

УДК 662.62

Е.Б. Устименко, Л.Н. Шиман, Л.И. Подкаменная, Г.И. Ищук

*Государственное предприятие «Научно-производственное объединение  
«Павлоградский химический завод», Павлоград*

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНВЕРСИОННЫХ ПРОДУКТОВ УТИЛИЗАЦИИ БОЕПРИПАСОВ И РАКЕТ ПРИ МОДЕРНИЗАЦИИ И ОБНОВЛЕНИИ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

*По результатам выполненных экспериментальных и технологических исследований определена возможность использования неорганических кислородсодержащих солей аммония, образующихся при утилизации смесевых твердых ракетных топлив, в композициях топлив для обновления и модернизации ракетных двигателей.*

**Ключевые слова:** утилизация ракетных двигателей, гидровывывание, неорганические кислородсодержащие соли аммония, механо-физическая модификация.

### Введение

Обеспечение надежности функционирования ракетной техники связано с сохранением её эксплуатационных характеристик. В условиях, когда гарантийные сроки эксплуатации такой техники или ее элементов заканчиваются, становятся актуальными вопросы их обновления или модернизации. Наиболее остро эти вопросы касаются твердотопливных ракетных двигателей (РДТТ), так как топлива, которыми снаряжены такие двигатели, имеют тенденцию к потере физико-механической и химической стабильности, изменению своих начальных свойств при длительном хранении. Наиболее существенные изменения характеристик твердых ракетных топлив (ТРТ) происходят после окончания гарантийных сроков хранения ракет или РДТТ. При этом, если хранение или эксплуатация РДТТ осуществлялись в нерегламентированных условиях, такие изменения могут выходить за пределы допускаемых по нормативной документации. Изменения структурной физической и химической однородности твердотопливных зарядов приводит к ухудшению устойчивости горения ТРТ, нарушению внутрибаллистических параметров работы РДТТ и, соответственно, к ухудшению параметров полета ракеты. В связи с этим актуальным является проведение обновления или модернизации РДТТ, путем переснаряжения заряда ТРТ в корпусе двигателя.

Следует отметить, что в составе современных ТРТ смесевых типа, которые могут быть использованы для обновления или модернизации РДТТ, применяется до 70-80% компонентов энергетических наполнителей и разрывных зарядов некоторых видов боеприпасов и ракет, направляемых на утилизацию. К таким компонентам относятся неорганические кислородсодержащие соли аммония (НКСА) и щелочных металлов, а также органические нитроаминные соединения и др. [1]. Указанные неорганические соли и нитроаминные соединения являются достаточно стойкими веществами и сохраняют свою

физическую структуру даже после истечения гарантийных сроков применения боеприпасов и ракет. Поэтому, повторное применение таких веществ в композициях ТРТ при обновлении или модернизации РДТТ представляет определенный интерес для продления сроков эксплуатации ракетных систем. Ресурсосберегающие технологические процессы, позволяющие реализовать принципы повторного применения указанных веществ, обеспечивают экономии материальных и финансовых ресурсов [2]. Кроме того, появляется возможность снижения техногенной и экологической нагрузки, так как нет необходимости использовать технически и экологически опасные производственные процессы по исходному синтезу указанных веществ для использования в качестве сырьевых источников компонентов ТРТ.

При утилизации РДТТ с истекшими гарантийными сроками хранения, снаряженных смесевыми ТРТ, эффективным ресурсосберегающим технологическим процессом является гидромеханическое извлечение ТРТ с последующей его переработкой. В этом случае, в отличие от методов сжигания или взрывания РДТТ, появляется возможность сохранения корпусов РДТТ, исключаются выбросы вредных веществ в окружающую среду, а продукты извлечения и конверсионной переработки ТРТ могут быть использованы в качестве компонентов смесевых композиций I класса применения.

**Целью работы** являлась технологическая оценка возможности получения неорганических кислородсодержащих солей аммония (НКСА) при проведении работ по утилизации РДТТ, снаряженных смесевыми ТРТ, а также оценка возможности их повторного использования в композициях ТРТ для обновления и модернизации РДТТ.

При утилизации РДТТ, снаряженных ТРТ смесевых типа, с использованием метода гидромеханического его извлечения из РДТТ производится вымывание фрагментов и суспензированной массы ТРТ из корпуса РДТТ. Такой процесс осуществляется под воздействием струи водного стабилизирующего рас-

твору с давлением до 100,0 МПа. Образующиеся фрагменты и куски ТРТ размером более 10 мм измельчаются в среде этого же стабилизирующего раствора. Используемый стабилизирующий раствор обеспечивает, не только флегматизирующий эффект и предотвращает воспламенение ТРТ, но и позволяет вымывать и переводить в растворенное состояние такие компоненты ТРТ как НКСА.

