

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ ОХЛАДИТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ МОЧЕВИНЫ

Ю.Г. Афанасьев, Л.И. Трутнева, Н.В. Бычин, Н.П. Вдовина, В.Ю. Михальцов, Г.С. Игонин

Исследована физико-химическая стабильность твердого охладителя на основе мочевины после длительного натурального хранения в теплонапряженной климатической зоне; продлен срок хранения с 10 до 15 лет путем имитации дополнительных 5 лет естественного хранения.

Одним из эффективных направлений использования твердых топлив в различных отраслях экономики страны является их широкое применение в газогенераторах. Газогенераторы используются в системах экстренного перекрытия магистральных газопроводов и защиты объектов газовой промышленности при возникновении аварийных ситуаций, средствах аварийного всплытия и подъема из-под воды объектов различного назначения, для наддува аварийных трапов, плотов, мешков безопасности, в системах газового тушения пожаров [1, 2].

В низкотемпературных газогенераторах (НТГГ) для понижения температуры генерируемого газа используется блок охладителя. На рис. 1 представлена схема устройства для получения низкотемпературной газовой смеси при охлаждении продуктов сгорания газогенератора непосредственным контактом их с поверхностью твердого сублимирующего охладителя.

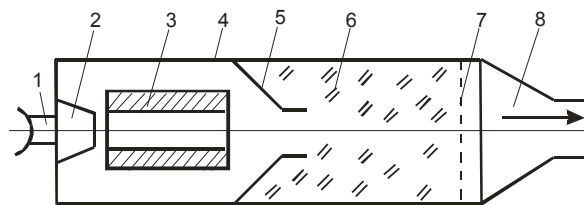


Рис. 1. Принципиальная схема низкотемпературного газогенератора: 1 – инициатор; 2 – воспламенитель; 3 – заряд; 4 – корпус; 5 – сопло перегородки; 6 – камера с охладителем; 7 – решетка; 8 – патрубок

Гарантийный срок эксплуатации газогенерирующих систем составляет не менее 10 лет. На их эффективность и надежность могут оказать влияние изменение свойств материалов комплектующих элементов вследствие физико-химических процессов, протекающих при длительной эксплуатации.

Настоящая работа посвящена исследованию физико-химической стабильности охлаждающего состава на основе мочевины.

В задачи данной работы входило:

- подтверждение гарантийных сроков эксплуатации после длительного натурального хранения;
- продление срока хранения с 10 до 15 лет путем имитации дополнительных 5 лет естественного хранения.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ОХЛАДИТЕЛЯ НА ОСНОВЕ МОЧЕВИНЫ ПОСЛЕ НАТУРНОГО ХРАНЕНИЯ В СОСТАВЕ НТГГ В ТЕЧЕНИЕ 10 ЛЕТ

Для подтверждения гарантийных сроков эксплуатации низкотемпературных газогенераторов, находящихся в течение 10 лет в условиях натурального хранения в условиях теплонапряженной климатической зоны, элемент снаряжения (охладитель на основе мочевины) был подвергнут:

- контролю внешнего вида;
- контролю массы;
- микроструктурному анализу состояния наружной поверхности и изломов таблеток;
- контролю усилия разрушения таблеток элементов;
- определению термической стойкости охлаждающего состава.

Результаты визуального осмотра таблеток охладителя на основе мочевины показали, что следов слеживаемости, осыпи, сколов, трещин не обнаружено, образцы сохранили первоначальную форму и размеры (рис. 2). Результаты определения массы охладителя от двух партий представлены в таблице 1.

Таблица 1

Масса охладителя от двух партий

Партия элемента	Масса элемента, г	Требования КД, г
1	501	495-505
2	499	

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ ОХЛАДИТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ МОЧЕВИНЫ

Из представленных данных следует, что масса охладителя, хранившегося в составе НТГГ в течение 10 лет, не изменилась и удовлетворяет требованиям конструкторской документации.

