

## Ассортимент, свойства и применение фторполимеров Кирово-Чепецкого химического комбината

**З. Л. Баскин, Д. А. Шабалин, Е. С. Выражейкин, С. А. Дедов**

*ЗАХАР ЛЬВОВИЧ БАСКИН — доктор технических наук, консультант заместителя директора ООО «Завод полимеров Кирово-Чепецкого химического комбината им. Б.П. Константинова» по науке и техническому развитию. Область научных интересов: промышленный контроль и автоматизация химико-технологических процессов, применение фторполимеров.*

*ДМИТРИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ ШАБАЛИН — заместитель директора ООО «Завод полимеров Кирово-Чепецкого химического комбината им. Б.П. Константинова» по науке и развитию новых технологий, начальник ЦЗЛ. Область научных интересов: синтез фторорганических и хлорорганических соединений.*

*ЕВГЕНИЙ СЕРГЕЕВИЧ ВЫРАЖЕЙКИН — начальник производства изделий из фторопластов ООО «Завод полимеров Кирово-Чепецкого химического комбината им. Б.П. Константинова». Область научных интересов: переработка и применение фторопластов.*

*СЕРГЕЙ АЛЕКСЕЕВИЧ ДЕДОВ — главный инженер ООО «Завод полимеров Кирово-Чепецкого химического комбината им. Б.П. Константинова». Область научных интересов: синтез, переработка и применение фторопластов.*

613040 г. Кирово-Чепецк, Кировская область, а/я 7, тел/факс (83361)9-44-01, E-mail [zampol@kckk.ru](mailto:zampol@kckk.ru)

### Из истории создания производства фторполимеров на отечественных заводах

Фторсодержащие продукты — фреоны, фтормономеры, фторопласты, фторкаучуки, фторуглеродные жидкости и смазки, фторпроизводные углеводородов — получили широкое применение в технике и науке [1].

Первое промышленное производство фторполимера — тефлона (политетрафторэтилена) было пущено в сороковых годах прошлого столетия в США. Продукция предназначалась для нужд предприятий химической и электротехнической промышленности и исследовательских лабораторий, привлеченных к работам по созданию атомного оружия.

В СССР работы по созданию опытно-промышленного производства фторопласта-4 (Ф-4) начались в 1948 году. По распоряжению Совета Министров СССР Государственному институту прикладной химии (ГИПХ, Ленинград) предписывалось организовать производство тетрафторэтилена мощностью 10 кг/сут, а Научно-исследовательскому институту полимеризационных пластмасс (НИИПП) — смонтировать установку для полимеризации тетрафторэтилена производительностью 10 кг/сут политетрафторэтилена. НИИПП было также поручено изыскать методы переработки порошка политетрафторэтилена в изделия. В первую очередь это касалось изготовления прокладок для фланцев по техническим условиям и эскизам лаборатории № 2 АН СССР, которой руководил И.В. Курчатов (в настоящее время РНЦ «Курчатовский институт») [2].

В 1951 году специалисты завода № 752 в Кировской области (такой номер имел Кирово-Чепецкий химиче-

ский завод, КЧХЗ) совместно с учеными ГИПХа при участии НИИ-42 (ныне ФГУП «ГосНИИОХТ, Москва») начали освоение промышленного производства фреонов-11 и -12 — хладагентов для промышленных и бытовых холодильников, а также фреона-22, необходимого для получения тетрафторэтилена и фторопласта-4. На КЧХЗ развернулись подготовительные работы по созданию крупнотоннажного производства Ф-4 [3].

Был построен комплекс высокотехнологичных производств фтористого водорода, хлора, хлороформа, дифторхлорметана (фреона-22) и тетрафторэтилена. Для их строительства и обеспечения устойчивой работы на заводе созданы мощные ремонтно-механический и ремонтно-строительный, электроремонтный и прибороремонтный цеха. Для обслуживания новых производств были организованы сильные творческие коллективы: центральная заводская лаборатория, проектно-конструкторский отдел, опытное конструкторское бюро по контрольно-измерительным приборам и автоматизации производства, лаборатория исследования фторопластов и экспериментальная механическая лаборатория.

Огромную работу по налаживанию фторполимерного производства провел ряд академических и отраслевых институтов (ГИПХ, НИИПП, ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН, ИХФ им. Н.Н. Семёнова РАН и др.).

В сентябре 1956 года на КЧХЗ было пущено первое в СССР крупнотоннажное производство фторопласта-4, а в апреле 1961 года — первое производство фторополимеров [4]. Фторопласты были признаны лучшими из пластмасс. По образному выражению акад. И.Л. Кнунянца, одного из ведущих ученых страны в области химии

фтора и его соединений, «фторопласты — это материалы, у которых орлиное сердце в шкуре носорога» [5].

В 1966 году Уральский химический завод (в настоящее время ОАО «Галоген», г. Пермь) начал производить фторопласты-4 и -4Д. На КЧХЗ, Уральском химическом заводе, Нижне-Тагильском заводе пластмасс «Уралхимпласт» и на ряде других предприятий были построены цеха по переработке фторопластов в изделия. КЧХЗ и Уральский химический завод освоили выпуск фторполимерной продукции для нужд атомной, космической, авиационной, электротехнической, химической и других отраслей промышленности. По производственной мощности, ассортименту и качеству фторполимеры КЧХЗ и Уральского химического завода вышли на уровень мировых фирм.

В 1973 году в связи с началом строительства завода минеральных удобрений КЧХЗ был преобразован в Кирово-Чепецкий химический комбинат (КЧХК). В структуру КЧХК вошли четыре завода: завод полимеров, завод минеральных удобрений, ремонтно-механический завод и ремонтно-строительный завод. Кирово-Чепецкий химический комбинат стал одним из крупнейших химических предприятий страны со своей научно-исследовательской, проектной, механической, электротехнической, строительной, ремонтной и транспортной базами.

