

Ю.П. Бунчук, Ю.И. Мельник, Л.П. Потапович, А.В. Хрипков

Государственное предприятие «Конструкторское бюро "Южное" им. М.К. Янгеля», Днепропетровск

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР АЛЬТЕРНАТИВНЫХ СРЕДСТВ-ЗАМЕНИТЕЛЕЙ ХЛАДОНА-113 НА ОПЕРАЦИЯХ ОБЕЗЖИРИВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ РКТ, КОНТАКТИРУЮЩИХ С ЖИДКИМ КИСЛОРОДОМ



Рассмотрен ряд широко используемых озонобезопасных заменителей хладона-113 на операциях обезжиривания деталей и узлов изделий ракетно-космической техники. Приведены их основные характеристики, представлены рекомендации по их использованию на конкретных технологических операциях.

Ключевые слова: хладон-113, обезжиривание поверхностей, жидкий кислород.

Отечественная ракетно-космическая отрасль является наибольшим потребителем фторхлор-органического растворителя — хладона-113, который используется на наиболее ответственных операциях подготовки деталей и узлов изделий ракетно-космической техники (РКТ), контактирующих с жидким кислородом.

Хладон-113 стал применяться в СССР еще с 1970-х гг. в технологических процессах обезжиривания, очистки, промывки узлов и сборочных единиц ракет-носителей, работающих на экологически безопасных видах топлива (кислород, керосин), — в основном, топливных баков, трактов пневмо- и гидросистем, двигательных установок, узлов автоматики. Позже указанный растворитель стал использоваться в технологических операциях, связанных с испытаниями на прочность, герметичность, а также при нейтрализации топливных систем после слива агрессивных и токсичных компонентов жидкого топлива.

Универсальность хладона-113 делает его применение предпочтительным в стратегически важных сферах, где требуется высокая степень очистки поверхности. Эффективное удаление поверхностных жировых загрязнений с его помощью исключает возможность возгорания и взрыва в кислородных трактах ракет. Совместимость хладона-113 с материалами, которые применяются в деталях и узлах изделий РКТ и с жидким кислородом, была подтверждена комплексом экспериментально-исследовательских работ и многочисленными запусками серийных ракет-носителей «Зенит» и их модификаций, запускаемых по программам «Морской старт» и «Наземный старт».

После того, как Украина присоединилась к странам-участницам Монреальского протокола по запрещению производства и использованию озоноразрушающих веществ, к которым принадлежит хладон-113, возникла проблема замены его на альтернативные озонобезопасные обезжиривающие средства.

В настоящее время ведущими ракетно-космическими державами (США, Россия, Фран-

ция, и др.) разработан и используется в технологических процессах обезжиривания под жидкий кислород целый ряд альтернативных озонобезопасных средств. Но все они обладают определенными недостатками, что обуславливает ограниченное их применение для некоторых технологических операций подготовки деталей и узлов под контакт с жидким кислородом. Кроме того, внедрение их в производство регламентировано жесткими требованиями отраслевых нормативных документов, обеспечивающими высокую надежность ракетно-космической техники, и требует проведения комплекса исследований, завершающихся функциональными испытаниями очищаемых узлов, которые работают в кислородной среде.

Прежде чем перейти к аналитическому обзору имеющихся средств, альтернативных хладону-113, необходимо определить основные требования, которым должны удовлетворять обезжиривающие средства, применяющиеся для подготовки деталей и узлов под контакт с жидким кислородом. Эти требования можно условно разделить на такие подгруппы: *экологические, эксплуатационные, термодинамические и экономические*.

К *экологическим* требованиям следует отнести

- ✦ озонобезопасность;
- ✦ низкий потенциал глобального потепления;
- ✦ нетоксичность.

Эксплуатационные требования включают в себя следующее:

- ✦ высокую обезжиривающую способность (допустимая поверхностная плотность остаточных жировых загрязнений $\sim 10\text{--}30$ мг/м²);
- ✦ высокую капиллярную способность (возможность проникновения в щелевые зазоры $\delta = 0,1\text{--}0,2$ мм узлов типа клапанов, элементов автоматики и др.);
- ✦ совместимость с материалами конструкции (в т.ч. с резинами) и с жидким кислородом (взрывобезопасность).

К *термодинамическим* требованиям относятся:

- ✦ высокая температура кипения при атмосферном давлении (выше температуры эксплуатации);

- ✦ максимальная приближенность к хладону-113 по плотности и вязкости.

