответствует требованиям гражданской авиации;

«люкс» – используется с питьевой, жёсткой и морской водой, обладает повышенной огнетушащей способностью;

- температуру застывания:

без обозначения – минус 3 °С

М5, М10, М15, М20, М25, М30, М35 (минус 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50 °С соответственно.

Пример записи пенообразователя:

Пенообразователь ПО-3НСВ «Люкс» М35 ТУ2412-001-80824910-2012

(объёмная концентрация пенообразователя в водном (рабочем) растворе -3%, низкая, средняя, высокая кратность пены, категория использования «Люкс», температура застывания минус 35 °С)

Модификации ПО-1НСВ, ПО-3НСВ, ПО-6НСВ применяются в следующих случаях:

1. При тушении твёрдых горючих материалов, волокнистых и тлеющих веществ пеной низкой и средней кратности;

2. При тушении нефти и нефтепродуктов пеной средней кратности;
3. При тушении пламени высококипящих жидких нефтепродуктов пеной низкой кратности;
4. При объёмном тушении пожаров пеной средней и высокой кратности;
5. Для противопожарной защиты обвалований резервуаров с СУГ;
6. Для защиты строительных конструкций, технологических аппаратов и хранящихся материалов от воздействия тепловых потоков;
7. Для приготовления водных растворов смачивателей;
8. В качестве ОТВ для воздушно-пенных огнетушителей.

Таблица выбора модификации пенообразователя

Модификации пенообразователя	Температура застывания, °С										
	-3	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50
ПО-1НСВ	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
ПО-3НСВ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
ПО-6НСВ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Модификации ПО-1НСВ, ПО-3НСВ, ПО-4НСВ, ПО-6НСВ «Море» применяются в следующих случаях:

1. При тушении твёрдых горючих материалов, волокнистых и тлеющих веществ пеной низкой и средней кратности;
2. При тушении нефти и нефтепродуктов пеной средней кратности;
3. При тушении пламени высококипящих жидких нефтепродуктов пеной низкой кратности;
4. При объёмном тушении пожаров пеной средней и высокой кратности;
5. Для противопожарной защиты обвалований резервуаров с СУГ;

6. При тушении пожаров на морских и речных судах, нефтеперерабатывающих установках, расположенных в акватории моря;

7. При тушении пожаров на прибрежных объектах, в зоне размещения которых существует дефицит пресной воды, в районах с повышенным содержанием в воде солей кальция и магния;

8. Для защиты строительных конструкций, технологических аппаратов и хранящихся материалов от воздействия тепловых потоков;

9. Для приготовления водных растворов смачивателей.

Таблица выбора модификации пенообразователя

Модификации пенообразователя	Температура застывания, °C										
	-3	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50
ПО-1НСВ «Море»	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
ПО-3НСВ «Море»	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
ПО-4НСВ «Море»	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ПО-6НСВ «Море»	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Модификация ПО-6НСВ «АВИА» применяется в следующих случаях:

1. Для покрытия взлётно-посадочных полос пеной при аварийных посадках самолётов;

2. При тушении твёрдых горючих материалов, волокнистых и тлеющих веществ пеной низкой и средней кратности;

3. При тушении нефти и нефтепродуктов пеной средней кратности;

4. При тушении пламени высококипящих жидких нефтепродуктов пеной низкой кратности;

5. При объёмном тушении пожаров пеной средней и высокой кратности;

6. Для тушения наземных пожаров на воздушных судах;

7. Для противопожарной защиты обвалований резервуаров с СУГ;

8. Для защиты строительных конструкций, технологических аппаратов и хранящихся материалов от воздействия тепловых потоков.

Модификации ПО-1НСВ, ПО-3НСВ, ПО-6НСВ «Люкс» применяются в следующих случаях:

1. При тушении твёрдых горючих материалов, волокнистых и тлеющих веществ пеной низкой и средней кратности;

2. При тушении нефти и нефтепродуктов пеной низкой и средней кратности;

3. При тушении стабильного газового концентрата пеной средней кратности;

4. При тушении бензинов с высоким октановым числом пеной средней кратности;

5. При объёмном тушении пожаров пеной средней и высокой кратности;

6. Для противопожарной защиты обвалований резервуаров с СУГ;

7. При тушении пожаров на прибрежных объектах, в зоне размещения которых существует дефицит пресной воды, в районах с повышенным содержанием в воде солей кальция и магния;

8. Для защиты строительных конструкций, технологических аппаратов и хранящихся материалов от воздействия тепловых потоков;

9. Для приготовления водных растворов смачивателей.

Таблица выбора модификации пенообразователя

Модификации пенообразователя	Температура застывания, °С										
	-3	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50
ПО-1НСВ «Люкс»	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
ПО-3НСВ «Люкс»	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
ПО-4НСВ «Люкс»	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ПО-6НСВ «Люкс»	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Пенообразователь «Транспортный» НСВ

Выпускается по ТУ 2412-005-80824910-2012.

Пенообразователь «Транспортный» НСВ – синтетический пенообразователь целевого назначения, предназначенный для получения пены низкой, средней и высокой кратности с использованием питьевой, жёсткой и морской воды при тушении нефти, нефтепродуктов, водонерастворимых горючих жидкостей, а также приготовления растворов смачивателей.

В соответствии с ГОСТ Р 50588-2012 и международной классификацией пенообразователь относится к типу S (синтетические пенообразователи, не содержащие фторированные поверхностно-активные вещества для тушения пожаров), при использовании в качестве смачивателя к типу WA (синтетические пенообразователи, не содержащие фторированные поверхностно-активные вещества, используемые для тушения пожаров в качестве смачивателя).

Пенообразователь не содержит в своём составе фторированные поверхностно-активные вещества.

Структура условного обозначения пенообразователя отражает:

- объёмную концентрацию пенообразователя в водном (рабочем) растворе (1%, 3%, 6%);

- температуру застывания:

без обозначения – минус 3°C

M5, M15, M25, M35 (минус 5, 15, 25, 35°C соответственно).

Пример записи пенообразователя:

Пенообразователь НСВ-3% М5 ТУ2412-005-80824910-2012

(объёмная концентрация пенообразователя в водном (рабочем) растворе -3%, температура застывания минус 5 °C)

Пенообразователь «Транспортный» НСВ может применяться в следующих случаях:

1. При тушении твёрдых горючих материалов, волокнистых и тлеющих веществ пеной низкой и средней кратности;
2. При тушении нефти и нефтепродуктов пеной низкой и средней кратности;
3. При тушении стабильного газового конденсата пеной средней кратности;
4. При тушении бензинов с высоким октановым числом пеной средней кратности;
5. При объёмном тушении пожаров пеной средней и высокой кратности;
6. Для противопожарной защиты обвалований резервуаров с СУГ;
7. При тушении пожаров на прибрежных объектах, в зоне размещения которых существует дефицит пресной воды, в районах с повышенным содержанием в воде солей кальция и магния;
8. Для защиты строительных конструкций, технологических аппаратов и хранящихся материалов от воздействия тепловых потоков;
9. Для приготовления водных растворов смачивателей.

Таблица. Температура застывания пенообразователя
с различными концентрациями рабочего раствора

Концентрация раствора, %	Температура застывания, °С, не выше				
	Минус 3	Минус 5	Минус 15	Минус 25	Минус 35
1	+	+	-	-	-
3	+	+	+	+	+
6	+	+	+	+	+

Пенообразователи для тушения пожаров транспортируют железнодорожным, автомобильным, воздушным, морским и речным транспортом в соответствии с правилами перевозок грузов, действующих на соответствующем виде транспорта.

Транспортирование пенообразователей осуществляется в

транспортной таре, либо посредством наливных транспортных средств (автоцистерны, железнодорожные цистерны, мягкие контейнеры).

При железнодорожных перевозках бочки и ёмкости с пенообразователем транспортируют в крытых вагонах или универсальных контейнерах.

При перевозке воздушным транспортом, объём транспортной тары не должен превышать 250 дм³.

При перевозке пенообразователя наливом, ёмкость должна быть чистой, без следов нефтепродуктов и химреактивов. Её заполнение должно осуществляться с учётом коэффициента объёмного расширения пенообразователя при возможном перепаде температур в пути следования. Ёмкость заполняют до уровня, установленного инструкцией по эксплуатации на соответствующую ёмкость. При перевозке в зимний период рекомендуется использовать наливные транспортные средства, оборудованные средствами обогрева. Не допускается налив пенообразователя свободнопадающей струей.

Пенообразователи, при хранении при низких температурах, неоднократно замерзании с последующим оттаиванием, не теряют своих первоначальных свойств. Поступивший замёрзший продукт необходимо разморозить (не использовать острый пар и открытый огонь), не допуская при этом его разбавления и разложения, затем перемешать. Оптимальная температура отогрева 20-30 °С, максимальная не более 40 °С.

Пенообразователи рекомендуется хранить в концентрированном виде в герметичных ёмкостях в крытых складских помещениях. Верхний предел температуры хранения составляет плюс 40 °С. С превышением верхнего предела температуры хранения на каждые 10 °С срок хранения пенообразователей уменьшается в 2 раза. При температуре 60 °С начинается процесс разложения продукта. Нижний предел температуры хранения пенообразователя предусматривает возможность его немедленного использо-

вания и зависит от температуры застывания каждой конкретной модификации, указанной в паспорте на продукт.

Пенообразователи – трудногорючие, невзрывоопасные, не радиционно-опасные вещества. Рабочие растворы пенообразователей пожаровзрывобезопасны.

По степени воздействия на организм человека в соответствии с ГОСТ 12.1.007 [3] пенообразователи относятся к 4 классу опасности (малоопасные вещества):

- ингаляционное действие не установлено вследствие низкой летучести продуктов;

- обладают кумулятивными свойствами;

- обладают кожно-резорбтивным действием (при однократном контакте не раздражают кожу, при длительном контакте оказывают местное раздражающее действие);

- при попадании на слизистые оболочки глаз вызывают развитие умеренно выраженного конъюнктивита;

- канцерогенное, тератогенное, мутагенное, эмбриотропное и гонадотропное действие компонентов, входящих в состав продуктов, не установлено.

По ГОСТ Р 50595 [4] класс биоразлагаемости пенообразователей – 2 (умеренно разлагаемые вещества).

Допускается сброс пенообразователей в производственные сточные воды после разбавления их водой до предельно-допустимой концентрации ПАВ, равной 20 мг/л по активному веществу.

Список литературы

1. ГОСТ Р 50588-2012 Пенообразователи для тушения пожаров. Общие технические требования и методы испытаний.

2. ГОСТ Р 53280.2-2010 Установки пожаротушения автоматические. Огнетушащие вещества Часть 2 ПЕНООБРАЗОВАТЕЛИ ДЛЯ ПОДСЛОЙНОГО ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ В РЕЗЕРВУАРАХ. Общие технические требования и методы испытаний.

3. ГОСТ 12.1.007-76 Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.

4. ГОСТ Р 50595-93 ВЕЩЕСТВА ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫЕ. Метод определения биоразлагаемости в водной среде.

УДК 678.7

О.Н. Магаюмова, с.н.с., Г.Б. Белокурова, и.о. начальника отдела, Н.С. Минеева, м.н.с., комплексный отдел по эксплуатации основных фондов и технологии хранения промышленных товаров, ФГБУ НИИПХ Росрезерва

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СИНТЕТИЧЕСКИХ КАУЧУКОВ

В статье представлены современные тенденции в технологии производства синтетических каучуков, перспективные продукты с новыми свойствами и возможностями применения.

Ключевые слова: синтетический каучук, «неодимовые» каучуки, каучуки специального назначения, фторкаучуки, перфторированные каучуки.

O.N. Magayumova, Senior Researcher, G.B. Belokurova, Acting Head of the Department, N.S. Mineeva, Junior Researcher, Complex Department for the Operation of Fixed Assets and Storage Technology of Industrial Goods, Federal State Budgetary Institution Research Institut of Storage Problems of the Federal Reserve

MODERN TRENDS IN THE TECHNOLOGY OF SYNTHETIC RUBBER PRODUCTION

The article presents modern trends in the technology of synthetic rubber production, promising products with new properties and application possibilities.

Keywords: synthetic rubber, "neodymium" rubbers, special-purpose rubbers, fluorocarbon rubbers, perfluorocarbon rubbers.

Современное народное хозяйство невозможно представить без синтетических каучуков (СК) и латексов. Они нашли и находят применение в самых разных сферах. Их ассортимент расширяется, появляются новые продукты с новыми свойствами и возможностями использования. Развиваются и технологии производства СК, делая выпуск более экономичным, эффективным и безопасным для окружающей среды.

Прогрессу в технологиях СК, перспективным продуктам с новыми свойствами и возможностями применения, современным тенденциям и проблемам данной индустрии посвящена данная статья.

Нефтегазовый комплекс, составной частью которого является промышленность синтетического каучука, – одно из наиболее перспективных направлений развития российской промышленности.

В настоящее время в мировом рейтинге по выпуску синтетического каучука Россия занимает пятое место, на её долю приходится около 10% всего мирового рынка. В Европе и США индустрия синтетического каучука развивается в большей степени качественно, чем количественно.

Россия является мировым лидером по производству синтетического аналога натурального каучука – изопренового каучука (СКИ). В настоящее время более 50% мировых мощностей находятся в нашей стране. На развитие производства данного вида СК повлияло, с одной стороны, географическое положение и полное отсутствие возможности производства натурального каучука на территории России, с другой – желание не зависеть от импорта.

Технология производства СКИ появилась в 50-е годы прошлого века, когда была создана теория и разработан процесс стереорегулярной полимеризации олефинов и диенов.

Выбор каталитической системы во многом предопределяет свойства каучука. Сейчас в промышленности наиболее распространены катализаторы Циглера-Натта на основе хлорида титана с триизобутилалюминием.

Во всём мире в настоящее время весьма обострены экологические проблемы, которые диктуют предприятиям, выпускающим синтетические полиизопреновые каучуки менять традиционную «титановую» технологию и переходить на более прогрессивную и экологичную «неодимовую» технологию.

ФГБУ «НИИСК» была разработана технология производства «неодимового» полиизопрена. Главное преимущество Nd-каталитической системы – экологичность. В процессе синтеза полимера не образуются вредные летучие продукты – олигомеры изопрена, уменьшается количество сточных вод, образующихся в процессе производства, исчезают коррозионно-активные примеси.

В отличие от каучуков, синтезируемых на основе других катализаторов, в «неодимовом» каучуке почти полностью отсутствуют олигомеры, которые могут ухудшать эксплуатационные и вулканизационные характеристики каучука и резин.

Высокая регио- и стерео-регулярность придаёт каучуку лучшие потребительские (эксплуатационные) и технологические свойства (наполнение техническим углеродом, адгезия и др.).

«Неодимовый» каучук хорошо смешивается с другими каучуками общего назначения и ингредиентами.

При смешении с техническим углеродом для полного поглощения и гомогенизации требуется меньше времени, чем при использовании каучука, выработанного в присутствии катализатора на основе соединений титана.

Наполненные резиновые смеси на основе «неодимового» каучука имеют меньшую усадку и большую скорость шприцевания.

«Неодимовые» каучуки имеют более высокую устойчивость к окислительной деструкции.

Высокая каталитическая активность неодимовых катализаторов уменьшает количество побочных продуктов и повышает чистоту получаемого полимера.

Отсутствие продуктов олигомеризации изопрена и органических реагентов, вводимых с титановым каталитическим комплексом, улучшает потребительские свойства каучука и условия труда в рабочей зоне при его производстве и переработке.

На Международной специализированной выставке пластмасс и каучуков «РУПЛАСТИКА», проходившей 27-30 января 2026 года в "Крокус Экспо" (г. Москва), компания АО «Росхим» представила экспозицию перспективных марок синтетического полиизопренового каучука, выработанного на неодимовом катализаторе: СКИ-5, СКИ-5Д, СКИ-5ПМ.

Широкий спектр проведенных испытаний «неодимового» **каучука СКИ-5** в шинной и резинотехнической промышленности показал его существенные преимущества по сравнению с "титановым" полиизопреном – каучуком СКИ-3.

Каучук не содержит гель-фракций и олигомеров. Способен к высокому наполнению техуглеродом. При этом отмечено снижение энергозатрат. Меньше разрушается при обработке на вальцах и в резиносмесителях. Имеет лучшие технологические свойства резиновых смесей при шприцевании, особенно, массивных заготовок. Обладает большей адгезией к металлическим и текстильным кордам. Обеспечивает лучшую связь между слоями каркаса шин.

Важнейшие эксплуатационные характеристики - напряжение при удлинении 300% и сопротивление раздиру у вулканизатов на основе СКИ-5 выше, чем у аналогичных вулканизатов на основе СКИ-3. Вулканизаты СКИ-5 также превосходят серийные по усталостной выносливости при знакопеременном изгибе и многократном растяжении. Важно, что по этим показателям вулканизаты СКИ-5 приближены к вулканизатам на основе натурального каучука.

Основная область применения каучука СКИ-5 – шинная промышленность, используется в составе резиновых смесей при изготовлении протектора, брекера, каркаса и боковины, а также

обкладочной резины. Кроме того, каучук применяется в промышленности резинотехнических изделий и кабельной промышленности.

Синтетический *каучук СКИ-5Д* находит широкое применение в производстве кабельной продукции и электроизолирующих резинотехнических изделий.

Синтетический *каучук СКИ-5ПМ* находит применение в производстве резин, используемых в пищевой и медицинской промышленности, средств индивидуальной защиты органов дыхания (маски для противогазов, цветных резиновых изделий и других нужд промышленности).

Каучук СКИ-5ПМ с неокрашивающим антиоксидантом является непревзойденным эластомером для замены натурального каучука в изделиях и материалах пищевого и медицинского назначения, а также товаров массового спроса и товаров для детей. Он прозрачен, высокооднороден, нетоксичен и, что весьма замечательно, биологически инертен к тканям живого организма. В отличие от натурального каучука, на поверхности изделий из СКИ-5ПМ не размножаются микроорганизмы.

Каучук СКИ-5ПМ разрешён Минздравом России для изготовления резин, используемых в пищевой и медицинской промышленности, а также для использования в резинах, предназначенных для контакта с пищевыми продуктами (детские соски, соски для телят, пробки для укупорки флаконов и т. д.).

Использование «неодимовой» технологии повышает экспортный потенциал и перспективы на внешнем рынке каучуков марок СКИ-5, СКИ-5Д, СКИ-5ПМ.

Наличие технологий, сырья и спрос на мировом рынке способствовали также развитию на территории России производства бутилкаучука (БК), в настоящее время внутри страны находится около 16% мировых мощностей. Внутреннее потребление БК незначительно, в связи с чем производители вынуждены экспортировать его в другие страны [1].

Ситуация в производстве отдельных видов СК в России различается. Если в выпуске полиизопреновых наша страна лидирует и занимает две трети мирового рынка, то доля в выпуске бутилкаучуков составляет 15%, полибутадиеновых - 11%, бутадиен-стирольных – 8%, а нитрильных всего 5%. Этиленпропиленовые каучуки и стирол-бутадиен-стирольные каучуки (СБС) производятся в крайне небольших объемах и доля страны в их выпуске не превышает 2% [2].

На рынке специальных инновационных каучуков Россия, в отличие от молодых азиатских производителей, либо представлена очень слабо, либо не представлена вообще.

Несмотря на большие производственные мощности, небольшой объем СК Россия импортирует из других стран. На протяжении нескольких лет данный объем не превышает 10% в потреблении. Наличие импорта в потреблении объясняется недостаточным марочным ассортиментом продукции, производимой на территории России.

Качественное развитие индустрии СК в России продолжается. Компания «Сибур» является одним из лидеров по выпуску стирольных каучуков, в том числе осваивает выпуск растворных стирольных каучуков, которые в мире производят далеко не все компании.

В последние годы ООО «Галополимер Кирово-Чепецк» и ФГУП «НИИСК» (Санкт-Петербург) сделали ставку на возрождение и подъем отечественной промышленности спецаучуков.

Современная техника требует эластичных материалов, работоспособных при температурах 300 °С и выше, обладающих стойкостью к действию различных агрессивных сред и, что очень важно, отличающихся малым значением остаточной деформацией сжатия при высоких температурах. Такими материалами являются фтор- и перфторкаучуки.

Фторкаучуки — самостоятельный класс фторполимеров специального назначения, характеризующихся специфическими

свойствами. По химическим и физико-техническим свойствам они значительно превосходят углеводородные и натуральные каучуки.

Фторкаучук негорючий, морозо- и теплостойкий материал, устойчивый к воздействию неорганических агрессивных веществ, а также к углеводородам и спиртам, биологически инертен. Гидрофобен, имеет неплохие показатели стойкости к радиоактивным излучениям, обладает приемлемыми диэлектрическими свойствами. Хорошие физико-механические показатели – стойкость к абразивному износу и истиранию – еще одно достоинство этих материалов.

Фторкаучуки на сегодняшний день являются незаменимым материалом для изготовления резиновых изделий, функционирующих в контакте с топливами, кислотами и другими агрессивными средами при высоких температурах.

Они находят применение в производстве рукавов, шлангов, трубок для горючих агрессивных жидкостей и газов, изоляции проводов и кабелей, эксплуатируемых в условиях высоких температур. Листовые материалы из фторкаучуков можно эксплуатировать при температурах от -43°C до $+200^{\circ}\text{C}$ и кратковременно до 315°C . Из фторкаучуков изготавливают губчатый материал, характеризующийся высокой стойкостью к агрессивным жидкостям и электрической прочностью в широком интервале температур. Широко используют также герметики из фторкаучуков. Области и масштабы применения фторкаучуков увеличиваются из года в год [3].

Несмотря на высокую стоимость, резины из фторкаучуков не имеют альтернативы применения в авиационной, космической технике, в атомной и химической промышленности. Поэтому в последние годы наблюдается устойчивый спрос на них во всех промышленно развитых странах. Диапазон использования фторкаучуков сместился в те области, где ранее их высокая стоимость была препятствием – в автомобильную промышленность, нефте-

добычу, машиностроение, микроэлектронику. Из фторкаучуков изготавливаются уплотнители, маслоотражательные колпачки, сальники и другие детали двигателей внутреннего сгорания.

ООО «Галополимер Кирово-Чепецк», входящее в состав холдинга ООО «ГалоПолимер» до 2006 года производило только два вида фторкаучуков: СКФ-26 и СКФ-32. Они хорошо известны российским резинотехническим предприятиям, поставляющим фторированные резины автомобильным заводам. После проведения комплексной модернизации оборудования были внедрены в производство разработанные в центральной заводской лаборатории новые виды и марки фторкаучуков: СКФ-264/3-8 (Элафтор серии 2000), СКФ-264/3-9 (Элафтор серии 3000), СКФ-264В/3-6 (Элафтор серии 7000).

Создание новых марок каучуков, резин связано с развитием и использованием современных методов исследования структуры и свойств материалов. В 60-е годы XX века выдающиеся работы в области стереорегулярных каучуков связаны с использованием методов ЯМР и ИК-спектроскопии. В настоящее время они дополнились новыми возможностями за счет использования спектрометров с Фурье-преобразованием и приставкой НПВО, позволяющими дифференциально оценить поверхностную и объемную структуру материалов. Это чрезвычайно важно для прогнозирования барьерных свойств эластомеров.

Появление на российском рынке новых продуктов значительно расширило возможности для производителей резин, позволяя им при выборе фторкаучука учитывать как технические требования к резине, так и способ переработки. Все новые фторкаучуки способны перерабатываться обычными методами: экструзией, шприцеванием. Фторкаучуки с низкой вязкостью по Муни (30—40) можно перерабатывать также высокопроизводительным и малоотходным методом – литьем под давлением.

Отечественные переработчики уже оценили широкие технические возможности фторкаучуков. Эти продукты востре-

бованы в первую очередь в нефтегазовой и автомобильной промышленности, поскольку отличаются повышенной стойкостью в ароматических углеводородах, в современных маслах, содержащих присадки, и в кислородсодержащих топливах. Их применение весьма перспективно и в химической промышленности, где требуется высокая коррозионная стойкость при высоких температурах [4].

В настоящее время мировым лидером в области фторкаучуков является DuPont Performance Elastomers LLC. Кроме DuPont мощности по производству фторкаучуков имеют компания-производитель фторполимеров Dyneon-3M (США) и Solvay Solexis (Италия).

В таблице 1 приведены свойства фторкаучука СКФ-264В и резины на его основе в сравнении с аналогом фирмы DuPont — фторкаучуком Viton GF.

Таблица 1. Свойства фторкаучука СКФ-264В и резины на его основе
в сравнении с аналогом Viton GF

Показатели	Фторкаучук	
	Viton GF	СКФ-264В/5
Вязкость по Муни (МБ 1+10) 120 ⁰ С	61	55
Температура стеклования, °С	-5	-4,9
Содержание фтора, %	70,4	70,8
Физико-механические свойства резины после I стадии вулканизации(10 мин x 180 °С в прессе)		
Напряжение при удлинении 100%, МПа	3,1	3,6
Напряжение при разрыве, МПа	12,3	13,0
Относительное удлинение, %	360	260
Свойства после II стадии вулканизации(15ч x 230 °С термостатирование)		
Напряжение при удлинении 100%, МПа	4,3	4,5
Напряжение при разрыве, МПа	18,3	18,2

Относительное удлинение, %	300	250
ОДС (25% ,200С,24ч),%	35	20
Свойства после II стадии вулканизации(24ч x 230 °С термостатирование)		
Напряжение при удлинении 100%, МПа	4,8	4,5
Напряжение при разрыве, МПа	21,5	18,5
Относительное удлинение, %	290	250
ОДС (25% ,200С,24ч),%	30	20
ОДС (25% ,200С,70ч),%	46	30
Твердость по Шору А	72	74
Набухание в метаноле 168 час x 230°С,% мас	3,8	3,6
Физико-механические свойства после старения в течение 70 часов 200°С		
Напряжение при удлинении 100%, МПа	4,8	4,5
Напряжение при разрыве, МПа	20,0	19,0
Относительное удлинение, %	280	240
Физико-механические свойства после старения в течение 70 часов 275°С		
Напряжение при удлинении 100%, МПа	4,1	4,2
Напряжение при разрыве, МПа	9,9	10,5
Относительное удлинение, %	250	260

Проведенные исследования показали, что резина, полученная на основе СКФ-264В, обладает высокими прочностными свойствами. По сравнению с аналогом Viton GF фторкаучук СКФ-264В имеет более высокую стойкость к накоплению деформации сжатия при повышенных температурах и требует меньшей продолжительности термостатирования для достижения оптимальных свойств. Это ведет к экономии энергии и увеличению производительности оборудования [4].

Локомотивом развития исследований в области химии и технологии фторполимеров явились работы по созданию про-

изводства перфторированных каучуков, известных в России как «Неофтон». Высокое содержание фтора в полимерной цепи (более 70%) обеспечивает уникальный комплекс свойств полученных материалов.

По ряду технических показателей «Неофтон» превосходит фторопласт-4. Материалы на его основе предназначены для жестких условий эксплуатации: они устойчивы к действию большинства химических сред и пара высокого давления. Благодаря своему химическому составу «Неофтон» обладает высокой стойкостью в условиях обработки фторной плазмой. Изделия, полученные из различных модификаций «Неофтона», могут эксплуатироваться в интервале температур от -20°C до 330°C , сохраняя необычно низкое значение остаточной деформации сжатия.

«Неофтон» обладает хорошими технологическими свойствами. Его можно перерабатывать на обычном резинотехническом оборудовании, формировать из него изделия различной конфигурации. Резины, на его основе, применяются в авиационной промышленности в качестве уплотнений топливных, смазочных и гидравлических систем двигателей, в автомобильной и химической промышленности, в оборудовании, где требуется высокая плазмостойкость.

Благодаря фундаментальным работам учёных ФГУП «НИИСК» стал реальным целенаправленный синтез фторкаучуков заданной структуры и молекулярных параметров. В институте воссоздан или заново создан ряд перспективных марок перфторированных каучуков, одним из которых является «Криофтон». «Криофтон» – новый перфторированный каучук, предназначенный для эксплуатации при температурах до -55°C . Каучук «Криофтон» дороже каучука «Неофтон» и его применение оправдано только необходимостью работы в агрессивных средах сугубо при низких температурах [5].

Разрабатываемые материалы обладают новыми потребительскими свойствами – высокой степенью чистоты по содержа-

нию металлов (10-6, 10-9), хорошей совместимостью с различными наполнителями и вулкангентами.