Результаты замеров диаметра и высоты таблеток охладителя показали (таблица 2), что они остаются неизменными в течение 10 лет в составе блока охлаждения НТГГ и соответствуют предъявляемым требованиям.



Рис. 2. Состояние образцов охладителя на основе мочевины после вскрытия газогенератора

Таблица 2
Результаты замеров геометрических размеров таблеток охладителя на основе мочевины

Партия 1		Партия 2	
Диаметр таблеток, мм	Высота таблеток, мм	Диаметр таблеток, мм	Высота таблеток, мм
12,05	6,70	12,05	6,85
12,05	6,65	12,00	6,70
12,05	6,80	12,05	6,95
12,05	6,50	12,00	6,50
12,05	6,85	12,05	6,75
12,10	6,85	12,10	6,75
12,05	6,75	12,00	6,75
12,05	6,50	12,00	6,55
12,05	6,70	12,05	6,75
12,01	6,70	12,05	6,85

Данные микроструктурного анализа также подтверждают неизменность внешнего вида и структуры образцов охладителя в условиях натурального хранения в течение 10 лет,

наличия пор и трещин в образцах охладителя не обнаружено (рис. 3).

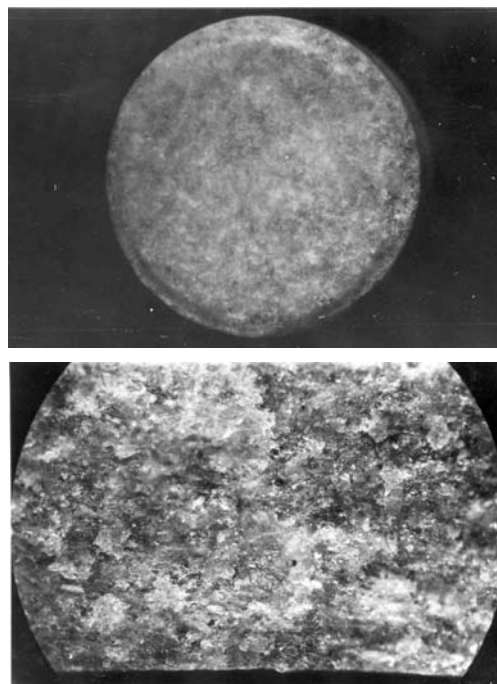


Рис. 3. Микроструктура охладителя после 10 лет натурального хранения

Результаты испытаний на термическую стойкость показали, что температура разложения охладителя после 10 лет хранения остается на уровне исходных значений и находится в пределах 140 °С.

В таблице 3 приведены данные по прочности при осевом и радиальном сжатии таблеток охладителя после 10 лет хранения в составе НТГГ.

Таблица 3
Механические характеристики таблеток охладителя на основе мочевины

Номер партии	Прочность при осевом ($P_{ос}$) и радиальном ($P_{рад}$) сжатии, кгс	
	($P_{ос}$)	($P_{рад}$)
1	220,0±10,0	37,0±2,0
2	247,0±1,2	41,0±3,0
Исходные значения	250,0±15,0	39,0±1,5
Требование ОСТ	Не менее 175,0	Не менее 28,0

Как видно из данных таблицы 3, значения осевого и радиального усилий при сжатии таблеток охладителя после натурального хранения (10 лет) в теплонпряженной климатической зоне показывают, что условия хранения не оказали влияния на изменение прочностных характеристик и удовлетворяют требованиям ОСТ.

Таким образом, из анализа экспериментальных данных видно, что охладитель на основе мочевины после хранения в составе НТГГ в течение 10 лет сохранил свои эксплуатационные свойства и удовлетворяет требованиям технических условий.

УСКОРЕННЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ ОХЛАДИТЕЛЯ НА ОСНОВЕ МОЧЕВИНЫ

Для продления срока хранения охладителя с 10 до 15 лет были проведены ускоренные климатические испытания (УКИ) с имитацией 5 лет естественного хранения на образцах, взятых с НТГГ после 10 лет хранения.

