

- У Т В Е Р Ж Д А Ю -

КОМАНДИР ВОЙСКОВОЙ ЧАСТИ 30926

ГЕНЕРАЛ - МАЙОР *Осолов* ДОМНЕНКО-

" 13 " сентября 1993 года.

П Р О Т О К О Л

натурных испытаний применения ультрадисперсного порошка политетрафторэтилена (УПТФЭ-А) как средства улучшения боевых характеристик стрелкового оружия.

Испытания проводились 3.09.93г. на стрельбище в/ч 30926 пос. Горностаи.

Испытания проводились личным составом в/ч 30926 стрельбой из штатного оружия - пулемёт РПКС-74, зав-й № СХ 1322, калибр 5,45, штатными боеприпасами по пристрелочной мишени на дистанции 100 м.

Автор разработки: научный сотрудник ТОИ ДВО РАН Глухоманюк Г.Г.
Разработчик УПТФЭ-А: ст.научный сотрудник ИХ ДВО РАН Цветников А.К.

Цель испытаний: проверка влияния порошка УПТФЭ-А на боевые характеристики стрелкового оружия нанесением его на поверхности канала ствола и боеприпасов методом напыления аэрозоля.

Режим стрельбы: автоматический огонь по 10 выстрелов, 5 очередей.

МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ

1 этап : пристрелка оружия в штатном режиме, 17 серий по 10 выстрелов. Определение координат центра попадания каждой серии и среднестатистического по первому этапу; определение радиуса отклонения от СТП.

2 этап : чистка оружия, нанесение порошка УПТФЭ-А на поверхности канала ствола и пули методом напыления аэрозоля. Проведение стрельбы, 21 серия по 10 выстрелов. Определение координат центра попадания и радиуса отклонения от СТП.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

1 этап: Кучность - 13,6 см

2 этап: Кучность - 10,7 см; Превышение центра попадания → 1 см.



Представитель в/ч 30926 -

В. Зенич
начальник служб ракетно-артиллерийского вооружения

- В. ЗЕНИЧ -

«УТВЕРЖДАЮ»



Командир в/части 30926

лейтенант запаса

В. Корнеев
2000 г.

«СОГЛАСОВАНО»

Начальник артиллерии в/части 30926
полковник

« 25 »

Пивоварчук
2000 г.

Начальник кафедры РАВ

ТОВМИ им. С.О. Макарова

полковник

« 20 »

Аксенов
2000 г.

ПРОТОКОЛ

натурных испытаний применения ультрадисперсного порошка
политетрафторэтилена (УПТФЭ-А), как средства улучшения
боевых характеристик артиллерийского оружия

Испытания проводились 06.04.2000 г. на полигоне «Клерк» в/части 30926 личным составом в/части 10752 стрельбой из самоходной артиллерийской гаубицы 2С1 заводской № 981095 (калибр – 122 мм, ствол № АБ237, настроен – 197 выстрелов, износ канала ствола составляет 0,15%), дальность стрельбы – 5070 м.

Заряд уменьшенный, Ж-10А 122-Д-3, 122-2С1. 4/1 8/80Р, 9/7 21/80Р, ВТХ-10, 513-81-22.

Снаряд ОФ 24 Ж, весовой знак «Н», 15-247-81.

Взрыватель: РГМ-2, 3144-11-76, установка крана «О».

Температура заряда равна температуре окружающей среды и соответствует $+15^{\circ}\text{C}$.

Ветер 190° - 9,0 м/с, стрельба производилась с заранее подготовленной огневой позиции с координатами: X - 48450, Y - 93230; h = 20 м.

$\alpha_{\text{он}} = 34-00$.

Определение координат разрывов снарядов производилось с КНП X = 48982; Y = 93153, h = 112 м с помощью квантового дальномера – целеуказателя 1Д15, точность определения дальности составляет ± 3 м, точность определения направления - ± 1 т.д.

Координаты цели X = 43868,7; Y = 91060,0.

Определение начальной скорости снаряда производилась с помощью артиллерийской баллистической станции АБС-1М заводской № 6У806 31.10.83 г., изготовитель п/я В-8650.

Станция обеспечивает определение начальной скорости снарядов и мин калибра 100 мм и выше от 80 м/с до 2200 м/с в любое время суток на высотах над уровнем моря - до 3000 м, ветре - до 20 м/с, влажности - 98%, $t = \pm 50^{\circ}\text{C}$ при осадках и воздействии всех факторов возникающих при стрельбе. Средняя ошибка определения начальной скорости снаряда при двукратном измерении V_0 снаряда одного выстрела составляет $\pm 0,1\%$.

Автор разработки: преподаватель кафедры РАВ
ТОВМИ им. С.О. Макарова
Капитан 2 ранга Нагулов Б.В.

Разработчик УПТФЭ-А: старший научный сотрудник ИХ ДВО РАН
Цветников А.К.

Цель испытаний: проверка влияния порошка УПТФЭ-А на боевые характеристики артиллерийского оружия.

Методика испытаний

1. Стрельба производилась одиночными выстрелами 3(три) серии по 10 выстрелов в каждой с темпом 60 сек.
2. Чистка канала ствола производилась перед каждой серией.
3. Порошок УПТФЭ-А наносился на снаряды 2-й и 3-ей серии путем втирания.
4. Порошок УПТФЭ-А наносился на поверхность канала ствола во 2-ой серии путем втирания перед каждым выстрелом, в 3-ей серии - один раз перед началом серии.

Снаряды подобраны одного весового знака - «Н», заряды - одной партии.

1 этап:

- чистка канала ствола;
- выполнение первой серии выстрелов в количестве 10 шт. в штатном режиме, темп стрельбы - 60 сек с восстановлением наводки;
- замер начальной скорости снаряда при каждом выстреле (табл.1);
- определение координат каждого разрыва снаряда (табл.3);
- определение центра группирования разрывов в серии.

5. Без использования порошка УПТФЭ-А в первой серии разброс снарядов был максимальный и составил 162,3 м.