Достаточно большие объемы продаж перфторированных каучуков на мировом рынке подтверждают их высокую востребованность. Поддержание конкурентоспособности выпускаемых материалов невозможно без учета мировых тенденций в развитии химии и химических технологий фторэластомеров. Речь идет о создании материалов с высокими потребительскими свойствами, такими как:

- стойкость к ароматическим аминам при температурах до 230 °С;
- стойкость к растворам каустической соды при 150 °С;
- плазмоустойчивость при высокотемпературной очистке полупроводниковых материалов (кислород, фтор и др.);
- сопротивляемость взрывной декомпрессии, к воздействию горячей воды, пару;
- другие неизвестные, но решаемые на основе перфторэластомеров задачи.

Необходимость расширения ассортимента российских фторкаучуков назрела давно. Внедрение новых фторкаучуков в отечественную промышленность позволит не только удовлетворить возросший спрос потребителей, но и будет способствовать созданию новых конкурентоспособных изделий и технологий.

Список литературы

1. Бондарь Л.М., Фомина А.А. «Подведение некоторых итогов работы промышленности каучуков России в 2014 году. Основные изменения в потреблении». Журнал «Каучук и резина» № 2, 2015.
2. Итоги международной конференции Creon «Каучуки, шины и РТИ 2011». Россия, 09.12. 2011. Источник: torof.ru.
3. Нудельман З.Н. «Фторкаучуки. Основы, переработка, применение». М.: ООО «ПИФТРИАС», 2007, 384 с.

4. Кочеткова Г.В. «Состояние отечественного производства фторкаучуков». Обзор ООО «Завод полимеров КЧХК». Кирово-Чепецк, 2007.

5. В.А. Кормер «Спецкаучуки: новые разработки». Newchemistry.ru, Новые химические технологии. Аналитический портал химической промышленности.

УДК 664.143:543.867:547.915:547.922

М.В. Осипов, ВНИИКП – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН

**ВЛИЯНИЕ ИСПОЛЬЗУЕМОГО СЫРЬЯ
НА ПОКАЗАТЕЛИ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ
КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ**

Разработаны методики определения показателей пищевой ценности кондитерских изделий, а именно определение массовой доли белка, жира, водорастворимых витаминов В1 и В2, массовой доли омега-3 жирных кислот, массовой доли холестерина в жиросодержащих кондитерских изделиях. Получены данные о содержании белка, жира, насыщенных жирных кислот и трансизомеров ненасыщенных жирных кислот, витаминов группы В, омега-3 жирных кислот, холестерина в жиросодержащих кондитерских изделиях.

Разработаны стандарты для определения физико-химических показателей кондитерских изделий.

Ключевые слова: кондитерские изделия, белок, жир, насыщенные жирные кислоты, витамины, омега-3 жирные кислоты, холестерин.

M.V. Osipov, All-Russian Scientific Research Institute of Confectionery Industry – Branch of V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of RAS

**INFLUENCE OF RAW MATERIALS USED
ON THE NUTRITIONAL VALUE INDICATORS
OF CONFECTIONERY PRODUCTS**

Methods for determining the nutritional value of confectionery products have been developed, namely, determining the mass fraction

of protein, fat, water-soluble vitamins B1 and B2, the mass fraction of omega-3 fatty acids, and the mass fraction of cholesterol in fat-containing confectionery products. Data on the content of protein, fat, saturated fatty acids and trans-isomers of unsaturated fatty acids, B vitamins, omega-3 fatty acids, and cholesterol in fat-containing confectionery products have been obtained. Standards have been developed for determining the physical and chemical properties of confectionery products.

Key words: confectionery, protein, fat, saturated fatty acids, vitamins, omega-3 fatty acids, cholesterol.

Современное население по всему миру становится более грамотным и отдает предпочтение производителям, ориентированным на использование натуральных сырьевых компонентов, создание изделий с минимальным перечнем рецептурных компонентов с ограниченным количеством пищевых добавок, использующих подход к продукту, основанный на принципах здорового питания. В связи с этим в последние годы в сфере производства существует тенденция изменять продукты питания, в том числе и кондитерские изделия, путем введения в их рецептурный состав различного рода питательных веществ, витаминов, макроэлементов и микроэлементов, пищевых волокон, растительного белка, омега-3 жирных кислот и т.п.

Во ВНИИКП для методов контроля показателей пищевой ценности и качества кондитерских изделий разработаны соответствующие методики определения для каждого из этих компонентов с последующей оптимизацией пробоподготовки, которые необходимы для предотвращения фальсификации и идентификации продукции.

Определение массовой доли белка проводилось по методу Кьельдаля, для разработки методики необходимо было провести оптимизацию условий пробоподготовки, соотношение реагентов и проведение метрологических характеристик.

Метод основан на определении массовой доли общего азота после минерализации анализируемой пробы исследуемого продукта в присутствии концентрированной серной кислоты и катализатора с образованием сульфата аммония, с последующим пересчетом полученных результатов на массовую долю белка с использованием коэффициентов пересчета азота на общий белок. На основании разработанной методики был разработан ГОСТ 34551-2019 «Изделия кондитерские. Метод определения массовой доли белка» [1].

Жиры являются одним из трех основных компонентов питания. Достоверное информирование о содержании насыщенных жирных кислот и трансизомеров в жиросодержащем сырье и кондитерских изделиях на его основе очень важно при планировании рациона питания.

В нашем институте были разработаны ГОСТы на определение массовой доли жира, насыщенных жирных кислот и трансизомеров ненасыщенных жирных кислот в кондитерских изделиях [2].

В основу ГОСТ 31902-2012 «Изделия кондитерские. Методы определения массовой доли жира» используются следующие методы определения массовой доли жира: экстракционно-весовой и рефрактометрический. Экстракционно-весовой метод основан на экстракции жира из анализируемой пробы изделия растворителем и определении массовой доли жира после удаления растворителя. Рефрактометрический метод основан на извлечении жира из анализируемой пробы монобром- или моноклорнафталином и определении показателя преломления растворителя и раствора жира.

В основу разработки методики определения насыщенных жирных кислот и трансизомеров ненасыщенных жирных кислот в кондитерских изделиях вошли методы ИК спектроскопии и газовой хроматографии.

Для определения насыщенных жирных кислот необходимо провести экстракцию жира, получение метиловых эфиров жирных кислот, исследование жирнокислотного состава.

Метод ИК заключается также в экстракции жира из навески продукта и последующем определении массовой доли трансизомеров ненасыщенных жирных кислот методом ИК-спектроскопии.

Массовая доля белка в кондитерских изделиях составляет от 0,5 до 18% в зависимости от состава изделия. Массовая доля жира в мучных кондитерских изделиях составляет от 5% до 35%, в сахаристых кондитерских изделиях до 40% – 45%. Массовая доля насыщенных жирных кислот в кондитерских изделиях для сахаристых кондитерских изделий составляет от 15,0 до 35,5%, для мучных кондитерских изделий от 5,0 до 10,5%. Содержание трансизомеров ненасыщенных жирных кислот в мучных кондитерских изделиях составляет от 0,5 до 10,0%, в сахаристых кондитерских изделиях от 0,1% до 0,5%.

Существующие методы определения витаминов, омега-3 жирных кислот, холестерина в различных пищевых продуктах: таких как мясо, продукты лечебно-профилактического и детского питания, виноградные соки и вина, хлебобулочные изделия основаны на различных методах [3-7] и не могут быть использованы для исследований кондитерских изделий. Методы определения витаминов, омега-3 жирных кислот, холестерина в жиросодержащих кондитерских изделиях отсутствуют, поэтому в нашем институте были разработаны методики определения массовой доли водорастворимых витаминов В₁ и В₂, массовой доли омега-3 жирных кислот, массовой доли холестерина в жиросодержащих кондитерских изделиях. Получены фактические данные содержания витаминов В₁ и В₂, омега-3 жирных кислот, холестерина в жиросодержащих кондитерских изделиях. Показано, что ряд кондитерских изделий, содержащих более 0,2 мг/100 г В₁ и 0,25 мг/100 г В₂, могут служить источником витаминов В₁ и В₂, например, печенье с молочными продуктами может характеризоваться как «источник» витаминов В₁ и В₂.

Кондитерские изделия, для которых сумма омега-3 жирных кислот составляет не менее 0,2 г на 100 г, 2 образца печенья могут считаться «источником омега-3 жирных кислот». Из наибольшего количества исследованных образцов мучных кондитерских изделий два образца овсяного печенья являются источником омега-3 жирных кислот и характеризуются отсутствием холестерина.

Массовая доля фруктового сырья является одним из основных показателей идентификации кондитерских изделий, изготовленных с его применением.

Каждый вид фруктового сырья характеризуется определенным количеством и соотношением углеводов, органических кислот, витаминов, макро- и микроэлементов, аминокислот и др. Их соотношение можно использовать для идентификации фруктовой составляющей.

Существующие аналитические методы определения качества фруктового сырья используются для выявления фальсификации фруктовых соков и не учитывали ранее специфику кондитерских изделий.

Массовую долю фруктового сырья в кондитерских изделиях предложено определять на основе соотношения органических кислот и макроэлементов, определенных методом капиллярного электрофореза.

В результате проведённой работы разработаны следующие стандарты:

- ГОСТ 34551-2019 «Изделия кондитерские. Метод определения массовой доли белка»;
- ГОСТ 31902-2012 «Изделия кондитерские. Методы определения массовой доли жира»;
- ГОСТ Р 54686-2011 «Изделия кондитерские. Метод определения массовой доли насыщенных жирных кислот»;
- ГОСТ Р 54687-2011 «Изделия кондитерские. Метод определения массовой доли трансизомеров ненасыщенных жирных кислот»;

- ГОСТ 34123.1-2017 Изделия кондитерские. Методы определения массовой доли фруктового и овощного сырья. Часть 1. Определение массовой доли органических кислот;

- ГОСТ 34414-2018 Изделия кондитерские. Методы определения массовой доли фруктового сырья. Часть 2. Определение макроэлементов;

- ГОСТ 34847-2022 Изделия кондитерские. Методы определения массовой доли фруктового сырья. Часть 3. Количественное определение фруктового сырья.

Список литературы

1. ГОСТ 34551-2019 Изделия кондитерские. Метод определения массовой доли белка. - М.: Стандартинформ. – 2019. – 13 с.

2. ГОСТ Р 54686-2011 Изделия кондитерские. Метод определения массовой доли насыщенных жирных кислот. - М.: Стандартинформ. – 2013. – 12 с.

3. «Методика определения массовой доли витамина В1 (тиамина) в кондитерских изделиях на основе фруктово-ягодного и овощного сырья» МВИ 48–00334675–2016.

4. «Методика определения массовой доли витамина В2 (рибофлавина) в кондитерских изделиях на основе фруктово-ягодного и овощного сырья» МВИ 49–00334675–2016.

5. ГОСТ 29138-91 Мука, хлеб и хлебобулочные изделия пшеничные витаминизированные. Метод определения витамина В1 (тиамина). - М.: Стандартинформ, 2007. – 6 с.

6. ГОСТ 29139-91 Мука, хлеб и хлебобулочные изделия пшеничные витаминизированные. Метод определения витамина В2 (рибофлавина). - М.: Стандартинформ, 2007. – 7 с.

7. Дёрина К.В., Короткова Е.И., Дорожко Е.В., Воронова О.А., Чулкова И.В. Определение холестерина в пищевых продуктах/К.В. Дёрина, Е.И. Короткова, Е.В. Дорожко, О.А. Воронова// Заводская лаборатория диагностика материалов. – 2016. – Т.82. - №11. – С. 11-16.

УДК 553.3.072; 669

*Т.А. Оськина, с.н.с., Е.С. Калуцкий, к.т.н., в.н.с., ФГБУ
НИИПХ Росрезерва*

**ВЛИЯНИЕ ПРИМЕСЕЙ
НА КОРРОЗИОННУЮ СТОЙКОСТЬ
ГУБЧАТОГО ТИТАНА, ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО
ДЛЯ ДЛИТЕЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ**

В настоящей работе проведено исследование особенностей коррозионного поведения титановой губки в химически активной среде. Рассмотрены вопросы влияния коррозии на качество титановой губки, приведены микрофотографии поверхностей, а также показан состав поверхностного слоя губки и влияние элементов, в него входящих, на коррозионное поведение продукции.

Ключевые слова: коррозия, титановая губка, микрофотографии поверхностей, примеси.

*T.A. Oskina, E.S. Kalutsky, Federal State Institution Scientific
Research Institute for storing Rosrezerva*

**THE EFFECT OF IMPURITIES
ON THE CORROSION RESISTANCE
OF SPONGE TITANIUM INTENDED
FOR LONG-TERM STORAGE**

In this work, the features of the corrosion behavior of a titanium sponge in a chemically active medium are investigated. The issues of the influence of corrosion on the quality of titanium sponge are considered, micrographs of surfaces are given, and the composition of the surface layer of the sponge and the influence of

the elements included in it on the corrosion behavior of products are shown.

Keywords: corrosion, titanium sponge, micrographs of surfaces, impurities.

Титан является одним из наиболее прочных металлов [1, 2]. Он отлично выдерживает как механические нагрузки, так и применение в агрессивных условиях среды. Но при определенных условиях, титан также начинает портиться. Если вовремя не среагировать на возникновение проблемы, можно столкнуться с полным разрушением материала.

Титановые сплавы, обладая сочетанием ценных свойств, находят широкое применение в разнообразных отраслях промышленности [3]. Успешное применение любого металлического материала, в том числе и титана, невозможно без всестороннего изучения его свойств, тех особенностей, которые отличают его от других металлов.

Технический титан производится в виде губки, получаемой, в основном с помощью магнитоермического процесса: основными примесями являются магний, железо, кислород и азот (рисунок 1). Однако, известны случаи, переплавки с применением графитового электрода, когда в магнитоермический титан попадало некоторое количество углерода. Также известно, что четыреххлористый титан может восстанавливаться не только магнием, но и натрием, и что плавка губки производится как в вакууме, так и в инертных газах. Исходя из приведенной информации, можно говорить о том, что свойства металлического титана могут сильно различаться в зависимости от его происхождения. Наибольший интерес, по нашему мнению, вызывает коррозионное поведение именно губчатого титана, так как он является основным сырьем для производства сплавов и после его добычи может длительное время находиться на хранении [4].

Титановая губка представляет собой пористое вещество с насыпной массой 1,5-2,0 г/см³ и очень высокой вязкостью.

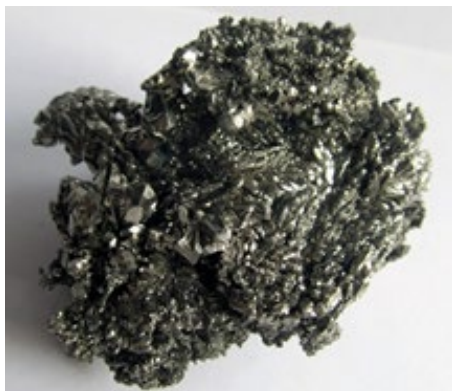


Рисунок 1. Общий вид титановой губки

Для производства компактных изделий титановую губку необходимо подвергнуть переплавке. Вследствие большого сродства титана к кислороду и азоту, процесс переплавки обычно производят в дуговой печи в атмосфере аргона или в вакууме [5].

Титан и его сплавы устойчивы в более агрессивных средах, чем сплавы на основе железа, никеля и алюминия.

Для разнообразного технического использования особенно важна их повышенная стойкость в средах, содержащих хлорид-ионы, которой недоставало наиболее часто применяемому классу конструкционных материалов на основе железа, включая и коррозионностойкие стали.

Титан относится к материалам, которые имеют хорошую естественную защиту от развития коррозионного процесса. Чтобы процесс коррозии начался, во многих средах нужно поддерживать высокую температуру. При этом сам металл практически не вступает в химические реакции с различными видами веществ.

Главный защитный фактор – формирование на поверхности титана тонкой пленки. Она не допускает контакта с внешней средой и выступает в качестве барьера для окислителей. Интересная особенность титана, которая отличает его от других видов

материалов – даже при удалении такой пленки, она появляется снова за счет протекания процесса пассивации. Таким образом, металл обладает свойством самозащиты от разрушительного воздействия.

Исходя из приведенной выше информации, особый интерес вызывает поведение титановой губки в агрессивных средах. В связи с этим, были проведены исследования поверхностей титановой губки ТГ – 100 в условиях повышенной химической активности окружающей среды.

Для проведения исследований образцов титановой губки, подверженных коррозионному воздействию, использовалось оборудование, внешний вид которого представлен на рисунке 2.



Рисунок 2. Оборудование, применяемое для исследования титана губчатого

Для исследования влияния химически активной среды на коррозионные свойства титановой губки, был проведен анализ состава исходного образца. Результаты исследования представлены на рисунке 3.

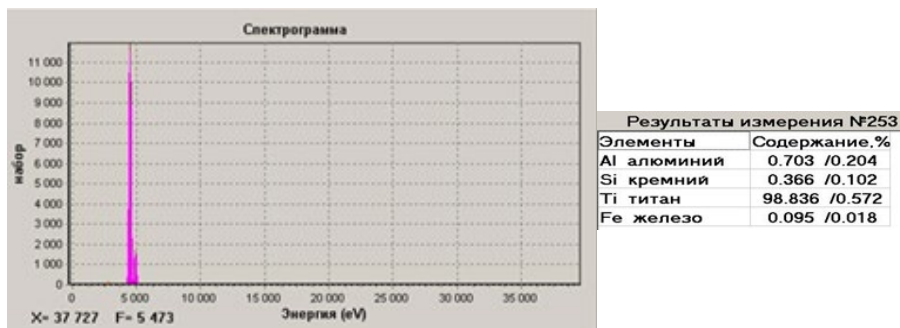


Рисунок 3. Результаты исследования состава титановой губки до проведения коррозионных испытаний

Как известно, [6] титан обладает превосходными коррозионными характеристиками, однако, анализ полученной спектрограммы показывает наличие в титановой губке менее коррозионностойких элементов (в частности Fe), что несколько снижает стойкость рассматриваемого материала к коррозии.

Микрофотографии поверхности титановой губки в исходном состоянии показаны на рисунке 4.

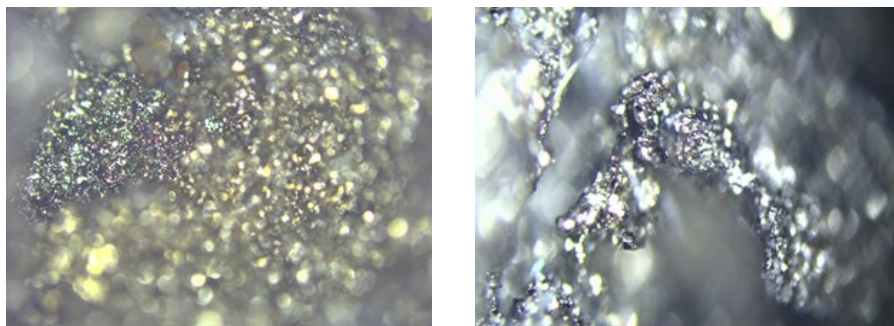


Рисунок 4. Микрофотографии поверхности титановой губки (×150)

При выдержке титановой губки в коррозионной химически активной среде наблюдается резкое снижение качества продукции. На рисунке 5 показан образец титановой губки, подверженной коррозии.



Рисунок 5. Образец титановой губки, подверженной коррозионному воздействию

Спектральный состав покрытия выявил содержание на поверхности хлоридных соединений (рисунок 6), что находит негативное отражение в части коррозионных свойств.

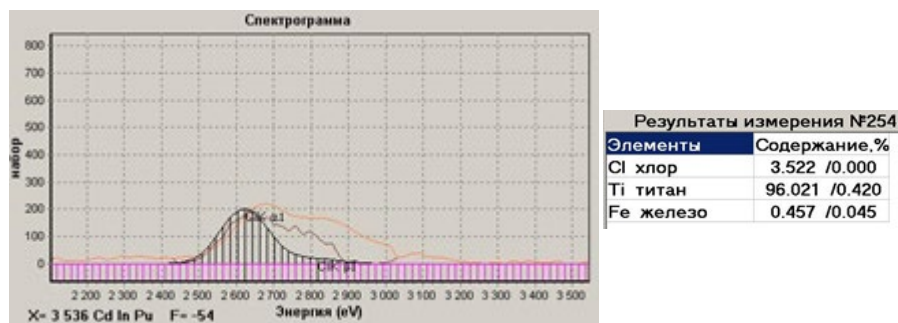


Рисунок 6. Результаты исследования поверхности титановой губки

Микрофотографии поверхности титановой губки, подверженной коррозионному воздействию, с ярко выраженными хлоридными включениями, показаны на рисунке 7.



Рисунок 7. Микрофотографии поверхности титановой губки, подверженной коррозионному воздействию ($\times 150$)

Исходя из приведенного анализа, можно сделать вывод о снижении коррозионной стойкости титановой губки, на которую оказывает непосредственное влияние наличие примесей в составе продукции.

Список литературы

1. Александров А.В. Современный рынок титана: два глобальных рынка одного материала // Титан. 2015. № 1 (47). С. 43-44.
2. Каранько К.Н. Проблемы управления процессами получения губчатого титана // Вестник КИГИТ. 2013. № 2 (32). С. 24-29.
3. Ивченко З.А., Лунев В.В. Изготовление и использование прессованных титановых брикетов // Новые материалы и технологии в металлургии и машиностроении. 2010. № 1. С. 90-92.
4. Кирин Ю.П., Краев С.Л. Математическое описание ситуаций функционирования технологических процессов производства губчатого титана // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2012. № 7. С. 358-360.
5. Червоный И.Ф., Листопад Д.А. Накопление примесей в слое титанирования реактора в процессе производства губчатого титана // Титан. 2011. № 2 (32). С. 4-9.
6. Синебрюхов С.Л., Гнеденков С.В., Скоробогатова Т.М., Егоркин В.С. Особенности поведения защитных покрытий на сплавах титана, свободная коррозия в растворе хлорида натрия // Коррозия: материалы, защита. 2005. № 10. С. 19-26.

УДК: 637.252.52

УДК: 637.3.056

Е.Н. Пирогова, н.с., руководитель отдела научно-технологических исследований, М.Б. Захарова, н.с., отдел микробиологических исследований, А.А. Афанасьева, м.н.с., отдел научно-технологических исследований, ВНИИМС

ПРОДУКТЫ МАСЛОДЕЛИЯ И СЫРОДЕЛИЯ ДЛЯ ДЛИТЕЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ

В работе исследовано влияние сроков предварительного хранения сливочного масла в монолитах до фасования на его хранимостпособность при низкотемпературных режимах. Проведена сравнительная оценка изменений органолептических (вкус, запах), микробиологических и биохимических показателей в процессе хранения. Установлено, что степень свежести монолитов перед фасованием оказывает существенное влияние на интенсивность окислительных процессов и развитие остаточной микрофлоры. Показано, что даже при температурах ниже минус 20 °С возможно постепенное ухудшение качества продукта. Полученные результаты подтверждают необходимость комплексного контроля качества на всех этапах производства и хранения, а также учета сроков хранения монолитов как значимого фактора, влияющего на стабильность сливочного масла.

Ключевые слова: сливочное масло, хранимостпособность, монолиты, фасование, органолептические показатели, микробиологические показатели, окислительная порча, низкотемпературное хранение, качество продукта, безопасность пищевых продуктов.

E.N. Pirogova, research associate, head of the department of scientific and technological research, M.B. Zakharova, research

associate, department of microbiological research, A.A. Afanasyeva, junior research associate, department of scientific and technological research, VNIIMS

BUTTER AND CHEESE PRODUCTS FOR LONG-TERM STORAGE

The study investigates the effect of preliminary storage duration of butter in monolith blocks prior to packaging on its storage stability under low-temperature conditions. A comparative assessment of changes in organoleptic (taste, odor), microbiological, and biochemical parameters during storage was carried out. It was established that the degree of freshness of the monoliths before packaging has a significant impact on the intensity of oxidative processes and the development of residual microflora. It was shown that even at temperatures below -20°C , a gradual deterioration in product quality is possible. The obtained results confirm the need for comprehensive quality control at all stages of production and storage, as well as the consideration of monolith storage time as a significant factor affecting the stability of butter.

Keywords: butter, storage stability, monoliths, packaging, organoleptic parameters, microbiological parameters, oxidative spoilage, low-temperature storage, product quality, food safety.

В условиях современного развития пищевой промышленности одной из ключевых задач является обеспечение длительного хранения молочных продуктов без существенного ухудшения их качества и безопасности. Особое значение это приобретает для продуктов маслоделия и сыроделия, характеризующихся высокой пищевой ценностью и сложным комплексом физико-химических и микробиологических процессов, протекающих при хранении. Данные, ранее полученные сотрудниками ВНИИМС, свидетельствуют о том, что устойчивость таких продуктов определяется совокупным влиянием технологии производства, уровня исходного

микробного обсеменения, компонентного состава, а также условий хранения и характеристик упаковки. [1-7].

Хранение сливочного масла при низких минусовых температурах является практически единственным методом сохранения его качества при продолжительном резервировании. Однако даже при хранении при пониженных температурах, в том числе при минус $(16 \pm 2) ^\circ\text{C}$ и ниже, в нем продолжают протекать медленные физико-химические и биохимические процессы.

В процессе выработки и хранения сливочного масла изменению подвергается молочный жир. Эти нежелательные изменения приводят к ухудшению вкуса и запаха масла и возникновению в нем пороков. Изменения молочного жира могут иметь как биохимическую, так и химическую природу. При хранении происходит увеличение кислотности жира, что свидетельствует о наличии свободных жирных кислот молочного жира, а также о начале порчи. Повышение кислотности жира в данном случае может быть вызвано действием на них молекулярного кислорода, а также окислением ненасыщенных жирных кислот глицеридов благодаря присутствию фермента липазы.

Количество свободных жирных кислот может увеличиваться и в результате липолиза. Помимо природной липазы молоко может содержать липазу микробного происхождения. При гидролизе молочного жира из триглицеридов образуются свободные жирные кислоты, которые окисляются до альдегидов, кетон и др. продуктов окисления. Короткоцепочечные жирные кислоты, содержащие от 4 до 12 атомов углерода, часто вызывают прогорклый и нечистый вкус. Прогорклый и нечистый вкус может быть воспринят квалифицированным специалистом, если содержание свободных жирных кислот составляет от 1,2 до 1,5 ммоль на 100 г жира, а потребителем – от 2,0 до 2,2 ммоль на 100 г жира [8-11].

Окисление жира является одной из основных реакций, влияющих на качество жира, помимо гидролиза. Окисление молочного жира происходит в несколько последовательных стадий: ненасыщенные жирные кислоты реагируют с кислородом с обра-

зованием пероксидов, которые определяют ряд цепных реакций. Конечными продуктами цепочки реакций являются несколько летучих веществ со специфическим прогорклым запахом. В результате самопроизвольного окисления может возникнуть неприятный привкус жира, картона, рыбы или металла, особенно при длительном хранении, даже при низких минусовых температурах [12].

На предприятиях в зависимости от имеющегося оборудования, объемов производства фасование сливочного масла в потребительскую упаковку проводят непосредственно в процессе изготовления масла, или из монолитов, упакованных в транспортную упаковку, или после стабилизации структуры в монолитах при температуре от 3 °С до минус (6±3) °С, или после длительного хранения монолитов при низких минусовых температурах (не выше минус 14 °С). В этой связи масло в потребительской упаковке имеет различное качество и хранимоспособность.

Это обуславливает необходимость организации систематического и комплексного контроля качества продукта при закладке его на длительное хранение при температурах ниже минус 20 °С. Даже при таких условиях возможно постепенное ухудшение потребительских свойств, связанное с развитием остаточной микрофлоры и окислительной порчей жировой фазы. В этой связи представляло интерес изучить характер изменений органолептических показателей, прежде всего вкуса и запаха, а также динамику окислительных процессов и микробиологических показателей при хранении сливочного масла, выработанного разными методами и расфасованного из монолитов различной степени свежести.

Сливочное масло было изготовлено и упаковано монолитами, которые хранили до фасования и фасовали в промышленных условиях. Масло, расфасованное при разных сроках хранения монолитов, хранили при различных температурных режимах и исследовали в условиях ВНИИМС.

