



УДК 678.6/.7; 544  
ББК 35

## ПРИМЕНЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ НАНОТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛИУРЕТАНОВЫХ ВОЛОКОН

Г.К. Лобачева, Т.А. Мищенко, Т.Ю. Клопова,  
О.П. Чадов, И.Ж. Гучанова, А.И. Филиппова

В работе представлены способы получения полиуретанов с помощью инновационных нанотехнологий. Испытаны полиуретановые волокна на погодостойчивость, прочностные характеристики, вязкость растворов при получении волокон, светостойкость, целый ряд стабилизаторов немецкого, швейцарского и японского производства.

**Ключевые слова:** Спандекс, Сумилайзер, Тинувин-234, Цианокс-1790, Антиоксидант-44В25, Lowinox, Тинувин-328, инновационные нанотехнологии.

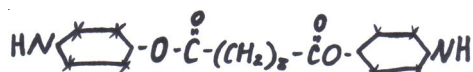
Год за годом расширяются области применения полимерных материалов и усложняются требования, предъявляемые к условиям их переработки и эксплуатации. Весьма актуальной является задача продления срока службы полимерных материалов, поскольку при переработке и эксплуатации они подвергаются различным воздействиям, приводящим к ухудшению их свойств и в конечном итоге к разрушению. Поэтому в последние годы чрезвычайно возрос интерес к процессам старения полимеров. Изучение механизма старения под влиянием различных факторов (тепло, кислород, свет, механические нагрузки, влага и др.) является одной из важнейших задач науки о полимерах, решение которой позволит обоснованно подойти к выбору стабилизаторов и наметить пути эффективной защиты полимерных материалов. Этому важному вопросу – стабилизации полимеров – и посвящена данная статья. Статья содержит практические рекомендации по применению стабилизаторов для полиуретановых волокон.

На ПО «Химволокно» поступили два образца (по 0,5 кг) стабилизаторов полимерных материалов производства швейцарской фирмы

«Сиб-Гейги-АГ»: Тинувин-770Д (TV-770Д) и Цианокс-1790 (СУА-1790) для производства полиуретановой нити Спандекс.

Тинувин-770Д принадлежит к классу аминозадерживающих легких стабилизаторов. Это белые до желтого кристаллические гранулы.

Химическая формула:

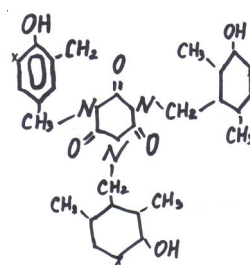


Физические свойства:

- температура плавления – 81–85 °С;
- температура разложения – 220 °С;
- плотность – 1,05 г/см<sup>3</sup>;
- температура воспламенения – 150 °С;
- растворимость – растворяется в ацетоне, бензоле, хлороформе, гексане, метаноле, митиленхлориде.

Цианокс-1790 – противоокислитель, порошок белого цвета.

Химическая формула:



трис (4-т-бутил-3-гидрокси-2,6-диметилбензил)-S-триозин-2,4,6-/1Н, 3Н, 5Н/-трион.

Физические свойства:

- точка плавления – 145–155 °С;
- плотность – 1,1 г/см<sup>3</sup>;
- температура вспышки – 200 °С;
- растворимость – растворим в стироле, толуоле, метилэтилкетоне, незначительно в этаноле (4,6 г), в воде не растворим.

Цианокс-1790 обладает важными свойствами:

- защищает полимер от разрушения при высокотемпературных операциях;
- обладает хорошей сопротивляемостью к экстракции горячей водой и моющими средствами.

Цианокс-1790 особенно эффективен при низких концентрациях от 0,02 до 0,10 от веса полимера, для полиуретана фирмой рекомендована концентрация 0,5 %. При нагревании Цианокса-1790 в воздухе до температуры 275 °С со скоростью 10 °С в минуту теряется 0,1 % (весовых).

В ЦЮ были проведены лабораторные испытания Тинувина-770Д и Цианокса-1790 в качестве свето- и термостабилизаторов для полиуретанового прядильного раствора.

Показатели качества Тинувина-770Д и Цианокса-1790 приведены в таблице 1 в сравнении с японскими стабилизаторами Тинувином-328 и Сумилайзером.

Тинувин-770Д по коэффициенту светопропускания лучше, чем японский Тинувин-328, а Цианокс-1790 имеет более низкую температуру плавления (155 °С), чем Сумилайзер, и низкий коэффициент светопропускания при длине волны 440 нм (53 %), что свидетельствует о наличии примесей в продукте.

Проведена серия пробных испытаний реакций полимеризации с Тинувином-770Д и Цианоксом-1790 по существующей методике с введением стабилизаторов по обычной схеме в дифенилметандиизоцианат, при раство-

рении форполимера и в полимер после роста вязкости. Концентрация стабилизаторов 0,25–0,1 %. Из прядильного раствора были изготовлены пластинки для испытания на погодоустойчивость путем облучения ультрафиолетовыми лучами на установке «Федометр» при температуре 68 °С в течение 40 часов. Степень погодоустойчивости оценивалась по изменению цвета образцов по 7-балльной шкале. Полученные результаты представлены в таблице 2.

Из приведенных данных видно, что при загрузке TV-770Д в дифенилметандиизоцианат в количестве (0,5–1 %) происходит гелеобразование реакционной массы при дозировке удлинителя цепи – диаминопропана.

При уменьшении концентрации TV-770Д до 0,25 % гелеобразования не наблюдается, но вязкость прядильного раствора высокая 3 000 пуаз. При подаче Тинувина-770Д в виде 5-процентного раствора в диметилформамиде на стадии растворения форполимера не растет вязкость прядильного раствора: 600–900 пуаз.

При дозировке Тинувина-770Д в полимер после роста вязкости никаких отклонений в процессе не наблюдалось.

Цианокс-1790 можно добавлять в реакционную массу на любой стадии процесса – в дифенилметандиизоцианат, при растворении форполимера в виде 5-процентного раствора в ДМФ и в полимер после роста вязкости.

Испытание образцов на погодоустойчивость показало:

- Тинувин-770Д работает как стабилизатор только в паре с термостабилизатором даже при концентрации в прядильном растворе 1 %;
- по сравнению с японским Тинувином-328 Тинувин-770Д менее эффективен, но лучше, чем Беназол-328.