После использования порошка по вышеуказанной методике контрольная серия показала большую кучность стрельбы: во 2-й серии рассеивание снарядов составила 104,2 м, в 3-ей – 127,7 м, а также по результатам замеров начальных скоростей станцией АБС-1 – падение начальной скорости снарядов с 560 м/с в первой серии до 550 м/с во второй серии и повышение начальной скорости до 570 м/с – в 3-ей серии.

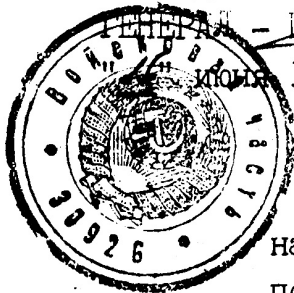
Преподаватель кафедры РАВ
ТОВМИ им. С.О. Магарова
Капитан 2 ранга *Б. Нагулов*

Начальник службы РАВ в/части 10752
Майор *С. Положенцев*

Начальник штаба 1 САДН в/части 10752
Капитан *А. Полянский*

- У Т В Е Р Ж Д А Ю -
КОМАНДИР ВОЙСКОВОЙ ЧАСТИ 30926

ГЕНЕРАЛ - МАЙОР *Домненко* - ДОМНЕНКО -
майор 1993 года.



П Р О Т О К О Л

натурных испытаний применения ультрадисперстного порошка политетрафторэтилена (УПТФЭ - А) как средства улучшения боевых характеристик стрелкового оружия калибра 7,62мм.

Испытания проводились 28.5.93г. на стрельбище войсковой части 30926 пос. Горностаи и 3.06.93г. на войсковом стрельбище учебного центра войсковой части 30926 в пос. Бамбурово.

Испытания проводились личным составом войсковой части 30926 стрельбой из штатного оружия: СВД, ПКМ, ПКТ, установленном на БМП-1, штатными боеприпасами по пристрелочной мишени на дистанции 100м.

Автор разработки: научный сотрудник ТОИ ДВО РАН ГЛУХОМАНЮК Г.Г.

Цель испытаний : проверка влияния порошка УПТФЭ - А на боевые характеристики стрелкового оружия калибра 7,62мм нанесением его на поверхности канала ствола и боеприпасов.

Режимы стрельбы : одиночные серии из СВД по 5 выстрелов и автоматическим огнём из ПКМ и ПКТ по 5 и 10 выстрелов в серии.

МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ

1 этап : пристрелка оружия в штатном режиме стрельбы штатными боеприпасами - 3 серии по 5 выстрелов из СВД; 3 очереди по 5 выстрелов из ПКМ и ПКТ. Определение средней кучности и центра попадания.

2 этап: чистка оружия, нанесение порошка УПТФЭ на поверхности канала ствола и пули методом натирания. Проведение стрельб, определение средней кучности и отклонения от центра попадания согласно данным 1-го этапа.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

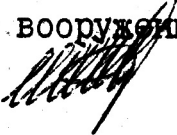
1 этап

	Кучность	Превышение центра попадания
СВД	10см	-
ПКМ	25см	-
ПКТ	23см	-

2 этап

СВД	7см	+2см
ПКМ	18см	+30см
ПКТ	8см	0см

Превышение центра попадания в процессе проведения испытаний являлась стабильной величиной и не менялась при использовании боеприпасов с УПТФЭ покрытием. Поверхность канала ствола покрывалась слоем УПТФЭ один раз перед проведением стрельб второго этапа.

Представитель войсковой части 30926 -
старший помощник начальника службы ракетно- артилле-
рийского вооружения войсковой части 30926
капитан  - И. ШУВАЛОВ -

УДК 667.648.6:678.743.45

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАДИСПЕРСНОГО ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА ФОРУМ® НА ХИМИЧЕСКУЮ СТОЙКОСТЬ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ

Уникальные свойства политетрафторэтилена (ПТФЭ): негорючесть, высокие термо-, атмосферо-, химстойкость, гидрофобность, низкий коэффициент поверхностного натяжения и трения — позволяют разрабатывать покрытия с хорошими физико-химическими и механическими свойствами, обладающие высокой сплошностью и коррозионной стойкостью в интервале температур от -269 до 400°С.

**А.К. Цветников,
Т.А. Калачева,
В.М. Бузник**

Институт химии
ДВО РАН,
Владивосток

Широкое применение ПТФЭ сдерживается его низкой адгезией к различным поверхностям и необходимостью спекания нанесенных покрытий (Пк) для достижения эксплуатационной стойкости.

В [1, 2] описаны фторопластнаполненные Пк на основе полимеров и неорганических связующих, отличающиеся устойчивостью к действию химических реагентов, гидрофобностью и огнестойкостью, но требующие при формировании и отверждении больших затрат энергии и высоких температур (100–350°С). При этом содержание ПТФЭ в Пк достигает 80%, что существенно сказывается на их стоимости.

Как известно, традиционные ЛКМ, интерес к которым не ослабевает благодаря простоте технологии нанесения и отверждения, низкой стоимости, способны образовывать Пк с хорошими физико-механическими, декоративными и защитными свойствами. К числу таких ЛКМ относятся, в частности, фосфатирующая грунтовка ВЛ-02, железный и свинцовый сурик, эмали ПФ-

115 и МЛ-197, отличающиеся хорошей адгезией к самым разнообразным подложкам и атмосферостойкостью Пк. Недостатком покрытий на основе таких ЛКМ является их слабая химстойкость, которая способствует быстрому старению Пк при воздействии растворов кислот, щелочей, солей и т.д.

Повысить химстойкость лакокрасочных Пк можно с помощью ультрадисперсного порошка ПТФЭ ФОРУМ®, синтезированного в Институте химии ДВО РАН термогазодинамическим методом переработки фторопласта-4, в том числе первичных и вторичных отходов его производства [3–6]. Особенность метода — условия протекания частичной термодеструкции полимерного блока, в результате которой олигомеры ПТФЭ выносятся в газовую фазу из горячей зоны, до того как расплутятся на мономеры. Средний размер частиц полученного порошка 0,45 мкм (математическое ожидание по функции распределения).