#### Ассортимент и свойства фторполимеров

На КЧХЗ в промышленном масштабе производится широкий ассортимент фторопластов и фторкаучуков. Это:

- фторопласт-4 (суспензионный политетрафторэтилен);
- фторпласт-4Д (эмульсионный политетрафторэтилен);
- фторопласт-4НТД (низкомолекулярный тонкодисперсный политетрафторэтилен);
- фторопласт-4МБ (сополимер тетрафторэтилена и гексафторпропилена);
- фторопласт-40 (сополимер тетрафторэтилена и этилена);
- фторопласт-42 (сополимер тетрафторэтилена и винилиденфторида);
- фторопласт-2 (поливинилиденфторид);
- фторопласт-2М (модифицированный поливинилиденфторид);
- фторопласт-50 (сополимер тетрафторэтилена и перфторалкилового эфира);
- фторопласт-1 (поливинилфторид);
- фторопласт-3 (политрифторхлорэтилен);
- фторопласт-3М (модифицированный политрифторхлорэтилен);
- фторопласт-32 (сополимер трифторхлорэтилена и винилиденфторида);
- фторкаучук СКФ-32 (высокомолекулярный эластичный сополимер трифторхлорэтилена и винилиденфторида);

- фторкаучук СКФ-26 (высокомолекулярный эластичный сополимер винилиденфторида и гексафторпропилена) [6].

Фторопласты отличаются непревзойденной химической стойкостью, превосходными электроизоляционными свойствами, лучшей среди пластмасс термо- и морозостойкостью, высокой атмосферостойкостью, биологической инертностью, низкими значениями коэффициентов трения и теплопроводности [6].

Производимая на заводе полимеров Кирово-Чепецкого химического комбината (ЗП КЧХК) фторполимерная продукция характеризуется комплексом уникальных физических, химических и биологических свойств. К ним относятся:

— непревзойденные химическая стойкость, термо- и морозостойкость, диэлектрические свойства и биологическая инертность изделий из фторопласта-4;

— высокая радиационная стойкость изделий из фторопластов-40, -30, -2М;

— повышенная адгезия к металлам изделий из фторопласта-4М и пористых изделий из Ф-4;

— избирательная растворимость и возможность нанесения антикоррозионных, антиадгезионных и противообледенительных покрытий на основе фторопластовых лаков ЛФ-42Л, ЛФ-32Л, ФПР;

— стабильная во времени диффузионная проницаемость пленок и мембран из фторопластов Ф-4МБ, Ф-40;

— светопропускание в инфракрасной области (от 1 до 5 мкм) пленок и пластин из Ф-3М, Ф-3, Ф-4, Ф-10, Ф-50, Ф-100, Ф-400;

— светопропускание в видимой области изделий из Ф-3М, Ф-3, Ф-32Л, Ф-4МБ, Ф-50, Ф-10, Ф-100, Ф-400; светопропускание в ультрафиолетовой области (200—400 нм) изделий из Ф-3М, Ф-32Л, Ф-3, Ф-10, Ф-100, Ф-400;

— достаточная для многих случаев применения тепло- и электропроводность изделий из композиций Ф-4 и Ф-40 с углеродом;

— ионообменные свойства сульфокатионитовых фторполимерных мембран: пленок МФ-4СК и трубок ТФ-4СК;

— значительная удельная поверхность порошков из фторопластов Ф-40Б, Ф-4ДРС, что позволяет использовать их в качестве хроматографических сорбентов и носителей;

— эффективность некоторых фторуглеродных и фторхлоруглеродных жидкостей в качестве неподвижных жидких фаз, обеспечивающих в газовой хроматографии селективность разделения компонентов газowych смесей [6—9].

Выпускаются пористые изделия из фторопласта-4, которые применяются в качестве фильтров, пробоотборных устройств, дросселей, мембран диффузионных дозаторов, разбавителей и натекателей, имитаторов утечек газов и паров [10—12]. Свойства фторполимеров, производимых на заводе полимеров КЧХК, приведены в табл. 1 и 2 [7].

Таблица 1

Химическая стойкость фторполимеров

Среда	Концентрация, %	Температура, °С	Ф-4	Ф-4МБ	Ф-4М	Ф-4Д	Ф-2М	Ф-50
Кислота								
Азотная	Любая	20—150	С	С	С	С		
Борная	Любая	Кипение	С	С	С	С		
Бромистоводородная	40—50		С/С	С/С	С/С	С/С		
Кремнефтористо- водородная	До 35		С/С	С/С	С/С	С/С		
Мышьяковая		25	С	С	С	С		
Серная	Любая	20—150	С	С	С	С	С	С
Соляная	1—37	100	С	С	С	С	С	
Фосфорная	Любая	20—130	С/С	С/С	С/С	С/С		
Фтористоводородная	До 50—60 и выше		С/С	С/С	С/С	С/С		
Хлорная	До 60		С/С	С/С	С/С	С/С		
Хлорноватистая			С/С	С/С	С/С	С/С	С/С	С/С
Хромовая	До 10 50		С/С	С/С	С/С	С/С		
Цианистоводородная			С/С	С/С	С/С	С/С		
Бензойная	До 2,2		С/С	С/С	С/С	С/С		
Уксусная	Любая Ледяная		С/С	С/С	С/С	С/С		
Уксусный ангидрид			С/С	С/С	С/С	С/С		С/С
Щавелевая			С/С	С/С	С/С	С/С		С/С
Щелочи концентриро- ванные			С/С	С/С	С/С	С/С	С/С	С/С
Аммиак (газ)			С/С	С/С	С/С		С/С	С/С
Водород			С/С	С/С	С/С		С/С	С/С
Кислород			С/С	С/С	С/С		С/С	С/С
Углерода оксид			С/С	С/С	С/С		С/С	С/С
Фтор			С/С	С/С	С/С		С/С	С/С
Хлористый водород			С/С	С/С	С/С		С/С	С/С
Ацетон		20	С	С	С	С	С	С
Бензин		До 60	С	С	С	С		С
Бензол		20	С	С	С	С	С	С
Дихлорэтан			С/С	С/С	С/С		С	С/С
Керосин			С	С	С			С
Сероуглерод		До 25	С	С	С			С
Диэтиловый эфир		До 60	С	С	С	С		С
Толуол		До 70	С	С	С		С	С
Фенол		20	С	С	С	С		С
Хлороформ			С/С	С/С	С/С		С	С/С
Кислоты концентриро- ванные	С	С	С	С	С	С	С	С
Органические раствори- тели	С	С	С	ОС	С	С	С	ОС
Щелочи	С	С	С	С	С	С	С	С
Окислители	С	С	С	—	С	С	С	С
Горючесть	Не горят	Не горят	Не горят	Не горят	Самоза- тухают	Не горят	Не горят	Не горят
Горючесть по кислород- ному индексу, %	95	100	30	75	100	100	100	—