С этой целью из блоков охлаждения двух НТГГ были отобраны образцы таблеток охладителя. Было проведено их взвешивание с последующим размещением в герметичные металлические укупорки (рис. 4). Подготовленные укупорки с охладителем проверялись на герметичность. Результаты испытаний на герметичность показали, что снаряженные укупорки обеспечивают герметичность и исключается возможность воздействия окружающей среды (влаги) на охладитель.

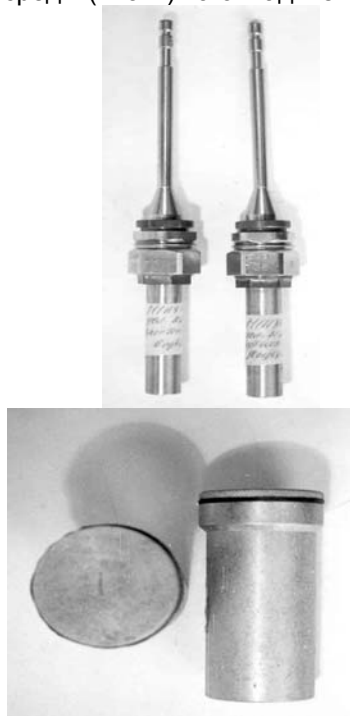


Рис. 4 Укупорки для проведения ускоренных климатических испытаний охладителя

Принимая во внимание, что разложение охладителя при длительном хранении может быть основной причиной изменения его стабильности, при назначении режимов УКИ до-

пустимо использовать энергию активации разложения в качестве параметра, по которому определяется температурно-временной режим ускоренного старения. Назначение температурно-временных режимов ускоренного теплового старения проводили по формуле:

$$\tau_{уск.} = \tau_{хр.} e^{\frac{E}{R} \left(\frac{1}{T_{уск.}} - \frac{1}{T_{экв.}} \right)},$$

где $\tau_{уск.}$ – время форсированного старения при температуре $T_{уск.}$; $\tau_{хр.}$ – время хране-

ния при температуре $T_{экв.}$; E – энергия активации процесса разложения; R – универсальная газовая постоянная.

За энергию активации процесса разложения охладителя принималась энергия, равная 83,6 кДж/моль. Температура термостатирования составляла 343 К, а эквивалентная температура эксплуатации 293 К.

При вышеназванных параметрах температурно-временной режим ускоренного теплового старения, имитирующего 5 лет, составил 15 суток термостатирования при температуре 343 К. После проведения ускоренного теплового старения оценивали внешнее состояние образцов, механическую прочность, температуру разложения, а также микроструктуру таблеток охладителя. Результаты осмотра показали, что таблетки охладителя после ускоренного старения сохранили первоначальную форму и размеры. Сколов, трещин, осипи не обнаружено. Результаты измерения геометрических размеров и массы таблеток охладителя после УКИ представлены соответственно в таблицах 4 и 5.

Таблица 4
Размеры таблеток охладителя после УКИ

Таблетки от партии 1		Таблетки от партии 2	
Диаметр, мм	Высота, мм	Диаметр, мм	Высота, мм
12,05	6,80	12,00	6,55
12,05	6,60	12,05	6,65
12,05	6,60	12,05	6,55

Таблица 5
Масса таблеток охладителя до и после УКИ

Номер партии	Масса таблеток до УКИ, г	Масса таблеток после УКИ, г
1	16,5528	16,5398
	16,6948	16,7644
	16,7720	16,6591
2	17,3150	17,3052
	17,0904	17,1760
	16,9369	16,9205

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ ОХЛАДИТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ МОЧЕВИНЫ

Как видно из данных таблиц 4 и 5, ускоренные климатические испытания не приводят к изменению геометрических размеров и массы таблеток охладителя.

Результаты микроструктурного анализа показали, что состояние поверхности изломов таблеток имеет однородную структуру по всему объему. Пор и трещин в поверхностных и внутренних слоях таблеток охладителя не обнаружено (рис. 5).