На микрофотографии (рис.1) хорошо видно, что частицы порошка ПТФЭ ФОРУМ® разделены и имеют сферическую форму. Диапазон разброса размеров частиц невелик — 0,2–1,2 мкм, что позволяет говорить о монофракционности порошка.

Для исследования возможности повышения химстойкости ПТФЭ ФОРУМ® наносили на отвержденные лакокрасочные Пк по металлу механическим натиранием. Толщину слоя ПТФЭ ФОРУМ® варьировали в пределах 1–2 мкм. Состав фосфатирующей грунтовки ВЛ-02 и разбавление до рабочей вяз-

Способ нанесения	Толщина Пк, мкм	Твердость по карандашу «К»	θ	
			без ПТФЭ ФОРУМ®	с ПТФЭ ФОРУМ®
Эмаль ПФ-115 (вязкость 15 с)				
1 окунание	10	3Т–4Т	58	90
2 окунание	25–30	3Т	63–65	90
3 окунание	35–40	1Т	77	90
Эмаль МЛ-197 (вязкость 17 с)				
1 окунание	10	3Т	54	82
2 окунание	20–25	ТМ	63	82
3 окунание	40	М	72	83–85
Фосфатирующая грунтовка ВЛ-02 (вязкость 25 с)				
1 окунание	13–15	4Т	20–30	70–74
2 окунание	33–40	3Т	46–50	77–80
3 окунание	67–75	2Т	75	88
Свинцовый сурик (вязкость 35 с)				
2 окунания	100	М	77–80	83–90
Железный сурик (вязкость 25 с)				
2 окунания	75	М	75–80	95–100

кости по вискозиметру ВЗ-246 с диаметром сопла 4 описаны в [7]. Железный и свинцовый сурик разбавляли олифой оксоль, эмали — растворителем 646. ЛКМ наносили методом окунания и кистью на пластины из листовой стали марки АМГ-5 и СТ-3, предварительно очищенные от окалины и ржавчины наждачной шкуркой и обезжиренные ацетоном, с размерами 47x17x0,5 и 50x18x0,11 мм соответственно. Толщину лакокрасочного Пк измеряли с помощью микрометра МКО-25 (см. таблицу). Пк отверждали при 18–20°C, атмосферном давлении и влажности воздуха 50–90%. Условную твердость лакокрасочного Пк определяли по карандашу «Конструктор» [8].

Состояние Пк и их защитные свойства при воздействии 25%-ной серной кислоты, нанесенной на поверхности покрытий капельным методом, наблюдали под микроскопом МБС-9. Фиксировали внешний вид и цвет Пк, наличие и размер пузырей, степень отслаивания Пк. Об изменении гидрофобности Пк судили по изменению краевого угла смачивания (θ) [9].

Приведенные в таблице и на рис.2 результаты исследования показывают, что ПТФЭ ФОРУМ®, нанесенный на лакокрасочные Пк, улучшает их гидрофобность (краевой угол смачивания увеличивается на 20–40°), химическая стойкость при этом возрастает на 10–12 ч для Пк на основе эмали МЛ-197, свинцового сурика и фосфатирующей грунтовки ВЛ-02 и на 6–10 мес — на основе эмали ПФ-115 и железного сурика. После 10–12 ч контакта Пк с кислотой наблюдается вздутие Пк на основе эмали МЛ-197 (краевой угол смачивания при этом снижается от 80 до 60°), вызванное проникновением кислоты в контакт адгезионного слоя с поверхностью металлической подложки и нарушением адгезионной связи за счет расклинивающего давления тонкого слоя кислоты. На поверхности Пк на основе фосфатирующей грунтовки ВЛ-02 и свинцового сурика образуются пузыри (краевой угол смачивания снижается от 88 до 70° и от 86 до 46° соответственно) в результате реакции кислоты с адгезионным слоем, который переходит из твердого состояния в коллоидную многофазную систему. Это сопровождается изменением внешнего вида Пк (потемнение, размягчение и отслаивание).

Более высокая химическая стойкость Пк на основе железного сурика (рис. 2, а) и эмали ПФ-115 (рис.2, б) обусловлена, очевидно, их способностью образовывать Пк с шероховатой поверхностью, в результате чего ПТФЭ ФОРУМ® наносится более толстым слоем, микропоры перекрываются, что способствует снижению диффузии кислоты, увеличению краевого угла смачива-

ния и возможности более длительного контакта капли кислоты с поверхностью Пк.

Предположение о влиянии шероховатости поверхностей лакокрасочных Пк на увеличение краевого угла смачивания и химической стойкости Пк экспериментально подтверждается натиранием ПТФЭ ФОРУМ® на покрытие после предварительного снятия глянца мелкозернистой наждачной шкуркой (рис.2, б–д). Краевой угол смачивания таких Пк на основе эмали МЛ-197, свинцового сурика и грунтовки ВЛ-02 увеличивается на 10°.

Наблюдаемое увеличение краевого угла смачивания до 70–80° у Пк на основе эмалей ПФ-115, МЛ-197 и фосфатирующей грунтовки ВЛ-02 при повышении толщины Пк без нанесения ПТФЭ ФОРУМ®, по-видимому, связано с увеличением сплошности Пк и, как следствие, уменьшением диффузии кислоты.