Для выбора оптимальных условий ведения технологического процесса, позволяющих безопасным методом вымывать, переводить в растворенное состояние и затем высадить НКСА из раствора в виде кристаллического продукта, в процессе проведенных исследований была определена гистерезисная зависимость между растворимостью НКСА и её кристаллизацией из пересыщенного раствора.

Представленная на рис. 1 зависимость показывает, что понижение температуры насыщенного раствора на 20°C приводит к высадению до 10 – 12% растворённой НКСА.

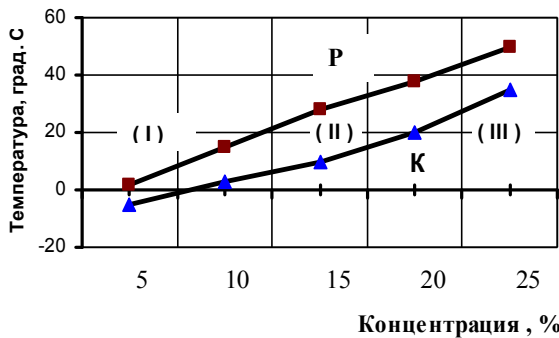


Рис. 1. Температурная зависимость растворимости (Р) и кристаллизации (К) НКСА. (I – зона раствора; II – зона насыщения; III – зона кристаллизации)

Это явление было использовано для дальнейших исследований и опытных работ по получению из стабилизирующего раствора гидровымывной жидкости кристаллической НКСА. Получаемая таким образом кристаллическая НКСА может быть использована в качестве исходного вещества (сырца) для последующих опытных работ по приданию ей свойств аналогичных компоненту ТРТ.

В ходе технологического процесса гидромеханического извлечения и измельчения ТРТ происходит насыщение стабилизирующего раствора по содержанию НКСА. Представленная на рис. 2 зависимость показывает, что в пределах первых 6 технологических циклов (область I) такое насыщение достигает 18 – 20% по содержанию НКСА. Для обеспечения безопасности процесса, при дальнейшем его проведении, насыщенный стабилизирующий раствор направляется на регенерацию для высадения и извлечения НКСА, которое осуществляется при охлаждении раствора ниже температуры его кристаллизации. Представленное на рис. 2 изменение содержания НКСА в растворе от 18 до 8 % (область II) происходит при охлаждении его насыщенного раствора до

температуры ниже 10°C и соответствующего высадения в виде кристаллического продукта. После такого процесса, регенерированный стабилизирующий раствор возвращается обратно в технологический цикл гидромеханического извлечения и измельчения ТРТ, где используется повторно до достижения очередного предела насыщения (рис. 2, область III).

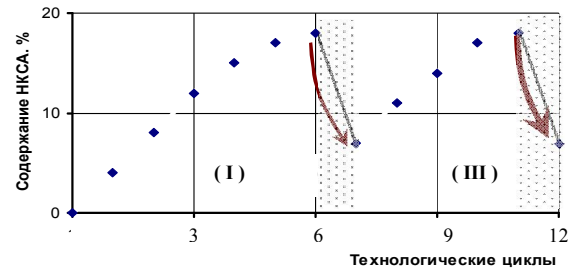


Рис. 2. Содержание НКСА в стабилизирующем растворе при технологических циклах гидровымывания ТРТ (I и III – циклы гидровымывания; II – цикл регенерации)

НКСА, образующаяся в ходе указанного процесса высадения, представляет собой полидисперсный кристаллический порошок с частицами разной формы и повышенным содержанием влаги. В таком виде он не может быть использован в качестве компонента ТРТ, без дополнительного модифицирования механо-физическими методами. Процесс модифицирования полидисперсного кристаллического порошка НКСА, проведенный в опытных условиях, заключался в выборе режимов для осуществления направленной перекристаллизации и механической обработки НКСА-сырца. Представленные на рис. 3 фотографии частиц НКСА до и после процесса модифицирования показывают, что выбранные режимы направленной перекристаллизации и механической обработки НКСА-сырца позволяют получить порошок НКСА (тип «А») необходимой формы и дисперсности, близкой к требуемой для технологических операций по приготовлению композиции ТРТ.

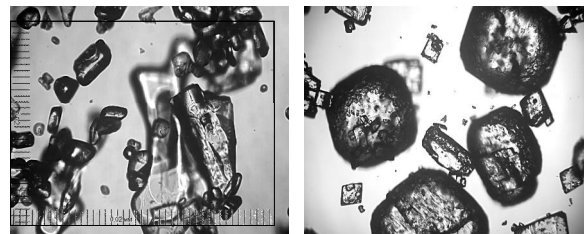


Рис. 3. Частицы порошка НКСА а – НКСА –сырец; б – НКСА после процесса модификации (тип «А»)

Для подтверждения соответствия характеристик порошка НКСА (тип «А») и характеристик порошка НКСА (тип «28»), традиционно применяемого для изготовления ТРТ, выполнен сравнительный анализ их характеристик по основным свойствам (табл. 1).