На рисунке 1 приведены изменения балльной оценки вкуса и запаха, в фасованном масле, изготовленном методом сбива-

ния сливок (СС), в процессе хранения при температуре минус $(6\pm 3)^\circ\text{C}$ в зависимости от срока хранения монолита масла до его фасования.

Изменение показателей качества сливочного масла свидетельствует, что хранимоспособность масла, фасованного из монолитов, зависит от срока хранения монолитов, направляемых на фасование, их исходного обсеменения и качественного состава микрофлоры.

Снижение балльной оценки фасованного сливочного масла в процессе хранения обусловлено различной выраженностью пороков порчи. Для образцов масла, фасованных из монолита со сроком хранения 4 мес. и 6 мес., во вкусе присутствуют оттенки слабосалистого и слаболежалого. Более выраженные пороки к моменту забраковки имело масло, фасованное из монолитов со сроком хранения 9 мес. и 12 мес. В данных образцах масла пороки характеризовались как слабоокисленный и прогорклый вкус, а также присутствовал кислый вкус, что свидетельствует об изменениях, проходящих в жировой фазе и молочной плазме масла. Особенной выраженностью пороков отличалось масло, фасованное из монолита со сроком хранения 12 мес.

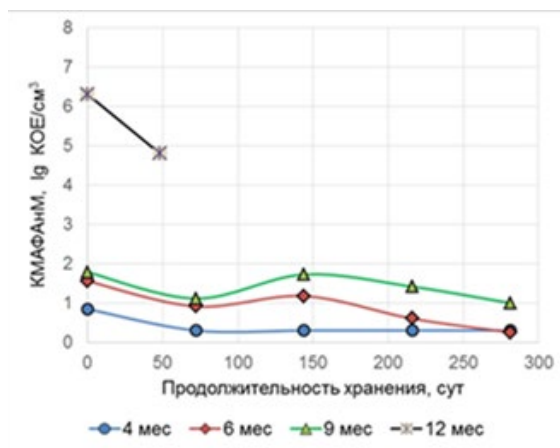


Рисунок 1. Изменение органолептической оценки сливочного масла, изготовленного методом СС, фасованного из монолитов, в процессе его хранения при температуре минус $(6\pm 3)^\circ\text{C}$

На рисунке 2 приведены изменения показателя (количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов) КМАФАнМ, в фасованном масле в процессе хранения в зависимости от срока хранения монолита масла до его фасования.

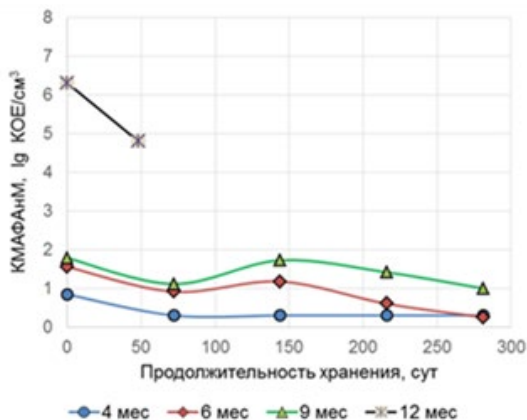


Рисунок 2. Изменение показателя КМАФАнМ в сливочном масле, изготовленном методом СС, фасованном из монолитов, в процессе его хранения при температуре: минус $(6\pm 3)^\circ\text{C}$

Особое значение имеет срок хранения монолитов масла, направляемых на фасование. Установлено, что при хранении монолитов при температуре минус $(16\pm 2)^\circ\text{C}$ с последующим фасованием через 4, 6, 9 и 12 месяцев наблюдается существенное изменение микробиологических показателей. В масле, фасованном из монолитов, хранившихся 12 месяцев, фиксируется превышение показателя КМАФАнМ при сохранении удовлетворительных органолептических характеристик. При этом значительный рост КМАФАнМ отмечается уже в образцах, полученных из монолитов со сроком хранения 9 и 12 месяцев.

Для масла, изготовленного методом СС, установлено, что основную роль в процессах порчи играют бактерии группы кишечной палочки и споровые аэробные и факультативно-анаэробные микроорганизмы рода *Bacillus*. Дополнительно отмечается, что дрожжи, способные развиваться в анаэробных условиях, могут представлять микробиологический риск при нарушении тех-

нологических режимов. Органолептические исследования показали, что при хранении фасованного масла наблюдается снижение балльной оценки за счет появления пороков, характеризующихся как слабележалый и слабосалистый вкус, особенно в образцах, полученных из монолитов с увеличенным сроком хранения. В ряде случаев, в частности для масла, фасованного из монолитов со сроком хранения 8 и 12 месяцев, уже через 35–50 суток хранения проявляются признаки окислительной порчи, включая прогорклый и окисленный вкус.

Далее приведены результаты исследований сливочного масла, изготовленного методом преобразования высокожирных сливок (ПВЖС), которое изготовлено и упаковано монолитами, хранилось до фасования и расфасовано в промышленных условиях. Масло, расфасованное при разном сроке хранения монолитов, помещали в различные температурные режимы для исследования в процессе хранения в условиях ВНИИМС.

На рисунке 3 приведены изменения оценки вкуса и запаха, в фасованном масле, изготовленном в разные периоды года методом преобразования высокожирных сливок, в процессе хранения в зависимости от срока хранения монолита масла до его фасования.

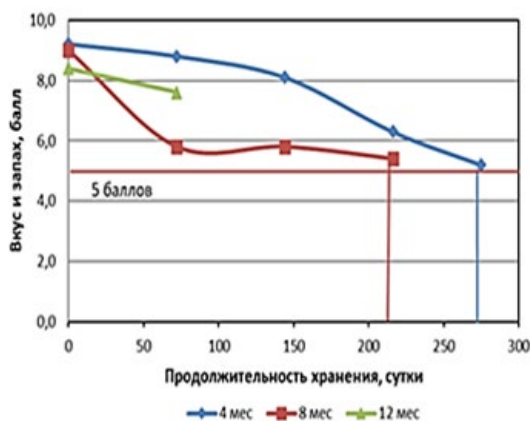


Рисунок 3. Изменение органолептической оценки сливочного масла, изготовленного методом ПВЖС, фасованного из монолитов, в процессе его хранения при температуре минус (6±3) °C

На рисунке 4 приведены изменения показателя КМАФАнМ в процессе хранения фасованного масла.

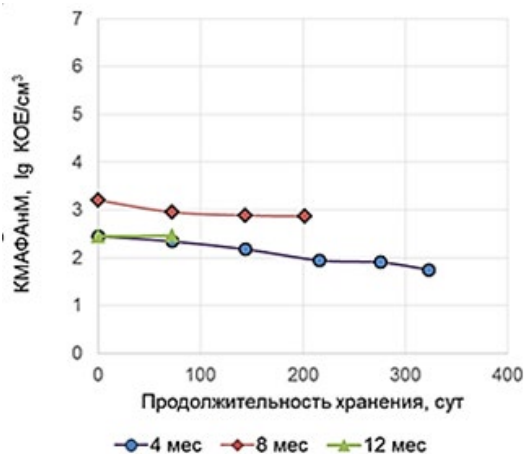


Рисунок 4. Изменение показателя КМАФАнМ в сливочном масле, изготовленном методом ПВЖС, фасованном из монолитов, в процессе его хранения при температуре: минус (6 ± 3) °С

Представленные экспериментальные данные по изменению органолептических и микробиологических показателей свидетельствуют, что хранимospособность сливочного масла, фасованного из монолитов, изготовленных методом ПВЖС, также, как и изготовленных методом СС, зависит от срока годности монолитов, направляемых на фасование, их исходного обсеменения и качественного состава микрофлоры.

Балльная оценка фасованного сливочного масла из монолита со сроком хранения 4 мес. в процессе хранения снижалась за счет появления пороков слаболежалый и слабосалистый. Фасованное из монолитов со сроком хранения 8 мес. к моменту забраковки масло имело пороки, характерные для окислительной порчи.

Показатель КМАФАнМ в масле, фасованном через 4 мес. хранения монолита на протяжении всего периода хранения не превышал нормируемого значения.

Сравнительный анализ показал, что масло, изготовленное методом ПВЖС, характеризуется более высокой стабильностью при хранении, чем масло, изготовленное методом СС. Однако независимо от метода производства, увеличение срока хранения монолитов негативно влияет на последующую хранимоспособность фасованного продукта.

В соответствии с требованиями ГОСТ Р 52253-2025 предприятия, осуществляющие длительное хранение масла, обязаны проводить периодический контроль его качества: ежемесячно для продукта со сроком годности до 180 суток и не реже одного раза в квартал при более длительных сроках хранения. По результатам контроля принимается решение о возможности дальнейшего хранения, реализации или промышленной переработки продукта. При хранении при температуре не выше минус 18 °С допускается проведение микробиологических исследований непосредственно перед реализацией без промежуточного контроля. При этом срок хранения монолитов, направляемых на фасование, не должен превышать двух третей установленного срока годности, а показатели КМАФАнМ и отсутствие бактерий группы кишечной палочки должны соответствовать нормативным требованиям.

Контроль качества сливочного масла при хранении должен включать оценку микробиологических показателей, а также мониторинг процессов окислительной порчи. Особое внимание уделяется определению перекисного и кислотного чисел, характеризующих степень окисления жиров, а также содержанию переходных металлов, таких как железо и медь, выступающих катализаторами окислительных реакций. Наличие даже незначительных количеств этих элементов может существенно ускорять процессы порчи, особенно при длительном хранении.

В последние годы значительное внимание уделяется разработке продуктов с пониженной влажностью, обладающих высокой стабильностью при хранении. Примером такого продукта, разработанного во ВНИИМС, является сухое сливочное масло: сыпучий порошок с массовой долей жира 70 или 80% и содержанием влаги не более 4 и 2% соответственно. Продукт характе-

ризуется хорошей растворимостью и способностью к восстановлению, при этом после восстановления его органолептические показатели соответствуют традиционному сливочному маслу. Срок хранения сухого масла достигает 12 месяцев при температуре от 0 до 10 °С и относительной влажности воздуха не более 85% и около 9 месяцев при температурах до 25 °С. Ключевым фактором его устойчивости является практически полное отсутствие свободной воды.

Исследования по совершенствованию технологии сухого масла (Таблица 1) показали, что замена традиционных молочно-белковых добавок на сухие концентраты молочного и сывороточного белка обеспечивает получение продукта, идентичного по качеству контрольному образцу, с использованием белкового концентрата. Полученные образцы представляли собой порошкообразную сыпучую массу с хорошей растворимостью и чистым молочно-сливочным вкусом.

Таблица 1. Изучение влияния различных белковых концентратов и пищевых добавок

Наименование образца	М.д. жира, %	М.д. сухих обезжиренных веществ, %	Вязкость, Па·с	Кислотность, °Т	Характеристика вкуса и запаха
Жиро-белковая смесь с белковым концентратом (контроль)	21,6±0,2	8,51±0,10	0,07±0,01	14,2±0,1	Чистый, умеренно выраженный сливочный, слегка сладковато-солоноватый
Жиро-белковая смесь с сухим сычужным казеином	21,5±0,1	8,75±0,30	0,07±0,01	14,5±0,1	Чистый, слабо выраженный сливочный

Жиро-белковая смесь с концентратом молочного белка	21,5±0,1	8,73±0,3	0,09±0,01	13,5±0,1	Чистый, менее выраженный сливочный в сравнении с контролем, сладковатый
Жиро-белковая смесь с концентратом сывороточного белка	21,6±0,1	8,71±0,2	0,10±0,01	13,8±0,1	Чистый, менее выраженный сливочный в сравнении с контролем, сладковатый

При хранении при температуре (22±2) °С (таблица 2) не выявлено существенных изменений органолептических и физико-химических показателей, что подтверждает эффективность данной технологической модификации.

Таблица 2. Органолептическая оценка сухого масла с различными белковыми концентратами в хранении

Вид образца	Вкус и запах		Характеристика консистенции
	Характеристика	Баллы	
Свежее (0 сут. хранения)			
Контроль	Чистый, сливочный, слегка сладковатый, без посторонних привкусов	9,0±0,2	Порошкообразная, сыпучая
Опыт 1 – на основе смеси с концентратом молочного белка	Чистый, молочный, слегка сладковатый, без посторонних привкусов	8,9±0,1	Порошкообразная, сыпучая

Опыт 2 - на основе смеси с концентратом сыворо-точного белка	Чистый, сливочный вкус, слегка сладковатый, без посторонних привкусов	8,8±0,1	Порошкообразная, сыпучая
После хранения в течение 1 месяца			
Контроль	Чистый сливочный вкус, сладковатый, слегка солоноватый, без посторонних привкусов	8,8±0,1	Порошкообразная, сыпучая
Опыт 1 – на основе смеси с концентратом молочно-го белка	Чистый, молочный, слегка сладковатый, без посторонних привкусов	8,7±0,1	Порошкообразная, сыпучая
Опыт 2 – на основе смеси с концентратом сыворо-точного белка	Чистый, сливочный вкус, слегка сладковатый, без посторонних привкусов	8,6±0,1	Порошкообразная, сыпучая

Перспективным направлением повышения хранимособности сухого сливочного масла является применение антиоксидантов (рисунки 5 и 6). В частности, исследования показали, что добавление дигидрокверцетина не оказывает существенного влияния на органолептические характеристики на ранних стадиях хранения, однако при длительном хранении (до 24 месяцев) способствует сохранению качества продукта. Опытные образцы, содержащие данный антиоксидант, демонстрировали более высокую органолептическую оценку (8,16±0,3 балла против 7,12±0,2 у контрольных образцов) и более низкие показатели окисленности. При температуре хранения 3±2 °С увеличение окисленности составило 12% для опытных образцов против 20% для контрольных, а при более высокой температуре различия достигали 2,5 и 4,5 раз соответственно. Это свидетельствует о высокой эффективности антиоксидантной защиты при длительном хранении.

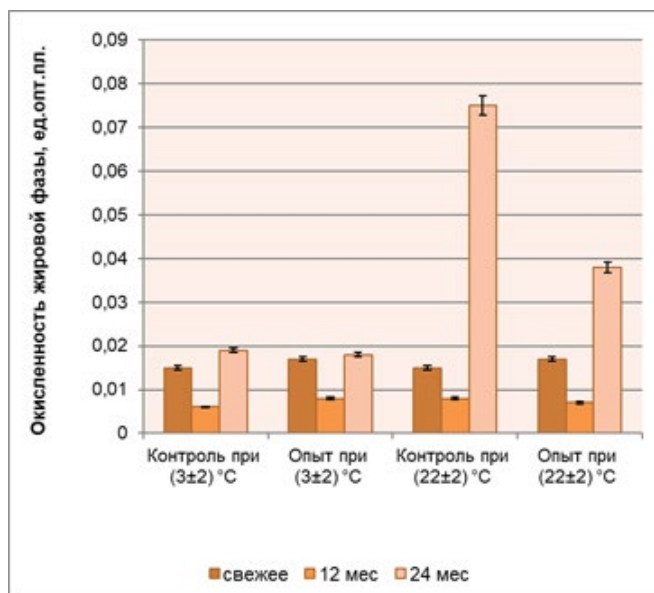


Рисунок 5. Изменение органолептических характеристик сухого масла в процессе хранения при разных температурах

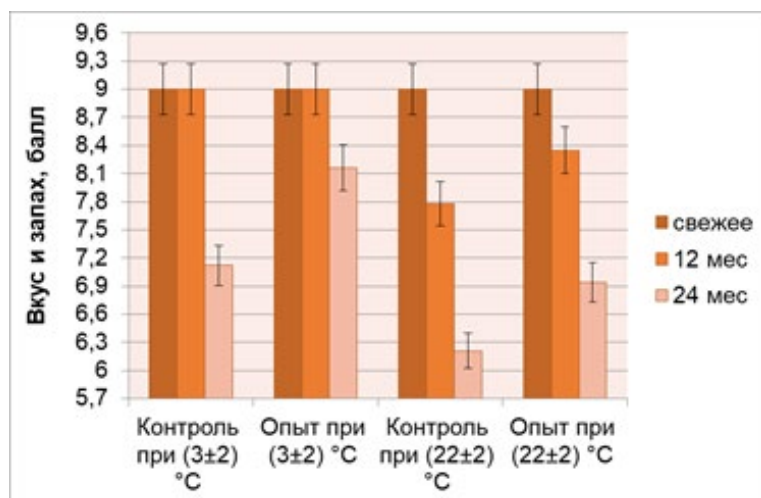


Рисунок 6. Изменение окисленности жировой фазы сухого масла в процессе хранения при разных температурах

Аналогичные подходы реализуются при производстве плавленных сухих сыров. Исследования в данном направлении во ВНИИМС еще продолжаются, но на сегодняшний день установлено, что оптимальное соотношение белков, жиров и углеводов для получения продукта с высокими органолептическими характеристиками и технологичностью сушки составляет около 1:1:2,1 при введении мальтодекстрина. Для обеспечения эффективного процесса сушки и получения продукта без дефектов вкуса оптимальными являются соотношения в диапазоне 1:1:1,4 - 1:1:0,8 при дозе мальтодекстрина 5 - 12% и уровне рН около 5,7. При таких условиях формируется продукт с устойчивой структурой, хорошими вкусовыми характеристиками и высокой стабильностью при хранении.

В результате проведенных исследований установлено, что хранимоспособность сливочного масла в потребительской упаковке в значительной степени определяется сроком предварительного хранения монолитов, направляемых на фасование, а также уровнем их микробного обсеменения и качественным составом микрофлоры. Показано, что увеличение срока хранения монолитов с 4 до 12 месяцев приводит к ускоренному ухудшению органолептических характеристик фасованного продукта, сопровождающемуся развитием окислительных и гидролитических пороков, таких как слаболежалый, слабосалистый и прогорклый вкус. Установлено, что при длительном хранении монолитов (9 - 12 месяцев) наблюдается рост микробиологических показателей, в частности КМАФАнМ, что в ряде случаев может приводить к превышению нормативных значений даже при сохранении удовлетворительных органолептических свойств продукта. Выявлено, что сливочное масло, изготовленное методом преобразования высокожирных сливок, характеризуется более высокой устойчивостью к окислительной и микробиологической порче по сравнению с маслом, полученным методом сбивания сливок. При этом показано, что независимо от способа производства увеличение

срока хранения монолитов оказывает негативное влияние на последующую стабильность фасованного продукта.

Дополнительно установлено, что снижение массовой доли влаги до уровня 2–4% при производстве сухого сливочного масла обеспечивает высокую стабильность продукта при хранении за счёт уменьшения активности воды. Показано, что использование различных белковых концентратов, включая концентраты молочного и сывороточного белка, позволяет получать продукт с сопоставимыми органолептическими и физико-химическими характеристиками. Экспериментально подтверждена эффективность применения антиоксиданта дигидрохверцетина, способствующего замедлению процессов окислительной порчи и сохранению качества сухого масла при длительном хранении. Кроме того, определены оптимальные соотношения основных компонентов и технологические параметры, включая уровень pH, при производстве сухих плавленных сыров, обеспечивающие формирование стабильной структуры и высоких потребительских свойств продукта.

Научная новизна работы заключается в экспериментальном обосновании влияния срока хранения монолитов сливочного масла на хранимоспособность фасованного продукта с учётом совокупности органолептических, микробиологических и биохимических показателей. Установлена зависимость между длительностью хранения монолитов и интенсивностью развития окислительных и микробиологических процессов при последующем хранении фасованного масла. Выявлены различия в устойчивости продукта в зависимости от применяемого технологического метода производства. Научно обоснована возможность повышения стабильности молочных жировых продуктов за счёт снижения активности воды, а также подтверждена эффективность применения природных антиоксидантов для замедления окислительных процессов. Предложены оптимизированные составы и технологические параметры для производства сухих жировых и сырных

продуктов, обеспечивающие их высокую хранимостпособность и сохранение качества в процессе длительного хранения.

Список литературы

1. Топникова Е. В., Смирнова О. И. Влияние способа фасования в потребительскую упаковку на показатели качества сливочного масла // Сыроделие и маслоделие. – 2020. – № 6. – С. 50-53. DOI 10.31515/2073-4018-2020-6-50-53.

2. Топникова Е. В., Иванова Н. В., Т. П. Кустова, Данилова Е. С. Вопросы оценки окислительной порчи сливочного масла// Молочная река. – 2013. – № 1(49). – С. 52-55.

3. Топникова Е. В., Иванова Н. В., Захарова М. Б., Пирогова Е. Н. Влияние способа фасовки сливочного масла на сохраняемость его качества // Молочная промышленность. – 2024. – № 2. – С. 53-60. – DOI 10.21603/1019-8946-2024-2-4.

4. Захарова М. Б., Пирогова Е. Н., Топникова Е. В. Влияние вида упаковки на качество и хранимостпособность сливочного масла // Сыроделие и маслоделие. – 2024. – № 4. – С. 91-100. DOI 10.21603/2073-4018-2024-4-6.

5. Захарова М. Б., Иванова Н. В. Влияние методов производства сливочного масла на его качество и хранимостпособность // Технический оппонент. – 2024. – № 4(16). – С. 12-16.

6. Свириденко Г. М., Захарова М. Б., Топникова Е. В. Влияние микробиологических рисков, связанных со споровой микрофлорой, на качество и хранимостпособность сливочного масла разных способов производства // Пищевые системы. – 2024. – Т. 7, № 4. – С. 590-597. – DOI 10.21323/2618-9771-2024-7-4-590-597.

7. Топникова Е. В., Заболотин Г. Ю., Пирогова Е. Н. Основные факторы, обеспечивающие качество и хранимостпособность сливочного масла из коровьего молока // Технический оппонент. – 2025. – № 4(20). – С. 6-13.

8. Моисеева Е.Л. Микробиология мясных и молочных продуктов при холодильном хранении. – М.: Агропромиздат, 1988. – 224 с.

9. Henno, M. Piima kvaliteet ja seda mõjutavad tegurid. Doktoritöö. Eesti Põllumajandusülikool. – Tartu, 2005. – 143 lk.

10. Fearon, A.M. Butter and butter products. In: Dairy ingredients for food processing (Eds. R.C. Chandan, A. Kilara). – Iowa: Blackwell Publishing Ltd., – 2011. – P. 593.

11. Laikoja K., Teder L., Jõudu I. Assessment of chemical and sensory quality of unsalted and salted sweet cream butter during storage at different temperatures and time // Agraarteadus: Journal of Agricultural Science – 2017. – Vol. 28. – No. 2 – P. 76-81.

12. Krause, A.J, Miracle, R.E., Sanders, T.H., Dean, L.L., Drake, M.A.. The Effect of Refrigerated and Frozen Storage on Butter Flavor and Texture // Journal of Dairy Science. – 2008. – P.455–465.

УДК 665.7.035.5

С.Ю. Поляков, к.т.н., начальник лаборатории,
А.Е. Скрыбина, к.т.н., с.н.с., ООО «Газпром ВНИИГАЗ»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ
ПРОГНОЗИРУЕМОГО СРОКА ХРАНЕНИЯ
СМАЗОЧНЫХ МАСЕЛ
ДЛЯ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ АГРЕГАТОВ**

Способность смазочных масел сохранять свои эксплуатационные свойства в течение длительного промежутка времени является важным свойством. Возможность длительного хранения масел на складах горюче-смазочных материалов, позволяет более гибко выстраивать систему маслоснабжения, обеспечивая неснижаемый запас смазочных масел для бесперебойной работы технологического оборудования ПАО «Газпром».

Гарантийные сроки хранения, указанные в нормативной документации на масла, не отражают реальные сроки хранения. В ООО «Газпром ВНИИГАЗ» разработана методика определения прогнозируемого срока хранения смазочных масел для газоперекачивающих агрегатов, позволяющая в лабораторных условиях без опытного хранения спрогнозировать сроки хранения, наиболее приближенные к действительности.

Ключевые слова: смазочные масла, газоперекачивающий агрегат, прогнозируемый срок хранения.

S.Yu. Polyakov, A.E. Skryabina, Limited Liability Company
«Scientific-Research Institute of Natural Gases and Gas Technologies –
VNIIGAZ» (LLC «VNIIGAZ»)

METHODOLOGICAL APPROACHES TO DETERMINING THE PREDICTED SHELF LIFE OF LUBRICANTS FOR INDUSTRIAL GAS TURBINES

The ability of lubricants to maintain their performance properties over a long period of time is an important property. The possibility of long-term storage of oils in warehouses makes it possible to build an oil supply system to ensure an irreducible supply of lubricants for the operation of Gazprom's technological equipment.

The warranty periods for the storage of lubricants, which are given in the specifications, do not reflect the actual shelf life. The methodology for determining the predicted shelf life of lubricants for industrial gas turbines, which allows predicting the actual shelf life in laboratory conditions without experimental storage, has been developed at Gazprom VNIAGZ LLC.

Keywords: lubricants, industrial gas turbine, the predicted shelf life of lubricants.

Одним из важнейших потребительских свойств смазочных масел является их способность сохранять эксплуатационные свойства в процессе хранения.

Сразу после отгрузки с завода-изготовителя в смазочном масле начинаются необратимые процессы, приводящие к его «старению» и ухудшению эксплуатационных свойств. По существу, хранение смазочного масла сопровождается процессами частичного окисления и термодеструкции (в условиях герметичной тары и ограниченного контакта с кислородом и влагой) при умеренных температурах.

В общем случае хранение смазочных масел можно рассматривать как процесс длительного воздействия на масла, двух основных факторов: температуры и силы гравитации. Если в качестве объекта исследования ограничиться только маслами для

газотурбинных двигателей (ГТД), используемых в качестве приводов газоперекачивающих агрегатов (ГПА), то гравитационный фактор можно исключить, поскольку данные масла не содержат загустителей, а доля входящих в их состав присадок незначительна, поэтому, процессы седиментации и нарушения физической стабильности масел будут протекать с незначительными скоростями.

Системные исследования по хранению горюче-смазочных материалов в различных климатических условиях и таре проводились в Министерстве обороны РФ. На основании данных исследований были установлены предельные сроки хранения смазочных масел [1].

В соответствии с [1] срок хранения маловязких дистиллятных масел в неотапливаемых помещениях составляет 10-15 лет (МС-8П, ИПМ-10 и др.); срок хранения синтетических масел (ВНИИНП-50-1-4ф, ВНИИНП-50-1-4у) не превышает 5 лет.

Для турбинных масел установлен срок хранения 5 лет, что говорит о том, что исследования по длительному хранению данных масел не проводились и за основу взяты гарантийные сроки хранения.

В настоящее время более 70% от общего объема потребления смазочных масел для газоперекачивающих агрегатов (ГПА) в ПАО «Газпром» составляет минеральное турбинное масло Тп-22С.

В соответствии с СТО Газпром 2-3.5-454-2010 [2] неснижаемый запас смазочных масел на компрессорной станции должен быть не менее шестимесячного расхода. Средний цикл закупки смазочных масел составляет 2 года, поэтому в ПАО «Газпром» необходимость закладывать смазочные масла на длительное хранение отсутствует.

В соответствии с Положением по хранению смазочных масел ПАО «Газпром» [3] допускается их хранение как в резервуарах, так и в таре. При этом резервуары, могут быть с подогревом, а

склады хранения масла в таре - отапливаемыми. С учетом климатических условий и возможности использования отапливаемых складских помещений можно условно принять среднюю температуру хранения смазочных масел для ГПА, равной 20 °С.

Таким образом, актуальной становится задача разработки методики определения прогнозируемого срока хранения смазочных масел для ГПА наиболее приближенного к реальным срокам хранения в условиях повышенных температур с использованием метода ускоренного старения.

В качестве прототипа разрабатываемой методики был выбран способ определения срока хранения смазочных масел, сущность которого заключается в определении химической и физической стабильности масел, по результатам которых рассчитывают допустимый срок хранения [4].

В основе данного метода лежит эмпирическое правило Вант-Гоффа, позволяющее в первом приближении оценить влияние температуры на скорость химической реакции в небольшом температурном интервале (обычно от 0 °С до 100 °С). Правило Вант-Гоффа заключается в следующем: при изменении температуры на каждые 10 градусов скорость большинства реакций изменяется в 2-4 раза и в математическом выражении имеет вид:

$$K_2 = K_1 * A^{\left(\frac{T_2 - T_1}{10}\right)}, \quad (1)$$

где, K_1 , K_2 - константы скорости химической реакции при температуре T_1 и T_2 , соответственно;

A – температурный коэффициент химической реакции.