Экономические требования предусматривают

- ✦ наличие товарного производства;
- ✦ сравнительно низкую стоимость;
- ✦ возможность регенерации.

Как показывает анализ, найти альтернативные средства, отвечающие всем перечисленным выше требованиям, практически невозможно, поэтому на практике выбирают заменитель ограниченного применения для конкретных технологических операций с привязкой к типовым деталям и сборочным единицам.

Нами проведен аналитический обзор альтернативных озонобезопасных средств, используемых ведущими ракетно-космическими державами, а также обобщен опыт апробации некоторых из этих средств в производстве изделий РКТ на Государственном предприятии «Производственное объединение "Южный машиностроительный завод"».

К числу основных альтернативных средств следует отнести: *фторхлорорганические растворители* (хладоны), *азеотропные смеси* и *водно-моющие составы*.

ХЛАДОНЫ ПЕРЕХОДНОГО КЛАССА (С НИЗКИМ ОЗОНРАЗРУШАЮЩИМ ПОТЕНЦИАЛОМ)

Относятся к гидрохлорфтороруглеродам (ГХФУ), имеют низкий озоноразрушающий потенциал (порядка 0,1–0,2). В соответствии с Монреальским протоколом будут выведены из эксплуатации до конца 2015 года.

Хладон-122 (122a). Температура кипения — 71,85 °С. Потенциал разрушения озонового слоя — 0,016. Прозрачная бесцветная жидкость со слабым специфическим запахом. Степень опасности по ГОСТ 12.1.007 — 4-й класс опасности (малоопасное по степени воздействия на организм человека). Степень пожаро-, взрывобезопасности — трудногорюч, взрывобезопасен. Совместимость с кислородом ограни-

чена. При взаємодії з жидким кислородом розчинитель переходить в тверде состояние, образуя твердые структуры, фрагменты которых могут являться причиной засорения топливных трактов. Обладает деструктурирующим воздействием на прокладочные материалы. Показатели воздействия на резины в 2–4 раза выше, чем у хладона-113 [1]. Технологическое моечное оборудование может быть использовано после соответствующей доработки (исключение нестойких к воздействию растворителя прокладочных материалов, адаптации регенерационных устройств). Производится исключительно в Российской Федерации опытными партиями на предприятиях ОАО «Химпром» (г. Волгоград) и ОАО «Кирово-Чепецкий химический комбинат» (г. Кирово-Чепецк). Ориентировочная цена – 150 грн/кг. Рекомендован ФГУП РНЦ «Прикладная химия» (г. Санкт-Петербург) в качестве альтернативы хладону-113.

Хладон-122 прошел апробацию на различных предприятиях, в том числе в ГП НИИ «Гермес» (г. Златоуст Челябинской области). Результаты испытаний аналогичны достигаемым при использовании хладона-113. Ввиду высокого агрессивного воздействия на организм человека используется, в основном, в составе смесей.

Хладон-141b (Forane 141 DGH, Mack Fri141b). Относится к группе ГХФУ. Прозрачная бесцветная жидкость со слабым специфическим запахом. Температура кипения при атмосферном давлении – 31,9 °С. Потенциал разрушения озонового слоя – 0,11 (самый высокий для хладонов переходной группы).

Применение хладона-141b ограничено его низкой температурой кипения. Не обладает точкой взрыва. Пары в смеси с воздухом (5–15 %) взрывоопасны. Совместимость с кислородом ограничена. При взаимодействии с криогенной жидкостью растворитель переходит в твердое состояние, образуя твердые структуры, фрагменты которых могут являться причиной засорения топливных трактов. Обладает деструктурирующим воздействием на прокладочные ма-

териалы. Показатели воздействия на резины в 1,5–2 раза выше, чем у хладона-113. Для работы с хладон-141b необходимо использовать оборудование преимущественно закрытого герметичного исполнения.

В Российской Федерации выпускается опытными партиями на предприятиях ОАО «Химпром» и ОАО «Кирово-Чепецкий химический комбинат». В США выпускается под маркой Mack Fri141b, во Франции – под маркой АТО-FINA. Ориентировочная цена – 50 грн/кг.

Используется в аэрокосмической промышленности ведущих держав (США, Франция, Россия и др.).

ОЗОНОБЕЗОПАСНЫЕ ХЛАДОНЫ

Обладают нулевым озоноразрушающим потенциалом.