Таким образом, наши результаты показали, что ПТФЭ ФОРУМ®, нанесенный на лакокрасочные Пк механическим натиранием, повышает их гидрофобность и химическую стойкость. При этом расход дорогостоящего фторполимера в 5–10 раз ниже, чем во фторопластнаполненных красках, что позволяет рекомендовать его в качестве средства, улучшающего эти важные свойства покрытий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеева Т.А. и др. ЛКМ. 1986. № 5. С. 37–39.
2. Коноплева Е.В. и др. ЛКМ. 1989. № 4. С. 67–68.
3. Пат. 1775419 РФ.
4. Пат. 1763210 РФ.
5. Пат. 2100376 РФ.
6. Бузник В.М. и др. Химия в интересах устойчивого развития. 1996. № 4. С. 489–496.
7. Розенфельд И.Л. и др. Защита металлов от коррозии лакокрасочными покрытиями. М.: Химия, 1987. С. 149–150.
8. Карякина М.И. Испытания лакокрасочных материалов и покрытий. М.: Химия, 1988. С. 90.
9. Карякина М.И. Лабораторный практикум по испытанию лакокрасочных материалов и покрытий. М.: Химия, 1977. С. 86.

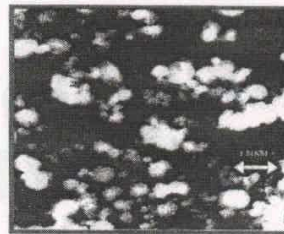


Рис. 1. Микрофотография порошка УПТФЭ

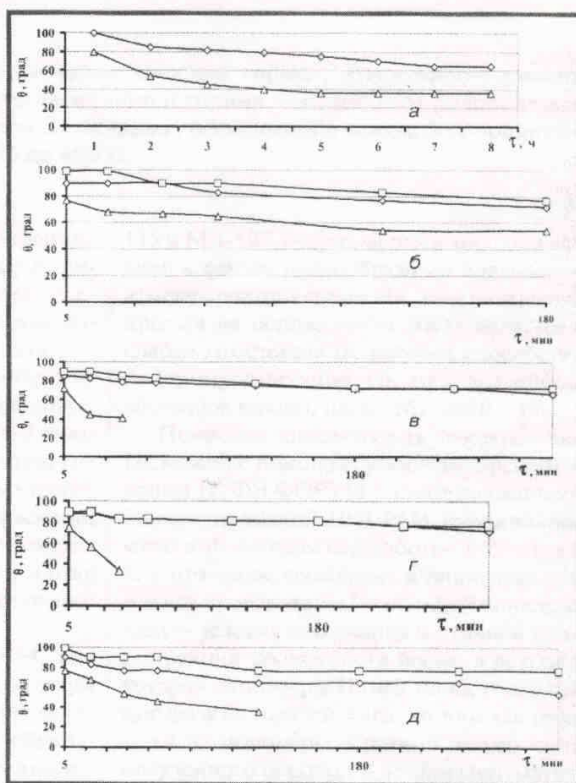


Рис. 2. Зависимость краевого угла смачивания от времени воздействия 25%-ной H_2SO_4 на лакокрасочные покрытия:

△ — исходное Пк без УПТФЭ,
 ◇ — Пк с УПТФЭ,
 □ — обработанное наждачной бумагой Пк с УПТФЭ;
 а — железный сурик, б — эмаль ПФ-115, в — эмаль МЛ-197, г — грунтовка ВЛ-02, д — свинцовый сурик

УТВЕРЖДАЮ
Зам. директора ЦНИИ КМ "Прометей"
по научной работе
" " " Г.И. Николаев

АКТ

об изготовлении образцов модифицированных
антифрикционных углепластиков
и проведении физико-механических и триботехнических испытаний

Настоящий акт составлен в том, что в опытном производстве ФГУП ЦНИИ КМ "Прометей" были изготовлены образцы антифрикционных углепластиков:

- углепластик марки УГЭТ немодифицированный,
- углепластик марки УГЭТ, модифицированный порошком фторопласта - 4 (100-150 мкм) в полимерной матрице,
- углепластик марки УГЭТ, модифицированный порошком ультрадисперсного фторопласта-4 (0,1-0,4 мкм) в углеродной ткани,
- углепластик марки ФУТ немодифицированный,
- углепластик марки ФУТ, модифицированный порошком фторопласта - 4 (100-150 мкм) в полимерной матрице,
- углепластик марки ФУТ, модифицированный порошком ультрадисперсного фторопласта-4 (0,1-0,4 мкм) в углеродной ткани.

Размеры, количество образцов и методы определения физико-механических свойств - по ГОСТ 23803 и ГОСТ 4648.

Образцы для триботехнических испытаний имеют вид колодки по шаблону испытателя из кольца Ø60x Ø40x10мм.

Триботехнические испытания проводились по "Методу оценки триботехнических свойств материалов на основе полимеров МР 74-82" на машине трения МИ-1. Условия триботехнических испытаний следующие:

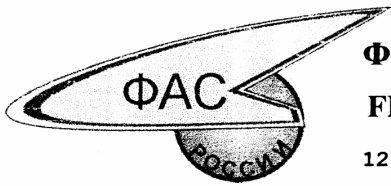
- скорость скольжения - 0,5 м/с
- контактное давление - 5,0МПа
- смазка - вода
- контртело - сталь 0Х18Н10Т
- приработка с водой - 4 часа
- основной режим - 8 часов.

Результаты физико-механических и триботехнических испытаний представлены в таблице. Полученные данные показывают, что модифицированные ультрадисперсным ПТФЭ углепластики имеют прочность на уровне исходных углепластиков, износостойкость выше на 15-20%.

Начальник лаборатории
Ведущий инженер
Инженер-технолог 3 категории

Лобынцев
Лобынцев
Лобынцев

В.Е.Бахарева
И.В.Лобынцева
И.В.Блышко



**ФЕДЕРАЦИЯ АВИАМОДЕЛЬНОГО СПОРТА РОССИИ
FEDERATION OF AEROMODELLING SPORT OF RUSSIA**

123362, Москва, Волоколамское шоссе, д.88, стр.8, тел.491-97-47

№ 48/3 от 5 сент. 2000г. Заключение
об использовании продукта «Форум»

1. В авиамодельных микродвигателях внутреннего сгорания.

Испытания проводились на двух типах микродвигателей-двухтактном OS- MAX 46 FX объемом 8см. куб. и четырехтактном YS-140L объемом 23 см. куб.