Данный способ лег в основу квалификационного метода прогнозирования сроков хранения масел для авиационных газотурбинных двигателей [5].

Опыт применения [5] показал эффективность метода в определении срока хранения дистиллятных минеральных и маловязких синтетических масел. Как правило, для этих продуктов

срок хранения определялся в основном именно химической стабильностью.

Однако правило Вант-Гоффа имеет ряд ограничений. В частности, правило применимо только для реакций с энергией активации 60-120 кДж/моль в температурном диапазоне 10 – 400 °С. Кроме того, правилу Вант-Гоффа не подчиняются реакции, в которых принимают участие громоздкие молекулы.

Поскольку смазочные масла для ГПА, не вполне удовлетворяют этому правилу, то более корректным представляется использование температурной зависимости скорости реакции по уравнению Аррениуса.

Соотношение между скоростью реакции и температурой по уравнению Аррениуса выглядит следующим образом:

$$K = A * e^{\left(\frac{-E_a}{RT}\right)}, \quad (2)$$

где K – константа скорости химической реакции;

A – постоянная, характеризующая каждую конкретную реакцию (константа Аррениуса), c^{-1} ;

E_a – энергия активации, Дж/моль;

R – универсальная газовая постоянная, равная 8,314 Дж/моль К;

T – температура протекания реакции, К.

В нашем случае, в процессе хранения смазочных масел реакция окисления происходит на границе раздела фаз масло-воздух, при этом скорость самой реакции не зависит от концентрации исходных веществ.

Исходя из теории химической кинетики, данная реакция окисления является реакцией нулевого порядка, при которой скорость реакции (v) равна константе скорости химической реакции (K).

В ООО «Газпром ВНИИГАЗ» разработана методика определения прогнозируемого срока хранения смазочных масел для

газоперекачивающих агрегатов, позволяющая в лабораторных условиях без опытного хранения спрогнозировать сроки хранения, наиболее приближенные к действительности.

Сущность метода заключается в проведении ускоренных испытаний смазочных масел на устойчивость к старению при воздействии повышенной температуры, расчете коэффициента, характеризующего зависимость скорости изменения эксплуатационных показателей от температуры хранения и пересчете полученных результатов на заданную температуру хранения. Данная методика основана на температурной зависимости скорости реакции по уравнению Аррениуса.

Выбор критерия оценки эксплуатационных свойств смазочных масел при построении кинетической кривой осуществляется в зависимости от групп смазочных масел по СТО Газпром 2-1.16-777-2014 [6].

Так для смазочных масел I группы (минеральные дистиллятные масла с температурой оценки термоокислительной стабильности 150 °C) наиболее информативным показателем, характеризующим эксплуатационные свойства, является фактор нестабильности эксплуатационных свойств F_n [7]. Данный показатель является комплексным и характеризует скорость окисления масла и изменения его физико-химических показателей. При этом, чем меньше значение F_n , тем меньше скорость изменения свойств смазочного масла при его эксплуатации и хранении.

Для смазочных масел II группы (температура оценки термоокислительной стабильности 175 °C) и III группы (температура оценки термоокислительной стабильности 200 °C) используют значение кислотного числа.

С использованием разработанной методики были проанализированы пробы товарных партий различных марок смазочных масел.

Результаты определения прогнозируемого срока хранения смазочных масел различных марок приведены в таблице.

Таблица. Прогнозируемый срок хранения смазочных масел различных марок

Группа	Марка масел	Прогноз. срок хранения, год	Предельный срок хранения по [3], год
I	ТП-22С марка 1	15,2	5
	ТП-22С-ГП	14,7	-
	ТП-32	более 15	5
	Торнадо GT	18	-
II	Петрим	3,9	-
	Лукойл МГК-8гп	14,0	-
III	ВНИИНП 50-1-4у	5,2	5
	ИПМ-10	9,3	10
	ИПМ-12гп	7,3	-

Как видно из данных, представленных в таблице, прогнозируемые сроки хранения смазочных масел ИПМ-10 и ВНИИНП 50-1-4у вполне согласуются со сроками, установленными в Инструкции Министерства обороны [1].

Разработанная методика легла в основу СТО Газпром 2-1.16-1052-2016 «Масла смазочные для газоперекачивающих агрегатов. Методика определения прогнозируемого срока хранения» [8] и широко используется в структурных подразделениях ПАО «Газпром» при проведении квалификационных и периодических испытаний смазочных масел, предназначенных для применения на основном технологическом оборудовании.

Внедрение данного стандарта позволило получить дополнительную информацию о сроке хранения смазочных масел и более гибко выстроить систему маслоснабжения, обеспечивая

неснижаемый запас смазочных масел для бесперебойной работы технологического оборудования ПАО «Газпром».

Список литературы

[1] Инструкция по организации обеспечения качества компонентов жидкого ракетного топлива и горючего в Вооруженных Силах Российской Федерации на мирное и военное время (утв. Приказом Министра обороны Российской Федерации от 22.08.2018 г. № 464).

[2] СТО Газпром 2-3.5-454-2010 Документы нормативные для проектирования, строительства и эксплуатации объектов ОАО «Газпром». Правила эксплуатации магистральных газопроводов. М.: Газпром экспо, 2010. – 241 с.

[3] СТО Газпром 2-3.6-162-2007 Документы нормативные для проектирования, строительства и эксплуатации объектов ОАО «Газпром». Положение по хранению смазочных масел на КС газотранспортных обществ ОАО «Газпром». М.: Газпром экспо, 2007. – 20 с.

[4] Патент № 1239592 РФ МКИЗ G 01N 33/30. Способ определения срока хранения смазочного масла / А.И. Ечин, Г.Т. Новосартов, С.Э. Крейн, Т.Б. Кондратьева, О.Ю. Астахова; Заявлено 05.11.1984; Опубл. 23.06.1986.

[5] Квалификационный метод прогнозирования сроков хранения масел для авиационных газотурбинных двигателей (Утв. Решением ГМК по испытанию топлив, масел, смазок и специальных жидкостей при Госстандарте (Решение № 23/1-18 от 21.01.87)).

[6] СТО Газпром 2-1.16-777-2014 Документы нормативные для проектирования, строительства и эксплуатации объектов ОАО «Газпром». Масло турбинное для теплонапряженных газоперекачивающих агрегатов. Технические требования. М.: Газпром экспо, 2015. – 46 с.

[7] Мухин А.А., Кащицкая В.Ю., Потапова С.А. Лабораторный метод оценки эксплуатационных свойств смазочных масел для газоперекачивающих агрегатов. Химия и технология топлив и масел, 2008, №3, с. 54-58.

[8] СТО Газпром 2-1.16-1052-2016 Масла смазочные для газоперекачивающих агрегатов. Методика определения прогнозируемого срока хранения. М.: Газпром экспо, 2018. – 10 с.

УДК 621.6.033

С.Ю. Поляков, к.т.н., начальник лаборатории, ООО
«Газпром ВНИИГАЗ»

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСЧЕТА ТЕМПЕРАТУР СМАЗОЧНЫХ МАСЕЛ В ТАРЕ В ПРОЦЕССЕ ИХ ОХЛАЖДЕНИЯ

Разработана математическая модель расчета скорости охлаждения смазочных масел в таре после перемещения с отопляемого складского помещения. Модель позволяет определить допустимое время нахождения масла при отрицательных температурах, в течение которого возможно выполнение технологических операций без подогрева.

Ключевые слова: смазочные масла, тара, тепломассообменные процессы.

S.Yu. Polyakov, Limited Liability Company «Scientific-Research Institute of Natural Gases and Gas Technologies – VNIIGAZ» (LLC «VNIIGAZ»)

MATHEMATICAL MODEL FOR CALCULATION OF TEMPERATURES OF LUBRICANTS IN CONTAINERS DURING THEIR COOLING PROCESS

A mathematical model has been developed to calculate the cooling rate of lubricants in containers after being moved from a heated warehouse. The model allows for determining the permissible time the oil can remain at sub-zero temperatures, during which time technological operations can be performed without heating.

Keywords: lubricants, container, heat and mass transfer processes.

В ПАО «Газпром» при организации маслоснабжения газоперекачивающих агрегатов используют масла, хранящиеся в резервуарах или различных видах тары: ИВС-контейнер, бочка.

Хранение масел в таре осуществляется, как правило, в отопливаемых складах. Это упрощает операции заправки маслосистем газоперекачивающих агрегатов при низких температурах. Часто возникает задача: определить сколько времени масло в таре может находиться при отрицательных температурах и при этом сохранять допустимый уровень вязкости, позволяющий использовать погружные насосы для перекачивания масла из бочки или нижний слив из ИВС-контейнера без задействования подогревающих устройств. Это актуально по отношению к маслам с высокими температурами застывания.

Для решения данной задачи разработана математическая модель, выполняющая расчет температуры масла в таре после перемещения из отопливаемого складского помещения.

Тепловой баланс взаимодействия тары с маслом и окружающей средой описывается уравнением:

$$\frac{dT}{d\tau} = - \frac{K_{\Sigma} F}{G C_p} (T - T_{\text{окр}}), \quad (1)$$

где T – текущая температура масла, К;

$T_{\text{окр}}$ – температура окружающей среды, К;

K_{Σ} – суммарный коэффициент теплопередачи от масла в окружающую среду через стенки тары (вертикальные и горизонтальные), Вт/(м² К);

F – полная поверхность тары, м²;

τ – расчетное время охлаждения масла, с;

G – масса масла, кг;

C_p – удельная теплоемкость масла при постоянном давлении, Дж/(кг К).

Частное решение дифференциального уравнения (1) при граничных условиях ($\tau = 0$; $T = T_0$) имеет вид:

$$T = T_{\text{окр}} + (T_0 - T_{\text{окр}}) e^{-\frac{K_{\Sigma} F \tau}{G C_p}}, \quad (2)$$

Суммарный коэффициент теплопередачи от нефтепродукта в окружающую среду через стенки тары K_{Σ} определяется по формуле [1]:

$$K_{\Sigma} = \frac{K_{\text{д}} F_{\text{д}} + K_{\text{ст}} F_{\text{ст}} + K_{\text{в}} F_{\text{в}}}{F}, \quad (3)$$

где $K_{\text{д}}$, $K_{\text{ст}}$, $K_{\text{в}}$ – коэффициенты теплопередачи соответственно: через дно, вертикальные стенки и верх тары, Вт/(м² К);
 $F_{\text{д}}$, $F_{\text{ст}}$, $F_{\text{в}}$ – соответствующие элементам тары площади, м².

Коэффициент теплопередачи через вертикальные стенки тары $K_{\text{ст}}$, дно тары $K_{\text{д}}$ и верх тары $K_{\text{в}}$ определяются по соответствующим зависимостям [1]:

$$\frac{1}{K_{\text{д}}} = \frac{1}{\alpha_{1\text{д}}} + \frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}} + \frac{1}{\alpha_{2\text{д}}}, \quad (4)$$

$$\frac{1}{K_{\text{ст}}} = \frac{1}{\alpha_{1\text{ст}}} + \frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}} + \frac{1}{\alpha_{2\text{ст}} + \alpha_{3\text{ст}}}, \quad (5)$$

$$\frac{1}{K_{\text{в}}} = \frac{1}{\alpha_{1\text{в}}} + \frac{\delta_{\text{вп}}}{\lambda_{\text{вп}}} + \frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}} + \frac{1}{\alpha_{2\text{в}} + \alpha_{3\text{в}}}, \quad (6)$$

где $\alpha_{1\text{ст}}$, $\alpha_{2\text{ст}}$, $\alpha_{3\text{ст}}$, $\alpha_{1\text{д}}$, $\alpha_{2\text{д}}$, $\alpha_{3\text{д}}$, $\alpha_{1\text{в}}$, $\alpha_{2\text{в}}$, $\alpha_{3\text{в}}$ – коэффициенты теплоотдачи соответственно: от масла к стенке, дну, к воздушной прослойке под верхней частью тары, от наружной поверхности стенки, дна, верхней частью тары в среду (конвективный теплообмен – индекс 2), от наружной поверхности стенки, верхней части тары в среду (теплообмен излучением – индекс 3), Вт/(м²хК);

$\delta_{\text{ст}}$ – толщина стенки тары, м;

$\lambda_{\text{ст}}$ – коэффициент теплопроводности стенки тары, Вт/(м К);

$\delta_{\text{вп}}$ – толщина воздушной прослойки между зеркалом масла и верхом тары, м;

$\lambda_{\text{вп}}$ – коэффициент теплопроводности воздушной прослойки, Вт/(м К).

Толщина стенок тары принимается одинаковой, теплообмен через воздушную прослойку вверху закрытой тары выполнен по упрощенной схеме, только в виде теплопередачи. Также пренебрегается фактор контакта дна тары с холодной поверхностью (грунт, дорожное покрытие, и т.д.).

Для определения коэффициентов теплоотдачи естественного конвективного теплообмена используются числа Грасгофа и Прандтля:

$$Gr = \frac{X^3 \beta g \Delta T}{\nu^2}, Pr = \frac{\nu C_p \rho}{\lambda}, \quad (7)$$

где β – коэффициент объемного расширения масла, принимается постоянным при разных температурах (Т) – 0,0008 1/К;

g – ускорение свободного падения (9,81 м/с²);

X – характерный размер для поверхности теплообмена, м;

ν – кинематическая вязкость масла, м²/с;

ρ – плотность масла, кг/м³;

λ – коэффициент теплопроводности масла, Вт/(м К);

ΔT – перепад температур на поверхности теплообмена.

Все расчеты ведутся при текущей температуре масла T , которая определяется в результате пошагового расчета с шагом по времени охлаждения $\Delta \tau = 1$ мин.

Температура стенки тары $T_{\text{ст}}$ определяется методом последовательных приближений по формуле:

$$T_{\text{ст}} = T - \frac{K_{\text{ст}}}{\alpha_{1\text{ст}}} (T - T_{\text{окр}}), \quad (8)$$

Перепад температур ΔT на внутренней поверхности тары определяется разностью $T - T_{\text{ст}}$, а на внешней – разностью $T_{\text{ст}} - T_{\text{окр}}$.

Для определения удельной теплоемкости, кинематической вязкости, плотности, теплопроводности масла при текущей температуре (T) использованы формулы Кreglo, Рейнолдса-Филонова, Менделеева, Кreglo-Смита, соответственно [2]:

$$C_p = \frac{31,56}{\sqrt{\rho_{293}}} (762 + 3,39T), \quad (9)$$

$$\nu = \nu_1 e^{\left[-\frac{1}{T_2 - T_1} \ln \frac{\nu_1}{\nu_2} (T - T_1) \right]}, \quad (10)$$

$$\rho = \frac{\rho_{293}}{1 + \beta(T - 293)}, \quad (11)$$

$$\lambda = \frac{156,6}{\rho_{293}} (1 - 0,00047T), \quad (12)$$

где ρ_{293} – плотность масла при 293 К, кг/м³;

ν_1, ν_2 – опорные значения кинематической вязкости при температурах T_1, T_2 , близким к температурному интервалу $T_{окр} - T_0$, мм²/с.

Режим обтекания стенок тары (ламинарный или турбулентный) характеризуется числом Рэлея:

$$Ra = Gr Pr, \quad (13)$$

Коэффициенты теплоотдачи в уравнениях 4-6 в условиях естественной конвекции определяют через число Нуссельта:

$$\alpha = \frac{\lambda}{X} Nu, \quad (14)$$

Для вертикальных стенок тары характерный размер X определяется высотой разлива масла в таре – 0,98 h (h – высота тары), а для горизонтальных стенок это ширина ИВС-контейнера или диаметр бочки.

Согласно [1] число Нуссельта, позволяющее определить коэффициент теплоотдачи от масла к вертикальным стенкам в ус-

ловиях естественной конвекции при ламинарном ($10^3 < Ra < 10^9$) и турбулентном ($Ra > 10^9$) режимах, определяется по формулам:

$$Nu_{ст} = 0,76Ra^{0,25} \left(\frac{Pr_m}{Pr_{ст}} \right)^{0,25}, \text{ (при } 10^3 < Ra < 10^9), \quad (15)$$

$$Nu_{ст} = 0,15Ra^{0,33} \left(\frac{Pr_m}{Pr_{ст}} \right)^{0,25}, \text{ (при } Ra > 10^9), \quad (16)$$

где Pr_m , $Pr_{ст}$ – числа Прандтля, определенные по температуре масла в таре (в удалении от стенки) – T и по температуре возле стенки – $T_{ст}$, соответственно.

Используя выражения (14 – 16), определяется коэффициент теплоотдачи от масла вертикальным стенкам тары – $\alpha_{1ст}$.

Для определения коэффициента теплоотдачи от вертикальных стенок в окружающую среду $\alpha_{2ст}$ также используются выражения (14 – 16). Но в этом случае для определения чисел Рэлея и Прандтля используется перепад температур $\Delta T = T_{ст} - T_{окр}$ и параметры окружающего воздуха.

Коэффициент теплоотдачи от зеркала масла в воздушную прослойку в верхней части тары $\alpha_{1в}$ определяется по зависимостям [6]:

$$\alpha_{1в} = 5,466 \sqrt[3]{T - T_{вп}} \text{ (при } 5 \times 10^2 < Ra < 2 \times 10^7), \quad (17)$$

$$\alpha_{1в} = 1,14 \sqrt[3]{T - T_{вп}} \text{ (при } Ra > 2 \times 10^7), \quad (18)$$

где $T_{вп}$ – температура воздушной прослойки, $T_{вп} = 0,5(T + T_{ст})$.

Коэффициент теплоотдачи от верха тары в окружающую среду в условиях естественной конвекции $\alpha_{2в}$ определяется через числа Нуссельта $Nu_{2в}$ [1, 3]:

$$Nu_{2в} = 0,54Ra_{в}^{0,25} \text{ (при } 5 \times 10^2 < Ra < 2 \times 10^7), \quad (19)$$

$$Nu_{2в} = 0,14Ra_{в}^{1/3} \text{ (при } Ra > 2 \times 10^7), \quad (20)$$

где числа Рэлея Ra_g определяются по параметрам воздуха при температуре окружающей среды $T_{окр}$.

Коэффициент теплоотдачи от масла ко дну тары в условиях естественной конвекции $\alpha_{1д}$ определяется через число Нуссельта [1]:

$$Nu_{2д} = 0,5Ra_m^{0,25} \left(\frac{Pr_m}{Pr_{ст}} \right)^{0,25}. \quad (21)$$

Коэффициент теплоотдачи от дна тары в окружающую среду в условиях естественной конвекции $\alpha_{2д}$ определяется через число Нуссельта и число Рэлея, определенное для воздуха [1, 3]:

$$Nu_{2д} = 0,27Ra_b^{0,25} \text{ (при } 10^5 < Ra < 2 \times 10^7), \quad (22)$$

$$Nu_{2д} = 0,58Ra_b^{0,2} \text{ (при } 2 \times 10^7 < Ra < 3 \times 10^{10}). \quad (23)$$

В случае вынужденной конвекции, вызванной воздушным потоком в ветреную погоду, коэффициенты теплоотдачи от стенок в окружающую среду α_{2i} , определяют по общей формуле [1]:

$$\alpha_{2i} = C \frac{\lambda_b}{X} Re_b^n, \quad (24)$$

где λ_b – коэффициент теплопроводности воздуха, Вт/(м К);
 Re_b – число Рейнолдса для воздуха, обтекающего тару с маслом $Re_b = \frac{wX}{\nu}$, где w – скорость потока воздуха, м²/с);

C, n – коэффициенты, значения устанавливаются в зависимости от числа Рейнолдса.

Коэффициенты теплоотдачи при теплообмене излучением от стенок тары (вертикальных и горизонтальных) α_{3i} , определяют по формуле [1,3]:

$$\alpha_{3i} = \varepsilon C_s \frac{\left(\frac{T_{ст}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{окр}}{100} \right)^4}{T_{ст} - T_{окр}}, \quad (25)$$

где C_s – постоянная Стефана-Больцмана ($5,67 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{K}^4)$);
 ε – степень черноты для материала стенок тары.

Проверка адекватности математической модели осуществлялась сравнением расчетных и экспериментальных данных. В качестве эксперимента проводилось охлаждение моторного масла М4₃/14Д в бидоне из белой жести в условиях естественной конвекции. Температура заливки масла $T_0 = 50 \text{ }^\circ\text{C}$, температура окружающей среды $T_{\text{окр}} = 2 \text{ }^\circ\text{C}$, масса масла составляет 16,7 кг. Результаты, полученные в процессе эксперимента и расчета по математической модели, представлены на рисунке 1.

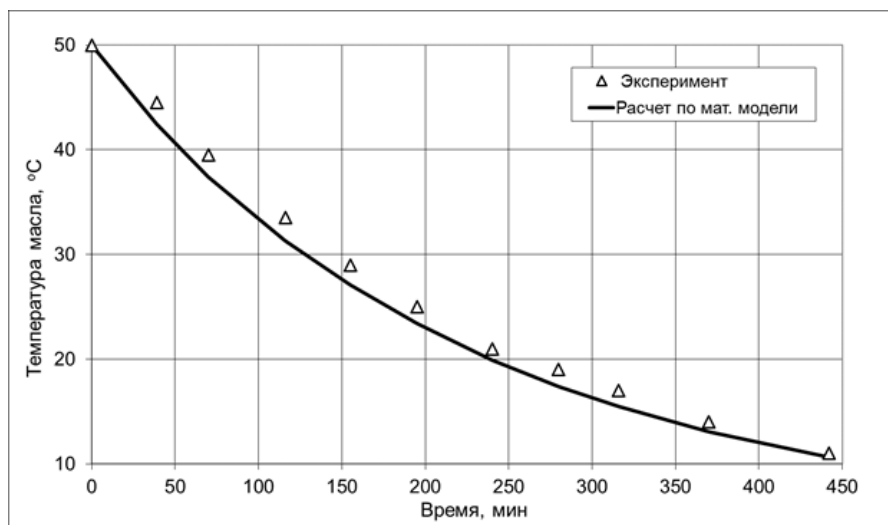


Рисунок 1. Сравнение экспериментальных и расчетных данных охлаждения моторного масла М4₃/14Д в бидоне из белой жести

Как видно из представленных данных, математическая модель позволяет с достаточной точностью моделировать процесс охлаждения масла. Отклонение расчетных значений температуры масла от экспериментальных данных не превышает 5-6 %.

На рисунке 2 представлены данные по расчету охлаждения турбинного масла Тп–22С Марка 1 после перемещения с отопливаемого склада (температура в складском помещении – $20 \text{ }^\circ\text{C}$) во внешнюю среду (температура – минус $20 \text{ }^\circ\text{C}$). Рассмотрены усло-

вия естественной конвекции и при обдуве ветром (принудительная конвекция).

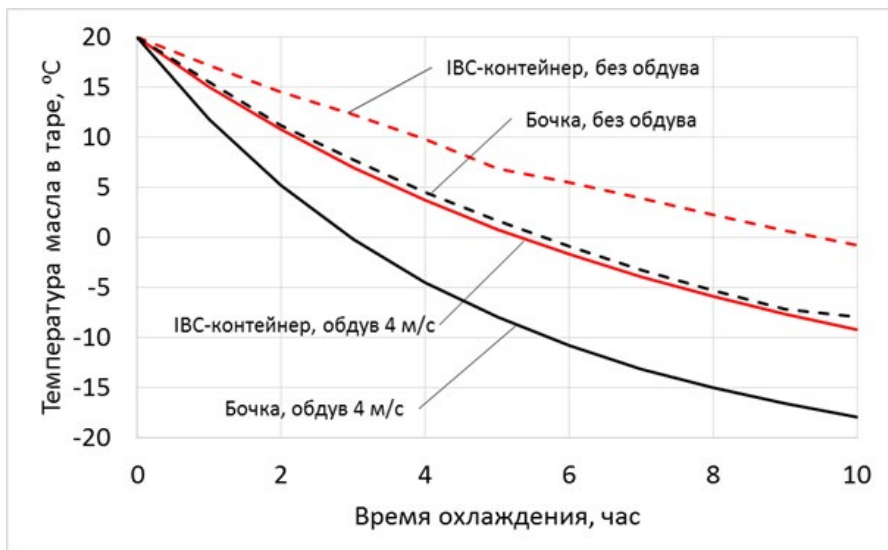


Рисунок 2. Результаты расчета охлаждения турбинного масла Тп-22С Марка 1 в различной таре в условиях естественной и принудительной конвекции при температуре окружающей среды минус 25 °С

Таким образом, разработанная математическая модель позволяет выполнять расчеты по скорости охлаждения различных масел в таре при перемещении с отопляемого склада в холодную среду с приемлемой степенью точности. Учен фактор наличия ветра, ускоряющий процесс охлаждения масла в таре. Данные, полученные в результате расчетов и последующей оценки реологических свойств масел, можно использовать при планировании различных технологических операций с маслами.

Список литературы

1. Уонг Х. Основные формулы и данные по теплообмену для инженеров: Пер. англ./ Справочник. – М.: Атомиздат, 1979 – 216 с.

2. Тугунов П.И., Новоселов В.Ф. Типовые расчеты при проектировании и эксплуатации нефтебаз и нефтепроводов. Учеб. Пособие для вузов. М., «Недра», 1981, 184 с.

3. Сибиси Т., Брэдшоу П. Конвективный теплообмен. Физические основы и вычислительные методы: Пер. с англ. – М.: Мир, 1987, 592 с.

УДК 621.45.038.72:620.171.2

*Е.И. Полякова, к.х.н., в.н.с., Ф.В. Тимофеев, к.т.н., г.н.с.,
Д.Н. Соколов, к.т.н., в.н.с., ФГБУ НИИПХ Росрезерва*

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ АНТИКОРРОЗИОННЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ВНУТРЕННИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ СРЕДСТВ ХРАНЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Приведены результаты исследований по созданию комплекса методов оценки эффективности применения антикоррозионных покрытий для внутренних поверхностей средств хранения нефтепродуктов. Актуальность работы связана со значительным изменением номенклатуры поступающих на рынок антикоррозионных покрытий из лакокрасочных материалов и отсутствием необходимой нормативной базы контроля их влияния на качество хранимых нефтепродуктов. Оценку физико-механических свойств покрытий предлагается осуществлять стандартными методами с учетом планируемых сроков службы и условий применения. Влияние покрытий на качество автомобильных бензинов и дизельных топлив при хранении предлагается оценивать по результатам ускоренного старения топлив в контакте с покрытиями, по установленному в ходе исследований перечню показателей качества. Ускоренное старение осуществляют в соответствии с разработанной методикой.

Ключевые слова: Антикоррозионные покрытия, лакокрасочные покрытия, лакокрасочные материалы, внутренние покрытия, резервуары, влияние, ускоренное старение, нефтепродукты, качество, метод оценки.

F.V. Timofeev, E.I. Polyakova, D.N. Sokolov, Federal State budget-funded institution Storage Research Institute of Rosreserv

**EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS
OF ANTICORROSIVE COATINGS
FOR THE INTERNAL SURFACES
OF PETROLEUM PRODUCTS STORAGE FACILITIES**

The results of research on the creation of a set of methods for evaluating the effectiveness of anticorrosive coatings for the internal surfaces of petroleum products storage facilities are presented. The relevance of the work is related to a significant change in the range of anticorrosive coatings from paint and varnish materials entering the market and the lack of the necessary regulatory framework for their quality control. It is proposed to evaluate the physico-mechanical properties of coatings using standard methods, taking into account the planned service life and application conditions. The effect of coatings on the quality of automobile gasoline and diesel fuels during storage is proposed to be assessed based on the results of accelerated aging of fuels in contact with coatings, according to the list of quality indicators established during the research. Accelerated aging should be carried out in accordance with the developed methodology.

Key words: Anticorrosive coatings, paint and varnish coatings, paint and varnish materials, internal coatings, reservoirs, effect, accelerated aging, petroleum products, quality, assessment method.

Одним из важнейших условий эффективного функционирования организаций нефтепродуктообеспечения, предназначенных для приема и хранения нефтепродуктов, является антикоррозионная защита резервуаров специальными покрытиями и особенно их внутренних поверхностей, находящихся в непосредственном и долговременном контакте с нефтепродуктами и их парами.