Таблица 1

**Характеристика стабилизаторов**

№ п/п	Наименование определяемых показателей	Тинувин-328 японский	Сумилайзер	Тинувин-770Д	Цианокс-1790
1	Температура плавления 0 °С	80–83	209	81	155
2	Коэффициент светопропускания				
	440 нм	88	не норм.	98,56	53,75
	500 нм	93	не норм.	99,35	92,71
3	Массовая доля летучих веществ, % не более	0,2	0,2	–	–

Результаты испытаний Тинувина-770Д и Цианокса-1790  
в качестве стабилизаторов полиуретанового раствора

№ п/п	Виды стабилизаторов	Массовая доля стабилизатора, %	Загрузка стабилизатора	Характеристика форполимера	Пробный лабораторный синтез					Вязкость прядил рас-ра, пуаз	Прядимость	Остаток ДАП, мл
					Гелеобразование на разных стадиях							
					I	II	III	IV	V			
1	Тинувин-328 Сумилайзер	1,0	в ДМИ	светлый, прозрачный	н/г	н/г	н/г	н/г	н/г	1 125	хор.	0
2	Без добавок	–	–	–	н/г	н/г	н/г	н/г	н/г	1 350	–	1,5
3	TV-770Д Цианокс-1790	1,0	в ДМИ	очень вязкий с желтым оттенком	гель	гель	гель	–	–	–	–	15
4	Цианокс-1790 TV-770Д	0,5	в ДМИ	–	гель	гель	гель	–	–	–	–	10,8
5	TV-770Д Цианокс-1790	0,25	в ДМИ	–	н/г	н/г	гель	н/г	н/г	3 000	хор.	5,0
6	TV-770Д	1,0	в ДМИ	светлый, прозрачный	гель	гель	гель	–	–	–	–	16
7	Цианокс-1790	1,0	в ДМИ	прозрачный с желтым оттенком	н/г	н/г	н/г	н/г	н/г	1 050	хор.	0
8	Цианокс-1790	0,5	в ДМИ	прозрачный, светлый	н/г	н/г	н/г	н/г	н/г	950	хор.	3,0
9	Цианокс-1790 TV-770Д	0,25	в ДМИ	–	н/г	н/г	н/г	н/г	н/г	1 550	–	2,4
10	Цианокс-1790	1,0	при растворении форполимера в ДМИ	прозрачный с желтоватым оттенком	н/г	н/г	н/г	н/г	н/г	990	–	2,8
11	TV-770Д Цианокс-1790	1,0	после роста вязкости	светлый, прозрачный	–	н/г	н/г	н/г	н/г	1 450	–	3,4
12	TV-328 Цианокс-1790	1,0	в ДМИ	прозрачный с желтым оттенком	н/г	н/г	н/г	н/г	н/г	1 300	хор.	15
13	TV-328 Цианокс-1790	0,25	в ДМИ	–	н/г	н/г	н/г	н/г	н/г	1 050	–	16

Продолжение таблицы 2

№ п/п	Виды стабилизаторов	Массовая доля стабилизатора, %	Загрузка стабилизатора	Пробный лабораторный синтез								
				Характеристика форполимера	Гелеобразование на разных стадиях					Вязкость прядил. рас-ра, пауз	Прямодность	Остаток ДАП, мл
					I	II	III	IV	V			
14	Беназол-328 Цианокс-1790	1,0	в ДМИ	прозрачный с желтоватым оттенком	н/г	н/г	н/г	н/г	н/г	1 525	хор.	0
15	TV-770Д Цианокс-1790	0,5	при растворении форполимера	–	н/г	н/г	н/г	н/г	н/г	–	–	0
16	TV-770Д Цианокс-1790	0,25	при растворении форполимера в ДМИ	–	н/г	н/г	н/г	н/г	н/г	1 050	хор.	0
17	TV-770Д	1,0	после роста вязкости	–	н/г	н/г	н/г	н/г	н/г	1 200	–	2

Продолжение таблицы 2

№ п/п	Виды стабилизаторов	Результаты облучения при температуре 63+5 °С				
		Исходная цветность, балл	10 часов	20 часов	30 часов	40 часов
1	Тинувин-328 Сумилайзер	6	6	6	6	6
2	Без добавок	6	4	2	2	1
3	TV-770Д Цианокс-1790	–	–	–	–	–
4	Цианокс-1790 TV-770Д	–	–	–	–	–
5	TV-770Д Цианокс-1790	6	6	6	6	5
6	TV-770Д	–	–	–	–	–
7	Цианокс-1790	6	6	5	5	4
8	Цианокс-1790	6	6	6	6	5
9	Цианокс-1790 TV-770Д	6	6	6	6	4,5
10	Цианокс-1790	5,5	5	5	5	5
11	TV-770Д Цианокс-1790	6	6	6	6	5
12	TV-328 Цианокс-1790	6	6	6	6	5,5
13	TV-328 Цианокс-1790	6	6	6	5,5	5

№ п/п	Виды стабилизаторов	Результаты облучения при температуре – 63±5° С				
		Исходная цветность, балл	10 часов	20 часов	30 часов	40 часов
14	Беназол-328 Цианокс-1790	5,5	5	5	5	5
15	TV-770Д Цианокс-1790	6	5,5	5,5	5,5	5
16	TV-770Д Цианокс-1790	6	6	6	6	5,5

Цианокс-1790 прошел испытания, но его также необходимо использовать совместно со светостабилизатором, в отличие от Сумилайзера.

Таким образом, можно сделать выводы по данному разделу. Они заключаются в следующем:

1. В лабораторных условиях проведено испытание стабилизаторов полиуретанового раствора Тинувина-770Д и Цианокса-1790 производства швейцарской фирмы «Сибя-Гейги-АГ».

2. Тинувин-770Д по физическим характеристикам близок к японскому Тинувину-328.

3. Цианокс-1790 имеет низкую температуру плавления по сравнению с Сумилайзером (155 °С) и маленький коэффициент светопропускания (54 %).

4. Тинувин-770Д и Цианокс-1790 выдержали испытание на погодостойчивость, однако по сравнению с японским Тинuviном-328 и Сумилайзером они менее эффективны.

5. Тинувин-770Д и Цианокс-1790 работают как стабилизаторы только в паре со вторым компонентом, при индивидуальной дозировке образцы полиуретанового раствора не выдерживают испытания на погодостойчивость.