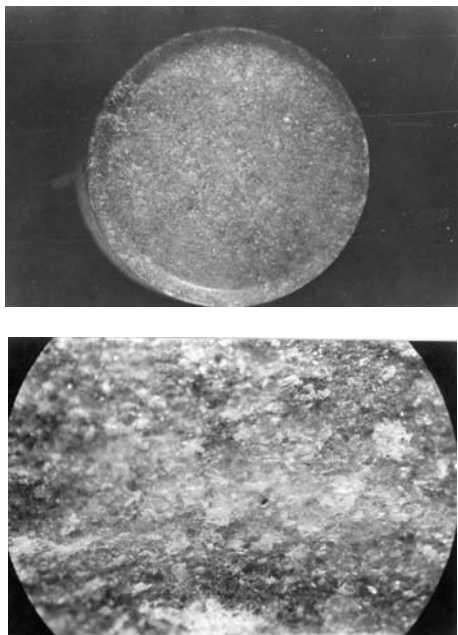


Рис. 5. Микроструктура охладителя после УКИ с имитацией 5 лет естественного хранения на образцах, взятых после 10 лет хранения

Термическая стойкость образцов охладителя после УКИ не изменилась по отношению к образцам после натурального хранения в течение 10 лет в составе НТГГ. Температура, при которой наблюдается разложение охладителя после УКИ, находится на уровне 140 °С (рис. 6).

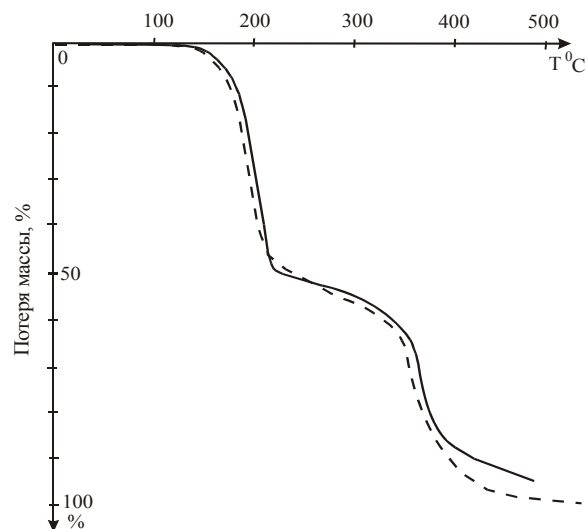


Рис. 6. Термогравиметрическая кривая разложения охладителя (—) после натурального хранения в составе НТГГ в течение 10 лет; (---) после УКИ с имитацией дополнительных 5 лет хранения

Результаты определения усилий разрушения таблеток охладителя после натурального хранения и после УКИ представлены в таблице 6.

Таблица 6

Механические характеристики охладителя на основе мочевины после натурального хранения и УКИ

Номер партии	Осевое усилие разрушения, кгс			Радиальное усилие разрушения, кгс		
	до УКИ	после УКИ	требование КД	до УКИ	после УКИ	требование КД
1	220,0	209,0	не менее 175	39,0	43,0	не менее 28,0
2	247,0	249,0		40,0	45,0	

Из приведенных результатов испытаний механических свойств охладителя после УКИ следует, что усилия разрушения при осевом и радиальном сжатии остаются неизменными и находятся на уровне исходных значений и соответствуют предъявляемым требованиям.

Таким образом, выполненный комплекс исследований позволяет сделать вывод о том, что охладитель на основе мочевины в процессе его хранения в герметичных усло-

виях в течение 15 лет сохранит и обеспечит свою работоспособность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шишков А.А., Румянцев Б.В. Газогенераторы ракетных систем. – М.: Машиностроение, 1981.
2. Цуцуран В.И., Петрухин Н.В., Гусев С.А. Военно-технический анализ состояния и перспективы развития ракетных топлив. – М., 1999.