Условные обозначения: С — стойкие. В числителе приведена стойкость при комнатной температуре, в знаменателе — стойкость при температуре 60 °С и выше, вплоть до максимально возможных рабочих температур для данного материала.



Электрические, теплофизические и

Свойство	Ф-4	Ф-4Д	Ф-4МБ	Ф-40 Ф-40М
<b>Э л е к т р и ч е с к и е</b>				
Удельное объемное электрическое сопротивление, Ом/м	10 <sup>15</sup> —10 <sup>18</sup>	10 <sup>14</sup> —10 <sup>18</sup>	> 10 <sup>15</sup>	5·10 <sup>14</sup> —10 <sup>15</sup>
Удельное поверхностное электрическое сопротивление, Ом	> 10 <sup>17</sup>	> 10 <sup>17</sup>	> 10 <sup>16</sup>	10 <sup>12</sup> —10 <sup>14</sup>
Тангенс угла диэлектрических потерь				
при 1 кГц	(2—2,5)·10 <sup>-4</sup>	(2—3)·10 <sup>-4</sup>	(2—3)·10 <sup>-4</sup>	(2—3)·10 <sup>-3</sup>
при 1 МГц	(2—2,5)·10 <sup>-4</sup>	(2—3)·10 <sup>-4</sup>	(6—8)·10 <sup>-4</sup>	(6—8)·10 <sup>-3</sup>
Диэлектрическая проницаемость				
при 1 кГц	1,9—2,1	1,9—2,2	1,9—2,1	2,5—2,6
при 1 МГц	1,9—2,1	1,9—2,2	1,9—2,1	2,5—2,6
Электрическая прочность (толщина образца 2 мм), МВ/м	25—27 (4 мм)	25—27 (4 мм)	25—35	20—25
Дугостойкость, с	250—700	250—700	165	72
<b>Ф и з и ч е с к и е</b>				
Температура начала разложения	Более 415	Более 415	Более 380	Более 350
Термостабильность (потеря массы), %	0,2 (420 °С, 3 ч)	—	0,1—0,4 (300°С 3 ч)	0,2—0,3 (275 °С, 5 ч)
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	2150—2190	2190—2260	2140—2170	1650—1700
Температура плавления кристаллов, °С	327	327	230—250	250—270
Температура стеклования, °С	-120	-120	-90	-100
Теплостойкость по Вика, °С	110		90—120	140
Удельная теплоемкость, кДж/(кг·К)	1,04	1,04	1,17	
Теплопроводность, Вт/(м·К)	0,25	0,29	0,26	0,24
Температурный коэффициент линейного расширения α·10 <sup>-5</sup> , 1/°С	8—25	8—25	9	6—9
Рабочая температура, °С				
минимальная	-269	-269	-180	-100
максимальная	260	260	200	200
Атмосферостойкость	П р е в о с х о д н а я			
<b>М е х а н и ч е с к и е</b>				
Прочность на разрыв, МПа	14,7—33	12,7—30	15,6—28	20—42
Относительное удлинение при разрыве, %	250—500	250—500	270—360	100—350
Модуль упругости, МПа				
при расширении/сжатии	410/680	410/680	340—400/—	1200/625—1270
при статическом изгибе				
при 20 °С	460—830	440—830	540—590	770—1500
при -60 °С	1290—2700	1370—2700	940	1440—1730
Разрушающее напряжение, МПа				
при сжатии/при статическом изгибе	11,8/10—14	11,8/10—14	15—16/20—29	50/29—33
Ударная вязкость, кДж/м <sup>2</sup>	125	125	> 125	> 125
Твердость по Бринеллю, МПа	29—39	29—39	29—49	55—66
Коэффициент трения по стали	0,04	0,04	0,05—0,2	0,09
Стойкость к облучению, Гр	0,5—2·10 <sup>4</sup>	0,5—2·10 <sup>4</sup>	10 <sup>4</sup>	(1—3)·10 <sup>6</sup>

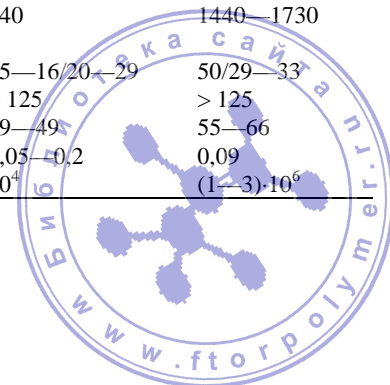
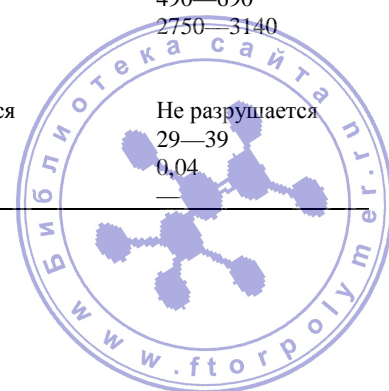