6. Дозировку Тинувина-770Д в реакционную массу можно проводить только после роста вязкости прядильного раствора, при загрузке в дифенилметандиизоцианат происходит значительное гелеобразование, при подаче на стадии растворения форполимера нет роста вязкости прядильного раствора.

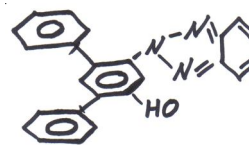
7. Рекомендуем в производственных условиях провести испытания Цианокса-1790.

Также были продолжены испытания ультрафиолетовых абсорберов Тинувин-234 и Тинувин-571.

На АО «Волжское химволокно» поступили два образца ультрафиолетовых абсорберов производства швейцарской фирмы «Сибя-Гейги-АГ» Тинувин-234 и Тинувин-571.

Тинувин-234/TV-234 принадлежит к классу производных бензотриазола. Это желтоватый кристаллический порошок.

Химическая формула:



Физические свойства:

- температура размягчения 135–145 °С;
- растворимость – хорошо растворяется в бензоле, метилхлориде, хлороформе; плохо растворим в воде, метаноле. По данным лаборатории НИЛ «Спандекс», растворимость Тинувина-234 в диметилформамиде при температуре 25 °С – 4,1 г в 100 г.

Характерная особенность Тинувина-234 – низкая летучесть, что позволяет применять его в производствах, где может происходить потеря стабилизаторов во время переработки.

Потери веса Тинувина-234 при температуре 200 °С составляют – 0,1 %.

Тинувин-234 имеет более высокую температуру плавления (139 °С), чем Тинувин-328 (83 °С).

Коэффициент светопропускания раствора Тинувина-234 в хлорбензоле при длине волны 440 и 500 нм составляет соответственно 93 и 96 %, что значительно превышает требования к качеству светостабилизатора (88 и 93 %).

Характеристику на Тинувин-571 фирма «Сибя-Гейги» не представила, в справочной литературе она также отсутствует.

Тинувин-571 – жидкий вязкий продукт желтого цвета, растворимость в диметилформамиде при температуре 25 °С.

Коэффициент светопропускания раствора Тинувин-571 в хлорбензоле выше, чем у Тинувина-328. Он равен:

- при  $\lambda = 440$  нм – 89 %;
- при  $\lambda = 500$  нм – 97,8 % (см. табл. 3).

Спектры Тинувина-328 и Тинувина-234 идентичны. Максимальный всплеск оптической плотности наблюдается при длине волны 300–305 нм и 340 нм, причем интенсивность светопоглощения у Тинувина-328 выше, чем у Тинувина-234.

Спектр Тинувина-571 отличается от спектров Тинувина-328 и Тинувина-234. Он имеет три всплеска оптической плотности при длинах волн:

- 300–305 нм (так же, как у TV-328 и TV-234);
- 330 нм;
- 350 нм.

В лабораторных условиях было проведено испытание Тинувина-234 и Тинувина-571 в качестве светостабилизаторов полиуретанового прядильного раствора.

С Тинувином-234 и Тинувиом-571 была проведена серия пробных полимеризаций по действующей методике. Стабилизаторы испытывались индивидуально и совместно с антиокислителями:

- Сумилайзер (ВВМ, ранее использовался в производстве полиуретановой нити спандекс);
- Цианокс-1790 (опытный образец швейцарской фирмы «Сибя-Гейги»);
- Антиоксидант-44В25 (производство Германии, используется в производстве в настоящее время);
- Ловинокс-44В25 (производство Германии).

Для определения оптимальной концентрации стабилизаторов были проведены пробные полимеризации с различным содержани-

ями свето- и термостабилизаторов. Стабилизаторы дозировались по обычной схеме в ДМИ. Из полученных прядильных растворов были сформированы пленки для испытания на погодоустойчивость. Испытания проводились на лабораторной установке «Федометр» путем ультрафиолетового облучения при температуре 63+5 °С в течение 40 часов. Степень погодоустойчивости образцов оценивалась по 7-балльной шкале. Результаты пробных лабораторных синтезов и испытаний на светостойкость приведены в таблицах 4, 5.

Из приведенных результатов видно, что Тинувин-234 индивидуально в качестве стабилизатора не работает. Степень погодоустойчивости образцов изменилась с 6 баллов до 3.

При совместном испытании TV-234 с антиоксидантами получились следующие результаты.

При дозировке Тинувина-234 с Сумилайзером при концентрации стабилизаторов в полимере 1 % образцы светостойки. После 40 часов ультрафиолетового облучения цвет образцов не изменился, также как при использовании Тинувина-328 с Сумилайзером.

По дозировке Тинувина-234 и Цианокса-1790 показатели погодоустойчивости полимера выше, чем при использовании Тинувина-328 и Цианокса-179».

При концентрации Тинувина-234 и Цианокса-1790 1 % степень погодоустойчивости 5,9 балла. С уменьшением концентрации Тинувина-234 до 0,5 % степень погодоустойчивости уменьшается до 5,8 балла. Степень погодоустойчивости пленок с применением Тинувина-328 – 5,5 балла.

Тинувин-234 совместно с Антиоксидантом-44В25 дают более низкую степень погодоустойчивости (5,5 балла), чем Тинувин-328 и Антиоксидант-44В25 (5,9 балла).

При использовании Тинувина-234 совместно с Ловиноксом-44В25 образцы имеют

Таблица 3

Характеристика стабилизаторов

№ п/п	Наименование показателей	Тинувин-328 японский	Тинувин-234	Тинувин-571
1	Температура плавления, °С	80–83	139	жидкий
2	Коэффициент светопропускания, %			
	$\lambda = 440$ нм	88	93,2	89
	$\lambda = 500$ нм	93	96,1	97,8

Результаты испытаний Тинувина-234 фирмы «Смба-Гейги» (Швейцария)