Хладон 134a. Температура кипения при атмосферном давлении – 29,74 °С. Хладон R134a нетоксичен и не воспламеняется во всем диапазоне температур эксплуатации. Однако при попадании воздуха в систему, заполненную парами хладона-134a, могут образовываться горючие смеси. Пары R134a разлагаются под влиянием пламени с образованием отравляющих и раздражающих соединений, таких, как фторводород.

В связи с невысокой температурой кипения его применение рекомендовано для технологических процессов подготовки под контакт с жидким кислородом в моечных устройствах закрытого исполнения.

Производитель – фирма Du Pont (США). Стоимость хладона-134a – 100 грн/кг. В Российской Федерации не производится.

АЗЕОТРОПНЫЕ СМЕСИ

Представляют собой хладоновые смеси, основным компонентом которых является хладон с добавкой стабилизирующих и флегматизирующих присадок.

Асахиклин АК-225. Гидрорхлорфторуглерод (ГХФУ) АК-225 разработан японской компанией «Асахи Гласс» для тонкой очистки. В США

применяется с 1994 года. Имеет более стабильные показатели, чем хладон-113. В настоящее время выпускается в различных модификациях. Так, ГХФУ 225Т является смесью хладона АК-225, этанола, гидроуглерода и стабилизирующих добавок. Прозрачная бесцветная жидкость со слабым специфическим запахом. Температура кипения — 54 °С. Потенциал озонового разрушения — 0,05. Вещество — 4-го класса опасности (малоопасное по степени воздействия на организм человека). Негорючий, пожаровзрывобезопасный продукт. Получил довольно широкое распространение в аэрокосмической промышленности США. Однако ввиду относительно высокой стоимости используется, в основном, в виде аэрозолей для очистки мелких деталей, преимущественно в электронной промышленности [2].

В 2001–2002 гг. специалистами ГП ПО ЮМЗ и ГП «Конструкторское бюро "Южное"» проведены исследования хладона АК-225 относительно его использования для подготовки деталей и узлов, контактирующих с жидким кислородом, которые показали его деструктурирующее воздействие на эластомерные материалы (в т.ч. резины). Подобные исследования проводили в ГП НИИ «Гермес», в результате которых были получены аналогичные результаты [1].

Хладис АСХ. Представляет собой азеотропную смесь на основе хладона-30 (95,5 %) с добавлением обезжиривающей (трихлорэтилен) и стабилизирующей (перхлорэтилен) присадок. Бесцветная прозрачная жидкость, возможен слабо-желтый оттенок. Температура кипения — 41 °С. Температура самовоспламенения — выше 597 °С. Относится к трудногорючим жидкостям. Класс опасности по ГОСТ 12.1.005 — 4-й. Предельно допустимая концентрация (ПДК) в воздухе рабочей зоны производственных помещений основного вещества — 50 мг/м³. Помещения, где проводятся работы с хладисом АСХ, должны быть оборудованы общей и местной приточно-вытяжной вентиляцией по ГОСТ 12.4.021, обеспечивающей состояние воздушной среды в соответствии с ГОСТ 12.1.005.

Разработчик и изготовитель — ЗАО «Промхимпермь» (г. Пермь, РФ). Фасовка: бочка металлическая 200 м³, покрытая изнутри специальным составом, или канистра полиэтиленовая или алюминиевая емкостью 20 дм³. Цена — 120–150 грн/кг.

По обезжиривающей способности хладис АСХ практически не отличается от Fогane 141b, хладиса в ДЖХ и хладона-113 [3].

Vertrel SDG. Представляет собой синтезированной смесь невоспламеняющегося гидрофторхлоруглерода (дигродексфторэтан) с 1,2%-ным содержанием дихлорэтилена и метанола. Обладает нулевым озоноразрушающим потенциалом. Температура кипения — 44 °С. Данная марка, разработанная фирмой Du Pont, может быть использована также в качестве заменителя для других чистящих веществ, таких, как хладон АК-225, 141b, хлорфторуглероды и водно-моющие составы. Применение этой смеси затруднено тем, что индивидуальный дигродексфторэтан обладает невысокой растворяющей способностью масложировых загрязнений. Поэтому его применение в процессах обезжиривания возможно только в сочетании с дихлорэтиленом, но этот растворитель горюч и, как было установлено, оказывает еще большее воздействие на полимеры и резины, чем вышеперечисленные растворители.