Топливом для таких двигателей служит смесь спирта метилового 80% и масла 20%. Продукт «Форум» добавлялся в масло. После наработки двигателя в течение 1 часа установлено, что:

- на двухтактном двигателе OS- MAX 46 FX увеличилась компрессия. До эксперимента двигатель не запускался в горячем состоянии из-за плохой компрессии. После эксперимента появился запуск двигателя в горячем состоянии.

- на четырехтактном двигателе YS-140L уменьшились шумы на максимальных оборотах на 3dB. До эксперимента уровень шума составлял 93 dB. После эксперимента уровень шума составил 90 dB.

Среди участников Чемпионата Европы проходившем в сентябре 2000 г. в Бельгии по радиоуправляемым пилотажным авиамоделям при замере шумов перед каждым стартом оказалось, что шумность моего двигателя одна из самых низких среди 56 участников и составила не более 90 dB. при допустимых 92 dB на травяных покрытиях согласно правилам соревнований.

2. В технологии изготовления изделий методом вакуумного формования.

Порошкообразный продукт "Форум" наносился на поверхность матрицы в качестве разделительного слоя при матричном изготовлении изделий методом вакуумного формования с предварительной покраской в матрице. Обычная проблема состоит в подборе качественного разделительного слоя.

"Форум" очень надежно и легко наносится и в комбинации с восковыми ваксами работает прекрасно обеспечивая надежный разделительный слой.


3. Для улучшения качества поверхности.

При нанесении порошкообразного «Форума» на окрашенные поверхности, качество поверхности улучшается, увеличиваются глянец поверхностей и водоотталкивающие свойства, что благоприятно сказывается на аэродинамике.

Мандрика Виктор -

девятикратный Чемпион России, член сборной команды России по авиамodelьному спорту

"УТВЕРЖАЮ"
Генеральный директор
ИО "Плазма"
О.Г.Парфенов
1994 г.



А К Т

Исследование ультрадисперсного политетрафторэтилена (дисперсная фаза антифрикционного противоизносного покрытия ФОРУМ), представленного Институтом химии ДВО РАН проводили методом электронной микроскопии с использованием растрового электронного микроскопа - микроанализатора РЭММА-202.

В результате дисперсного анализа установлено следующее:

98,3 % частиц имеют размер менее 1 мкм

1,7 % частиц имеют размер от 1 до 1,42 мкм

86,5 % частиц имеют размер от 0,12 до 0,59 мкм

Гистограмма распределения частиц по дисперсности и микрофотография порошка УПТФЭ приведены в приложении к акту.

Ст. инженер ИХ и ХМП СО РАН



Решетников О.Л.

УТВЕРЖДАЮ



Зам. генерального директора
НИО "Техника и технология
добычи нефти", к.т.н.

В.В.Заякин

27/09 - 1990г.

А К Т

об испытаниях ультрадисперсного политетрафторэтилена (УПТФЭ)

Мы, нижеподписавшиеся:

- Зыркалов Е.И. - зав. лабораторией института
ЗапСибНИИДнефть НИО "Техника и техноло-
гия добычи нефти",
Кузнецов Н.П. - научный сотрудник,
Кунгуров В.Ю. - инженер I категории

провели лабораторные исследования УПТФЭ, переданного институтом
Химии ДВО АН СССР.

Испытания проводились на установке СМЦ-2 с проточной сис-
темой смазки. Схема установки приведена в Приложении I.

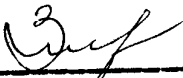
Образцы пар трения "диск-колодка" выполнены согласно
нормативно-технической документации на машину трения СМЦ-2.
(Приложения 2, и 3).

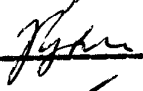
В качестве рабочей среды использовалась суспензия "Полимас"
(моторное масло М10-Г2 содержащее до 10% вес. УПТФЭ).

Для образцов пар трения использовали сталь 40Х, применяемую для
валов центробежных насосов нефтепромышленного оборудования,
сплав Д16, упрочненный в режиме анодно-катодного микродугового
оксидирования (МДО).

Результаты испытаний показали эффективность применения
суспензии "Полимас" с целью увеличения долговечности узлов
трения. Для пары трения сталь 40Х - сталь 40Х использование
УПТФЭ снижает износ в 1,48 раза. В паре трения Д16 МДО-Д16 МДО
износ снизился в 4 раза.

Для разработки конкретных рекомендаций по применению УПТФЭ
необходимы дальнейшие углубленные исследования.


_____ Е.И.Зиркалов


_____ Н.П.Кузнецов


_____ В.Ю.Кунгуров

«Согласовано»

Начальник ТОВМИ им. С.О. Макарова
вице-адмирал

Литвиненко Е.Я.

«21» декабря 2002 г.



«Утверждаю»

Директор Института химии ДВО
РАН, академик РАН

Сергиенко В.И.

«21» декабря 2002 г.



Акт

Мы, нижеподписавшиеся, от Института химии ДВО РАН зав. группой фторуглеродных материалов к.х.н. Цветников А.К. и н.с. лаб. электронно-физических методов исследования Николенко Ю.М., от ТОВМИ им. С.О. Макарова ст. преподаватель кафедры ракетно-артиллерийского вооружения (РАВ) кап. 2 ранга Нагулов Б.В., преподаватель кафедры РАВ п/п-к Смольников И.В. составили настоящий акт в том, что вкладной ствол № КЦ 6811 к изделию 2С-1 представленный в/ч 10752 после испытаний созданной в Институте химии ДВО РАН сухой смазки ФОРУМ (ультрадисперсный низкомолекулярный политетрафторэтилен, ТУ 2229-004-02698192-2002) в процессе стрельбы (104 выстрела) был распилен и исследован методами оптической микроскопии и рентгеноэлектронной спектроскопии.