№ п/п	Виды стабилизаторов	Массовая доля стабилизатора, %	Загрузка стабилизатора	Характеристика форполимера	Пробный лабораторный синтез							
					Гелеобразование на разных стадиях					Прядомость	Вязкость прядил. рас-ра, пуаз	Остаток ДАП, мл
					I	II	III	IV	V			
1	Без добавок	–	–	прозрачный	н/г	н/г	н/г	н/г	н/г	хор.	1 300	15
2	Тинувин-328 Сумилайзер	1	в ДМИ	прозрачный	н/г	н/г	н/г	н/г	н/г	хор.	1 225	5
3	Тинувин-571 Сумилайзер	1	в ДМИ	прозрачный	н/г	н/г	н/г	н/г	н/г	хор.	1 990	0
4	Тинувин-571	1	в ДМИ	прозрачный	н/г	н/г	н/г	н/г	н/г	хор.		0
5	Тинувин-571 Цианокс-1790	1	в ДМИ	прозрачный с лимонным оттенком	н/г	н/г	н/г	н/г	н/г	хор.	1 050	0
6	Тинувин-571 Цианокс-1790	0,5	в ДМИ	прозрачный с лимонным оттенком	н/г	н/г	н/г	н/г	н/г	хор.	1 150	0
7	Тинувин-571 Цианокс-1790	0,25	в ДМИ	прозрачный	н/г	н/г	н/г	н/г	н/г	хор.	1 975	0
8	Тинувин-571 Антиоксидант-44В25	1	в ДМИ	мутный	н/г	н/г	н/г	н/г	н/г	хор.	1 825	2
9	Тинувин-571 Антиоксидант-44В25	0,5	в ДМИ	мутный	н/г	н/г	н/г	н/г	н/г	хор.	1 250	0
10	Тинувин-571 Антиоксидант-44В25	0,5	в ДМИ	незначительно мутный	н/г	н/г	н/г	н/г	н/г	–	1 575	0
11	Тинувин-571 Антиоксидант-44В25	0,5 1	в ДМИ	мутный	н/г	н/г	н/г	н/г	н/г	хор.	1 075	0
12	Тинувин-328 Антиоксидант-44В25	1	в ДМИ	мутный	н/г	н/г	н/г	н/г	н/г	хор.	1 050	0
13	Тинувин-571 Ловинокс	1	в ДМИ	мутный	н/г	н/г	н/г	н/г	н/г	хор.	1 975	1,6
14	Тинувин-571 Ловинокс	1 0,5	в ДМИ	мутный	н/г	н/г	н/г	н/г	н/г	хор.	1 075	0
Результаты испытаний на светостойкость												
№ п/п	Виды стабилизаторов	Исходная цветность		10 часов	20 часов	30 часов	40 часов					
1	Без добавок	6		–	–	–	–					
2	Тинувин-328 Сумилайзер	6		6	6	6	6					

Результаты испытаний на светостойкость							
№ п/п	Виды стабилизаторов	Исходная цветность	10 часов	20 часов	30 часов	40 часов	Пленка
3	Тинувин-571 Сумилайзер	7	7	7	7	6,9	–
4	Тинувин-571	6	6	5,5	4,5	3	–
5	Тинувин-571 Цианокс-1790	6	5,8	5,8	5,8	5,8	–
6	Тинувин-571 Цианокс-1790	6	6	6	5,8	5,8	–
7	Тинувин-571 Цианокс-1790	6	6	5,9	5,9	5,5	–
8	Тинувин-571 Антиоксидант-44В25	6	6	6	6	5,9	–
9	Тинувин-571 Антиоксидант-44В25	6	6	6	6	5,8	–
10	Тинувин-571 Антиоксидант-44В25	6	6	6	5,9	5,8	–
11	Тинувин-571 Антиоксидант-44В25	6	6	6	6	5,9	–
12	Тинувин-328 Антиоксидант-44В25	6	6	6	6	5,9	–
13	Тинувин-571 Ловинокс	6	6	6	6	6	Матовая
14	Тинувин-571 Ловинокс	6	6	6	6	5,9	Матовая

Таблица 5

Результаты испытаний Тинувина-234 фирмы «Смба-Гейги» (Швейцария)

№ п/п	Виды стабилизаторов	Массовая доля стабилизатора, %	Загрузка стабилизатора	Пробный лабораторный синтез								
				Характеристика форполимера	Гелеобразование на разных стадиях					Прядо-мость	Вяз-кость прядил. рас-ра, пуаз	Оста-ток ДАП, мл
					I	II	III	IV	V			
1	Без добавок	–	–	прозрач-ный	н/г	н/г	н/г	н/г	н/г	хор.	1 300	15
2	Тинувин-328 Сумилайзер	1	в ДМИ	прозрач-ный	н/г	н/г	н/г	н/г	н/г	хор.	1 225	5
3	Тинувин-234 Сумилайзер	1	–	–	н/г	н/г	н/г	н/г	н/г	хор.	1 500	5
4	Тинувин-234	1	–	–	н/г	н/г	н/г	н/г	н/г	–	1 025	0
5	Тинувин-234 Цианокс-1790	1	–	светло-лимон-ный	н/г	н/г	н/г	н/г	н/г	–	1 500	3
6	Тинувин-234 Цианокс-1790	0,5	–	–	н/г	н/г	н/г	н/г	н/г	–	1 500	2
7	Тинувин-234 Цианокс-1790	0,25	–	прозрач-ный	н/г	н/г	н/г	н/г	н/г	–	2 050	7
8	Тинувин-234 Антиоксидант-44В25	1	–	мутный	н/г	н/г	н/г	н/г	н/г	–	2 000	2