Таблиця 1

## Сравнительная характеристика порошков НКСА

Наименование	Содержан. основного вещества, %	Содержан. влаги, %	Коэф. формы	Температура по ДТА, град. С		
				I фаза (начало разложен. и полиморф.)	II фаза (разложение)	III фаза (дефлограц.)
НКСА тип «А»	99.0	<0.4	0.8	240.2	~330	~420
НКСА тип «28»	99.2	<0.4	0.9	241.8	~320	~430

Таблиця 2

## Сравнительная характеристика модельных композиций ТРТ

Наименование	Вязкость, Па*с	Живучесть, час	Физико-механические свойства			Темпер. разлож., град. С	Скорость горения, (P=4,0 МПа)
			Прочность, МПа	Деформац., %	Модуль упругости		
Композиция «А»	1250	8,5	9,2-10,2	45-50	42-48	300	6,1-6,4
Композиция «28»	<1440	>8,0	9,0-10,0	40-48	46-54	312	6,0-6,2

**Выводы**

Таким образом, в ходе проведенных исследований выполнена оценка возможности применения НКСА, которые являются продуктами утилизации некондиционных, непригодных для дальнейшего применения и хранения ТРТ, в других композициях ТРТ. Полученные данные позволяют подтвердить возможность технологического рециклирования отдельных компонентов ТРТ для их повторного использования при обновлении и модернизации РДГТ.

Представленные в табл. 1 данные показывают, что свойства порошка модифицированной НКСА, полученной высаждением из стабилизирующего раствора гидровывывной жидкости, являются аналогичными как для порошка НКСА (тип «28»).

Учитывая аналогичность свойств исследуемых порошков НКСА (тип «А» и тип «28»), для подтверждения возможности их использования в качестве компонентов ТРТ, были изготовлены соответствующие модельные композиции ТРТ с содержанием НКСА до 70%.

Модельные композиции приготавливались по технологии ТРТ смесового типа. Полученные в ходе

опытных работ результаты, представленные в табл. 2, показали, что модельные композиции ТРТ, изготовленные с использованием НКСА тип «А», обладают свойствами близкими к свойствам композиций ТРТ, которые были получены с использованием традиционных порошков НКСА тип «28». Некоторые отличия в значениях показателей объясняются опытным характером работ и могут быть приближены при дальнейших отработках и оптимизации технологических процессов.

**Список литературы**

1. Цуцуран В.И. Военно-технический анализ состояния и перспективы развития ракетных топлив.: учебн. пос. / В.И. Цуцуран, Н.В. Петрухин, С.А. Гусев. – М.: МО РФ, 1999. – 332 с.
2. Смирнов Л.А. Конверсия. Часть V. Конверсионные промышленные взрывчатые вещества.: учебн. пос. / Л.А. Смирнов, О.В. Тиньков. – М.: МГУИЭ, 1998. – 196 с.

Поступила в редколлегию 16.03.2010

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. О.М. Фоменко, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

**ВИКОРИСТАННЯ КОНВЕРСІЙНИХ ПРОДУКТІВ УТИЛІЗАЦІЇ БОЄПРИПАСІВ І РАКЕТ ПРИ МОДЕРНІЗАЦІЇ Й ВІДНОВЛЕННІ РАКЕТНИХ ДВИГУНІВ**

Є.Б. Устименко, Л.М. Шиман, Л.І. Підкаменна, Г.І. Іщук

За результатами виконаних експериментальних і технологічних досліджень визначена можливість використання неорганічних кисневмісних солей амонію, що утворюються при утилізації сумішних твердих ракетних палив, у композиціях палив для відновлення й модернізації ракетних двигунів.

**Ключові слова:** утилізація ракетних двигунів, гидровывывание, неорганічні кисневмісні солі амонія, механофізична модифікація.

**APPLICATION OF CONVERSION PRODUCTS OF AMMUNITION AND MISSILES DISPOSAL IN THE PROCESS OF ROCKET MOTORS MODERNIZATION AND UPGRADING**

E.B. Ustimenko, L.N. Shyman, L.I. Podkamennaya, G.I. Ischuk

Following the results of performed experimental and technological study the possibility of application of inorganic oxygen-containing ammonium salts formed during composite solid propellants disposal, in propellant compounds for rocket motors upgrading and modernization is defined.

**Keywords:** utilization of rocket engines, hydroablation, inorganic oxygen-containing salts of ammonium, mechano-physical modification.