Производитель — фирма Du Pont (США). Стоимость растворителей данной группы составляет около 240 грн/кг. В связи с высокой стоимостью нашел небольшое применение в ракетно-космической технике США.

Сравнительные физические и термодинамические характеристики вышеуказанных хладонов и смесей приведены в таблице.

Анализируя данные, приведенные в таблице, можно сделать вывод, что ближе всего по теплофизическим характеристикам к хладону-113 находится хладон-134b и азеотропная смесь АК-225Т.

ВОДНО-МОЮЩИЕ СОСТАВЫ

Состоят из следующих основных компонентов: 1) базовый компонент, который осущест-

влет перевод загрязнений с поверхности в раствор и образование эмульсионного состава; 2) каталитические и стабилизирующие добавки, удерживающие загрязнения в растворе; 3) органические вещества, вытесняющие загрязнения с поверхности и предотвращающие ресорбцию; 4) основа — вода (дистиллят воды с добавлением ингибитора коррозии) [4]. В качестве базового компонента используются соли высших жирных кислот (мыло). В качестве добавок используют гликоли, эфиры гликолей, многовалентную металлическую соль. Органическими веществами выступают гидрофобные защитные коллоиды.

Водно-моющие составы имеют ряд преимуществ перед фторхлорорганическими растворителями (хладонами) и азеотропными смесями:

- ✦ большая безопасность для обслуживающего персонала;
- ✦ пожаро- и взрывобезопасность;
- ✦ применяемое моечное оборудование проще по конструкции;
- ✦ выполнение одновременно нескольких функций очистки (растворение, смачивание, эмульгирование, диспергирование и др.), что обеспечивает эффективное удаление как жировых, так и механических загрязнений;

✦ гораздо меньшая стоимость.

К недостаткам составов следует отнести:

- ✦ малую капиллярную способность, что не позволяет проникновению в малые щелевые зазоры;
- ✦ образование сухого остатка после высыхания, что обуславливает закупорку микродефектов;
- ✦ дополнительные энергозатраты (применение в нагретом состоянии);
- ✦ для приготовления растворов требуется высокоочищенная (дистиллированная) вода.

ВМС-С. Моющее средство на водной основе, содержащее комплекс ионогенных и неионогенных поверхностно-активных веществ и ингибитор коррозии. Применяется для очистки деталей и сборочных единиц в аэрокосмической технике. Разработанный состав применяется для очистки металлов от различных загрязнений и обеспечивает снижение количества остаточных жировых загрязнений поверхности с 500–1000 до 10–20 мг/м² при температуре обработки 25–40 °С. В зависимости от степени и характера загрязнений и способа очистки рекомендуются концентрации рабочих растворов от 1 до 10 %.

Полученные результаты позволяют рекомендовать состав при изготовлении и эксплуата-

Теплофизические характеристики альтернативных растворителей (хладонов и азеотропных смесей)

Характеристика	DuPont Vertrel SDG	Смесь АК-225Т	Хладон-113	Хладон-141b	Хладон-134b	Хладис АСХ	Хладон-122 (Хладон-122a)
Точка кипения, °С	43	54	48	32	29,74	41	71,85
Точка замерзания, °С	-50	-139	-35	-103,5	-131	-95	—
Плотность жидкости, кг/литр	1,29	1,34	1,564	1,236	1,55	1,34	1,563
Поверхностное натяжение, Н/м	0,0212	0,0176	0,0172	0,0184	0,0162	0,025	0,0239
Вязкость при 25 °С, сантипуаз	0,59	0,61	0,47	0,43	0,59	0,45	—
Упругость пара, кПа	51,7	—	44,5	76,9	38,5	58,0	—
Теплота испарения при температуре кипения, кДж/кг	283	197,3	148	225	146	329	—
Теплопроводность при 25 °С, кДж/ кг °С	1,12	1,33	0,87	1,41	1,2	—	—
Индекс каури-бутанол	95	—	31	51	31	132	86

Примечание. Индекс каури-бутанол характеризует эффективность растворителя.

ции химического оборудования, выполненного из углеродистых и нержавеющей сталей, алюминия, титана и других металлов при незначительной модернизации технологии очистки, применяемой при использовании хладона-113. Изготовитель — ОАО «Химпром», Волгоград. Средство апробировано на предприятии ОАО «Энергомаш» (г. Химки Московской обл.).