№ п/п	Виды стабилизаторов	Массовая доля стабилизатора, %	Загрузка стабилизатора	Пробный лабораторный синтез								
				Характеристика форполимера	Гелеобразование на разных стадиях					Прядомость	Вязкость прядил. рас-ра, пуаз	Остаток ДАП, мл
					I	II	III	IV	V			
9	Тинувин-234 Антиоксидант-44В25	1 0,5	в ДМИ	незначительно мутный	н/г	н/г	н/г	н/г	н/г	–	1 326	2
10	Тинувин-234 Антиоксидант-44В25	0,5	в ДМИ	мутный	н/г	н/г	н/г	н/г	н/г	–	1 025	0
11	Тинувин-234 Антиоксидант-44В25	0,5 1	–	мутный	н/г	н/г	н/г	н/г	н/г	–	1 050	0
12	Тинувин-328 Антиоксидант-44В25	1	–	мутный	н/г	н/г	н/г	н/г	н/г	–	1 050	0
13	Тинувин-234 Ловинокс	1	–	мутный	н/г	н/г	н/г	н/г	н/г	–	950	4
14	Тинувин-234 Ловинокс	1 0,5	в ДМИ	незначительно мутный	н/г	н/г	н/г	н/г	н/г	хорошая	1 050	0
Результаты испытаний на светостойкость												
№ п/п	Виды стабилизаторов	Исходная цветность	10 часов	20 часов	30 часов	40 часов	Пленка					
1	Без добавок	6	3	–	–	–	–					
2	Тинувин-328 Сумилайзер	6	6	6	6	6	–					
3	Тинувин-234 Сумилайзер	6	6	6	6	6	–					
4	Тинувин-234	6	6	5	4,5	3	–					
5	Тинувин-234 Цианокс-1790	6	6	6	6	5,9	–					
6	Тинувин-234 Цианокс-1790	6	6	6	6	5,8	–					
7	Тинувин-234 Цианокс-1790	6	6	6	6	5,8	–					
8	Тинувин-234 Антиоксидант-44В25	6	6	6	6	5,5	–					
9	Тинувин-234 Антиоксидант-44В25	6	6	6	6	5,5	–					
10	Тинувин-234 Антиоксидант-44В25	6	6	6	5,8	5,5	–					
11	Тинувин-234 Антиоксидант-44В25	6	6	6	6	5,8	–					

Результаты испытаний на светостойкость							
№ п/п	Виды стабилизаторов	Исходная цветность	10 часов	20 часов	30 часов	40 часов	Пленка
12	Тинувин-328 Антиоксидант-44В25	6	6	6	6	5,9	–
13	Тинувин-234 Ловинокс	6	6	6	6	6	Матовая
14	Тинувин-234 Ловинокс	6	6	6	6	5,8	Матовая

степень погодоустойчивости выше (6 баллов), чем у образцов с Тинувином-328 и Ловиноксом-44В25 – 5,9 балла.

Тинувин-571 с Антиоксидантом-44В25 (при концентрации 1 % работает так же, как и Тинувин-328. Степень погодоустойчивости после 40 часов облучения – 5,9 балла).

Уменьшение концентрации стабилизаторов до 0,5 % вызывает незначительное уменьшение степени погодоустойчивости до 5,8 балла.

Тинувин-571 с Ловиноксом-44В25 при концентрации каждого стабилизатора по 1 % обеспечивает светостойкость образцов.

Выводы по данному разделу:

1. Проведены лабораторные испытания ультрафиолетовых стабилизаторов полиуретановых полимеров: Тинувина-234 и Тинувина-571 производства швейцарской фирмы «Сибга-Гейги».

2. Тинувин-234 и Тинувин-571 имеют, по сравнению с Тинувином-328, более высокий коэффициент светопропускания. Температура плавления Тинувина-234 (139 °С) значительно выше, чем Тинувина-328 (83 °С).

3. Тинувин-234 и Тинувин-571 при индивидуальном использовании в качестве светостабилизаторов не работают.

4. Тинувин-234 и Тинувин-571 совместно с антиокислителями позволяют получить погодоустойчивый полимер:

- с Сумилайзером, Цианоксом-1790, Ловиноксом-44В25 работают на уровне Тинувина-328;

- с Антиоксидантом-44В25 – хуже Тинувина-328.

5. Оптимальная концентрация Тинувина-234 и Тинувина-571 в полимере – 1,0 %.

6. Рекомендуем провести промышленное испытание Тинувина-234. Объем закупки про-

дукта – не более 20 кг на 5 партий прядильного раствора.

7. Промышленное испытание Тинувина-571 проводить не рекомендуем, так как Тинувин-571 – жидкий продукт, есть вероятность его работы как пластификатора, что отразится на физико-механических показателях нити.

В цехе «Спандекс» завода «Химволокно» проводилось испытание швейцарских стабилизаторов фирмы «Сибга-Гейги» Тинувина-234 и Цианокса-1790.

С указанными стабилизаторами получено 239 партий прядильного раствора (п. 1571–1770, п. 1–41). Расход стабилизаторов на одну партию прядильного раствора:

- Тинувин-234 – 1,95 кг (0,5 %);

- Цианокс-1790 – 1,95 кг (0,5 %).

Дозировку Тинувина-234 проводили по регламентной схеме – в ПТМЭГ, дозировку Цианокса-1790 – на втором растворении форполимера. Процесс получения прядильного раствора проходил без отклонений от требований технологического регламента. Все партии прядильного раствора по вязкости и показателю «фильтруемость» соответствовали норме. Концентрация полимера на некоторых партиях была целенаправленно снижена до 31,5 %.

Полиуретановый полимер, полученный с добавками Тинувина-234 и Цианокса-1790, выдерживает испытания на погодоустойчивость при облучении ультрафиолетовыми лучами на установке «Федометр». Цвет матированных пленок, изготовленных из прядильного раствора (п. 1574–1579 и поз. 2-101 А, В), за 40 часов облучения при  $T = 65 \pm 5$  °С изменяется всего на 0,5 балла. Полиуретановая нить линейной плотности 2,2–93,5 текс также погодоустойчива (см. табл. 6). При облучении полиуретановой нити на установке «Фе-

дометр» в течении 40 часов не наблюдается изменения прочности нити (см. табл. 7).

Содержание низкомолекулярных соединений в полиуретановом полимере (поз. 2-101 А, В) составляет (см. табл. 8):

- экстракцией  $CCl_4$  – 0,79 %;
- экстракцией изопропиловым спиртом – 1,70 %.

Содержание низкомолекулярных веществ в волокне с прядильных шахт:

- с  $CCl_4$  – 1,02–1,44 %;
- с изопропиловым спиртом – 2,9–3,35 %.

То есть количество низкомолекулярных соединений увеличивается в процессе формирования нити на 0,23–0,65 % (с  $CCl_4$ ) и на 1,2–1,65 % (с изопропиловым спиртом), что незначительно ниже, чем при использовании Тинувина-328 (0,75 %) и Ловинокса (0,75 %). При работе на серийных стабилизаторах повышение низкомолекулярных соединений происходит на:

- 0,5–0,63 % с  $CCl_4$ ;
- 2,04–2,49 % с изопропиловым спиртом.

В период испытаний опытных стабилизаторов в течение 45 суток не обнаружено отрицательных моментов в работе участка рекуперации диметилформамида.