Исследования начались после проведения испытательных стрельб кафедрой ракетно-артиллерийского вооружения ТОВМИ им. С.О. Макарова 28.03.2002 г. Условия проведения испытаний следующие: пули и ствол калибра 14,5 обрабатывались порошком ФОРУМ методом втирания, затем были проведены 104 выстрела. Ствол перед проведением испытаний не использовался. После отстрела были проведены испытания ствола на хранение во влажных условиях (относительная влажность ~ 98 %). Ствол не очищали от нагара. На рисунках 1-4 показаны микрофотографии участков ствола: начало – 1, 2, середина – 3, дульный срез – 4.

Визуальный осмотр ствола после 4-месяцев хранения показал, что незначительной коррозии подвержены центральные участки ствола, начальный участок ствола и выходной коррозии практически не подвержены. Отсутствие закалочных трещин на начальном участке ствола предположительно свидетельствует о положительном влиянии смазки на «живучесть» ствола.

Измерения рентгеноэлектронных спектров поверхностей трех участков ствола (рис. 5) проводились на серийном электронном спектрометре ЭС-2401 с использованием $Al K\alpha$ излучения. Вакуум в камере анализатора поддерживался на уровне не хуже 7×10^{-8} мм.рт.ст. Шкала энергий калибровалась по пику углеродных загрязнений, энергия связи которого полагалась равной 285.0 эВ.

Микрофотографии участков ствола № КЦ 6811 к изделию 2С-1



Рис. 1



Рис. 2



Рис. 3

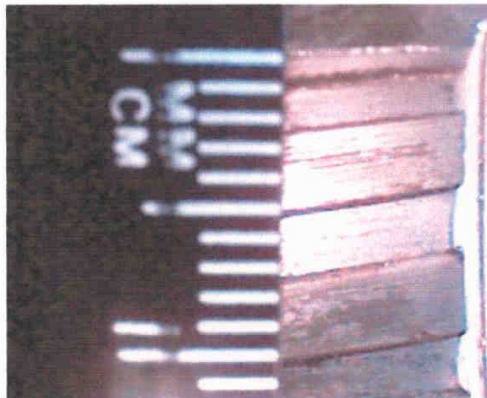


Рис. 4

В спектрах поверхностей всех исследованных образцов (рис.) обнаружен сигнал F1s с энергией связи (E_{CB}) 689.6 ± 0.3 эВ. В спектрах 1s-электронов углерода присутствует слабоинтенсивный пик с E_{CB} 292.7 ± 0.3 эВ, характерный для углерода, связанного с двумя атомами фтора ковалентными связями. Большая ошибка определения величины E_{CB} обусловлена малой интенсивностью полезного сигнала и, соответственно, большим влиянием скоррелированного шума. Для выяснения природы обнаруженных состояний фтора и углерода были измерены рентгеноэлектронные спектры C1s и F1s фторопласта-4 (политетрафторэтилена), имеющего общую формулу $(-CF_2-CF_2-)_n$. Измеренные E_{CB} углерода и фтора в фторопласта-4 равны 292.7 ± 0.1 эВ и 689.8 ± 0.1 эВ, соответственно.

Рентгеноэлектронные спектры углерода (C1s) и фтора (F1s)