Эффективность покрытий может быть определена по таким критериям, как срок службы, степень антикоррозионной защиты, влияние на качественную и количественную сохранность нефтепродуктов, размещаемых в средствах хранения. Основой антикоррозионных покрытий (АКП) служат различные материалы на основе полиуретана, эпоксидных смол и др. [1, 2]. Значительная роль в эффективности покрытий принадлежит пленкообразующим материалам, различным наполнителям и отвердителям [3, 4], входящим в состав лакокрасочных материалов (ЛКМ).

Необходимость применения долговечных и эффективных АКП средств хранения особенно важна в условиях организации длительного хранения нефтепродуктов, при которых существенно ограничена возможность проведения различных регламентных и ремонтных работ, особенно связанных с внутрискладскими перекачками. Подходы, применяемые к выбору покрытий, должны быть научно обоснованы и учитывать все особенности их применения [5].

Особая роль отводится возможности оценки применения АКП в условиях воздействия агрессивных сред, к которым относятся нефтепродукты [6, 7]. При этом, необходима как оценка изменения свойств покрытий в период их эксплуатации в результате воздействия этих сред [8, 9], так и оценка влияния самих АКП на свойства нефтепродуктов, находящихся на хранении в резервуарах [10].

В настоящее время в качестве АКП для средств хранения нефтепродуктов (резервуаров) в основном применяются различные марки ЛКМ отечественных производителей. В связи с уходом с рынка известных зарубежных брендов, таких как Jotun, Hempel, PPG Industries, AkzoNobel и др., ряд отечественных компаний расширил объем и линейку своего производства (АО «НПХ «ВМП», АО «ГК «ХИМИК», ООО «Завод ВДМ «Пигмент», ООО «АКЗ покрытия» и др.). Также на базе бывших производств иностранных компаний открылись новые современные отечествен-

ные производства с собственными технологическими решениями (ООО «ТАЛАТУ», ООО «Литум»). В то же время выход на рынок новых марок ЛКМ, не имеющих многолетней апробации на объектах нефтегазового комплекса, требует повышенного внимания к качеству выпускаемой продукции, а для внутренних покрытий также оценки их воздействия на качество продукции, находящейся на хранении. Таким образом, имеется необходимость в создании комплекса методов оценки свойств АКП, планируемых для применения в качестве внутренних покрытий средств хранения, позволяющего обеспечить выбор покрытий, обладающих необходимыми характеристиками по защитным свойствам, долговечности, инертности к нефтепродуктам для их эффективного применения.

Для достижения поставленной цели - разработки комплекса методов оценки свойств АКП, планируемых для применения в качестве внутренних покрытий средств хранения, проведен анализ применяемых в настоящее время в РФ и за рубежом методов испытаний покрытий, предназначенных для антикоррозионной защиты внутренних поверхностей средств хранения нефтепродуктов. Условно, такие методы можно разделить на 2 основные группы:

- методы испытаний физико-механических свойств покрытий;
- методы оценки влияния покрытий на нефтепродукты, находящиеся на хранении.

К наиболее важным контролируемым показателям качества физико-механических свойств АКП на основе ЛКМ относятся: адгезия, ударная прочность, твердость, эластичность пленки, стойкость к различным реагентам, долговечность при ускоренных испытаниях [11, 12].

Для оценки качества внутренних покрытий резервуаров, предназначенных для длительного хранения нефтепродуктов, исходя из прогнозируемых условий их применения определен

следующий перечень контролируемых свойств: внешний вид, толщина слоя лакокрасочного покрытия (ЛКП), сплошность покрытия, характеристики адгезии, прочность при ударе, эластичность, твердость, водопоглощение свободной пленки, стойкость к истиранию, коэффициент соотношения емкостей, тангенс угла диэлектрических потерь, грибостойкость [7]. Оценка толщины ЛКП, сплошности покрытия, водопоглощения свободной пленки, стойкости к истиранию и грибостойкости проводится на специально подготовленных металлических пластинах, покрытых ЛКМ в соответствии с техническими условиями производителей и на образцах свободных пленок. Остальные показатели оцениваются на исходных образцах специально подготовленных пластин и образцах, прошедших испытания, в соответствии с выбранными условиями. Условия испытаний и количество циклов определяются в соответствии с указанной производителем планируемой долговечностью ЛКП и возможной средой контакта.

Для оценки возможного влияния ЛКП на нефтепродукт при длительном хранении предложено проводить испытания, включающие оценку качества нефтепродуктов в результате контакта с покрытиями при ускоренном старении, моделирующем условия длительного хранения.

Исследования проведены на образцах автомобильного бензина АИ-92-К5 (АБ) и дизельного топлива ЕВРО Сорт С К5 (ДТ). Наряду с показателями, включенными в НД на нефтепродукты для проведения экспериментальных исследований, в перечень оцениваемых показателей было предложено включить показатели, позволяющие оценить окислительные процессы в нефтепродуктах и возможность экстракции ЛКП в нефтепродукт.

Образцы топлив были помещены в сосуды с герметично закрывающейся крышкой, в которые также помещали специально подготовленные образцы с покрытием. При проведении исследований осуществлялась оценка образцов ЛКП различных производителей. Условия проведения испытаний: Время выдержки 1080

часов. Температурные режимы испытаний: АБ – 30 °С; ДТ – 60 °С. Динамика изменения показателей качества оценивалась в промежуточных временных точках через 480 ч и 720 ч выдержки. Для исключения влияния на результат исследования, протекающих при повышенных температурах окислительных процессов, ускоренному старению подвергали такого же объема образцы нефтепродуктов, помещенные в аналогичные сосуды без контакта с пластинками с ЛКП (контрольные образцы).

В 9 одинаковых сосудов с герметично закрываемой крышкой разливалось 6 испытуемых и 3 контрольных образца одинакового объема. В 6 испытуемых образцах нефтепродукта помещали специально подготовленные, одинакового размера (150×70×4 мм), пластинки с нанесенным на них с двух сторон ЛКП.

Испытуемые и контрольные образцы помещались в климатические камеры, обеспечивающие поддержание заданной для испытаний температуры, с точностью ± 2 °С, для дальнейшего ускоренного старения при выбранных температурах. Образцы выдерживали в климатических камерах в течении установленного времени проведения экспериментального исследования. Выемки образцов (по 2 испытуемых и 1 контрольному образцу) производили через 480, 720 и 1080 часов ускоренного старения.

После выемки и охлаждения осуществлялся анализ испытуемых и контрольных образцов в соответствии с перечнем показателей качества, установленным для соответствующего типа нефтепродуктов. После проведения анализа производился расчет среднеарифметических значений результатов определения численных значений показателей качества нефтепродуктов для испытуемых образцов. Далее осуществлялась сравнительная оценка качественных показателей нефтепродуктов полученных при анализе испытуемых и контрольных образцов, для каждой выемки и определялось влияние ЛКП на изменение качественных характеристик нефтепродуктов. Примеры оценки отдельных показателей качества после выдержки при ускоренном старении, представлены на рисунках 1-3.

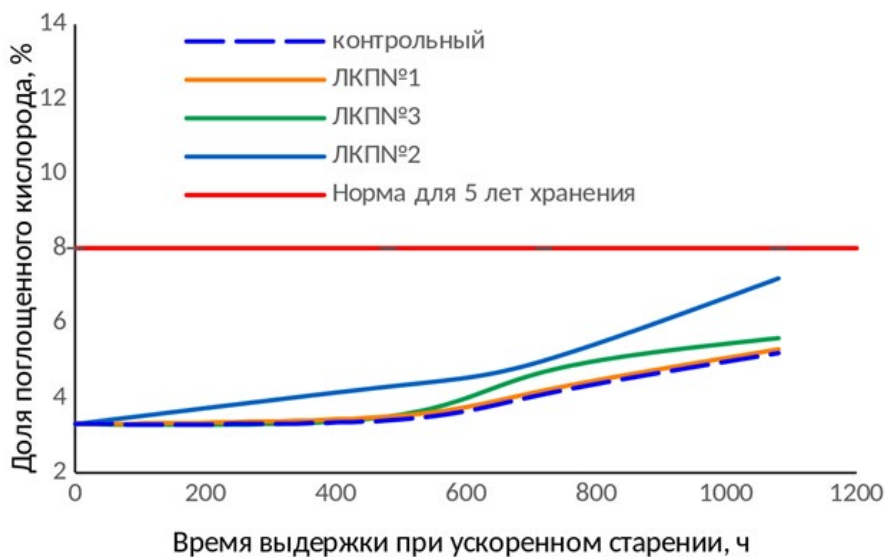


Рисунок 1. Изменение показателя автомобильного бензина «Окислительная стабильность по доле поглощенного кислорода»

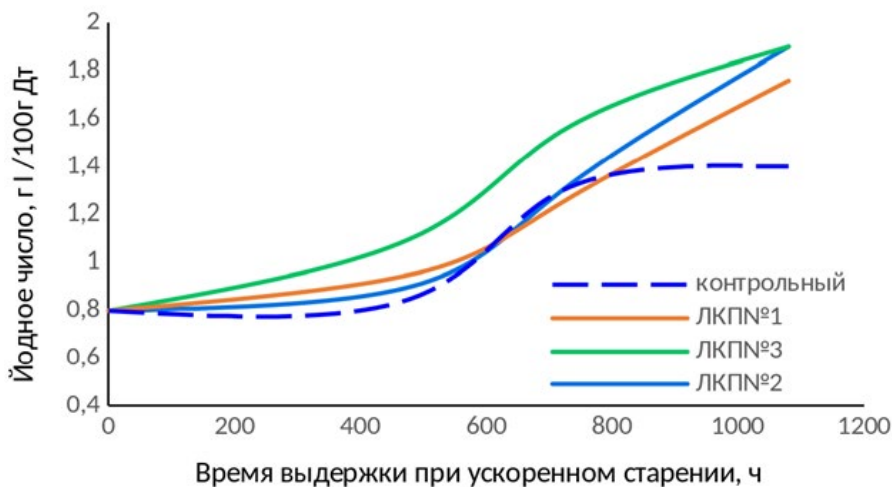


Рисунок 2. Изменение показателя дизельного топлива «Йодное число»

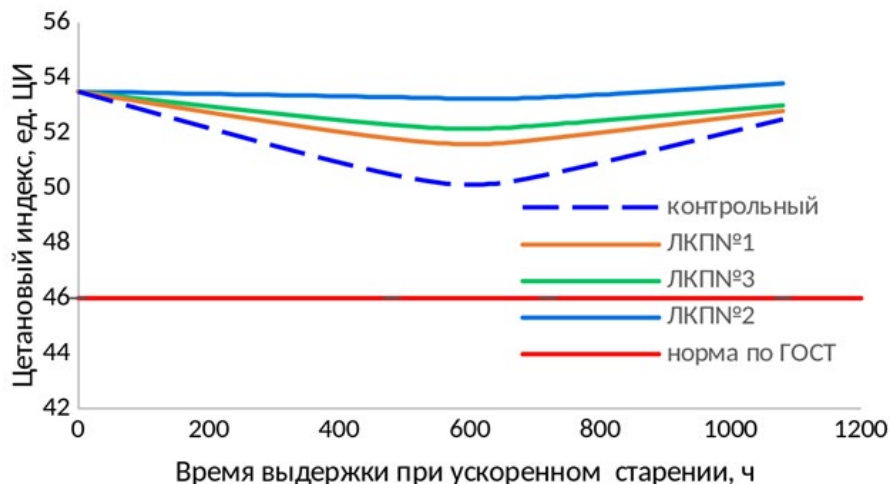


Рисунок 3. Изменение показателя дизельного топлива «Цетановый индекс»

По результатам проведенных исследований определены показатели качества автомобильных бензинов и дизельных топлив, склонные к изменению в результате контакта с ЛКП за счет протекающих на границе их взаимодействия окислительных процессов или экстракции компонентов ЛКП в топливо. В комплекс методов оценки антикоррозионных покрытий для внутренних поверхностей средств хранения нефтепродуктов рекомендуется включить определение изменения значений показателей качества нефтепродуктов (таблица 1) при контакте с ЛКП в соответствии с приведенной методикой.

Таблица 1. Показатели, рекомендуемые для оценки влияния ЛКП на нефтепродукты

АБ	ДТ
Для автомобильных бензинов	Для дизельных топлив
Концентрация смол, промытых растворителем по ГОСТ 1567	Концентрация фактических смол по ГОСТ 8489
Химическая стабильность по доле поглощенного кислорода по СТО 08151164-007-2009	Окислительная стабильность по ГОСТ Р ЕН ИСО 12205

Объемная доля бензола по ГОСТ ЕН 12177	Йодное число по ГОСТ 2070
Содержание водорастворимых кислот и щелочей по ГОСТ 6307	Содержание водорастворимых кислот и щелочей по ГОСТ 6307
Кислотность по ГОСТ 5985	Кислотность по ГОСТ 5985
Оптическая плотность при длине волны 360 нм	Оптическая плотность при длине волны 400 нм

Список литературы

1. Muradova S.R., Negim El.S., Makhmetova A.R. [et al.]. An Overview of the Current State and the Advantages of using acrylic resins as anticorrosive coatings // Комплексное использование минерального сырья. – 2023. – No. 4(327). – P. 90-98. – DOI 10.31643/2023/6445.44. – EDN TDMPCJ.

2. Figovsky O., Pushkarev Yu, Shteinbok A. Protective coating based on liquid ebonite and water dispersion CSPE // Engineering Journal of Don. – 2023. – No. 7(103). – P. 641-661. – EDN CKJXBI.

3. Левиев Л.В., Прокопчук Н.Р. Выбор пленкообразующего и отвердителя для эффективного антикоррозионного покрытия // Труды БГТУ. Серия 2: Химические технологии, биотехнология, геоэкология. – 2020. – № 1(229). – С. 218-225. – EDN XKTDYG.

4. Кияненко Е.А., Зенитова Л.А. Влияние структуры антикоррозионных уретановых покрытий на стойкость к средам нефтехимпродуктов // Вестник Казанского технологического университета. – 2011. – № 2. – С. 113-119. – EDN NCTPMX.

5. Ямщикова С.А. Насибуллина О.А. Выбор системы защитного покрытия для внутренней поверхности резервуара // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2021. – № 5(133). – С. 121-131. – DOI 10.17122/ntj-oil-2021-5-121-131. – EDN WOAMXJ.

6. Буянов И.В., Короленок А.М., Макаренко А.В., Антонова Л.А. Оценка результатов поверочных испытаний антикоррозионных покрытий для применения в трубопроводном транспорте

нефти и нефтепродуктов // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2023. – Т. 13, № 5. – С. 432-439. – EDN ROWANW.

7. Соколов Д.Н., Тимофеев Ф.В., Полякова Е.И., Шевчук Т.П. Оценка влияния нефтепродуктов на свойства антикоррозионных покрытий // Инновационные технологии производства и хранения материальных ценностей для государственных нужд. – 2024. – № 19. – С. 161-168. – EDN DEZAUP.

8. Потапчик А.Н. Егорова А.Л. Разработка метода прогнозирования долговечности антикоррозионных лакокрасочных покрытий // Труды БГТУ. Серия 2: Химические технологии, биотехнология, геоэкология. – 2021. – № 2(247). – С. 175-186. – DOI 10.52065/2520-2669-2021-247-2-175-186. – EDN HXXVKU.

9. Полякова Е.И., Тимофеев Ф.В., Шевчук Т.П., Кугай М.А. Порядок оценки сохраняемости свойств антикоррозионных покрытий после длительного контакта с нефтепродуктами // Инновационные технологии производства и хранения материальных ценностей для государственных нужд. – 2022. – № 17. – С. 188-199. – EDN SGVWUK.

10. Соколов Д.Н., Тимофеев Ф.В., Кугай М.А. [и др.] Оценка влияния антикоррозионных покрытий резервуаров на качество автомобильных бензинов в условиях длительного хранения // Нефтепереработка и нефтехимия. Научно-технические достижения и передовой опыт. – 2023. – № 5. – С. 26-30. – EDN AWNBEZ.

11. Рейбман А.И. Защитные лакокрасочные покрытия // 5-е изд. Л.: Химия, 1982.-320 с.

12. Lambourn R., Strivens T.A. Paint and surface coatings. Theory and practice // Second edition. Woodhead Publishing Ltd, 1999. - P-950.

УДК 621.643

С.А. Симачков, к.т.н., доц., с.н.с., **Л.В. Сеоев**, н.с., **И.В. Горожанин**, с.н.с., **П.Е. Поветкин**, начальник лаборатории, заместитель начальника НИО ФАУ «25 ГосНИИ химмотологии Минобороны России», **А.С. Паршин** инженер ТЗК Внуково

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛЕВЫХ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В статье проводится комплексный анализ технологической эволюции полевых магистральных трубопроводов, оценивается эффективность их применения в различных отраслях промышленности и определяются перспективные направления развития, связанные с внедрением новых материалов и технологий.

Ключевые слова: полевой магистральный трубопровод (ПМТ), технологические особенности, эффективность, поколения трубопроводов, коррозия, полимерные трубы, РЕХ, надежность, эксплуатационные характеристики, трудноизвлекаемые запасы.

S.A. Simachkov, candidate of technical sciences, docent, Senior Researcher; L.V. Seoev, Researcher; I.V. Gorozhanin, Senior Researcher; P.E. Povetkin, Head of the Laboratory Federal Autonomous Establishment «The 25-th State Research Institute of Himmotology, Ministry of Defense of Russian Federation», A.S. Parshin, Vnukovo Refinery Engineer

TECHNOLOGICAL FEATURES OF USING FIELD COLLAPSIBLE PIPELINES IN VARIOUS INDUSTRIES

The article provides a comprehension analysis of the technological evolution of field collapsible pipelines, evaluates the effectiveness of field pipeline's application in various industries and

identifies promising areas of development related to the introduction of new materials and technologies.

Keywords: field collapsible pipelines, technological features, effectiveness, pipeline generation, corrosion, polymer pipes, reliability, operation characteristics, hard-to-recover reserves

Полевые магистральные трубопроводы (далее - ПМТ) представляют собой сборно-разборные транспортные системы, предназначенные для оперативного развертывания в полевых условиях с целью обеспечения непрерывной подачи жидких сред, преимущественно горюче-смазочных материалов (далее - ГСМ) и кратковременно воды. Их уникальность заключается в способности в кратчайшие сроки создавать протяженные транспортные артерии в районах, лишенных стационарной инфраструктуры. Актуальность темы обусловлена постоянным поиском оптимальных инженерных решений, направленных на повышение надежности, долговечности и эксплуатационной эффективности трубопроводных систем в интересах существующих требований современной промышленности. В данной статье рассматривается развитие технологических решений в области ПМТ, анализируются ключевые преимущества с возможностью промышленного применения, оценивается эффективность применения на основе опыта использования по первоначальному назначению.

Историческое развитие полевых магистральных трубопроводов в России прошло несколько этапов, каждому из которых соответствует определенное технологическое поколение.

Потребность в создании военных сборно-разборных трубопроводов как мощного средства доставки большого количества горючего возникла в 1930-е годы и была вызвана возросшим уровнем механизации и моторизации Красной Армии. В 1936 г. на складах горючего были внедрены сборно-разборные трубопроводы (полевые коллекторы) диаметром 75 мм и длиной типового комплекта 1,5 км. С начала 1950-х годов были развернуты работы

по созданию полевого магистрального трубопровода ПМТ-100 с муфтовым соединением (рис. 1), трубопроводного оборудования и средств перекачки для него. В 1956 г. принят на вооружение полевой магистральный трубопровод ПМТ-150, в 1960 г. – облегченный трубопровод ПМТА-150 с трубами, изготовленными из алюминиевого сплава.

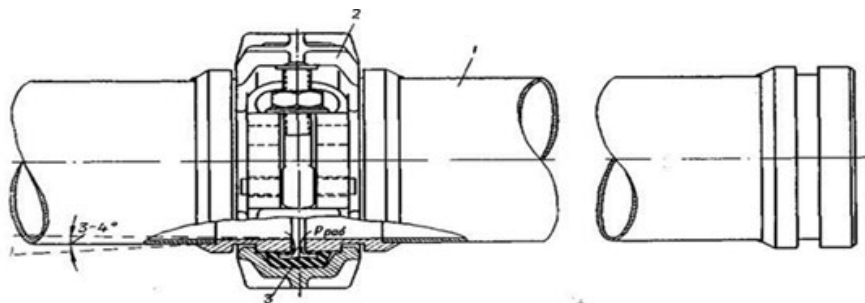


Рисунок 1. Муфтовое соединение ПМТ:

1 – тело трубы, 2 – соединительная муфта, 3 – резиновое уплотнительное кольцо

Для труб первого поколения (ПМТ-100, ПМТ-150) рабочее давление не превышало 3,2 МПа, что было связано с ограниченной прочностью муфтовых соединений. Ключевым параметром для оценки прочности трубопровода в то время являлось сопротивление материала, которое можно выразить через напряжение в стенке трубы (σ), возникающее под действием внутреннего давления P [1]:

$$\sigma = \frac{P \cdot D}{2 \cdot \delta} \quad (1),$$

где D – внутренний диаметр трубы,
 δ – толщина стенки.

Основным направлением повышения эффективности ПМТ в 1960-е и 1970-е годы был поиск путей увеличения их производительности, темпов развертывания и автоматизации процессов работы насосных станций. Следующим шагом стала разработ-

ка трубопроводов второго поколения (ПМТП, ПМТБ - полевые магистральные трубопроводы повышенной и большой производительности) с полуавтоматическим замковым быстроразъёмным соединением. В результате совместной работы ученых ФАУ «25 ГосНИИ химмотологии Минобороны России», инженеров и конструкторов заводов-изготовителей было создано и испытано соединение типа «Раструб». Поэтапно полевые магистральные трубопроводы повышенной производительности с раструбным соединением диаметром 150 мм (ПМТП-150) и 100 мм (ПМТП-100) были приняты на вооружение в 1972 г и 1975 г. соответственно, трубопровод большой производительности диаметром 200 мм (ПМТБ-200) в 1980 г. Данное техническое решение позволило повысить эффективность соединения примерно в 2 раза, что выражается в увеличении допустимого рабочего давления до 6,0 МПа [1]. Математически функциональность такого соединения можно оценить через коэффициент снижения прочности (k_c), который для систем второго поколения стремился к единице:

$$k_c = \frac{\sigma_{\text{соед}}}{\sigma_{\text{трубы}}} \quad (2),$$

где $\sigma_{\text{соед}}$ – предел прочности соединения,

$\sigma_{\text{трубы}}$ – предел прочности тела трубы.

Для надежной эксплуатации необходимо, чтобы $k_c \geq 0.95$.

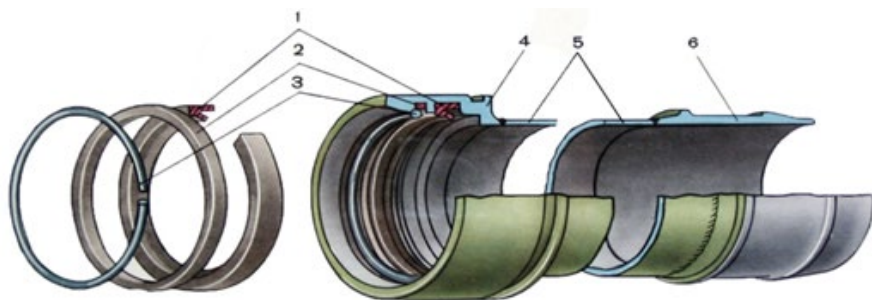


Рисунок 2. Раструбное соединение ПМТ по ГОСТ 20772:

- 1 – резиновое уплотнительное кольцо, 2 – резиновая микропористая подкладка,
3 – стальное запорное кольцо, 4 – раструб, 5 – тело трубы, 6 – манжета

Современный этап развития связан с созданием трубопроводов третьего поколения на основе композитных материалов и полимеров. Применение таких материалов позволяет добиться снижения массы отдельной трубы, а соответственно и всей трубопроводной системы, что критически важно для оперативности развертывания.



Рисунок 3. Опытный образец ПМТС-150



Рисунок 4. Опытный образец ТСП-МК-100

Массу комплекта трубопровода m оперативно можно оценить по формуле:

$$m = \rho \cdot \pi \cdot (D + \delta) \cdot \delta \cdot L \quad (3),$$

где ρ – плотность материала трубы,

L – длина трубопровода.

Для композитных материалов плотность $\rho_{\text{комп}}$ в 4-5 раз ниже, чем у стали ($\rho_{\text{ст}}$), что при прочих равных условиях приводит к пропорциональному снижению массы [2]. Параллельно в сегменте стальных труб развиваются технологии гибридной лазерно-дуговой сварки, позволяющие создавать трубы (например, марки К70), выдерживающие давление до 14,7 МПа [3].

Таблица 1. Сравнительная характеристика поколений
полевых магистральных трубопроводов

Характеристика	Первое поколение (ПМТ)	Второе поколение (ПМТП/ПМТБ)	Третье поколение (композитные/полимерные)
Период внедрения	Конец 1940-х годов	1970-е – 1990-е годы	2000-е годы – по настоящее время
Материал труб	Сталь, алюминий	Сталь	Полимеры, композиционные материалы
Тип соединения	Муфтовое	Раструбное	Специализированные соединения для композитных труб
Рабочее давление, МПа	До 3,2	До 6,0	До 6,0
Ключевое преимущество	Простота и адаптация существующих решений	Повышенная прочность и возможность и скорость сборки	Сниженная масса, коррозионная стойкость

Эффективность ПМТ носит многокритериальный характер и оценивается через призму оперативности развертывания, надежности, долговечности и общей экономической целесообразности.

ности. В военной сфере она доказана в ходе многочисленных конфликтов. Высокий темп монтажа, составляющий силами группы монтажа из десяти человек до 1 км трубопровода в час, позволяет в сжатые сроки создавать логистические транспортные коридоры подачи жидкой среды [4].

Для гражданских отраслей, в частности, жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ), характерны иные акценты. Основной проблемой стальных трубопроводов является коррозия и отложения на внутренней поверхности, что приводит к увеличению гидравлического сопротивления и снижению пропускной способности. Для оценки потерь напора (h_f) по длине трубопровода используется формула Дарси-Вейсбаха:

$$h_f = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} \quad (4),$$

где λ – коэффициент гидравлического трения,

V – средняя скорость потока жидкости,

g – ускорение свободного падения.

Коэффициент трения (λ) зависит от шероховатости стенок трубы Δ и числа Рейнольдса (Re). С течением времени абсолютная эквивалентная шероховатость Δ стальных труб может увеличиваться на 0,005 – 3,0 мм в год в зависимости от агрессивности перекачиваемой технической воды, что согласно исследованиям [5] приводит к снижению пропускной способности до 57% за каждые 10 лет эксплуатации. В этом контексте эффективной альтернативой видятся трубы из полимерных материалов, такие как РЕХ (сшитый полиэтилен). Они обладают высокой устойчивостью к коррозии и образованию накипи, а их гладкая внутренняя поверхность ($\Delta_{РЕХ} \approx 0.0007$ мм) сохраняет гидравлические характеристики на протяжении всего срока службы [6]. Однако, для полимерных труб критичным фактором является долговременная прочность, которая описывается моделью, учитывающей процессы старения под действием температуры и давления [7]:

$$t_f = A \cdot \exp\left(\frac{U_0 - \sigma \cdot \gamma}{kT}\right) \quad (5),$$

где t_f – время до разрушения,
 A – константа материала,
 U_0 – энергия активации процесса разрушения,
 σ – механическое напряжение,
 γ – структурный фактор,
 k – постоянная Больцмана,
 T – абсолютная температура.

Современные вызовы стимулируют развитие перспективных направлений, нацеленных на радикальное повышение эффективности. Одним из таких вызовов для нефтедобывающей промышленности является освоение трудноизвлекаемых запасов (ТРИЗ). Для их разработки, например, с использованием технологии закачки воды в пласт породы в сверхкритическом состоянии (при температуре 450 °С и давлении до 40 МПа), требуются трубы, способные выдерживать экстремальные нагрузки [8].

Прочностные характеристики таких труб должны удовлетворять критерию, учитывающему как механические напряжения, так и избыточное температурное расширение и давление:

$$\sigma_{\Sigma} = \sqrt{\sigma_{\text{мех}}^2 + 3 \cdot \tau_{\text{терм}}^2} \quad (6),$$

где $\sigma_{\text{мех}}$ – механическое напряжение от давления, рассчитываемое по формуле (1),

$\tau_{\text{терм}}$ – термическое напряжение, обусловленное разностью температур.