Таблица 2

механические свойства фторполимеров				
Ф-42	Ф-2М	Ф-3	Ф-3М	Ф-32Л
<b>с в о й с т в а</b>				
$10^9—10^{10}$	$(0,5—9) \cdot 10^{11}$	$10^{15}—10^{18}$	$5 \cdot 10^{14}—10^{15}$	$> 10^{14}$
$10^{10}—10^{11}$	—	$10^{16}—10^{17}$	$(0,5—1) \cdot 10^{17}$	—
$(2—3) \cdot 10^{-2}$ 0,1—0,2	$(1,2—2) \cdot 10^{-2}$ 0,17	$2 \cdot 10^{-2}$ $(0,7—1) \cdot 10^{-2}$	$(1—1,5) \cdot 10^{-2}$ < 0,02	$(1—2) \cdot 10^{-3}$ $(1,5—2) \cdot 10^{-2}$
9—11,3 8,2 10,6—17	8—10 7 18—22	2,8 2,3—2,8 20—25	2,7 2,5—3,0 23—26	2,5—2,7 2,5—2,7 20—30
—	> 350	> 350	—	—
<b>с в о й с т в а</b>				
Более 360 0,2—0,6 (275 °С, 5 ч)	Более 350 0,05—0,2 (270 °С, 5 ч)	Более 315 0,05—0,2 (270 °С, 5 ч)	Более 315 0,1—0,3 (270 °С, 5 ч)	— 0,1—1,0 (270 °С, 5 ч)
1900—2000 150—160 —45 97—105	1750—1800 142—156  95—118	2090—2160 210—215 50 130 0,92 0,2—0,4	2020 170—190 46 46	1920—1950 105 30 30
9—12	8—12	6—12	7—12	
—60 200	—55 150	—195 125	—195 125	—60 150—170
П р е в о с х о д н а я				
<b>с в о й с т в а</b>				
14,6—45,1 200—580	34,3—55 350—550	26,5—44,1 60—200	23,5—44 150—250	8,3—27,5 150—300
		1340—1580/1470		
390—490 1170—2740	930—1370 3920—4420	1140—2540 2550	940—2260 2060—2260	490—690 2750—3140
—/29—39 134—190 39—49 0,04 0,5—2·10 <sup>4</sup>	—/54—83 147—210 68—88  10 <sup>5</sup>	49—59/60—75 20—150 100—130 0,30 —	—/34—58 Не разрушается 68—78 0,15 24·10 <sup>4</sup>	Не разрушается 29—39 0,04 —



Фторопласты Ф-10, Ф-100, Ф-400, а также фторопластовые лак ФПР и другие, фторопластовые пленки с ионообменными свойствами МФ-4СК и трубки ТФ-4СК были разработаны в ОНПО «Пластполимер» и освоены на его опытном производстве.

Завод полимеров КЧХК производит широкий ассортимент фторкаучуков на основе сополимеров трифторхлорэтилена с винилиденфторидом — СКФ-32 и винилиденфторида с гексафторпропиленом — СКФ-26. Они были разработаны в НИИРП (г. Москва), НИИСК (г. Ленинград) совместно с КЧХЗ. На КЧХЗ было освоено их промышленное производство. Фторкаучуки КЧХЗ получили промышленное применение в различных отраслях техники, науки, сельского и коммунального хозяйства [13]. По химической стойкости фторсодержащие каучуки ЗП КЧХК превосходят все известные эластомеры. Они устойчивы к концентрированным и разбавленным минеральным кислотам, многим алифатическим и ароматическим углеводородам, их хлор- и фторпроизводным, бензину, различным маслам, смазкам, природному газу. Благодаря способности фторкаучуков

растворяться в некоторых кетонах и сложных эфирах они применяются для производства герметиков и клеев. Фторкаучуковые латексы используются для нанесения защитных покрытий и для пропитки тканей и кож с целью придания им гидрофобных свойств.

Отличительными особенностями фторуглеродных эластомеров на основе фторкаучуков СКФ-26 и СКФ-32 и их модификаций являются высокая теплостойкость (до +250 °С у СКФ-26), превышающая теплостойкость всех известных каучуков (кроме силоксановых); высокая морозостойкость (до -50 °С у СКФ-260); высокая атмосферостойкость и озоностойкость; химическая и биологическая инертность, превосходящая эти характеристики у всех других эластомеров; хорошая износостойкость и стойкость к абразивному истиранию; удовлетворительные диэлектрические свойства, невоспламеняемость; стойкость к старению при высоких температурах [13, 14].

Показатели качества выпускаемых фторкаучуков и сравнительные свойства резин на основе фторкаучуков и натурального каучука приведены в табл. 3 и 4 [7].