Подведем итоги по испытаниям:

1. Проведено промышленное испытание швейцарских стабилизаторов фирмы «Сибга-Гейги»: Тинувина-234, Цианокса-1790.

2. Получено 239 партий прядильного раствора с добавками опытных стабилизаторов на одну партию по:

- Тинувина-234 – 1,95 кг (0,5 %);
- Цианокса-1790 – 1,95 кг (0,5 %).

3. Полиуретановая нить, сформованная из полимера, содержащего Тинувин-234 и Цианокс-1790 в количестве по 0,5 %, выдерживает испытания на погодоустойчивость на установке «Федометр» при температуре  $65 + 5$  °С.

4. В период испытаний (45 суток) не наблюдалось увеличения количества отложений на стадии рекуперации диметилформамида.

5. Опытные партии полиуретановой нити с Тинувином-234 и Цианоксом-1790 отправлены на переработку потребителю. Считаем, что Тинувин-234 и Цианокс-1790 можно серийно использовать в производстве.

Были испытаны полиуретановые нити в различном соотношении Тинувина-328 и Лови-

нокса-14В25. Свойства исследованных стабилизаторов представлены в таблице 9.

При совместном использовании Тинувина-328 и Ловинокса-44В25 в количестве 1 % каждого (3,9 кг на партию) образцы выдерживают испытания на погодоустойчивость. При добавлении только Ловинокса в количестве 1 % цветность изменяется с 6 до 3 баллов: образцы не выдерживают испытания (см. табл. 10).

Увеличение количества стабилизатора до 2 % незначительно замедляет процесс старения под действием ультрафиолетовых лучей, но полностью его не исключает: цветность образцов измеряется от 6 до 4,5 балла.

По сравнению с ВВМ «Сумилайзер» Ловинокс менее эффективен, так как цвет образца с одним ВВМ в количестве 1 % за 40 часов испытаний изменился всего с 6 до 5,5 балла.

Уменьшение количества Ловинокса до 0,5–0,75 % (при содержании Тинувина-328 – 1 %) не оказывает отрицательного влияния на светостойкость образцов при ультрафиолетовом облучении (см. табл. 11).

При использовании Ловинокса наблюдался рост вязкости прядильного раствора в процессе хранения. Наиболее интенсивно это происходит по дозировке Ловинокса по обычной схеме введения его в исходное сырье. При загрузке Ловинокса на стадии второго растворения форполимера рост вязкости замедляется. В таблице 12 представлены результаты замера вязкости прядильного раствора, полученного с различными добавками стабилизаторов, при хранении. При наличии в прядильном растворе только Тинувина-328 вязкость прядильного раствора возрастает за сутки на 250 пуаз. При дозировке Тинувина-328 и Ловинокса по 1 % вязкость прядильного раствора увеличивается на 1 275 пуаз. При уменьшении добавки Ловинокса до 0,75 % рост вязкости – на 725 пуаз.

Из полученных результатов видно, что при совместном использовании Тинувина-328 и Ловинокса-44В25 в количестве 1 % каждого (3,9 кг на партию) образцы выдерживают испытание на погодоустойчивость. При добавлении только Ловинокса в количестве 1 % цветность изменяется с 6 до 3 баллов: образцы не выдерживают испытания.

Увеличение количества стабилизатора до 2 % незначительно замедляет процесс старения под действием ультрафиолетовых лучей, но полностью его не исключает: цветность образцов изменяется с 6 до 4,5 балла.

По сравнению с ВВМ Ловинокс менее эффективен, так как цвет образцов с одним ВВМ в количестве 1 % за 40 часов испытаний изменилась всего с 6 до 5,5 балла.

Уменьшение количества Ловинокса до 0,5–0,75 % (при содержании Тинувина-328 –

Таблица 6

Результаты испытаний на погодоустойчивость волокна и матированных пленок, изготовленных из прядильного раствора с Тинувином-234 и Цианоксом-1790

№ п/п	Место отбора	Цветность образцов, балл				
		Исходная	10 часов	20 часов	30 часов	40 часов
1	п. 1574	7	7	7	7	6,5
2	п. 1575	7	7	7	7	6,5
3	п. 1578	6,5	6,5	6,5	6,5	6
4	п. 1579	6,5	6,5	6,5	6,5	6
5	2-101В	7	7	7	7	6,5
6	2-101А	7	7	7	7	6,5
7	2-101В	7	7	7	7	6,5
8	п/у нить	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
9	4,4 текс	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
10	-	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
11	п/у нить	7	7	7	7	7
12	8,0 текс	7	7	7	7	7
13	п/у нить	7	7	7	7	7
14	23,0 текс	7	7	7	7	7
15	15,6 текс	7	7	7	7	7
16	4,4 текс	7	7	7	7	7

Таблица 7

Измерение прочности волокна при облучении ультрафиолетовыми лучами на установке «Федометр», Т – 65 ± 5 °С

№ п/п	Линейная плотность	Прочность нити до облучения, гр.	Прочность нити после облучения, гр.			
			10 часов	20 часов	30 часов	40 часов
1	2,2	19	19	20	19	19
2	4,4	36	35	36	35	36
3	15,6 нет/ф	100	108	110	117	110
4	23 нет/ф	194	192	196	192	193
5	48 нет/ф	353	351	358	351	353

Таблица 8

Содержание низкомолекулярных соединений в п/у полимере и в волокне без замасливателя с различными добавками стабилизаторов

№ п/п	Наименование стабилизаторов количество, %	Содержание Н. М. С.						Прирост Н. М. С.			
		Прядильный р-р поз. 2-101		Волокно с шахты «А»-линия		Волокно с шахты «В»-линия		Линия «А»		Линия «В»	
		CCl <sub>4</sub>	изо-пропил спирт	CCl <sub>4</sub>	изопр.	CCl <sub>4</sub>	изопр.	CCl <sub>4</sub>	изопр.	CCl <sub>4</sub>	изопр.
1	Тинувин-328 – 0,75 Ловинокс – 0,75	1,02	2,22	1,52	4,26	1,65	4,71	0,5	2,04	0,63	2,49
2	Тинувин-234 – 0,5 Цианокс-1790 – 0,5	0,79	1,7	1,02	2,9	1,44	3,35	0,23	1,2	0,65	1,65

Показатели качества стабилизаторов

№ п/п	Наименование показателей	Сумилайзер (ВВМ)	Ловинокс
1	Температура плавления, °С	209	211
2	Массовая доля легколетучих примесей, %	0,2	0,092

1 %) не оказывает отрицательного влияния на светостойкость образцов при ультрафиолетовом облучении.