Таблица 2. Влияние характеристик транспортируемой воды на снижение пропускной способности стальных трубопроводов

Группа воды по агрессивности	Характеристика воды	Снижение пропускной способности через 10 лет, %	Ежегодный прирост абсолютной шероховатости, мм
1	Слабоминерализованные некоррозионные воды	14%	0,005 – 0,055

2	Слабоминерализованные коррозионные воды	20%	0,055 – 0,18
3	Весьма коррозионные воды с содержанием железа $>3 \text{ г/м}^3$	30%	0,18 – 0,4
4	Коррозионные воды с большим содержанием сульфатов и хлоридов	40%	0,4 – 0,6
5	Сильноминерализованные коррозионные воды с плотным остатком $>2000 \text{ г/м}^3$	57%	0,6 – 3,0

Создание подобного оборудования позволит увеличить коэффициент извлекаемости ТРИЗ с текущих 5 до 30...50%.

Другим перспективным направлением является цифровая трансформация и внедрение систем мониторинга, позволяющих в реальном времени оценивать состояние трубопровода. Математические модели, основанные на данных с датчиков [9], могут прогнозировать остаточный ресурс системы, используя методы машинного обучения и уравнения теории надежности [10].

Таким образом, стратегия развития и расширение области применения ПМТ заключается в комплексном подходе, сочетающем прорывные технологии изготовления и применение новых материалов, а также математические модели оптимизации эксплуатации.

Проведенный анализ позволяет заключить, что ПМТ являются высокоэффективным и технологически развитым инструментом. Эволюция ПМТ, прошедшая путь от труб первого поколения до современных композитных систем и труб, изготовленных с применением гибридной лазерно-дуговой сварки и современных композитных материалов, наглядно демонстрирует поступательное движение в сторону повышения прочности, надежности

и оперативности развертывания. Применение математического аппарата для расчета напряжений, потерь напора и долговечности позволяет количественно оценить эффективность и надежность трубопроводных систем. Перспективы развития ПМТ неразрывно связаны с необходимостью решения важных задач, таких как освоение ТРИЗ, что требует создания труб, способных работать в критических условиях, а также с внедрением цифровых технологий и сложных математических моделей для прогнозирования их состояния, что сделает трубопроводные системы еще более надежными, долговечными и экономичными.

Список литературы

1. Демиров В.И., Мастобаев Б.Н., Голунов Н.Н., Габдрашитов И.Р. Становление и развитие сборно-разборных трубопроводов в интересах обороны и экономики страны: монография. // М: Первый том, 2025.
2. Валеев А.Р., Марков А.В. Гидравлический расчет напорных полимерных трубопроводов систем водоснабжения и водоотведения. // Водоснабжение и санитарная техника. – 2022. – № 3. - С.12-19.
3. Трубы-2025. // Кризис спроса и технологические прорывы. Сборник международной научно-практической конференции. Трубник. Онлайн – 2025.
4. Шлычков Д.И. Проблемы технического состояния действующих трубопроводных систем. // Строительство и реконструкция. – 2020. - № 4(90). – С.71-80.
5. Варнаков Д.В., Симачков С.А. Варнаков В.В., Коткова Е.В., Высочкина О.А. Моделирование и оптимизация ремонтных воздействий технического сервиса автотранспортных средств. // Научные тенденции: вопросы точных и технических наук. Сборник научных трудов по материалам XII международной научной конференции. Международная Объединенная Академия Наук. - 2017. - С. 31-35.

6. Пышимцев И.Ю., Вяткин А.Г. Современное состояние и перспективы развития трубной промышленности России. // Сталь. – 2025. - № 9. – С.42-48.

7. Заверткин П.С. Моделирование установившегося режима работы участка воздухопровода // Записки Горного института. – 2003. – Т.155. - № 2 – С.74-76.

8. Мельников Д.И., Елькин А.В. Перспективные материалы для трубопроводных систем в условиях экстремальных давлений и температур // Трубопроводный транспорт: теория и практика. – 2023. – № 4(45). – С. 30-35.

9. Автоматизированный комплекс мониторинга процесса транспортирования нефтепродуктов по наземному сборно-разборному полевому трубопроводу с соединением «раструб». Патент RU 2812007 С1 № 2812007.

10. Применение автоматизированного комплекса мониторинга для управления процессом транспортирования нефтепродуктов по полевому магистральному трубопроводу. Материалы конференции. // Сборник трудов ФГБОУ ВО Ухтинский государственный технический университет. - Ухта, УГТУ – 2025.

УДК 665.74:621.45.038.72

*Д.Н. Соколов, к.т.н., в.н.с., Ф.В. Тимофеев, к.т.н., г.н.с.,
Е.И. Полякова, к.х.н., в.н.с., Т.П. Шевчук, зав. сектором ЛКМ,
ФГБУ НИИПХ Росрезерва*

**СОХРАНЯЕМОСТЬ КАЧЕСТВЕННЫХ
ХАРАКТЕРИСТИК ТОПЛИВ
ДЛЯ РЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ
ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ КОНТАКТЕ
С АНТИКОРРОЗИОННЫМИ ПОКРЫТИЯМИ**

Проведена оценка сохраняемости свойств топлив для реактивных двигателей после длительного контакта с материалами антикоррозионных покрытий внутренних поверхностей резервуаров. Описана разработанная методика для определения уровня качества авиационного топлива после контакта с различными типами антикоррозионных покрытий в условиях, имитирующих длительное хранение.

Ключевые слова: нефтепродукты, топливо для реактивных двигателей, антикоррозионные покрытия, длительное хранение, показатели качества, конструкционная совместимость.

*D.N. Sokolov, F.V. Timofeev, E.I. Polyakova, T.P. Shevchuk,
Federal State budget-funded institution Storage Research Institute of
Rosreserv*

**PRESERVATION OF THE QUALITY
CHARACTERISTICS OF JET ENGINE FUELS
DURING PROLONGED CONTACT
WITH ANTICORROSIVE COATINGS**

*An assessment of the preservation properties of jet engine
fuels after prolonged contact with the materials of the anticorrosive*

coatings of the inner surfaces of the tanks has been carried out. The developed technique for determining the degree of preservation of aviation fuel quality after contact with various types of anti-corrosion coatings in conditions simulating long-term storage is described.

Key words: petroleum products, jet engine fuel, anti-corrosion coatings, long-term storage, quality indicators, structural compatibility.

При организации длительного хранения нефтепродуктов применяются средства хранения различного типа и конструкции, в том числе стальные резервуары как в наземном исполнении типа РВС, РВСП, РВСПк, так и заглубленного типа, например, РТС или РГС. С учетом требований современных нормативных документов - ГОСТ 1510-2022 «Нефть и нефтепродукты. Маркировка, упаковка, транспортирование и хранение» и СТО Росрезерв 0034482 049 - 2023 «Нефтепродукты. Порядок и условия приема, хранения, выпуска и учета нефтепродуктов» внутренние поверхности резервуаров, предназначенные для хранения светлых нефтепродуктов (автомобильных бензинов, дизельных и реактивных топлив) должны иметь антикоррозионное покрытие, обеспечивающее защиту металла от коррозии и агрессивного воздействия продуктов, находящихся на хранении. При этом, с учетом длительного контакта нефтепродуктов с антикоррозионными покрытиями необходимо обеспечить также и сохранность качества топлив, то есть исключить изменение их качественных характеристик в результате различных окислительных процессов на границе раздела нефтепродукт – покрытие или экстракции элементов покрытий в топливо [1-2].

Таким образом, при выборе типов антикоррозионных покрытий для обработки внутренних поверхностей резервуаров необходима оценка влияния покрытий на качественные показатели топлив, в том числе для реактивных двигателей в условиях длительного хранения.

С целью разработки методики оценки влияния покрытий на качественные характеристики нефтепродуктов был проведен анализ существующих решений по оценке совместимости нефтепродуктов с элементами конструкции средств хранения, к которым также относятся и антикоррозионные покрытия внутренних стенок резервуаров.

Так в патенте на изобретение [3] предложен способ прогнозирования сроков хранения углеводородных горючих в средствах хранения, включающий термостатирование образцов топлива в контакте с конструкционными материалами средств хранения при определенных температурах, построение зависимостей изменения кислотности топлива в контакте с конструкционными материалами от продолжительности термостатирования при заданных температурах, определение энергетического показателя «В» анализируемого горючего, с последующим прогнозированием сроков хранения горючего в конкретном средстве хранения и конкретном климатическом районе по расчетной формуле:

$$\tau_{\text{xp}} = \frac{\tau_{\text{max}}}{\sum_{j=1}^N \tau_{\text{xpj}} \exp \left\{ \left(B \left[\frac{1}{T_j} - \frac{1}{T_{\text{max}}} \right] \right) \right\}}$$

где: τ_{xp} – прогнозируемый срок хранения горючего;

τ_{max} – продолжительность термостатирования пробы горючего с первой партией конструкционных материалов при температуре T_{max} , в течение которой значение кислотности горючего достигает заданного;

τ_{xpj} – продолжительность существования j-го интервала температуры в течение одного года для конкретного климатического района эксплуатации заправленного средства хранения, час;

T_{max} – температура термостатирования пробы горючего с первой партией конструкционных материалов, К;

T_j – среднее значение температуры j-го интервала температур для конкретного климатического района эксплуатации средства хранения, К;

N – число принятых интервалов температур в конкретном климатическом районе эксплуатации средства хранения;

$1000 \leq B \leq 45000$ – энергетический показатель горючего, K , рассчитываемый по зависимости:

$$B = \frac{T_n \cdot T_{n+1}}{T_{n+1} - T_n} \ln \frac{\tau_{T_n}}{\tau_{T_{n+1}}},$$

где: T_n, T_{n+1} – температуры термостатирования горючего с образцами конструкционных материалов двух различных партий, K ;

$n - 1, 2, \dots, (n-1)$ – количество партий образцов конструкционных материалов;

$\tau_{T_n}, \tau_{T_{n+1}}$ – продолжительность термостатирования при температурах T_n, T_{n+1} , соответственно, до достижения кислотности выбранного значения (по графической зависимости), час.

Недостатком указанного способа для оценки влияния конструкционного материала на топливо в процессе хранения и их совместимости является отсутствие контрольного образца для сравнения, термостатируемого без контакта с конструкционными материалами. Оценка изменения качества испытуемого нефтепродукта осуществляется только по одному показателю «кислотность», который не в полной мере характеризует влияние конструкционного материала на топливо для реактивных двигателей при длительном хранении. В данном случае можно отметить, что показатель «кислотность» практически для всех топлив имеет склонность к изменению в процессе хранения за счет окислительных процессов, протекающих в самом нефтепродукте и таким образом отсутствие образца сравнения может привести к ошибке в оценке конструкционной совместимости топлива для реактивных двигателей и материалов покрытия стенок резервуаров.

Кроме того, в практике исследований конструкционной совместимости топлив и антикоррозионных покрытий резервуаров применяется Методика [4], разработанная ГОСНИИ ГА. Сущность методики заключается в сравнении определенных физико-химических показателей, исходного образца топлива и выдержанных образцов топлива в контакте с лакокрасочным покры-

тием в течение 72, 168 и 504 часов при температуре 20 ± 3 °С.

Недостатком этой методики является незначительное время контакта топлива с лакокрасочным покрытием и низкая температура испытаний. Как следствие, испытания по указанной методике не позволяют в полной мере провести оценку влияния антикоррозионного покрытия на топливо в процессе длительного хранения (5 лет и более).

В ходе проведения научных исследований в ФГБУ НИ-ИПХ Росрезерва был разработан новый способ оценки конструкционной совместимости топлив для реактивных двигателей с антикоррозионными покрытиями внутренних поверхностей стенок резервуаров. Сущность разработанного способа заключается в определении совместимости топлив для реактивных двигателей с антикоррозионными покрытиями в условиях длительного хранения по результатам сравнения изменения определенных качественных характеристик испытуемых топлив после выдержки в определенных условиях испытаний в контакте с антикоррозионным покрытием в сравнении с контрольным образцом топлива подвергавшимся испытаниям в аналогичных условиях без контакта с антикоррозионным покрытием.

Проведение исследований по оценке совместимости топлив для реактивных двигателей с материалами покрытий, осуществляется в следующем порядке:

- испытуемое топливо разливают на пять образцов по 1 л каждый;

- в исходном образце определяют следующие физико-химические показатели: «концентрация фактических смол, мг/100 см³ топлива (ГОСТ 1567)»; «термоокислительная стабильность, мг/100 см³ топлива (ГОСТ 11802)»; «зольность, % (ГОСТ 1461)»; «кислотность, мг КОН/100 см³ топлива (ГОСТ 5985)»; «йодное число, г I/100 г топлива (ГОСТ 2070)»; «оптическая плотность при длине волны 400 нм, Б»;

- четыре остальных образца помещают в герметичные инертные сосуды;

- в два сосуда с образцами топлива для реактивных двигателей помещают образцы металлических пластин с размерами по

ГОСТ 9.403 (150×70×4 мм), на которые предварительно наносится исследуемое антикоррозионное покрытие;

- два сосуда с топливом для реактивных двигателей и размещенными в нем стальными пластинами помещают в климатическую камеру, туда же помещают два сосуда с таким же объемом исходного образца топлива для реактивных двигателей без пластины (контрольные образцы);

- все сосуды подвергают ускоренному старению в климатической камере при температуре 40 °С;

- для антикоррозионных покрытий нормального типа выдержку в климатической камере проводят в течение 1080 ч, усиленного типа – 1440 ч, особо усиленного типа – 1800 ч, соответственно;

- после выдержки в климатической камере в течение установленного времени образцы вынимают и отстаивают в течение 24 часов. Испытуемое топливо из сосудов с пластинами и сосудов с контрольными образцами после отстаивания перемешивают, после чего сливают в отдельные чистые инертные емкости и подвергают испытаниям по установленному перечню показателей качества;

- по двум контрольным образцам и двум образцам, выдержанным в климатической камере в контакте с пластинами, получают усредненные значения для каждого из анализируемых показателей;

- проводят оценку изменения выбранных показателей качества для образцов топлива, выдержанных в контакте с пластинами, в сравнении с изменениями аналогичных показателей контрольных образцов. В случае превышения установленных предельно-допустимых изменений физико-химических показателей топлива для реактивных двигателей после контакта с испытуемым антикоррозионным покрытием в сравнении с контрольным образцом, покрытия считают не прошедшими испытания и непригодным для применения в качестве антикоррозионного покрытия средств длительного хранения топлив для реактивных двигателей.

Предельно-допустимые изменения физико-химических показателей топлив для реактивных двигателей после контакта с испытуемым антикоррозионным покрытием в сравнении с контрольным образцом установлены экспериментальным путем и составляют для:

концентрации фактических смол – 2,5 мг/100 см³ топлива;
термоокислительной стабильности – 3,0 мг/100 см³ топли-

ва;

зольности – 0,002 %;

кислотности – 0,2 мг КОН/100 см³ топлива;

йодного числа – 0,5 г I/100 г топлива.

На рисунке 1 представлено изменение значений показателя «кислотность» топлива для реактивных двигателей при выдержке 1080 часов в климатической камере образцов топлива для реактивных двигателей в контакте с 3 различными антикоррозионными покрытиями и образцом сравнения, выдерживавшимся в условиях ускоренного старения без контакта с антикоррозионным покрытием.

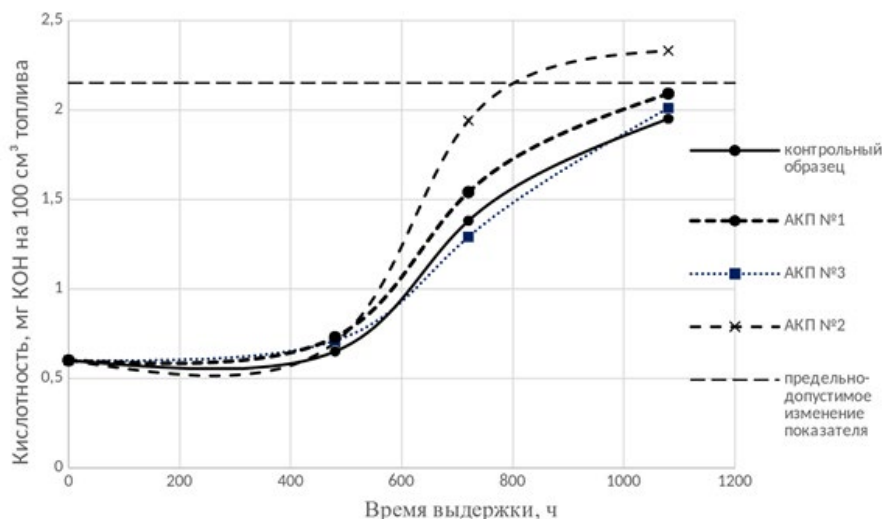


Рисунок 1. Изменение значений показателя «кислотность» при выдержке в условиях ускоренного старения на образцах с покрытиями и контрольном образце

Предложенный способ определения изменения качественных характеристик топлив для реактивных двигателей при взаимодействии с антикоррозионными покрытиями в условиях длительного хранения может быть использован при выборе покрытий для антикоррозионной защиты внутренних поверхностей резервуаров, предназначенных для длительного хранения авиационных топлив.

Список литературы

1. Тимофеев Ф.В., Кугай М.А., Полякова Е.И., Дунаев С.В., Лесин А.В., Соколов Д.Н. / Порядок оценки сохраняемости свойств нефтепродуктов, находящихся в длительном контакте с антикоррозионными покрытиями средств хранения // Нефтепереработка и нефтехимия. Научно-технические достижения и передовой опыт. 2022. № 7. С. 39-42.
2. Тимофеев Ф.В., Полякова Е.И., Соколов Д.Н. / Требования к антикоррозионным покрытиям резервуаров, предназначенных для длительного хранения нефте-продуктов // Теория и практика длительного хранения №4 (60), 2022. С. 6-11.
3. Патент на изобретение RU 2454661 «Способ прогнозирования сроков хранения углеводородных горючих в средствах хранения».
4. Методика исследования воздействия антикоррозионного покрытия резервуаров на эксплуатационные свойства топлива для реактивных двигателей. М.: ГосНИИ ГА.

УДК 664.93

***С.Ю. Солдатова**, к.т.н., доцент, с.н.с., отдел продовольственных товаров, ФГБУ НИИППХ Росрезерва*

РОЛЬ УПАКОВКИ В СОХРАНЕНИИ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

В статье рассмотрены современные виды упаковки для стерилизованных мясных консервов, проанализированы их достоинства и недостатки, приведены результаты сравнительных исследований технических характеристик образцов упаковки из ламистера и реторт-пакетов разных производителей.

Ключевые слова: упаковка, консервированная продукция, комбинированные материалы, многослойные полимерные материалы, ламистер, реторт-пакеты.

***S.Y. Soldatova**, Federal State Budgetary Institution Research Institut of Storage Problems of the Federal Reserve*

THE ROLE OF PACKAGING IN MAINTAINING PRODUCT QUALITY

The article examines modern types of packaging for sterilized canned meat, analyzes their advantages and disadvantages, and presents the results of comparative studies of the technical characteristics of packaging samples made of lamister and retort pouches from different manufacturers.

Key words: packaging, canned products, combined materials, multilayer polymer materials, lamister, retort bags.

Качество пищевой продукции оценивается по нескольким

основным критериям: безопасность, питательная ценность, органолептические характеристики, сроки годности, привлекательность для потребителя.

Длительное хранение продовольственных товаров приводит к снижению качества, частичной или полной утрате потребительских свойств вследствие протекания в продуктах физико-химических и биохимических процессов. Одним из способов увеличения сроков годности продуктов является создание условий, исключающих или замедляющих деструктивные процессы, приводящие к порче продукта. Отсюда следует, что решающее значение для сохранности качества продукта при хранении имеют оптимальные условия хранения и упаковка.

Главные функции упаковки – это защита от воздействия окружающей среды. Упаковка должна быть герметичной, устойчивой к коррозии, химически инертной, долговечной. Экономичность упаковки подразумевает не только экономию материалов, но и экономию складских площадей, минимум технологических затрат при изготовлении, и т.д. Экологичность упаковки определяется использованием для изготовления биоразлагаемых материалов, возможностью вторичной переработки или утилизации с минимальным ущербом для окружающей среды [1].

Конкретные требования к упаковке и упаковочным материалам зависят от свойств пищевого продукта и условий его хранения – температуры, влажности, наличия внешних физических, механических и химических воздействий. В ТР ТС 005/2011 [2] определено, что безопасность упаковки должна обеспечиваться контролем санитарно-гигиенических показателей материалов, используемых для ее производства, показателей механической прочности, химической стойкости и герметичности. Один из наиболее важных показателей упаковочных материалов – барьерные свойства, под которыми подразумеваются, в первую очередь, газо- и паропроницаемость.

Качество барьерных свойств напрямую влияет на срок

хранения продукции. В пищевой промышленности проникновение кислорода вызывает окислительную порчу жиров и масел, изменение цвета, вкуса и потерю питательных веществ. Поэтому критически важно при выборе упаковочного материала учитывать все требования к барьерной защите, включая стойкость к газам, влаге, свету и механическим воздействиям. Каждый продукт имеет специфические требования, определяемые его физико-химическими свойствами и условиями хранения.

У современных изготовителей пищевой продукции существует возможность широкого выбора упаковочных материалов, обладающих различными барьерными свойствами.

К упаковке для консервированной продукции, срок годности которой составляет от двух и более лет, предъявляются особые требования. Упаковка должна выдерживать температуры стерилизации, быть прочной, влаго- и газонепроницаемой, химически инертной.

Для упаковки пищевых продуктов лидирующие позиции прочно занимают полимерные и комбинированные материалы, которые могут также использоваться для стерилизованных консервов. Речь идет о ламистере и гибкой многослойной пленке на основе алюминиевой фольги и полимеров, из которой изготавливаются реторт-пакеты [3].

Консервы в такой упаковке достаточно давно и широко представлены на рынке, однако до сих пор как у изготовителей, так и у торговых сетей и потребителей сохраняется осторожное отношение к этому виду продукции. Оно обусловлено не только новизной и непривычностью упаковки, но и рядом имеющихся недостатков [4].

Принципиальное значение играет более короткий срок годности консервов в комбинированных материалах по сравнению с консервами в металлических банках. Также существенными минусами являются недостаточная прочность упаковки (особенно в области крышки и шва), легкость деформации (для ламистера),

неустойчивость к проколам, необходимость в особых требованиях к упаковыванию, транспортированию, складированию. И очень важный в сегодняшних реалиях фактор – возможность импортозамещения такой упаковки.

До недавнего времени упаковка из ламистера в основном поставлялась по импорту. Эту нишу на российском рынке прочно занимала сербская компания «АлПакРус», продукцией которой пользовались ведущие изготовители стерилизованных консервов в ламистере. В меньшем количестве такую упаковку в Россию экспортировали немецкие, итальянские, китайские компании. В нашей стране ламистерные банки изготавливали только на одном предприятии в Подмоскowie, мощности которого не позволяли перекрыть потребности рынка.

Похожая ситуация была и с реторт-пакетами. Изготовители консервов в реторт-пакетах использовали упаковку корейского, турецкого производства, т.к. в нашей стране не было предприятий, предлагающих такую продукцию.

В настоящее время в силу ряда причин, таких как требования рынка, необходимость импортозамещения товаров и материалов, ситуация меняется в лучшую сторону. Производители упаковки предлагают все более широкий ассортимент упаковочных материалов с заданными барьерными свойствами. Некоторые изготовители консервированной продукции, например, Микояновский комбинат, имеют собственные линии формовки контейнеров из ламистерной ленты.

Несмотря на недостатки, консервы в упаковке из комбинированных материалов имеют ряд важных преимуществ перед консервами в металлических банках. Это меньший вес (масса банки 4Л с крышкой всего 8 г, реторт-пакета – 4 г); меньшая стоимость, стойкость к коррозии; удобство использования потребителем; современный внешний вид, простота и удобство утилизации; более высокие вкусовые характеристики продуктов за счет сокращения времени стерилизации. Технология изготовления таких консер-

вов более экономична, чем консервов в традиционной металлической банке, и выгодна производителям, поскольку за счет высокой скорости прогрева и охлаждения сокращается длительность и снижается энергоемкость процесса стерилизации. Кроме того, благодаря легкому весу и компактности пустой тары (банки вкладываются одна в другую, реторт-пакеты складываются стопкой) уменьшаются расходы на транспортирование и складирование новой упаковки. А большой диапазон емкостей дает возможность расширять ассортимент продукции [5].

Эффективность хранения консервов во многом зависит от структуры и сырьевого состава упаковочных материалов. Нами было проведено сравнительное исследование качественных и санитарно-гигиенических показателей потребительских упаковок импортного и отечественного производства, используемых изготовителями мясных и мясорастительных консервов.

Основу ламистерной ленты составляет алюминиевая фольга, покрытая лаком с внешней стороны и ламинированная полипропиленом (ПП) с внутренней. Фольга создает свето- и газонепроницаемый барьер. Внутренний полипропиленовый слой защищает пищевой продукт от контакта с алюминием и служит для термического сваривания швов пакета [6].

Требования к ламистерной упаковке изложены в спецификациях для импортной упаковки или в нормативно-технической документации (ТУ, СТО изготовителя) для отечественной упаковки. При этом вся упаковка, независимо от происхождения, должна соответствовать требованиям ТР ТС 005/2011 «О безопасности упаковки». В частности, ТР ТС 005/2011 определяет предельно допустимые количества химических веществ, мигрирующие из упаковки в контактирующие с ней модельные среды. Следует отметить, что по безопасности все исследованные образцы соответствовали требованиям ТР ТС 005/2011.

В таблице 1 представлены сравнительные характеристики и результаты испытаний 3-х образцов банок 4Л из ламистера.

Структура упаковки у всех образцов одинакова. Состав композиции (от внешнего к внутреннему): защитный лак, алюминиевая фольга, праймер, адгезив, полипропиленовая пленка. Различаются толщина слоев и плотность покрытия.

Таблица 1. Технические характеристики образцов упаковки из ламистера разных производителей

	Образец №1 Сербия	Образец №2 Россия	Образец №3 Россия
Состав: Корпус Крышка	AL110/PP30 AL70/PP25	AL100/PP50 AL80/PP25	AL80/PP50 AL50/PP25
Толщина, мм: Корпус Крышка	0,150 0,105	0,160 ± 0,02 0,110 ± 0,02	0,140 0,080
Общая плотность, г/м ² : Корпус Крышка	337 ± 21% 260 ± 12%	327 ± 5% 250 ± 5%	273 ± 5% 170 ± 5%
Предел прочности, МПа	125-145	≥ 90	≥ 90
Относительное удлинение, %	≥ 15%	≥ 20	≥ 20
Прочность на отслаивание: Н/10мм		Не менее 8	Не менее 8
Паропроницаемость (WVTR), г/ м ² ×24ч	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Кислородопроницаемость (OTR), см ³ /м ² ×24ч	< 0,1	< 0,1	< 0,1

Особое внимание обращали на механическую прочность банок и барьерные свойства. Полученные значения кислородо- и паропроницаемости были очень низкими для всех образцов с разной толщиной основных слоев. Известно, что при толщине от 9 мкм алюминиевая фольга обеспечивает практически нулевую проницаемость для кислорода (менее 0,1 см³/м²/сут) и для водяного пара (менее 0,01 г/м²/сут). Таким образом, ламистерная упаковка имеет отличные барьерные характеристики.

В то же время, бОльшая толщина алюминиевого слоя обеспечивает бОльшую механическую прочность и жесткость упаковки, что очень важно в технологическом процессе производства консервов, а также при перевозке и складировании.

Комбинированные материалы, из которых изготавливаются реторт-пакеты, также представляют собой многослойные пленки на основе алюминиевой фольги и полимеров. Для упаковки консервов длительного хранения используются трех- и четырехслойные реторт-пакеты. Состав композиции для трехслойных пленок (от внешнего к внутреннему): полиэтилен или полиэтилентерефталат, алюминиевая фольга, ретортный полипропилен. Внешний полимерный слой придает пакету прочность, внутренние слои (фольга и полипропилен) выполняют те же функции, что и в ламистере [7].

В четырехслойных пленках между слоем ретортного полипропилена и алюминиевой фольги используется слой нейлона (полиамида). Он имеет низкую газо- и влагопроницаемость, устойчив к маслам и жирам. Нейлон усиливает защитные свойства пакета, повышая его эластичность, прочность на прокол, упругость.