Таблица 3

Показатели качества фторкаучуков производства Кирово-Чепецкого химического комбината

Показатель	СКФ-32	СКФ-26	СКФ-26НМ	СКФ-26ОНМ	СКФ-26/3-8	СКФ-264/3-8	СКФ-264В/3-6 64В/3-6
Вязкость по Муни:							
МБ (4÷4) 160 °С	70—95	*	*	*	*	*	*
МБ (4÷4) 150 °С	*	80—105	*	*	*	*	*
МБ (1÷10) 120 °С	*	*	*	*	30—85	30—89	30—90
МБ (4÷4) 100 °С	*	*	40—95	*	*	*	*
Динамическая вязкость 40%-го раствора в ацетоне, МПа·с	*	*	*	40—79	*	*	
Доля влаги, %(масс.), не более	0,15	0,15	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Термостабильность (потеря массы при 270 °С), %(масс.), не более	0,15	0,20	1,5	2,0	*	*	*
Усадка, %	16—25	16—25	*	*	*	*	*
Доля железа, %(масс.), не более	0,0005	0,0005	*	*	*	*	*
Содержание F, %(масс.)	66—67	54—55	Не нормируется		66—67	68—69	70—71
Содержание Cl, %(масс.)	14—16	Не нормируется			Не нормируется		
Температура стеклования, °С	-17	-17	-50		-17	-13	-5

Примечание: Метод Муни — измерение динамической вязкости каучука при вращательном движении плунжера в контролируемом образце; МБ — метод Муни Б.

Цифры 4÷4 и 1÷10 показывают время нагрева образца (мин) и время измерения (мин) при указанной температуре.



Таблица 4

Сравнительные свойства резины на основе фторкаучуков и натурального каучука

Показатель	Резина на основе фторкаучука			Резина на основе натурального каучука
	СКФ-32	СКФ-26	СКФ-264/8	
Предел прочности на растяжение	190—300	140—180	140—180	180
Относительное удлинение при разрыве, %	100—300	130—300	200—350	550
Твердость по Шору	65—75	65—75	65—75	—
Морозостойкость, °С	от -20 до -30	от -20 до -30	от -13 до -20	-55
Теплостойкость, °С	+200	+250	+250	+100
Стойкость к маслам, озону	Стойкая	Стойкая	Стойкая	Не стойкая

### Применение фторполимеров

#### Фторопластовое оборудование для химических производств

Налаженное промышленное производство фторопласта-4, плавких фторопластов и фторкаучуков на КЧХЗ, а затем на заводе полимеров КЧХК, позволило перейти к выпуску фторопластовых аппаратов, труб, арматуры, насосов, уплотнений, конструкционных материалов и изделий для антикоррозионной защиты технологического оборудования. Для изготовления этой заводской продукции был построен специализированный цех производительностью в несколько тысяч тонн фторопластовых изделий в год. Номенклатура выпускаемых изделий,

их технические характеристики и области применения приведены в справочных материалах [15—17], переработка фторопластов в изделия — в монографии [18].

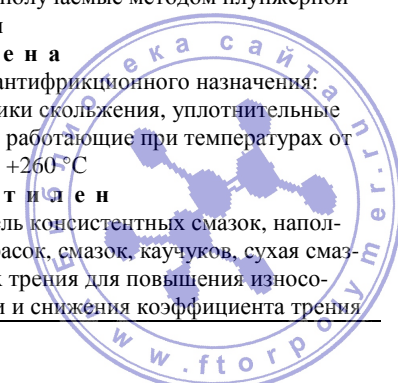
В табл. 5 и 6 представлены параметры переработки и области применения фторопластов [7].

КЧХК имеет 40-летний опыт разработки, изготовления и применения фторопластовых датчиков расхода, уровня, давления, концентрации жидкостей и газов. В опытно-конструкторском бюро по контрольно-измерительным приборам и автоматизации было разработано и внедрено в химическую, атомную и другие отрасли промышленности более 100 типов фторопластовых датчиков приборов и средств автоматики [19].

Таблица 5

Режим термообработки и области применения фторопласта-4

Марка фторопласта	Параметры материала		Температура термообработки, °С	Применение
	средний размер частиц, мкм	насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>		
<b>Суспензионный политетрафторэтилен</b>				
Ф-4ПН	100—180	450—520	20—390	Электротехнические изделия и изделия повышенной надежности
Ф-4ПН90	46—135	450—500	20—390	Изделия повышенной надежности
Ф-4ПН40	25—45	350—420	20—390	Тонкие пленки, листы, профильные изделия
Ф-4ПН20	6—20	350—420	20—390	То же
Ф-4НМ	120—250	450—530	320—380	Изделия общего назначения
Ф-4М	70—110	450—550	20—390	Изделия повышенной надежности, стойкие к знакопеременным нагрузкам
Ф-4А	550—780	650—800	20—390	Изделия, получаемые автоматическим пресованием и поршневой экструзией
Ф-4ТГ	600—800	600—800	320—380	Изделия, получаемые методом плунжерной экструзии
<b>Композиции политетрафторэтилена</b>				
Ф-4К20			375±5	Изделия антифрикционного назначения: подшипники скольжения, уплотнительные манжеты, работающие при температурах от -60 °С до +260 °С
Ф-4К15М5				
<b>Мелкодисперсный политетрафторэтилен</b>				
Ф-4НТД-2	5—20	200—800	375±5	Загуститель консистентных смазок, наполнитель красок, смазок, каучуков, сухая смазка в узлах трения для повышения износостойкости и снижения коэффициента трения



Продолжение табл. 5

Марка фторопласта	Параметры материала		Температура термообработки, °С	Применение
	средний размер частиц, мкм	насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>		
<b>Э му л ь с и о н н ы й п о л и т е т р а ф т о р э т и л е н</b>				
Ф-4Д	650—900	450—500	320—390	СКЛ*, ФУМ**, трубки, трубы, стержни
Ф-4ДМ	400—600	400—500	320—390	Тонкостенные и толстостенные трубки изоляция проводов и кабелей при высоких степенях сжатия

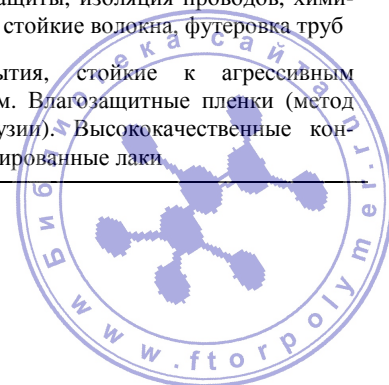
\* Сырая каландрированная лента. \*\* Фторопластовый уплотнительный материал.