При использовании Ловинокса наблюдался рост вязкости прядильного раствора в процессе хранения. Наиболее интенсивно это происходит при введении Ловинокса по обычной схеме в исходное сырье. При загрузке Ловинокса на стадии второго растворения форполимера рост вязкости замедляется. В таблице 12 представлены результаты замера вязкости прядильного раствора, получаемого с различными добавками стабилизаторов, при хранении. При наличии в прядильном растворе только Тинувина-328 вязкость прядильного раствора возрастает за сутки на 250 пуаз. При дозировке Тинувина-328 и Ловинокса по 1 % вязкость прядильного раствора увеличивается на 1 275 пуаз.

При уменьшении добавки Ловинокса до 0,75 % рост вязкости наблюдается на 725 пуаз.

Кроме пластинок было испытано на погодоустойчивость волокно, полученное с одним Тинuviном-328, с Тинuviном-328 и Ловиноксом и только с Ловиноксом. Полученные результаты представлены в таблице 13, из которых следует, что волокно с добавками Тинувина-328 и Ловинокса выдерживает испытание на погодоустойчивость. При использовании одного Ловинокса волокно желтеет, теряет прочность.

Уменьшение количества вводимого Ловинокса с 1 % до 0,75 % (2,9 кг на партию прядильного раствора) не вызвало ухудшение светостойкости волокна.

Следует отметить, что при использовании Ловинокса ухудшалась работа отделения рекуперации ДМФ. Обычно чистку конденсаторов проводят один раз в два месяца. При работе с Ловиноксом за 10 дней перепад давления между секциями конденсатора составил 60 мм.вод.ст (при норме 15). Это, возмож-

но, связано с летучестью Ловинокса. Таким образом, после анализа результатов исследования сделаны выводы:

1. Проведено испытание стабилизатора полиуретанового раствора «Lowinox-44B25» немецкого производства.

2. Установлено, что Lowinox, по сравнению с японским Сумилайзером, менее эффективен, его можно использовать только в сочетании со вторым стабилизатором Тинувин-328.

3. При использовании Ловинокса образуется мутный форполимер и наблюдается рост вязкости прядильного раствора при хранении.

4. Для исключения роста вязкости прядильного раствора при хранении рекомендуем:

- вводить Lowinox в реакционную массу на стадии второго растворения форполимера;
- количество Ловинокса снизить с 1 % (3,9 кг на партию) до 0,75 % (2,9 кг на партию);
- добавку Тинувина-328 оставить без изменений – 3,9 кг.

5. Полиуретановая нить, сформированная из прядильного раствора, содержащего Тинувин-328 – 1 % и Ловинокс – 0,75 %, выдерживает испытания на погодоустойчивость под действием ультрафиолетовых лучей при температурах 60 °С и 80 °С в течении 40 часов.

Проведены испытания двух стабилизаторов для полиуретанового волокна из Германии: Lowinox-44B25 и Антиоксидант-44B25, которые имеют одинаковую химическую и структурную формулу, такую же как у Сумилайзера. Показатели качества стабилизаторов незначительно отличаются только по содержанию летучих веществ (табл. 14). Ловинокс был испытан ранее, и установлено, что его можно использовать только в паре со вторым стабилизатором – Тинuviном-328. Индивидуально Ловинокс, в отличие от Сумилайзера, не работает. Ан-

Результаты испытаний «Ловинокса»

№ п/п	Виды стабилизаторов	Массовая доля стабилизатора, %	Загрузка стабилизатора	Пробный лабораторный синтез								
				Характеристика форполимера	Гелеобразование на разных стадиях					Прядомость	Вязкость прядил. рас-ра, пуаз	Остаток ДАП, мл
					I	II	III	IV	V			
1	Без добавок	–	– (лаборат.)	прозрачный	н/г	н/г	н/г	н/г	н/г	хор.	1 400	15
2	Тинувин-328 Сумилайзер	1 1	в ДМИ (лаборат.)	прозрачный	н/г	н/г	н/г	н/г	н/г	хор.	2 000	3
3	Сумилайзер (ВВМ)	1	в ДМИ (лаборат.)	прозрачный	хор.	хор.	хор.	н/г	н/г	хор.	2 010	3
4	Тинувин-328 Ловинокс	0,75 1	п. № 336 (цеховая)	–	–	–	–	–	–	хор.	1 725	–
5	Тинувин-328 Ловинокс	1 1	в ДМИ (лаборат.)	мутный	н/г	н/г	н/г	н/г	н/г	хор.	1 450	4
6	Ловинокс	1	п. № 400 (цеховая)	–	–	–	–	–	–	хор.	1 650	–
7	Ловинокс	1	в ДМИ (лаборат.)	мутный	н/г	н/г	н/г	н/г	н/г	хор.	1 450	11
8	Ловинокс	1,5	в ДМИ (лаборат.)	мутный	н/г	н/г	н/г	н/г	н/г	хор.	1 500	10
9	Ловинокс	2	в ДМИ (лаборат.)	мутный	н/г	н/г	н/г	н/г	н/г	хор.	1 850	6,5
10	Тинувин-328 Ловинокс	1 0,75	в ДМИ	мутный	н/г	н/г	н/г	н/г	н/г	хор.	1 250	0
11	Тинувин-328 Ловинокс	1 0,5	в ДМИ	мутный	н/г	н/г	н/г	н/г	н/г	хор.	1 675	3
12	Тинувин-328 Ловинокс	1 0,75	в ДМИ при растворении форполимера	прозрачный	н/г	н/г	н/г	н/г	н/г	хор.	2 000	6
Результаты испытаний на светостойкость												
№ п/п	Виды стабилизаторов	Исходная цветность	10 часов	20 часов	30 часов	40 часов						
1	Без добавок	6	3	–	–	–						
2	Тинувин-328 Сумилайзер	6	6	6	6	5,9						
3	Сумилайзер (ВВМ)	6	6	6	6	5,5						
4	Тинувин-328 Ловинокс	6	6	6	5,5	5,5						
5	Тинувин-328 Ловинокс	6	6	6	6	5,9						
6	Ловинокс	6	6	6	5	4,5						
7	Ловинокс	6	4,5	4	3	–						
8	Ловинокс	6	5,8	5	4	3						
9	Ловинокс	6	5,8	5,8	5	4,5						
10	Тинувин-328 Ловинокс	6	6	6	6	5,8						
11	Тинувин-328 Ловинокс	6	6	6	6	5,9						
12	Тинувин-328 Ловинокс	6	6	6	6	5,9						