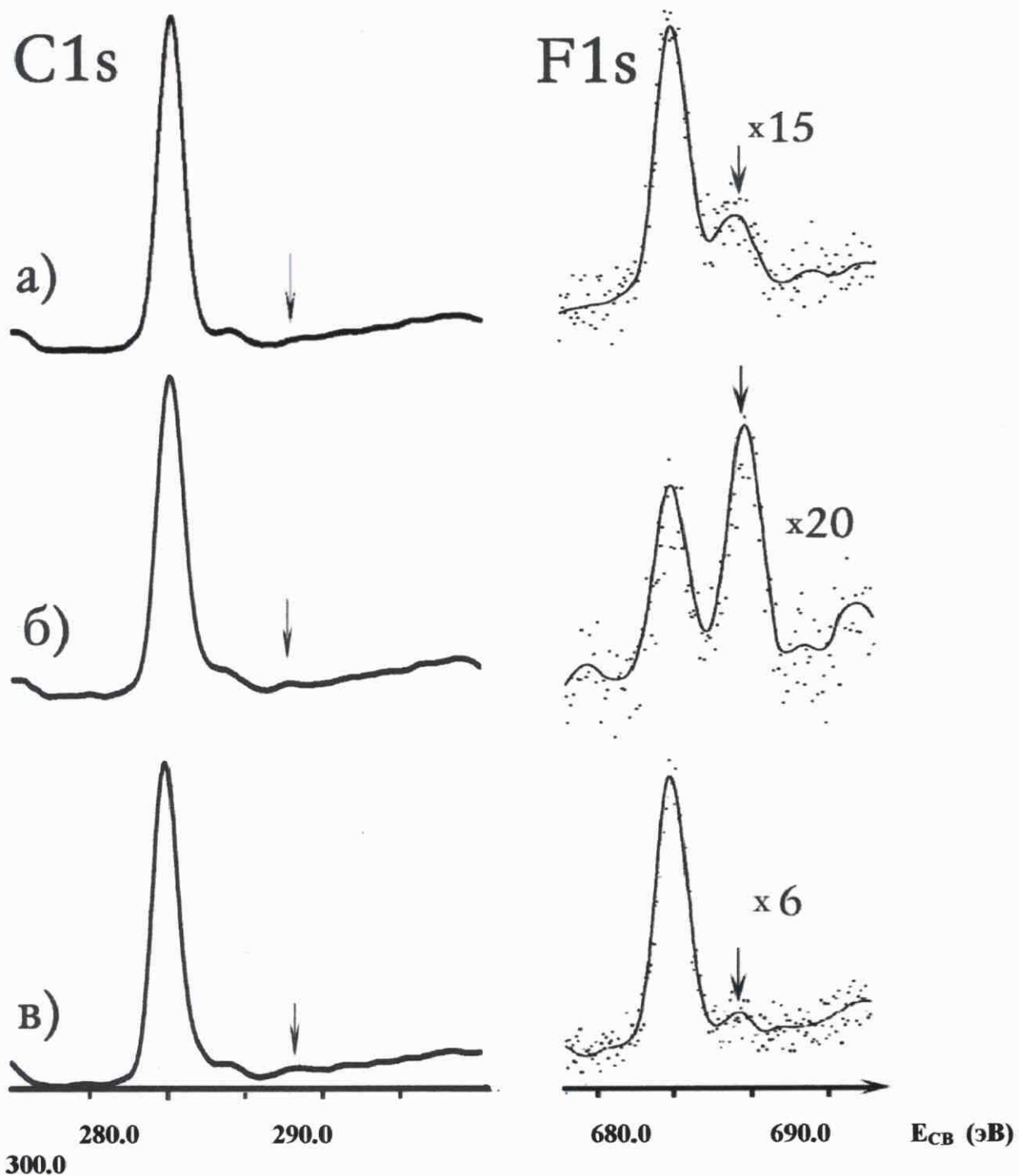


Рисунок 5. а) вход; б) средняя часть; в) выход. Стрелками отмечены пики углерода, ковалентно связанного с двумя атомами фтора и фтора ковалентно связанного с углеродом.

Изложенные факты дают основание утверждать:


1. На поверхности исследованных образцов присутствуют фтор-углеродные фрагменты, в которых углерод связан с двумя атомами фтора ковалентными связями, как и в политетрафторэтилене. Следовательно, несмотря на экстремальные условия при стрельбе: трение, давление и температура, сухая смазка ФОРУМ не только выполняет функцию смазки во время стрельбы, но и сохраняется на поверхности ствола после стрельбы, что указывает на ее высокую термическую и триботехническую стойкость.
2. Применение сухой смазки ФОРУМ положительно влияет на коррозионную стойкость поверхности канала ствола и на «живучесть» канала ствола в процессе боевой эксплуатации.

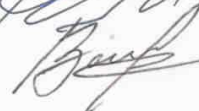
От ТОВМИ им. С.О. Макарова

кап. 2 ранга  Нагулов Б.В.

п/п-к  Смольников И.В.

От ИХ ДВО РАН

 Цветников А.К.


 Николенко Ю.М.

Сибирское отделение
Российской Академии наук

Институт оптики атмосферы

" Утверждаю "

И.О. директора Института
д.ф.-м.н.


В.В. Белов
1994 г.

ОТЧЕТ

по научно-исследовательской работе
"Экспериментальные исследования дисперсного
состава порошка политетрафторэтилена "ФОРУМ"
(шифр "Ультра-94")

Научный руководитель работы ,

н.с.  В.В. Полькин

Томск 1994 г.

Глава 1. Аппаратура и методика исследований дисперсного состава порошка политетрафторэтилена "ФОРУМ".

§1.1 Цели и задачи экспериментальных исследований дисперсного состава порошка.

Согласно техническому заданию, целью работы явилось исследование функции распределения по размерам частиц порошка политетрафторэтилена "ФОРУМ" в диапазоне размеров от 0,4 до 10 мкм по диаметру.

В этой связи были поставлены конкретные задачи по созданию стенда для исследования дисперсного состава порошка, в которых бы учитывались особенности формирования воздушной взвеси порошка, особенности забора пробы этой взвеси для дальнейшего анализа фотоэлектрическим счетчиком частиц, особенности анализа дисперсного состава взвеси счетчиком с учетом физико-химических свойств порошка.

§1.2 Аппаратура и методика проведения измерений.

В качестве исследуемого образца был предоставлен белый порошок, состоящий из различного размера гранул. Агломераты частиц в гранулах слабо связаны друг с другом и при встряхивании рассыпаются на более мелкие образования.

Очевидно, что перемешивая порошок в замкнутом объеме сильно турбулизированным воздушным потоком можно попытаться получить аэрозольную среду, состоящую из моночастиц с изначальной функцией распределения частиц по размерам. Для этой цели был использован химический бокс 6-БП1-ОС, в который вмонтированы 4 вентилятора с производительностью по воздушному потоку от 5 до 20 м³/час. Включая по выбору то или иное количество вентиляторов можно было создавать в боксе воздушный поток с различной степенью турбулентности, что позволило добиваться разных режимов разрушения агломератов порошка.

Блок-схема экспериментальной установки приведена на рис.1.

Аэрозольная среда, создаваемая в боксе (1) путем перемешивания порошка, прокачивалась через фотоэлектрический счетчик (ФЭС) частиц (2) с последующим возвращением в бокс. Для расширения диапазона измеряемой концентрации частиц и повышения точности отсчетов служит электронносчетное устройство (3), работающее совместно с ФЭС.

Измерение функции распределения частиц по размерам осуществлялось с помощью фотоэлектрического счетчика АЗ-5. Рабочий интервал размеров анализируемых счетчиком аэрозольных частиц разбит на 12 поддиапазонов (0.4;0.5;0.6;0.7;0.8;0.9;1.0;1.5;2.0;4.0;7.0 и 10.0 мкм по диаметру). Учет количества частиц осуществляется по принципу суммирования всех зарегистрированных частиц с размером большим или равным заданному.

Принцип работы ФЭС АЗ-5 основан на анализе амплитуд сигналов от рассеяния света на частицах порошка, пролетающих через освещаемый объем. В счетчике угол между оптическими осями осветителя и фотоприемного устройства составляет 90°.

Из теории светорассеяния известно [1], что при углах рассеяния близких к 90°, на светорассеивающие свойства аэрозоля заметно влияют величины оптических постоянных материала частиц, в частности показателя преломления n .

Глава 2. Результаты экспериментальных исследований и анализ полученных данных.

§ 2.1 Общая характеристика выполненных работ.

Эксперимент по образованию воздушно-дисперсной среды из исследуемого порошка проходил в два этапа. На первом этапе создавалась воздушно-дисперсная смесь при малой (работал один вентилятор с расходом $5 \text{ м}^3/\text{час}$) и средней (работали три вентилятора, каждый с расходом по $5 \text{ м}^3/\text{час}$) турбулизацией воздуха в камере. На втором этапе турбулизация в камере достигала максимальной величины, тогда работали все четыре вентилятора (три с расходом по $5 \text{ м}^3/\text{час}$ и один с расходом $20 \text{ м}^3/\text{час}$).