Таблица 6

Режим термообработки и области применения плавких фторполимеров

Фторопласт	Марка	ПТР*, г/10 мин	Температура переработки, °С	Рабочая температура, °С		Применение
				нижняя	верхняя	
Ф-4МБ	А	2—7	220—380	–196	200	Электроизоляционные изделия, уплотнения, облицовка химической аппаратуры, трубы, лабораторная посуда, эластичные емкости
	Б	4,5—8	220—380	–196	200	
	ВН	0—8 (при 300 °С)	220—380	–196	200	
Ф-40	П	0,01—4	200—380	–100	200	Прессованные прокладки и уплотнения, изоляция проводов и кабелей
Ф-40М	Ш	4—60	200—380	–100	200	
	ЛД		200—380	–100	180	
Ф-2М	Б	7—20	135—270	–55	150	Уплотнения, прокладки, футеровка, обмотка кабелей, защитные покрытия строительных конструкций
	В	4—7	135—270	–55	150	
	Е	3—8	135—270	–55	150	
	Ж	2—8	135—270	–55	150	
Ф-42	В	Вязкость раствора		–60	120	Волокно для спецодежды, сальниковые набивки, прокладки, трубы, антикоррозионные, теплоизоляционные покрытия
	ЛД-1			–60	120	
	ЛД-2			–60	120	
	Л			–60	120	
	П			–60	120	
Ф-3	Б	240—260 (ТПП**)	220—300	–195	170	Смотровые стекла, прессованные изделия, износостойкие покрытия
	В	265—285 (ТПП)				
Ф-3М	А	0,3—5	190—270	–195	125	Изделия и пленочные покрытия для эксплуатации в агрессивных средах
Ф-50	П	1—20	230—390	–195	250	Гибкие трубы, детали насосов, пленки для антиадгезионной и антикоррозионной защиты, изоляция проводов, химически стойкие волокна, футеровка труб
Ф-32Л	В	Вязкость раствора		–60	150—170	Покрытия, стойкие к агрессивным средам. Влагозащитные пленки (метод экструзии). Высококачественные концентрированные лаки
	Н			–60	150—170	

\* Показатель текучести расплава. \*\* Температура потери прочности.





### **Фторполимеры в электроэнергетике**

Крупнейшая авария в сетях Мосэнерго в мае 2005 года выявила необходимость совершенствования конструкций маслонеполненных трансформаторов, высоковольтных выключателей и другого силового электрооборудования для повышения его эксплуатационной надежности и экологической безопасности. Радикальное решение этой проблемы возможно при комплексном применении фторированных жидкостей и фторполимеров в качестве теплоносителей, конструкционных, изолирующих и уплотнительных материалов, антикоррозионных, антиадгезионных и противообледенительных покрытий.

Такие функциональные материалы на основе фторуглеродов и фторпроизводных углеводородов уже более 40 лет применяются в военной технике. Термодинамические и физические свойства ряда негорючих диэлектрических теплопроводных фторорганических жидкостей с температурой кипения от 100 °С до 180 °С позволяют использовать их в качестве эффективных теплоносителей в силовых трансформаторах вместо горючего углеводородного трансформаторного масла. Охлаждение обмоток трансформаторов достигается за счет испарения фторированной жидкости без принудительного ее перемешивания. В таких трансформаторах меньшая часть обмотки погружена в жидкость. Пары фторуглеродов при избыточном давлении 1 атм имеют такую же диэлектрическую проницаемость, как и жидкость, благодаря чему допускается частичное заполнение трансформатора и исключается пробой изоляции обмоток [20].

В мощных силовых трансформаторах обмотка постоянно орошается фторированной жидкостью, которая, испаряясь с нагретых поверхностей, отбирает тепло, затем пары конденсируются в баке и жидкость возвращается в резервуар, откуда подается к форсункам для орошения обмоток. В этом случае для охлаждения трансформатора достаточно несколько литров фторированной жидкости и не требуется ее принудительная циркуляция. Опасность загорания такого трансформаторного масла полностью исключена. Положительными свойствами фторуглеродных трансформаторных жидкостей являются также низкие значения температуры замерзания, вязкости и поверхностного натяжения, высокая плотность, теплопроводность и способность к самогашению [20, 21].

Известны эффективность и эксплуатационная надежность обмоточных и монтажных проводов и кабелей во фторопластовой изоляции, уплотнений из резины на основе фторкаучуков, фторполимерных антикоррозионных покрытий оборудования и металлоконструкций в изделиях военной техники.

Завод полимеров КЧХК предлагает следующую фторполимерную продукцию для нужд электроэнергетики:

— негорючие диэлектрические фторированные жидкости на основе трифторхлорэтилена и перфторэфиров,

обладающие высокой диэлектрической проницаемостью, теплостойкостью и морозостойкостью, химической и биологической инертностью вместо горючего трансформаторного масла;

— фторопластовую изоляцию из фторопластов Ф-4, Ф-4Д, Ф-2М, Ф-4МБ, обладающих непревзойденными электроизоляционными свойствами, теплостойкостью и морозостойкостью, химической стойкостью вместо бумажной изоляции проводов и обмоток;

— резины, герметики и клеи на основе фторкаучуков СКФ-26, СКФ-260, отличающиеся превосходной химической стойкостью, износостойкостью, атмосферостойкостью, термо- и морозостойкостью для уплотнения корпусов и кабельных вводов электрооборудования;

— лаки на основе растворимых фторопластов Ф-32Л, Ф-42Л и фторопластовый лак ФПР для антикоррозионной, антиадгезионной и противообледенительной защиты оборудования.