Деталан АЛ. Моющие средства серии «Деталан» являются водорастворимыми, взрыво-, пожаробезопасными жидкостями. По своему составу представляют водные растворы поверхностно-активных веществ и неорганических солей (активных моющих добавок, комплексонов, ингибиторов коррозии), не содержат агрессивных токсических веществ. Значение водородного показателя *pH* 1%-ных водных растворов моющих средств соответствует 8–11,5. Согласно Гигиеническим заключениям № 77.01.12.238. Т.24298.08.0, № 77.01.12.238. Т.24299.08.0 от 14.08.00 средства являются малоопасными и относятся к IV классу опасности по ГОСТ 12.1.007.-76. (ООО «Технология чистоты XXI», г. Москва). Стоимость средств серии «Деталан» — 36-42 грн/л.

При правильном хранении и эксплуатации не оказывают вредного воздействия на организм человека. В рабочих концентрациях не оказывают раздражающего и sensibilizing действия. В химическом отношении стабильны в воде и на воздухе, не разлагаются с выделением вредных веществ. В воздушной среде и в сточных водах в присутствии других факторов токсических веществ не образуют. Органические соединения, входящие в состав моющего средств, растворимы в воде и полностью подвергаются биологическому разложению (первичное разложение — более 90 %, способности к бионакоплению не обнаружено). Специальных методов обезвреживания или уничтожения не требуется. Отработанные растворы, содержащие загрязнения, очищают, при необходимости нейтрализуют (до значения *pH* в пределах от 6,5 до 8,5) и разбавляют водой до ПДК в соответствии с требованиями «Правил

охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами». Допускается повторное использование отработанных растворов после их очистки и регенерации с последующей корректировкой до заданных значений. Очистка поверхностей может проводиться различными методами: погружением в моющие средства, вручную, с использованием машин высокого давления и пеногенераторов, в моечных машинах, в ультразвуковых и электролитических ваннах.

В период 2007–2008 гг. средство прошло апробацию на Государственном предприятии «Производственное объединение "Южный машиностроительный завод" им. А.М. Макарова». (Украина, г. Днепропетровск) на опытных образцах и натуральных узлах. По результатам апробации Деталан рекомендовано применять на деталях и узлах простой конфигурации с открытыми полостями типа гладких трубопроводов. Результаты испытания показали закупорку примерно 80 % микродефектов, что снижает достоверность оценки герметичности полостей конструкций. Кроме того, после высыхания на очищаемой поверхности образуется сухой остаток, который необходимо удалять перед проведением дальнейших технологических операций [5].

Подобные результаты были получены также при обработке средства серии «Деталан» на различных предприятиях аэрокосмической промышленности Российской Федерации (ГКНПЦ им. М.В. Хруничева и МАПО «МИГ», КБ «Салют», КБ им. Сухого и др.). Специалистами ГП «НИИ «Гермес» разработаны регламентирующие методические документы по работе со средствами серии Деталан: ОСТ 134-1041-2005 «Изделия ракетно-космической техники; Общие требования к технологическим процессам применения озоносберегающих хладонов в производстве»; Технологии очистки-обезжиривания с применением водно-моющих средств серии «Деталан»; ОСТ 134-1036-2003 «Изделия ракетно-космической техники; Общие требования к технологическим процессам очистки-

обезжиривания деталей и сборочных единиц изделий с применением водно-моющих средств серии «Деталан».

Анализируя вышесказанное, детали и узлы изделий РКТ применительно к условиям обезжиривания альтернативными составами и с точки зрения экономической и технической целесообразности этой операции можно разделить на три большие группы.

Первая. Цельнометаллические конструкции из алюминиевых сплавов, нержавеющей стали и др., в том числе содержащие неметаллические материалы (прокладки, уплотнения и др.), простой конфигурации. К ним относят гладкие трубопроводы, магистрали, крышки, элементы крепления и т.п. Указанные элементы рекомендовано очищать наиболее безопасными и дешевыми водно-моющими составами типа Деталан, ВМС-С и др.

Вторая. Металлические детали и конструкции с наличием концентраторов загрязнений (в т.ч. щелевых зазоров $\delta = 0,1-0,2$ мм), содержащих неметаллические материалы, стойкие к фторхлорорганическим растворителям (фторопласт, полиамид и т.д.). К ним относятся датчики уровня, сигнализаторы уровня и др. Указанные элементы рекомендовано обезжиривать всеми озонобезопасными хладагентами и смесями.