Основным барьерным слоем в комбинированных материалах, из которых изготавливаются реторт-пакеты, является алюминиевая фольга толщиной 7-9 мкм (по сравнению с 50 – 100 мкм в ламистере). При такой толщине в металле остаются микропоры, которые могут пропускать молекулы газов и воды. Поэтому при достаточно низких газо- и паропроницаемости такие пленки уступают ламистеру по барьерным характеристикам.

Для испытаний реторт-пакетов использовали 3 образца: один образец четырехслойный от зарубежного производителя (Корея), 2 образца трехслойные российских производителей. Состав материалов и их характеристики представлены в таблице 2.

Таблица 2. Технические характеристики реторт-пакетов разных производителей

Показатель	Образец №1 Корея	Образец №2 Россия	Образец №3 Россия
Состав	PET12/AL9/ NY15/CP70	PET12/AL7/ RPP70	PET12/AL7/ RPP80
Толщина, мкм	0,115	0,095	0,105
Предел прочности, МПа	57,4	37,4	31,1
Паропроницаемость (WVTR), г/ м ² ×24ч	< 0,2	3,4	2,6
Кислородопроницаемость (OTR), см ³ /м ² ×24ч	< 0,4	5,4	6,3

В испытанных нами образцах большей прочностью, как и лучшими барьерными свойствами, обладает 4-хслойный образец.

Для обеспечения хранимостпособности консервов в ламинате и реторт-пакетах необходимо также разработать технологии их складского хранения. Известно, что консервы в металлических банках можно хранить в штабеле, поскольку упаковка выдерживает большую статическую нагрузку. Относительно хранения консервов в упаковке из комбинированных материалов таких данных нет. У изготовителей консервов нет опыта штабелирования готовой продукции. Доставка грузов осуществляется в транспортных пакетах без штабелирования.

Для оценки возможности складского хранения консервов в штабеле нами была рассчитана допустимая нагрузка и заложены в двухъярусные штабели мясные и мясорастительные консервы в обоих видах упаковки. При этом были установлены дополнительные требования к транспортной упаковке, разработаны схемы размещения гофроящиков в транспортном пакете с целью снижения нагрузки на нижние ряды, дополнительные требования к формированию транспортных пакетов.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что упаковка из комбинированных материалов обладает достаточными прочностными и барьерными характеристиками, чтобы обеспечить хранимоспособность стерилизованных консервов. При этом гарантировать качество и безопасность такой продукции при длительном хранении можно при условии соблюдения повышенных требований к качественным характеристикам упаковки (барьерные свойства не ниже определенных значений, толщина слоев упаковочного материала, прочность сварного шва и т.д.), а также дополнительных требований к транспортной упаковке и к формированию транспортных пакетов.

При соблюдении условий хранения мясные консервы в упаковке из комбинированных материалов будут сохранять свое качество без ухудшения потребительских характеристик продукта в течение всего срока годности.

Список литературы

1. Солдатова, С.Ю. Консервированная продукция. Новый взгляд на упаковку / С.Ю. Солдатова, Т.Б. Гусева, С.А. Корзунов // Лизинг. – 2021. – № 4. – С. 53-59.
2. ТР ТС 005/2011 «О безопасности упаковки».
3. Новые упаковочные технологии для консервов долгого хранения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://msd.com/novye-upakovochnye-tehnologii-dlya-konservov-dolgogo-xraneniya/>. – Загл. с экрана.
4. Упаковка для мясных консервов: виды, преимущества, недостатки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://foodbay.com/wiki/upakovochnoje-oborudovanije/2019/07/26/vybor-upakovki-dlya-myasnyh-konservov> - Загл. с экрана.
5. Крылова, В. Б. Консервы - драйвер развития промышленности полимерных материалов / В. Б. Крылова, Т. В. Густова // Все о мясе. – 2020. – № 5. – С. 10-17.

6. Параскевова, А. Ламистер -упаковка за кадром / А. Параскевова // Мясные технологии. – 2021. – № 6(222). – С. 26-27.

7. Реторт-консервы vs классические консервы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kronidov.ru/blog/plusy-minusy-hraneniya-edy-retort-upakovka-zhest-i-steklyannye-konservy>. - Загл. с экрана.

УДК 664.76.03

Е.А. Тарасова, к.т.н., с.н.с., Т.Б. Гусева, к.б.н., с.н.с., отдел продовольственных товаров, ФГБУ НИИПХ Росрезерва

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ХРАНЕНИЯ МУКИ И КРУПЫ ПРИ ПОСТОЯННЫХ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Условия хранения муки и крупы в значительной степени влияют на их доброкачественность. Отсутствие требований к температурно-влажностным условиям хранения является причиной преждевременной потери свежести данной продукции. В работе представлены результаты исследования муки и крупы по показателям, характеризующим свежесть и определяющим срок безопасного хранения и годности. Показано, что низкотемпературное хранение позволяет уменьшить интенсивность нарастания кислотного числа жира у муки и крупы, а также замедляет снижение качества клейковины муки.

Ключевые слова: пшеничная мука, гречневая крупа ядрица, рисовая крупа, клейковина, кислотное число жира, температура, хранение.

E.A. Tarasova, T.B. Guseva, Federal State Budgetary Institution Research Institut of Storage Problems of the Federal Reserve

STUDY OF THE POSSIBILITY OF STORING FLOUR AND CEREALS AT CONSTANT NEGATIVE TEMPERATURES

Storage conditions for flour and cereals significantly affect

their quality. Failure to meet temperature and humidity requirements for storage results in premature loss of freshness of these products. This paper presents the results of a study of flour and cereals based on parameters characterizing freshness and determining safe storage and shelf life. It is shown that low-temperature storage reduces the rate of increase in the acid value of fat in flour and cereals and slows the decline in flour gluten quality.

Keywords: wheat flour, buckwheat groats, rice groats, gluten, acid value of fat, temperature, storage.

Продукты переработки зерна, такие как мука и крупа были и остаются основой питания человека. Широкая сырьевая база и высокий спрос являются показательными маркерами востребованности в России продукции мукомольной отрасли, в первую очередь пшеничной муки. Хлеб, как основной вид потребления пшеничной муки, относится к ежедневным продуктам рациона питания человека, обладает высокой пищевой ценностью, обеспечивает организм сложными углеводами (крахмалом и пищевыми волокнами), белками, витаминами (B1, B2, B6, PP, E), магнием, железом и др.

Что касается потребления круп, то наши соотечественники традиционно предпочитают гречневую и рисовую. Крупы богаты сложными углеводами, за счёт которых происходит полноценное питание всего организма. Гречневая крупа благодаря содержанию легкоусвояемого белка, незаменимых аминокислот, антиоксидантов, пищевых волокон, витаминов (B1, B2, B3, B6, B9, E) и микроэлементов (железо, магний, фосфор, калий, марганец, медь, цинк, селен и др.) относится к диетическим продуктам питания. Рисовая крупа уступает по содержанию белка в два раза гречневой крупе, но также относится к продуктам здорового питания вследствие высокой биологической ценности и усвояемости бел-

ка, содержанию витаминов (холин, В1, В2, РР и др.) и микроэлементов (фосфор, кремний, алюминий, сера, цинк, марганец, медь и др.) [1].

В процессе товародвижения от производителя до конечного потребителя пшеничную муку (далее - мука) и крупы (гречневую и рисовую) хранят в складских помещениях. Согласно ГОСТ 26791 [2] продукты переработки зерна, включая муку и крупы, следует хранить в сухих, хорошо вентилируемых складских помещениях, не зараженных и не загрязненных вредителями хлебных запасов, защищенных от воздействия солнечных лучей и атмосферных осадков. Несмотря на отсутствие четких требований к температурно-влажностным условиям хранения, большинство изготовителей муки устанавливают для своей продукции следующие условия хранения: температура не более 25 °С, относительная влажность воздуха не более 70%. Многие изготовители гречневой и рисовой крупы определяют предельную температуру хранения в диапазоне 20 – 25 °С, а предельную относительную влажность воздуха в диапазоне 70 – 75%. В то же время, практический опыт хранения показал, что оптимальными условиями хранения муки и крупы является температура окружающего воздуха не выше 10 °С, относительная влажность не более 70% [3-4].

Введение требований к температурно-влажностным условиям хранения обосновано и связано с влиянием их на интенсивность протекания в муке и крупе физических, биохимических и биологических процессов в результате которых происходит снижение их доброкачественности.

В муке при хранении можно наблюдать перезревание, прогоркание, прокисание, плесневение, развитие насекомых и клещей, самосогревание и слеживание [5]. Скорость развития данных процессов зависит от первоначального качества муки и

условий хранения. Проведенные в ФГБУ НИИПХ Росрезерва исследования [3] подтвердили, что хранение муки с массовой долей влаги в пределах 10-12% при температуре воздуха от 0 до 10 °С и относительной влажности воздуха не более 70% практически исключает большинство отрицательных процессов. При этом старение муки, сопровождающееся перезреванием и прогорканием, значительно замедляется.

Перезревание муки – естественный процесс, следующий после ее созревания, сопровождается ухудшением хлебопекарных свойств вследствие изменения коллоидных свойств клейковины [5-6]. У перезревшей муки клейковина не эластичная, крошащаяся. Качество клейковины, а именно ее упруго-эластичные свойства, выражают в ед. ИДК, а принадлежность к группе качества определяют согласно ГОСТ 27839 [7].

Результаты лабораторных исследований по хранению пшеничной муки высшего сорта, упакованной в полотняные мешки, при разных температурах подтвердили влияние температуры хранения на изменение свойств клейковины (рисунок 1). Так, при постоянной температуре хранения + 25 °С упругость клейковины повысилась, результаты измерения упруго-эластичных свойств за восемь месяцев понизились на 15 ед. ИДК. Хранение муки при температуре + 10 °С и - 15 °С не остановило полностью гидролитические и окислительные процессы, но их интенсивность значительно снизилась, что закономерно отразилось на степени изменения качества клейковины муки. Результаты измерения упруго-эластичных свойств муки за восемь месяцев хранения при температуре + 10 °С снизились на 10 ед. ИДК, а при температуре - 15 °С на 6 ед. ИДК. То есть, хранение муки при температуре - 15 °С позволило более чем в 2 раза снизить изменения коллоидных свойств клейковины по сравнению с результатами хранения муки при температуре + 25 °С.

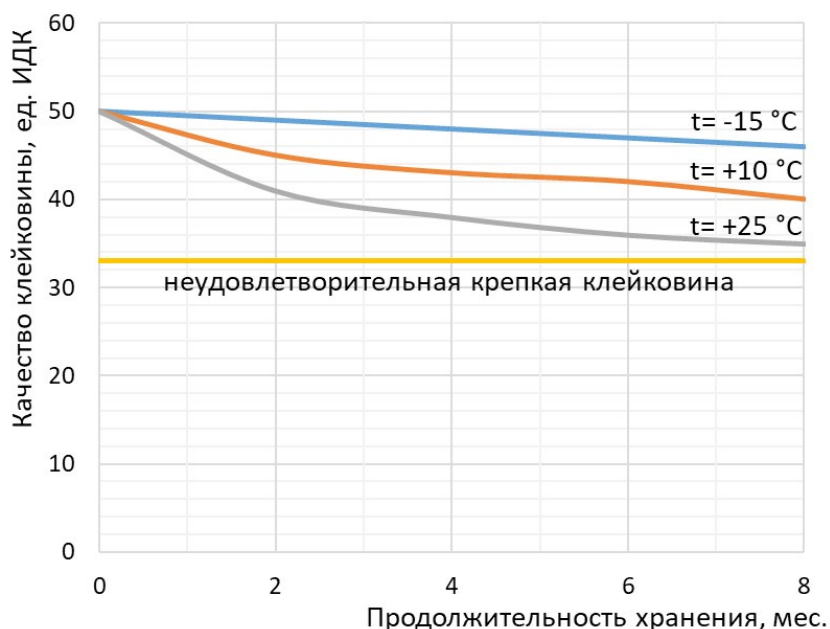


Рисунок 1. Изменение качества клейковины при разных температурах хранения муки

Прогоркание муки характеризуется появлением у нее постороннего горького привкуса в результате накопления продуктов окисления свободных непредельных жирных кислот (альдегидов и кетонов). Причиной развития процесса прогоркания является изменение липидной фракции муки при хранении, а именно гидролиз жира с образованием свободных непредельных жирных кислот. Известно, что на скорость ферментативного гидролиза жира большое влияние оказывает температура и влажность муки, при этом также, как и процесс изменения коллоидных свойств клейковины, накопление свободных жирных кислот является закономерным процессом на протяжении жизненного пути муки. Оценку содержания свободных жирных кислот в муке и крупах проводят по показателю «кислотное число жира», который достоверно характеризует свежесть продуктов переработки зерна. У свежесмолотой из доброкачественного зерна пшеницы муки значение кислотного числа жира находится в диапазоне 15 – 20

мг КОН /г жира [8]. Безопасное хранение муки в соответствии с ГОСТ 26574 [9] подразумевает ее хранение до достижения значения кислотного числа жира 50 мг КОН/г жира, а срок годности ограничивается значением кислотного числа жира 80 мг КОН / г жира.

Проведенные в нашем институте исследования показали значительное влияние температуры на интенсивность нарастания кислотного числа жира (КЧЖ) в муке (рисунок 2). Хранение муки в течении восьми месяцев при температуре - 15 °С замедлило скорость нарастания кислотного числа жира по сравнению с хранением муки при температуре + 25 °С почти в 3,6 раза, что говорит о возможности увеличения срока хранения муки при низкотемпературном режиме хранения.

Выводы по результатам эксперимента согласуются с заключениями ученых ФГБНУ ВНИИ зерна и продуктов его переработки [10] о возможности увеличения сроков безопасного хранения пшеничной муки до 48 месяцев при температуре хранения - 11,1 °С.

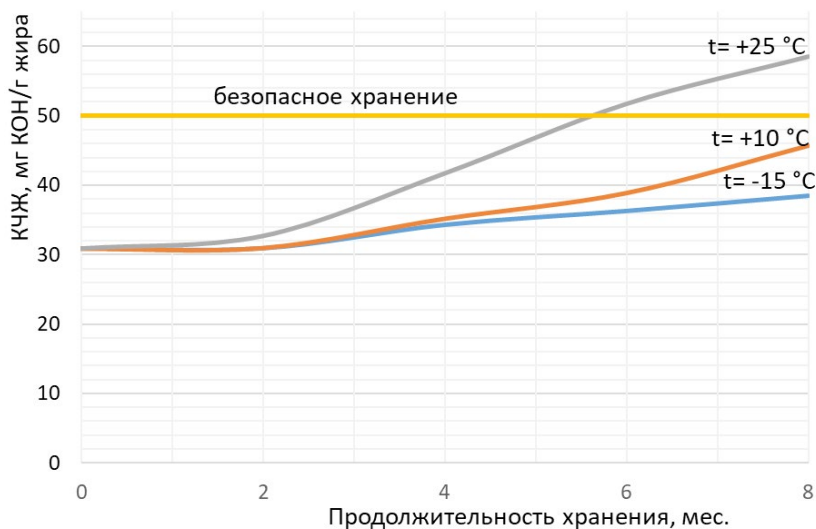


Рисунок 2. Изменение кислотного числа жира при разных температурах хранения муки

Для гречневой и рисовой крупы показатель кислотное число жира также является показателем свежести, но с его нормированием не все так однозначно.

В отношении гречневой крупы на сегодняшний день ГОСТ 5550 [11] устанавливает требования по показателю «кислотное число жира» только к ядрице высшего и первого сортов, используемой для производства детского питания, значение которого не должно превышать 13 мг КОН / г жира. Действующий в нашей стране до 01.04.2022 г. ГОСТ Р 55290 [12] устанавливал предельное значение кислотного числа жира для определения срока хранения гречневой крупы (ядрицы быстрорастваривающейся) не более 13 мг КОН / г жира, а для определения срока годности – не более 18 мг КОН / г жира.

В рисовой крупе ГОСТ 6292 [13] не определяет требования к кислотному числу жира. Основываясь на результатах научных работ ВНИИЗ Россельхозакадемии [14-15] хранить и реализовывать рисовую крупу можно до достижения кислотного числа жира 70 мг КОН / г жира, а срок ее годности ограничивается значением кислотного числа жира 100 мг КОН / г жира. Проведенные в нашем институте исследования показали возможность хранения и реализации рисовой крупы до достижения кислотного числа жира 90 мг КОН / г жира [16]. В тоже время, введенный в действие с 01.12.2022 г. национальный стандарт ГОСТ Р 702.1.029 [17] устанавливает для рисовой крупы не ниже первого сорта значение кислотного числа жира на конец срока годности не более 70 мг КОН / г жира.

Практический опыт хранения гречневой и рисовой крупы показал, что протекающие при хранении биохимические процессы приводят к повышению содержания свободных жирных кислот, первичных и вторичных продуктов окисления, ухудшающих вкусовые свойства крупы. Интенсивность нарастания кислотного числа жира у круп, также, как и у муки зависит от исходного каче-

ства продукции и условий хранения. Экспериментальные данные по хранению круп при температуре не более $+ 25^{\circ}\text{C}$ показали, что при исходном значении кислотного числа жира у гречневой крупы ядрицы быстрорастваривающейся $6 \text{ мг КОН} / \text{г жира}$, а у рисовой крупы $69 \text{ мг КОН} / \text{г жира}$, за 24 месяца произошло увеличение данных показателей в 1,5 раза. Хранение гречневой крупы (исходное кислотное число жира $7,5 \text{ мг КОН} / \text{г жира}$) в течение 24 месяцев при постоянной температуре $+ 9^{\circ}\text{C}$ замедлило протекающие гидролитические процессы, что привело к снижению коэффициента нарастания кислотного числа жира до 1,2 (рисунок 3).

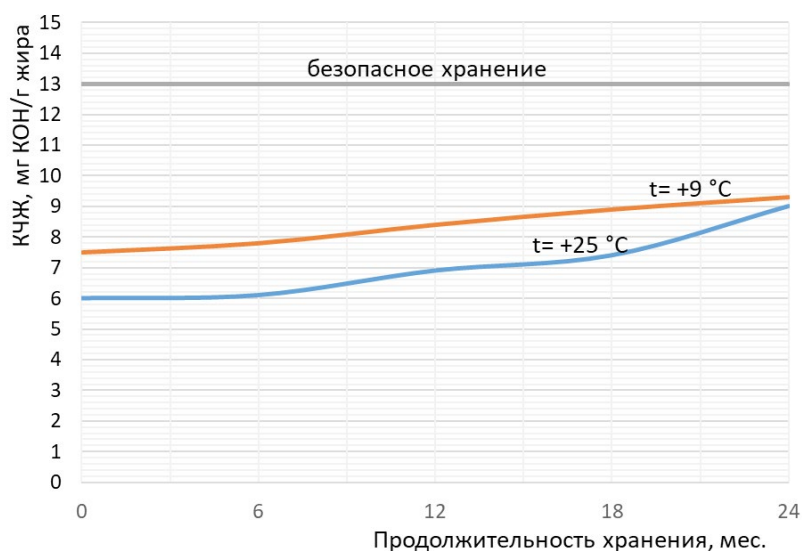


Рисунок 3. Изменение кислотного числа жира при разных температурах хранения гречневой крупы

Хранение рисовой крупы (исходное кислотное число жира $72 \text{ мг КОН} / \text{г жира}$) в течение 24 месяцев при температуре не выше $+ 15^{\circ}\text{C}$ привело к снижению коэффициента нарастания кислотного числа жира до 1,3 (рисунок 4).

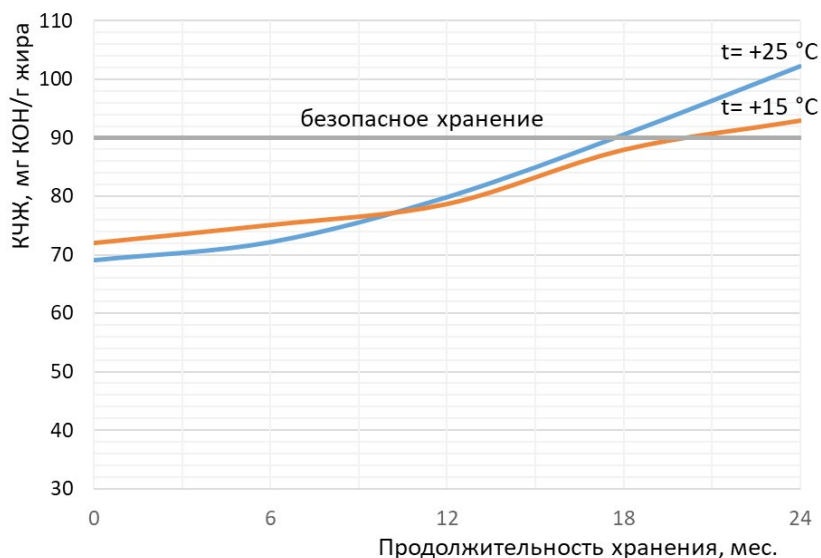


Рисунок 4. Изменение кислотного числа жира при разных температурах хранения рисовой крупы

Таким образом, понимание механизма взаимосвязи между температурными условиями хранения и изменениями, протекающими в муке и крупе, позволяет говорить о возможности управления данными изменениями. Представленные наши данные и анализ результатов работ других ученых доказывают положительное воздействие отрицательных температур при хранении на продолжительность периода свежести муки и крупы. При этом без апробации технологии низкотемпературного хранения в складских условиях, а именно в холодильных камерах, невозможно рассматривать ее как одну из перспективных технологий хранения муки и крупы. Кроме того, на сегодняшний день отсутствуют работы, посвященные изучению процесса выведения муки и крупы из низкотемпературного хранения, влияния отепления на качество и безопасность продукции.

Принимая во внимание большое количество непроработанных вопросов по данной тематике в настоящее время в нашем

институте проводится исследовательская работа по установлению возможности длительного хранения муки и крупы при низких температурах в холодильных камерах. Основными задачами исследования являются исследование влияния условий хранения в холодильных камерах на интенсивность изменения качества муки и крупы, влияния технологии выпуска из холодильных камер и упаковки на сохранность муки и крупы в условиях низкотемпературного хранения.

При положительных результатах проведенной работы будут сформированы требования к качеству муки и крупы, закладываемых на хранение в холодильные камеры, разработаны требования к условиям хранения и выпуска, разработаны требования к упаковке и упаковочным материалам, обеспечивающие сохранность продукции при низкотемпературном хранении, разработаны рекомендации по срокам хранения и годности.

Список литературы

1. Агапкин А.М. Курс лекций по товароведению и экспертизе зерномучных товаров: учебное пособие/А.М.Агапкин-Москва: Русайнс, 2024. - 132с.

2. ГОСТ 26791-2018 Продукты переработки зерна. Упаковка, маркировка, транспортирование и хранение - М.: Стандартинформ, 2018. - 13 с.

3. Влияние температурных режимов на динамику показателей качества пшеничной муки / Ф. Е. Когтева, К. Б. Гурьева, А. А. Черенков [и др.] // Инновационные технологии производства и хранения материальных ценностей для государственных нужд. – 2015. – № 4(4). – С. 121-131.

4. Изменение качества хлебопродуктов при хранении под влиянием температуры / К. Б. Гурьева, Н. А. Хаба, Е. А. Тарасова, И. А. Тарасова // Инновационные технологии производства и хранения материальных ценностей для государственных нужд. – 2021. – № 16. – С. 44-55.

5. Козьмина Н. П. Биохимия зерна и продуктов его переработки. – М.: Колос, 2000. – 250 с.

6. Ваншин В.В. Хранение зерна и пищевых продуктов. Часть 3. Прием, размещение и наблюдение за зерновыми продуктами при хранении [Электронный ресурс]: учебное пособие / В. В. Ваншин; Оренбургский гос. ун-т. –Оренбург: ОГУ, 2019. – 121 с. 7. ГОСТ 19092 Гречиха. Технические условия - М.: Российский институт стандартизации, 2021. - 8 с.

7. ГОСТ 27839-2013 Мука пшеничная. Методы определения количества и качества клейковины - М.: Стандартинформ, 2014. - 22 с.

8. Малин Н. И. Технология хранения зерна: учеб. для студентов вузов, обучающихся по специальности 270100 "Технология хранения и перераб. зерна" направления подгот. дипломир. специалиста 655600 "Пр-во продуктов питания из раст. сырья" / Н. И. Малин. – Москва: КолосС, 2005. – 279 с.

9. ГОСТ 26574-2017 Мука пшеничная хлебопекарная. Технические условия - М.: Стандартинформ, 2016. - 16 с.

10. Сроки безопасного хранения пшеничной хлебопекарной муки высшего сорта в различных условиях / Л. Г. Приезжева, Е. П. Мелешкина, В. Ф. Сорочинский [и др.] // Хлебопродукты. – 2017. – № 6. – С. 46-49.

11. ГОСТ 5550 -2021 Крупа гречневая. Технические условия - М.: Российский институт стандартизации, 2021. - 20 с.

12. ГОСТ Р 55290-2012 Крупа гречневая. Общие технические условия - М.: Стандартинформ, 2014. - 13 с.

13. ГОСТ 6292-93 Крупа рисовая. Технические условия - М.: Стандартинформ, 2010. - 8 с.

14. Приезжева Л. Г. Кислотное число жира - показатель возможности хранения и реализации рисовой крупы / Л. Г. Приезжева // Хлебопродукты. – 2012. – № 7. – С. 46-49.

15. Изменение кислотного числа жира при хранении рисовой крупы / Л. Г. Приезжева, И. А. Панкратьева, Л. Г. Игна-

това, И. А. Вережникова // Хлебопродукты. – 2012. – № 11. – С. 51-53.

16. Методология изучения окислительных процессов липидной фракции хлебопродуктов / К. Б. Гурьева, Н. А. Хаба, Е. А. Тарасова, И. А. Тарасова // Инновационные технологии производства и хранения материальных ценностей для государственных нужд. – 2021. – № 16. – С. 13-25.

17. ГОСТ Р 702.1.029-2022 «Российская система качества. Крупа рисовая. Потребительские испытания» - М.: Российский институт стандартизации, 2022. - 8 с.

УДК 665.733.3:665.7.035.5

Ф.В. Тимофеев, к.т.н., г.н.с., **Д.Н. Соколов**, к.т.н., в.н.с.,
Е.И. Полякова, к.х.н., в.н.с., ФГБУ НИИПХ Росрезерва

АНАЛИЗ СТАБИЛЬНОСТИ АВИАЦИОННОГО БЕНЗИНА В УСЛОВИЯХ УСКОРЕННОГО СТАРЕНИЯ

В рамках проводимых исследований изучалась стабильность качества авиационных бензинов в условиях хранения. Для современных авиационных бензинов отсутствуют данные исследований оценки их стабильности в условиях длительного хранения. Соответствующая оценка получена с использованием методов, моделирующих условия хранения. В работе использован метод ускоренного старения авиационного бензина при повышенных температурах. Полученные результаты могут использоваться при прогнозировании сроков хранения авиационных бензинов.

Ключевые слова: авиационный бензин, стабильность, хранение, ускоренное старение, окисление.

F.V. Timofeev, D.N. Sokolov, E.I. Polyakova, Federal State budget-funded institution Storage Research Institute of Rosreserv

ANALYSIS OF THE STABILITY OF AVIATION GASOLINE IN CONDITIONS OF ACCELERATED AGING

As part of the ongoing research, the stability of the quality of aviation gasoline under storage conditions was studied. For modern aviation gasoline, there is no research data to assess their stability under long-term storage conditions. The corresponding estimate was

obtained using methods that simulate storage conditions. The paper uses a method of accelerated aging of aviation gasoline at elevated temperatures. The results obtained can be used to predict the shelf life of aviation gasoline.

Key words: aviation gasoline, stability, storage, accelerated aging, oxidation.

Продолжительность сохранности качества нефтепродуктов в условиях хранения определяется уровнем их физической и химической стабильности [1-3].

Физическая стабильность характеризует склонность к изменению качества нефтепродуктов под действием физических факторов. Наиболее существенными физическими процессами, вызывающими изменение качества нефтепродуктов при хранении и транспортировании, являются процессы испарения легких фракций, седиментация, потеря однородности смесевых жидкостей и выпадение смолистого осадка при смешении углеводородов различного происхождения, а также потеря однородности при понижении температуры за счет выпадения кристаллов высокоплавких углеводородов. Указанные факторы, с течением времени, приводят к изменению фракционного состава (температурные диапазоны перегонки), давления насыщенных паров, плотности, цвета, прозрачности и однородности.