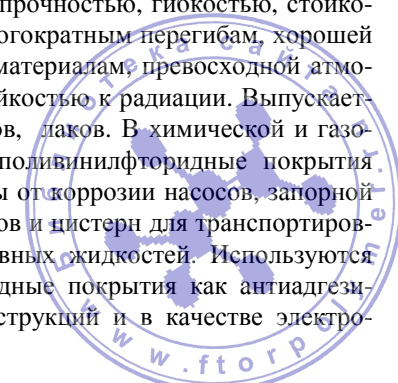
Комплексное использование фторполимеров позволяет увеличить продолжительность межремонтной эксплуатации силового электрооборудования до 30 лет и более, приблизив ее к сроку службы оборудования, и обеспечить экологическую безопасность объектов.

### **Фторполимеры в газовой промышленности**

Фторполимеры существенно превосходят полиэтилен, резины, лаки, герметики, применяемые в газовой промышленности для антикоррозионной защиты и уплотнения трубопроводов, компрессоров, емкостного оборудования, арматуры и приборов, по химической стойкости, тепло- и морозостойкости, атмосферостойкости, диэлектрическим свойствам и сроку службы.

Например, фторопласт-2М (поливинилиденфторид, модифицированный гексафторпропиленом) выгодно отличается от фторопласта-4 высокой механической прочностью, твердостью, отсутствием хладотекучести под нагрузкой. Он обладает высокой химической, паро- и атмосферостойкостью, стойкостью к износу и истиранию, радиационной стойкостью. Его можно перерабатывать всеми известными для термопластов способами. Фторопласт-2М используется для футеровки трубопроводов, аппаратов, арматуры, для изготовления пленок и эмалей, изоляции проводов и кабелей, работающих в коррозионных средах в интервале температур от -50 °С до +150 °С.

Фторопласт-1 (поливинилфторид) характеризуется высокой механической прочностью, гибкостью, стойкостью к истиранию и многократным перегибам, хорошей адгезией к различным материалам, превосходной атмосферостойкостью и стойкостью к радиации. Выпускается в виде пленок, листов, лаков. В химической и газовой промышленности поливинилфторидные покрытия эффективны для защиты от коррозии насосов, запорной арматуры, трубопроводов и цистерн для транспортировки и хранения агрессивных жидкостей. Используются также поливинилфторидные покрытия как антиадгезионные для металлоконструкций и в качестве электро-



изоляции материала в интервале температур от  $-60^{\circ}\text{C}$  до  $+150^{\circ}\text{C}$ . Ф-1 обладает более высокой эксплуатационной надежностью, чем Ф-2М и дешевле его.

Фторопласты Ф-1 и Ф-2М могут с успехом заменить полиэтилен при антикоррозионной защите газопроводов, емкостного и другого оборудования в газовой промышленности. Работы по нанесению покрытий могут производиться как в заводских условиях при изготовлении оборудования, так и в полевых условиях при монтаже и ремонте оборудования [9, 20, 22].

Лак ФПР характеризуется исключительной стойкостью, он сохраняет свои функциональные свойства в жестких условиях работы: атмосферостойкость в течение 30 лет, теплостойкость до  $+150^{\circ}\text{C}$ , морозостойкость до  $-60^{\circ}\text{C}$ , химическая стойкость к действию пресной и морской воды, масел и бензина, кислот и щелочей. Покрытия на основе лака ФПР отличаются высокой эластичностью, низким коэффициентом трения скольжения и способностью сохранять свои свойства в рабочем интервале температур в течение всего срока службы. Лак ФПР может быть использован в газовой промышленности, частности, в ООО «Севергазпром», для антикоррозионной защиты стыков газовых труб магистральных газопроводов, трубопроводов, арматуры, металлоконструкций, в том числе мачт линий электропередачи, на действующих и строящихся газовых и газоконденсатных предприятиях [23].

#### **Фторполимеры в медицине**

Фторполимеры эффективны в качестве конструкционных материалов и изделий медицинской техники. В специальном конструкторском бюро, занимающегося вопросами технического оснащения медицины, в ОКБ КИПиА и в лаборатории исследования фторполимеров завода полимеров Кирово-Чепецкого химического комбината совместно с Институтом сердечно-сосудистой хирургии им. акад. А.Н. Бакулева и другими ведущими медицинскими учреждениями СССР были разработаны, освоены в производстве и клинической практике фторопластовые протезы кровеносных сосудов, трикотажная ткань, медицинский фетр, капилляры, катетеры, а также фильтры, диффузионные мембраны, в широком ассортименте лабораторная химическая посуда, интегральные автоматизированные пробоотборники воздуха [24] и воды, специализированные промышленные газовые хроматографы [25] для санитарно-эпидемиологического и токсикологического контроля.

Промышленное производство протезов кровеносных сосудов из пористого (экспандированного) политетрафторэтилена освоил НПК «Экофлон» (С-Петербург) [26].

Актуальной государственной проблемой является состояние службы крови в РФ, работающей по принципу удовлетворения потребностей. Она крайне затратна, ресурсоемка, экономически неэффективна и неконкурентоспособна. Из-за неудовлетворительных условий хранения запасов крови страна ежегодно теряет более 100 000 л компонентов крови [27]. На Кирово-Чепецком химическом комбинате совместно с Кировским НИИ

гематологии и переливания крови был разработан и испытан с положительными результатами комплекс фторопластовых изделий для криомедицины: криоконтейнеры, криопробирки, фильтры, катетеры, трубки, сосуды, соединительные и уплотнительные элементы для стационарных и переносных установок переливания компонентов крови и костного мозга. Разработан нетоксичный безотмывочный криопротектор для стволовых кроветворных клеток костного мозга, периферической крови, тромбоцитов и лейкоцитов. Промышленное производство изделий из фторопластов для криомедицины и служб крови позволит обеспечить лечение больных, нуждающихся в трансплантации стволовых клеток и переливании компонентов крови, создать стратегический банк крови на случай техногенных аварий и катастроф, и запас компонентов крови на всех станциях переливания крови в Российской Федерации.