Третья. Металлические детали и конструкции с наличием концентраторов загрязнений (в т.ч. щелевых зазоров $\delta = 0,1-0,2$ мм), содержащих неметаллические материалы, не стойкие к фторхлорорганическим растворителям (резины типа 9089 и др.). К ним относятся некоторые элементы средств автоматики. Указанные элементы рекомендовано обезжиривать хладагентами типа АК-225, смесями типа Хладис АСХ, Vertrel SDG и др. в течение минимально допустимого времени очистки (не более 30 мин).

Однако для принятия окончательного решения по внедрению указанных средств в производство деталей и узлов изделий РКТ потребуются проведение комплекса исследований с привлечением прикладных институтов, а так-

же автономных и функциональных испытаний очищаемых узлов, работающих в кислородной среде.

ВЫВОДЫ

1. Анализ мирового и отечественного опыта перехода на использование в процессах подготовки деталей и сборочных единиц (ДСЕ), изделий ракетно-космической техники, контактирующих с жидким кислородом, и озонобезопасных растворителей показывает, что в настоящее время нет ни одного вещества, заменяющего хладон-113 по всем эксплуатационным возможностям.

2. Существующие в настоящее время альтернативные обезжиривающие средства (включая хладоны, азеотропные смеси и водно-моющие составы) обладают определенными недостатками, поэтому в каждом отдельном случае следует выбирать альтернативное средство для конкретных технологических операций с учетом конструктивных особенностей ДСЕ и предпочтение отдавать таким, которые удовлетворяют принципиальным и основополагающим для конкретных условий требованиям.

3. Внедрению указанных альтернативных средств в производство деталей и узлов изделий РКТ должно предшествовать проведение комплекса исследований и автономных, и функциональных испытаний очищаемых узлов и агрегатов, работающих в кислородной среде.

ЛИТЕРАТУРА

1. Морозов В.С., Казаков Ю.И. и др. Изыскание и отработка альтернатив озонопасному хладону-113 в технологических процессах очистки, обезжиривания, промывки и испытаний сборочных узлов ракетно-космической техники // *Технология машиностроения*. — 2007. — № 1. — С. 76–79.
2. *Альтернативы для CFC-113 и метилхлороформа в очистке металлов* / Технический комитет по охране окружающей среды Международного кооператива по охране озонового слоя. Агентство по охране окружающей среды США. — 1994. — 225 с.
3. *Технический отчет*. ЗАО «Промхимпермь». Результаты испытаний растворителя хладис ДВХ и оценка возможности его использования для обезжиривания кислородного и криогенного оборудования. — 2010. — 10 с.

4. *Бедрик Б.Г., Чулков П.В.* Растворители и составы для очистки машин и механизмов. — М.: Химия, 1989. — 175 с.
5. *Технический отчет.* ОАО «УкрНИИТМ». Экспериментальные исследования по выбору оптимального водно-моющего средства для обезжиривания поверхностей под «оксид». — 2008. — 155 с.

*Ю.П. Бунчук, Ю.И. Мельник,
Л.П. Потапович, О.В. Хрипков*

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД АЛЬТЕРНАТИВНИХ
ЗАСОБІВ-ЗАМІННИКІВ ХЛАДОНУ-113
НА ОПЕРАЦІЯХ ЗНЕЖИРЮВАННЯ ДЕТАЛЕЙ
ТА ВУЗЛІВ ВИРОБІВ РКТ, ЩО КОНТАКТУЮТЬ
З РІДКИМ КИСНЕМ

Розглянуто ряд широко вживаних озонобезпечних замінників хладону-113 на операціях знежирювання деталей та вузлів виробів ракетно-космічної техніки, що контактують з рідким киснем. Наведено їх основні характе-

ристики, приведено рекомендації по їх використанню на конкретних технологічних операціях.

Ключові слова: хладон-113, знежирювання поверхонь, рідкий кисень.

Yu. Bunchuk, Yu. Mel'nyk, L. Potapovych, O. Khripkov

ANALYTICAL SURVEY OF ALTERNATIVE
AGENTS — FREON-113 SUBSTITUTES FOR
DEGREASING OPERATIONS OF AEROSPACE
COMPONENTS AND UNITS, WHICH CONTACT
WITH LIQUID OXYGEN

A number of ozone saving freon-113 substitutes widely used in degreasing operations of aerospace components and units, which contact with liquid oxygen are considered. Their key specifications are presented, guidelines for their applications in specific technological operations are given.

Key words: freon-113, surface degreasing, liquid oxygen.

Стаття надійшла до редакції 23.01.12