Химическая стабильность нефтепродукта определяется его способностью противостоять химическим изменениям в процессе хранения. Для оценки химической стабильности используют такие показатели, как кислотность и содержание фактических смол, которые характеризуют содержание конечных продуктов окисления к моменту определения. С течением времени глубина окисления возрастает, первоначальные продукты окисления уплотняются и могут выпадать из нефтепродукта в виде вязких смолистых отложений и твердых осадков. В результате длительного хранения нефтепродуктов на дне тары могут образовывать-

ся осадки, содержащие не только воду, механические примеси и смолистые вещества, но также продукты коррозии и окисления конструкционных материалов средств хранения.

Химмотологические системы, элементами которых являются нефтепродукты, относятся к чувствительным, т.е. способным изменять свои характеристики под влиянием внешних воздействий и управляемым, т.е. имеющим возможность перехода из одного состояния в другое в заданных условиях и за определенный промежуток времени [4]. Оценка изменения состояния нефтепродуктов в процессе хранения, в том числе прогнозная, возможна в соответствии с принципами, которыми оперируют формальная химическая кинетика и химическая термодинамика [5].

В качестве одного из вариантов оценки стабильности нефтепродуктов может быть применен метод испытаний при повышенных температурах и анализ динамики изменения параметров, характеризующих их качественное состояние в процессе старения по показателям, наиболее подверженным изменениям.

Для классификации [6, 7], сравнения по стабильности [8] и проведения отборочных испытаний различных углеводородов может применяться выдержка при повышенной температуре (например, при 110 °С в течение 7 дней [9]) с последующим определением перекисного числа, окислительной стабильности и степени окисления методом ИК-Фурье спектроскопии.

Вероятность того, что произойдет химическая реакция, определяется величиной изменения в процессе свободной энергии Гиббса. Реакция разложения углеводородов возможна при положительном значении энергии Гиббса. Известно, что с повышением температуры энергия Гиббса для большинства углеводородов увеличивается. Чем выше свободная энергия молекулы, тем ниже ее стабильность. То есть термическая стабильность большинства углеводородов снижается с повышением температуры. Энергия Гиббса алканов и циклоалканов быстро возрастает

с повышением температуры, в то время как у алкенов и аренов увеличивается медленно. В результате отношение термической стабильности углеводородов различных классов к температуре варьируется: при температурах до 227 °С (500 К) [10] наиболее стабильны алканы, при более высоких температурах – алкены и др. В результате, для поддержания соотношения термической стабильности углеводородов различных классов температура при ускоренном старении нефтепродуктов должна составлять не более 200 °С [11, 12].

Температура ускоренного старения нефтепродуктов должна быть также ниже температуры начала их кипения, поскольку механизм протекания процесса в газовой фазе отличается от жидкофазных. Анализ методов исследования стабильности нефтепродуктов показывает, что методы ускоренного старения при различных температурах с оценкой кинетических характеристик [13] процессов изменения контрольных показателей качества в процессе старения (в границах выбранного временного диапазона) являются наиболее информативными для исследования сохранности и установления сроков хранения нефтепродуктов [14-16]. Подобные методы позволяют построить температурные и временные зависимости изменения показателей качества исследуемого нефтепродукта в конкретных условиях хранения и установить предельный срок сохранности качественных характеристик на должном уровне.

Вырабатываемый в настоящее время авиационный бензин Б-91/115 (ГОСТ 1012-2013) представляет собой продукт компаундирования различных углеводородных фракций, в том числе полученных в результате переработки широкого спектра сырья. При этом, оценка уровня стабильности современных авиационных бензинов с измененной, в сравнении с применявшейся еще в советские годы, технологией производства для принятия решения

о возможности организации их длительного хранения ранее не проводилась, также отсутствуют соответствующие данные о хранении в течении длительных промежутков времени. Проводимые исследования предполагали проведение предварительной оценки стабильности авиационных бензинов для определения прогнозных сроков их хранения.

Для проведения исследований стабильности авиационных бензинов был применен метод ускоренного старения в условиях повышенных температур с последующей оценкой динамики изменения качественных характеристик. В качестве контролируемых показателей выбраны показатели, характеризующие физико-химические свойства авиационных бензинов и регламентированные ГОСТ 1012-2013, а также оптическая плотность на спектрофотометре.

Оценка исходного образца авиационного бензина Б-91/115 и образцов после выдержки в термошкафах при температурах 60 и 80 °С, осуществлялась по показателям: плотность при 20 °С по ГОСТ 3900; кислотность по ГОСТ 5985, температура начала кристаллизации по ГОСТ 5066; концентрация фактических смол по ГОСТ 32404, испытание на медной пластинке по ГОСТ 6321; цвет и прозрачность по ГОСТ 1012 п.9.5; оптическая плотность на длине волны 400 Нм.

Применяемые средства:

- сосуды для гидротермального синтеза - ($V = 1000 \text{ см}^3$);
- термошкафы – 2 шт;
- аппаратура, оборудование и химические реактивы для вышеперечисленных методов испытаний.

Время выдержки:

- 30 суток – по 1 образцу при температурах 60 °С и 80 °С;
- 60 суток – по 1 образцу при температурах 60 °С и 80 °С;
- 90 суток – по 1 образцу при температурах 60 °С и 80 °С.

Результаты испытаний представлены в Таблице 1.

Таблица 1. Результаты испытаний образцов авиационного бензина Б-91/115 при ускоренном старении

№ п/п	Наименование показателя	Метод испытаний	норма по ГОСТ 1012	Исходн. образец	Выдержка при 60 град. С			Выдержка при 80 град. С		
					720 ч	1440 ч	2160 ч	720 ч	1440 ч	2160 ч
1	Плотность при 20 °С, кг/м ³	ГОСТ 3900	не норм.	711	710,8	711,2	711,7	710,8	711,7	712,2
2	Кислотность, мг КОН на 100 см ³ топлива	ГОСТ 5985	0,3	0,2	0,2	0,244	0,244	0,2	2,44	1,586
3	Температура начала кристаллизации,	ГОСТ 5066 М-Б	минус 60	ниже -68	ниже -68	ниже -68	ниже -68	ниже -68	ниже -68	ниже -68
4	Концентрация фактических смол, мг на 100 см ³ топлива	ГОСТ 32404	3	0,8	0,6	0,7	1,186	1	3	1,585
5	Испытание на медной пластинке при 100 °С в течение 2 ч	ГОСТ 6321	класс 1	1а выдерж.	1а выдерж.	1а выдерж.	1а выдерж.	1в выдерж.	1а выдерж.	1а выдерж.
6	Оптическая плотность	Методика ФГБУ НИИПХ			0,003	0,004	0,009	0,003	0,053	0,119
7	Цвет	ГОСТ 1012 п 9.5	Зеленый	Зеленый	Зеленый	Зеленый	зеленый	Зеленый	Серо-желтый	Желто-коричневый
8	Прозрачность	ГОСТ 1012 п 9.5	Прозрачный	Прозрачный	Прозрачный	Прозрачный	Прозрачный	Прозрачный	Мутный	Мутный

Анализ полученных результатов показал, что:

- температура начала кристаллизации бензинов не претерпела существенных изменений;
- коррозионная активность бензина не увеличилась;
- цвет бензина, при выдержке при температуре 80 °С изменился с «зеленого» на «желто-коричневый»;
- прозрачность бензина при выдержке при температуре 80 °С изменилась с «прозрачного» до «мутного».

Динамика изменения показателей «плотность», «кислотность», «концентрация фактических смол» и «оптическая плотность» в результате ускоренного старения представлена на рисунках 1-4.

Увеличение плотности при хранении, моделируемое ускоренным старением характерно для углеводородных топлив. Скорость увеличения значений показателя возрастает с увеличением температуры (Рисунок 1).

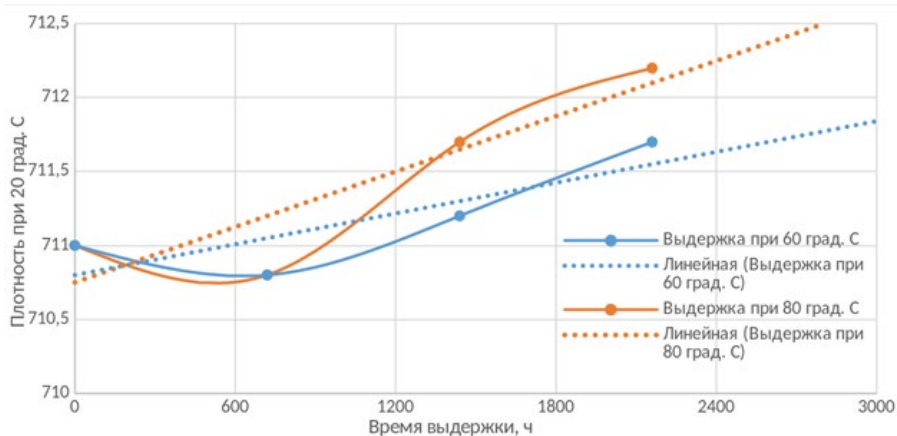


Рисунок 1. Изменение плотности Бензина Б-91/115 в условиях ускоренного старения

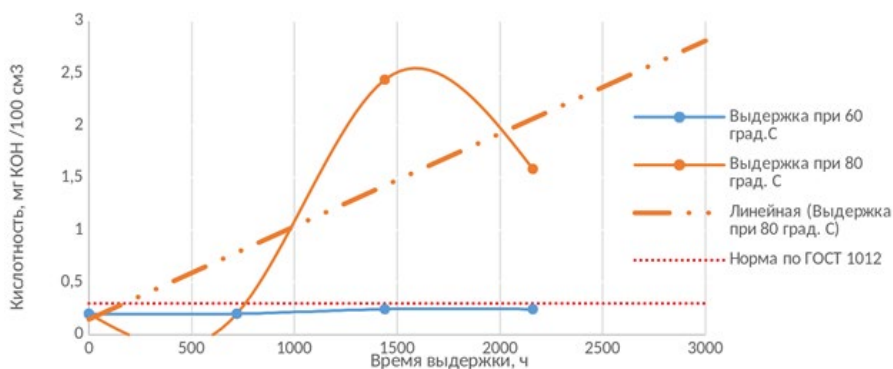


Рисунок 2. Изменение кислотности бензина Б-91/115 в условиях ускоренного старения

При значительном повышении температуры кислотность бензина возрастает и превышает установленные требованиями ГОСТ нормированные значения (Рисунок 2). Снижение значений показателя, после набора максимума свидетельствует о выпадении окисленных элементов углеводородной структуры, что подтверждается соответствующим по времени изменением значений показателя концентрация фактических смол (Рисунок 3), цвета и прозрачности бензина.

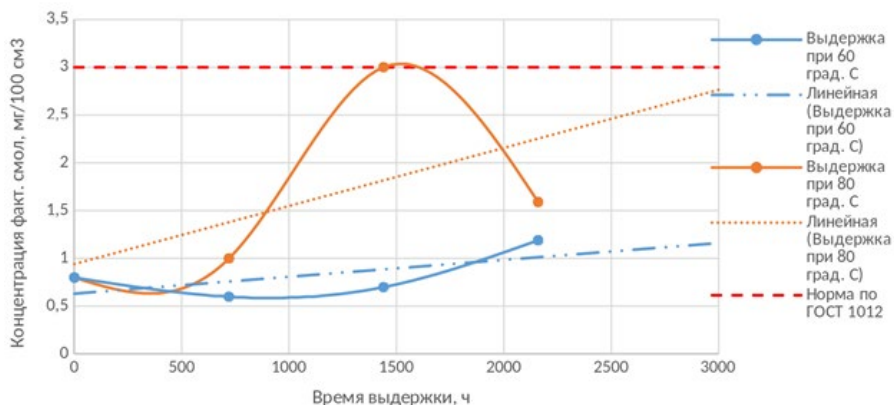


Рисунок 3. Изменение концентрации фактических смол бензина Б-91/115 в условиях ускоренного старения

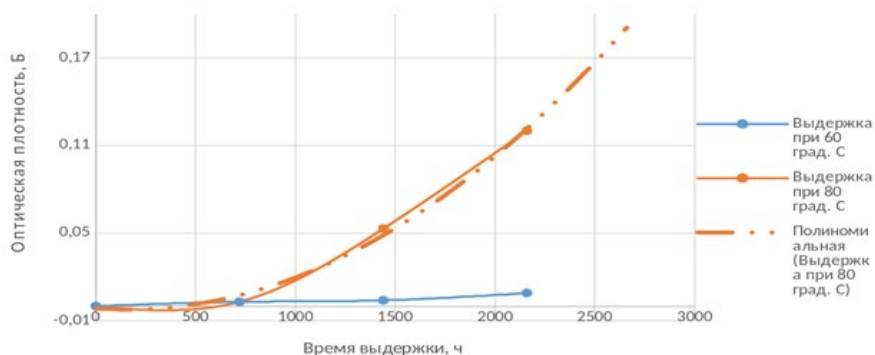


Рисунок 4. Изменение оптической плотности Бензина Б-91/115 в условиях ускоренного старения

В результате помутнения бензина, которое вызвано концентрацией и выпадением окисленных углеводородов при повышенных температурах изменяется оптическая плотность (Рисунок 4), что позволяет косвенно судить о протекающих в топливе окислительных процессах.

Анализ изменения качественных характеристик авиационного бензина Б-91/115 по ГОСТ 1012 в процессе ускоренного

старения позволил определить оптимальные температуры (60 – 80 °С) и время выдержки (2160 ч) в климатических камерах для построения прогнозной модели старения авиационного бензина в условиях длительного хранения.

К показателям, позволяющим оценить качественное состояние авиационного бензина Б-91/115 в процессе длительного хранения, отнесены «кислотность», «концентрация фактических смол» и «оптическая плотность при длине волны 400 нм».

Список литературы

1. Азев В.С. Подземное хранение моторных топлив. Химмотология. – М.: 25 ГосНИИ МО РФ., - 2006. – 232 с.
2. Зоря Е.И., Лощенкова О.В., Киташов Ю.Н. Сохранение качества при обороте нефтепродуктов. Учебное пособие. - М.: ООО «Издательство НЕФТЬ и ГАЗ», 2009, - 492 с.
3. Сафонов А.С., Ушаков А.И., Гришин В.В. Химмотология горюче-смазочных материалов. С-Петербург, НПИКЦ, 2007, - 488 с.
4. Pimenov Yu.M., Ulit'ko A.V., Sereda B.A. A Method of Simulation Modeling of Chemmotological Processes for Determining and Predicting Performance Properties of Fuels and Lubricants // Chemistry and Technology of Fuels and Oils. 2020. Vol. 56. Iss. 5. P. 752-762.
5. Тимофеев Ф.В., Соколов Д.Н., Кугай М.А. Обоснование подходов к формированию принципов оценки стабильности качества нефтепродуктов на этапах хранения и транспортировки // Инновационные технологии производства и хранения материальных ценностей для государственных нужд. 2020. Вып. 13. С. 244-257.
6. Kovalsky B.I., Petrov O.N., Afanasov V.I., Vereshchagin V.I., Sokolnikov A.N. Classification of motor oils by parameters of thermo-oxidative stability // Journal of Physics: Conference Series. 2020. Vol. 1515. Iss. 3. Article 032035. DOI: 10.1088/1742-6596/1515/3/032035.

7. Исаев А.Я., Аллахвердиев З.С., Тагиев В.И., Мамедова Г.Ф., Исмаилова М.М. Влияние количественного содержания азотистых оснований в нефтепродуктах на термическую стабильность топлив // Нефтепереработка и нефтехимия. 2015. № 2. С. 10-12.

8. Шаталов К.В., Серегин Е.П. Оценка пригодности автомобильных бензинов для длительного хранения // Химия и технология топлив и масел. 2009. Том 555. № 5. С. 46-49.

9. Zlata Mužíková, Pavel Šimáček, Dan Vrtiška, Miloš Auersvald A new short stability test of hydrocarbon fuels for storage prediction // Journal of the Energy Institute. 2023. Vol. 109. Iss. 4. Article 101305. DOI: 10.1016/j.joei.2023.101305.

10. Булкаева Е.А., Ибрагимова Д.Р. О термической стабильности углеводородов // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2010. № 11. С. 15-17.

11. Sundaraiah Konda, Madhavaiah Nalabala, Srikanta Dinda Thermal stress stability of hydrocarbon fuels under supercritical environments // Chemical Engineering Communications. 2023. Vol. 210. Iss. 9. P. 1593-1605. DOI: 10.1080/00986445.2022.2150615

12. Кучеров В.Г., Серовайский А.Ю. Стабильность углеводородных систем при сверхвысоких термобарических параметрах // Актуальные проблемы нефти и газа. 2018. Том. 23. Вып. 4. DOI: 10.29222/ipng.2078-5712.2018-23. art37.

13. Jan Nisar, Muhammad Anas Khan, Munawar Iqbal, A. Shah, Rafaqat Khan, Murtaza Sayed, Tariq Mahmood Comparative study of kinetics of the thermal decomposition of polypropylene using different methods // Advances in Polymer Technology. 2016. Vol. 37. Iss. 4. P. 1168-1175. DOI: 10.1002/adv.21776.

14. Кугай М.А., Тимофеев Ф.В., Соколов Д.Н. Разработка методики прогнозирования сохраняемости нефтепродуктов в условиях хранения // Инновационные технологии производства

и хранения материальных ценностей для государственных нужд. 2020. Вып. 14. С. 120-136.

15. Юхторов В.Н., Корольченко И.А., Уланин С.Е., Соколов Д.Н. Обоснование способа прогнозирования сохраняемости качества нефтепродуктов при длительном хранении // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. 2018. № 3. С. 20-27.

16. Cheng Fan, Cheng Zan, Qiang Zhang, Desheng Ma, Yue Chu, Hang Jiang, Lin Shi, Fei Wei The oxidation of heavy oil: Thermogravimetric analysis and non-isothermal kinetics using the distributed activation energy model // Fuel Processing Technology. 2014. Vol. 119. Iss. 3. P. 146-150. DOI: 10.1016/j.fuproc.2013.10.020.

УДК 664.681

*Н.А. Щербакова, ВНИИКП – филиал ФГБНУ
«ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН*

ТЕХНОЛОГИЯ СЫРЦОВЫХ ПРЯНИКОВ С УВЕЛИЧЕННЫМ СРОКОМ ГОДНОСТИ

Пряники являются одним из любимых кондитерских изделий всех категорий населения поскольку имеют привлекательные органолептические характеристики и относятся к низкому ценовому сегменту. Приготовление пряников по существующей технологии имеет ряд недостатков, которые оказывают существенное влияние на качество готовых изделий. Значительное повышение показателей качества пряников, способствующее увеличению сроков годности обеспечивается за счет внедрения комплекса технологических мероприятий, направленных на удержание жидкой фазы внутри готовых изделий в связанном состоянии. Институтом кондитерской промышленности разработана рациональная технология производства пряников, обеспечивающая возможность управлять водной активностью при производстве теста для сырцовых пряников и значительно увеличить срок годности пряников, предотвращая их черствение и плесневение.

Ключевые слова: мучные кондитерские изделия, пряники, рациональная технология, инвертный сироп, сроки годности, черствение.

N.A. Scherbakova, All-Russian Scientific Research Institute of Confectionery Industry – Branch of V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of RAS

TECHNOLOGY OF GINGERBREAD WITH EXTENDED SHELF LIFE

Gingerbread is one of the favorite confectionery products of all categories of the population because they have attractive organoleptic characteristics and belong to a low price segment. The preparation of gingerbread using the existing technology has a number of disadvantages that have a significant impact on the quality of the finished products. A significant increase in the quality of gingerbread, contributing to an increase in shelf life, is provided through the introduction of a set of technological measures aimed at keeping the liquid phase inside the finished products in a bound state. The Institute of the Confectionery Industry has developed a rational technology for the production of gingerbread, which makes it possible to control the water activity in the production of dough for raw gingerbread and significantly increase the shelf life of gingerbread, preventing their hardening and mold formation.

Key words: flour confectionery, gingerbread, rational technology, invert syrup, shelf life, stale.

Пряники, в силу своих специфических вкусовых достоинств, всегда пользовались повышенным спросом населения. Привлекала и их доступность для массового покупателя из-за использования менее дорогостоящего сырья отечественного производства. Препятствием для увеличения объемов производства пряников являются существующие технологии, приводящие к быстрому «черствению» пряников и, как следствие, незначительный срок хранения – 20-30 дней. Приготовление пряников по существующей технологии не предусматривает стадий предварительной подготовки сырьевых компонентов, характеризующихся большим диапазоном изменения показателей качества [1]. Это

оказывает отрицательное влияние на равномерность распределения компонентов в тесте и стабильность показателей качества готовых изделий. Недостатком существующего способа так же является то, что тесто, полученное по нему, неоднородно, невозможно создать в нем такие условия, при которых имеет место образование вокруг наибольшего количества твердых частиц жидких оболочек, т.е. тесто, в котором вода будет соответствующим образом связана. При этом попытки интенсифицировать стадию образования теста не увенчались успехом, т.к. при замесе теста наблюдается значительное повышение температуры (до 30 °С, а в ряде случаев и выше). Для предотвращения высоких температур в тесте продолжительность замеса сокращалась до 3-5 мин. В результате чего невозможно было добиться повышения качества пряников с увеличением срока их хранения.

Значительное повышение показателей качества пряников, способствующее увеличению сроков годности до 2,5-3 месяцев может быть обеспечено за счет внедрения комплекса технологических мероприятий, направленных на удержание жидкой фазы внутри готовых изделий в связанном состоянии, т.е. с образованием вокруг твердых частиц жидких оболочек. Это достигается путем получения однородной массы теста, в которой равномерно распределены рецептурные компоненты. [2]

Повышение показателей качества сырцовых пряников по новой технологии с увеличенным сроком годности обеспечивается путем применения технологических приемов, позволяющих изменять показатель активности воды и, как следствие, удерживать влагу в «связанном» состоянии и оказывать влияние на черствение или плесневение пряников в процессе хранения. К таким приемам относятся:

- снижение влажности кислого инвертного сиропа до 20% (влажность традиционного инвертного сиропа 30%);

- увеличение в кислом инвертном сиропе количества редуцирующих сахаров, образующихся в результате гидролитического расщепления сахарозы на глюкозу и фруктозу до 80% (количество редуцирующих веществ в традиционном инвертном сиропе 40-45%) обеспечивает связывание части жидкой фазы;

- введение меда, являющегося природным источником глюкозы и фруктозы, также способствует переводу воды в «связанное» состояние;

- введение в тесто кислого инвертного сиропа и меда в виде предварительно приготовленного медово-инвертного сиропа;

- введение в рецептуру пряников солодового экстракта, который, наряду с удерживанием воды в «связанном» состоянии, способствует дополнительному разрыхлению заготовок в процессе выпечки и приданию готовым изделиям оригинального вкуса.

Первая принципиальная особенность новой технологии – это использование кислого инвертного сиропа с увеличенным количеством редуцирующих веществ [3]. По новой технологии сначала готовят сахарный раствор из максимально возможной части рецептурного количества сахара с учетом требуемого при производстве теста для сырцовых пряников количества воды, затем подвергают его обработке органической кислотой, при этом катализатор органической кислоты вводят в сахарный раствор, а после начала кипения сахарного раствора ведут его дальнейший нагрев до температуры 108-110 °С до содержания редуцирующих веществ 76-81%, после чего производят его немедленное принудительное быстрое охлаждение до температуры 55-63 °С с дальнейшим охлаждением до температуры 18-25 °С. По существующей технологии количество редуцирующих веществ не превышало 40-45% и инверт использовали в качестве красящего вещества.

Второе отличие от существующей технологии заключа-

ется в трехстадийном получении теста с последующим перемешиванием рецептурных компонентов после каждой стадии. На первой стадии перемешивают кислый инвертный сироп и мед, предварительно нагретый до температуры порядка 50-55 °С, на второй стадии в приготовленный на первой стадии медово-инвертный сироп вносят яичный продукт, оставшуюся часть сахара, разрыхлители и за 2-4 мин. до подачи муки добавляют пластифицированный жировой компонент, приготовленный с добавлением поверхностно-активного вещества, на третьей стадии в приготовленную на второй стадии смесь подают в один прием за 2-4 мин. муку в распыленном состоянии и замешивают тесто в течение 8-15 мин.

В качестве яичного продукта можно использовать яичный порошок или меланж. При использовании в качестве яичного продукта яичного порошка, его перемешивают с водой в соотношении 1:(1,5-2) и выдерживают для осмотического набухания. При использовании в качестве яичного продукта меланжа, его предварительно протирают через сито.

Возможность значительного увеличения сроков годности сырцовых пряников до 2,5-3 месяцев обеспечивается за счет создания комплекса технологических мероприятий по удержанию жидкой фазы внутри готовых изделий в связанном состоянии, т.е. с образованием вокруг твердых частиц жидких оболочек. Указанный результат достигается получением однородной массы, в которой равномерно распределены рецептурные компоненты теста. На связывание воды и на формирование ее в жидкой оболочке, расположенной вокруг твердых частиц теста, направлена вся совокупность новых технологических приемов:

- влажность предварительно приготовленного кислого инвертного сиропа снижена до 19%. При этом количество редуцирующих сахаров, образующихся в ходе технологического процесса

в результате гидролитического расщепления сахарозы на глюкозу и фруктозу, резко повышается (до 81%) по сравнению с существующими;

- редуцирующие сахара обеспечивают связывание части жидкой фазы, и вода переходит в «связанное» состояние;

- перевод воды в связанное состояние достигается также введением меда, который является одним из ценнейших сырьевых компонентов и содержит около 82% глюкозы и фруктозы;

- для ограничения набухания теста для производства сырцовых пряников и повышения его вязкости, т.е. уменьшения подвижности системы и создания более благоприятных условий для образования структуры теста медово-инвертный сироп используют с более низкой температурой (в 1,5-2 раза ниже), чем при производстве сырцового пряника по известной технологии.

Все эти приемы обеспечивают возможность управлять водной активностью при производстве теста для сырцовых пряников и значительно увеличить срок годности пряников, предотвращая их черствение и плесневение [4]. Разрыхлители при производстве пряников выполняют двойную нагрузку. Они используются для снижения набухания клейковины и для разрыхления заготовок в процессе выпечки теста.

Новая рациональная технология успешно используется на ряде предприятий кондитерской отрасли.

Список литературы

1. Сборник «Технологические инструкции по производству мучных кондитерских изделий. – ВНИИ кондитерской промышленности. – М. 1992. - 240 с.

2. Савенкова Т.В., Талейсник М.А. Щербакова Н.А. и др. Технологические основы сохранения влаги при производстве мучных кондитерских изделий. – Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2021. - № 1 (379). – С. 43-47.

3. Пестерев М.А., Талейсник М.А., Аксенова Л.М. Инновационные технологии кондитерских изделий с повышенным сроком годности. – Товаровед продовольственных товаров. - 2022. - № 5. – С. 331-332.

4. Талейсник М.А., Герасимов Т.В., Мизинчикова И.И. Пути развития технологий мучных кондитерских изделий. В сборнике: "Торты. Вафли. Печенье. Пряники-2018" Производство - Рынок - Потребитель. Материалы докладов Бизнес-конференции. 2018. С. 40-42.

*Материалы, представленные в сборнике, даны
в редакции авторов*

**ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА
И ХРАНЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНЫХ ЦЕННОСТЕЙ
ДЛЯ ГОСУДАРСТВЕННЫХ НУЖД**

*Международный научный сборник
Выпуск XXI*

Открытое приложение к информационному сборнику
«Теория и практика длительного хранения»

Ответственный редактор Д.Ю. Пономарев
Редактор С.Л. Белецкий
Дизайн и компьютерная верстка А.Г. Фролов
Корректор Т.С. Быкова

Подписано в печать 03.07.2026 г.
Печать офсетная
Формат 60 x 90 1/16. Бумага офсетная
Тираж 500 экз. Заказ № 140

Издатель ФГБУ НИИПХ Росрезерва
111033, г. Москва, ул. Волочаевская, д. 40, к. 1
Телефон: (499) 673-90-10 доб. 89-239
E-mail: info@niipkh.rosrezerv.gov.ru
Отпечатано Объект 61125 Росрезерва
111033, Москва, Волочаевская улица, д. 40, к. 2