#### **Заключение**

ООО «Завод полимеров Кирово-Чепецкого химического комбината» — уникальное предприятие, на котором сосредоточены синтез, переработка и применение фторполимеров, проводятся научные исследования и опытно-конструкторские работы в этой области. Одной из основных задач предприятия на современном этапе, наряду с производством фторопластов и изделий из них с малой добавочной стоимостью, является освоение выпуска высокотехнологичной наукоемкой фторполимерной продукции с большой добавочной стоимостью для нужд электроэнергетики, атомной, химической, газовой отраслей промышленности, медицины, биотехнологии.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Максимов Б.Н., Барабанов В.Г., Серушкин И.Л. и др. Промышленные фторорганические продукты. Справочник. Изд. 2-е. Л.: Химия, 1996, 544 с.
2. Уткин В.В. Завод у Двуречья. Кирово-Чепецкий химический комбинат: строительство, развитие, люди. Кн. 1. Киров: ОАО «Дом печати-Вятка», 2004, 64 с.
3. Уткин В.В. Завод у Двуречья. Кн. 2. Киров: ОАО «Дом печати-Вятка», 2005, 160 с.
4. Уткин В.В. Завод у Двуречья. Кн. 3. Киров: ОАО «Дом печати-Вятка», 2006, 240 с.
5. Кнуляц И.Л., Фокин А.В. Покорение неприступного элемента. М.: Изд. АН СССР, 1963, 64 с.
6. Шабалин Д.А., Пурецкая Е.Р., Бельтюков В.Л. Фторполимеры. Свойства и применение. Обзор. ОАО «Кирово-Чепецкий химический комбинат». Кирово-Чепецк, 2005, 20 с.
7. Пурецкая Е.Р., Кочеткова Г.В., Бельтюков В.Л. Фторполимеры. Каталог-справочник «Девятый элемент». Москва, Пермь. Кирово-Чепецк, 2006, 61 с.
8. Каталог-справочник «Фторполимеры». Черкассы: НИИТЭ-ХИМ, 1989, 115 с.
9. Панин Ю.А., Малкевич С.Е., Дунаевская Ц.С. Фторопласты. Л.: Химия, 1978, 232 с.
10. Баскин З.Л. Применение фторполимеров в аналитическом приборостроении. Экспресс-информация «Автоматизация химических производств». Вып. 3, 1987, с. 30—36.

11. Арямкин Ю.А., Баскин З.Л., Дробиз А.М., Зайкин В.В., Репин Л.Л., Соболев Г.П., Цинзерлинг Д.М. Разработка и исследование пористых фторопластовых мембран для диффузионных разбавителей. Экспресс-информация «Автоматизация химических производств». Вып. 10. М., 1987, с. 20—23.
12. Пористые фторопласты. Проспект ОНПО «Пластполимер». Ленинград, 1987.
13. Кочеткова Г.В. Состояние отечественного производства фторкаучуков. Обзор. ООО «Завод полимеров КЧХК». Кирово-Чепецк, 2007, 30 с.
14. Нудельман З.Н. Фторкаучуки. Основы, переработка, применение. М.: ООО «ПИФТРИАС», 2007, 384 с.
15. Изделия из фторполимеров. ООО «Завод полимеров КЧХК», ОАО «Галоген» и ООО «Девятый элемент». Каталог-справочник. Кирово-Чепецк, 2007, 87 с.
16. Фторполимеры. Химическое оборудование. Каталог-справочник. ООО «Завод полимеров КЧХК». ООО «Девятый элемент». Кирово-Чепецк, 2007, 57 с.
17. Фторполимеры. Изготовление и защита промышленного оборудования и коммуникаций. Каталог. ООО «Девятый элемент». ООО «Завод полимеров КЧХК». Кирово-Чепецк, 2005, 32 с.
18. Пугачев А.К., Росляков О.А. Переработка фторопластов в изделия. Л.: Химия, 1987, 168 с.
19. Номенклатурный перечень приборов и средств автоматизации, разработанных и изготавливаемых ОКБ КИПиА. Кирово-Чепецкий химический комбинат. Кирово-Чепецк, 1990, 136 с.
20. Кнунянц И.Л., Фокин А.В. Мир фторуглеродов. Новые соединения фтора. М.: Знание, 1968, 64 с.
21. Тунник Л.Т. Охлаждение радиоэлектронной аппаратуры жидкими диэлектриками. М.: Советское радио, 1973, 250 с.
22. Гузенко Г.Г., Козырев Р.П., Щедрина В.П. Применение фторуглеродных пластиков за рубежом. Обзор. Москва: НИИТЭХИМ, 1974, 74 с.
23. Лак фторполимерный ФПР. Проспект. КЧХК. Кирово-Чепецк, 2003, 2 с.
24. Баскин З.Л. Способ контроля воздуха в производственных помещениях. Инф. листок № 77-0628. ВИМИ, 1977, 4 с.
25. Баскин З.Л., Лаптев А.Л., Лавринов А.А. Приборы, 2001, № 8 (14), с. 20—23.
26. Протезы кровеносных сосудов из политетрафторэтилена. НПК «Экофлон». СПб, 2002, 14 с.
27. Жибурт Е. Эволюция цели. Чем сегодня должна заниматься служба крови? Медицинская газета, 2006, № 91, 29.11.