Предварительно, до внесения порошка в камеру, проводились измерения дисперсного состава аэрозоля самой камеры (около 10 циклов для различной степени турбулизации воздуха). Фоновые измерения показали, что концентрация аэрозоля чистой камеры на два порядка меньше чем в эксперименте с воздушной взвесью порошка. Значения концентрации для фоновых измерений вычитались из основных экспериментальных данных.

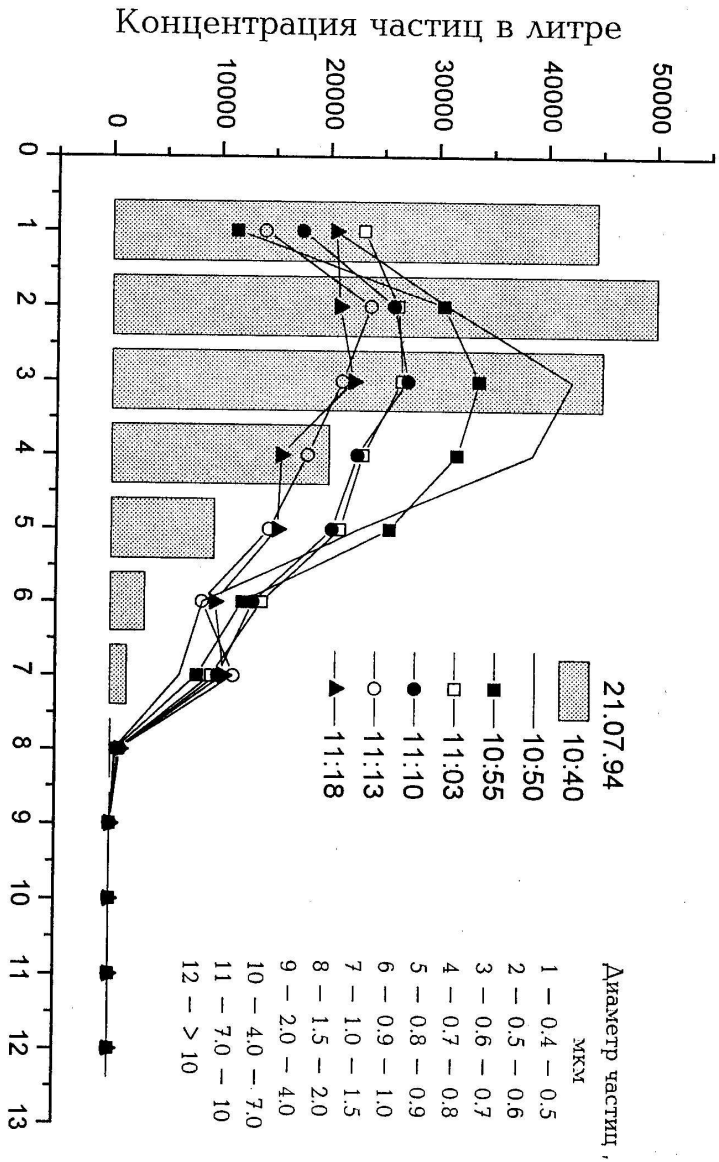
На первом этапе проведено 28 циклов измерений дисперсного состава воздушной взвеси порошка по всему диапазону размеров частиц. На втором этапе - 21 цикл.

§ 2.2 Анализ результатов измерений

Результаты измерений дисперсного состава порошка в воздухе приводятся на рис.2 - рис.4. Рис.2 и рис.3 иллюстрируют данные для первого этапа, а рис.4 - для второго этапа измерений.

Счетная концентрация частиц порошка в литре по диапазонам частиц, приводимая на рис.2, иллюстрирует временную трансформацию функции распределения частиц по размерам. Видно, как в начальное время образования воздушной смеси порошка преобладают частицы малых размеров с максимумом концентрации во втором диапазоне размеров ($0.5-0.6 \text{ мкм}$ по диаметру; текущее время $T=10:40$). Со временем этот максимум может сдвигаться вправо по шкале размеров, при этом концентрация частиц порошка в воздухе падает. Эти изменения в счетной концентрации объясняются скорее всего электризацией частиц взвешенного порошка в движущемся воздушном потоке и оседанием его на стенки камеры. Оседание порошка на стенки камеры наблюдается и визуально. При этом основная масса взвешенного в воздухе порошка находится в мелкодисперсном поддиапазоне размеров, что иллюстрируется рис.3, где приведены нормированные распределения объемов частиц ΔV_i для различных поддиапазонов размеров.

На втором этапе, когда турбулизация воздуха достигала максимально возможной в эксперименте интенсивности, основная масса порошка находилась в области крупных размеров (рис. 4), в диапазоне $1-2 \text{ мкм}$ по диаметру. В данном случае достаточно сильные потоки воздуха создавали условия не только для дробления агломератов но и для подъема их целиком, причем масса агломератов



Диапазоны частиц
Рис. 2

намного превосходила массу мелких частиц. Функция распределения частиц по размерам в данном случае существенно отличается от распределения для первого этапа

Таким образом, истинным распределением частиц по размерам следует считать распределение, полученное на первом этапе, причем в начальной стадии эксперимента. Такое распределение построено в виде гистограммы на рисунке 2.

Заключение

В результате проделанной работы был создан стенд для исследования дисперсного состава ультрадисперсных порошков.

Разработана методика получения воздушной взвеси порошка политетрафторэтилена. Отработана методика измерения дисперсного состава порошка с учетом его физических свойств.

Получена функция распределения по размерам для моночастиц порошка в диапазоне $0,4 \div 10$ мкм по диаметру. Максимум концентрации частиц порошка находится в диапазоне размеров $0,5 \div 0,6$ мкм по диаметру.