Таблица 11

**Результаты испытаний полиуретановых пленок в ультрафиолетовых лучах при температуре 60 °С**

№ п/п	Вид стабилизатора	Массовая доля стабилизатора в полимере, %	Загрузка стабилизаторов	Результаты облучения				
				Исходная цветность	10 часов	20 часов	30 часов	40 часов
1	Тинувин-328 Сумилайзер	1 1	в ДМИ (лаборат.)	6	6	6	6	6
2	Без добавок	–	–	6,5	4	4	3	2
3	Сумилайзер	1	в ДМИ (лаборат.)	6	6	6	6	5,5
4	Тинувин-328 Ловинокс	0,75 1	п. № 336 (цеховая)	6	6	6	5,5	5,5
5	Тинувин-328 Ловинокс	1 1	в ДМИ (лаборат.)	6	6	6	6	5,9
6	Ловинокс	1	в ДМИ (лаборат.)	6	5	4,5	4,5	3
7	Ловинокс	1,5	–	6	6	6	5,9	4,5
8	Ловинокс	2	–	6	6	6	5,9	5
9	Ловинокс	1	п. № 400 (цеховая)	6	6	6	6	5
10	Тинувин-328 Ловинокс	1 0,75	в ДМИ (лаборат.)	6	6	6	6	5,8
11	Тинувин-328 Ловинокс	1 0,5	в ДМИ (лаборат.)	6	6	6	6	5,9
12	Тинувин-328 Ловинокс	1 0,75	в ДМИ при растворении форполимера	6	6	6	6	5,9

Таблица 12

**Изменение вязкости прядильного раствора при хранении**

№ п/п	Вид стабилизатора	Массовая доля стабилизатора в полимере, %	Загрузка стабилизатора	Вязкость при 30°, пуаз		Прирост вязкости за сутки, пуаз
				Начальная	Через сутки	
1	Тинувин-328 Ловинокс	1 1	в ДМИ в ДМИ	2 225	3 500	1 275
2	Тинувин-328 Ловинокс	1 0,75	в ДМИ в ДМИ	1 250	1 975	725
3	Тинувин-328 Ловинокс	1 0,5	в ДМИ в ДМИ	1 675	2 400	725
4	Тинувин-328 Ловинокс	1 1	в ДМИ при растворении форполимера	1 275	1 925	650
5	Тинувин-328 Ловинокс	1 0,75	в ДМИ при растворении форполимера	2 000	2 625	625
6	Тинувин-328	1	в ДМИ	1 225	1 475	250

Таблица 13

**Результаты испытаний полиуретанового волокна в ультрафиолетовых лучах при температуре 60 °С**

№ п/п	Линейная плотность нити, текс	Вид внесенного стабилизатора	Массовая доля стабилизатора в полимере, % / загрузка на партию прядильного раствора, кг	Результаты облучения				
				Исх. цвет	10 часов	20 часов	30 часов	40 часов
1	23	Тинувин-328	1/3,9	6	6	6	6	5,5
2	23	Тинувин-328	1/3,9	6	6	6	6	6
		Ловинокс	1/3,9					
3	15,6	Тинувин-328	1/3,9	6	6	6	6	5,5
4	15,6	Тинувин-328	1/3,9	6	6	6	6	6
		Ловинокс	1/3,9					
5	15,6	Ловинокс	1/3,9	6	6	6	5	4,5
6	2,2	Ловинокс	1/3,9	6	6	6	5	4,5
7	4,4	Тинувин-328	1/3,9	6	6	6	6	6
		Ловинокс	0,75/2,9					
8	8	Тинувин-328	1/3,9	6	6	6	6	6
		Ловинокс	0,75/2,9					

Таблица 14

**Показатели качества немецкого «Антиоксиданта»**

№ п/п	Название показателей	Сумилайзер	Антиоксидант-44В25	Ловинокс-44В25
1	Температура плавления, °С	210–212	211	211
2	Массовая доля летучих веществ, %	0,08	0,036	0,092
3	Зольность, %	0,	0,06	

тиоксидант-44В25 был также испытан в лабораторных условиях по обычной схеме, для чего готовилась серия прядильных растворов с различным содержанием Антиоксиданта в смеси с Тинувином-328 и индивидуально. Из прядильного раствора были изготовлены пленки, которые подвергали облучению ультрафиолетовыми лучами при температуре 60 °С на установке «Федометр». Степень погодоустойчивости оценивали по изменению цвета образцов через 10 часов по 7-балльной шкале. Полученные результаты представлены в таблице 15.

Из приведенных данных видно, что при содержании в полимере Тинувина-328 – 1 % и «Антиоксиданта» – 1 % образцы пластинок выдерживают испытания на погодоустойчивость: цвет за 40 часов не изменился. Уменьшение концентрации Антиоксиданта в полимере до 0,5 % приводит к изменению цвета на 0,5 балла.

В том случае, когда используется только один Антиоксидант без Тинувина-328 в коли-

честве 1 %, образцы пластинок не выдерживают испытания на погодоустойчивость: цветность уменьшается с 6 до 4,5 балла.

При увеличении концентрации Антиоксиданта до 2 % цветность образцов не изменяется, однако в этом случае нет роста вязкости прядильного раствора.

Анализируя полученные результаты, можно сделать следующие выводы:

1. Проведены лабораторные испытания Антиоксиданта-44В25 из Германии. Структурная формула Антиоксиданта-44В25 соответствует ранее используемому Сумилайзеру ВВМ производства Японии.

2. Показателями качества (температура плавления, влажность, зольность) Антиоксидант-44В25 соответствует требованиям технологического регламента цеха «Спандекс».

3. Антиоксидант 44В25 может быть использован в качестве стабилизатора полиуретанового раствора только в паре с Тинувином-328.



Результаты испытаний немецкого Антиоксиданта-44В25

№ п/п	Виды стабилизаторов	Массовая доля стабилизатора, %	Загрузка стабилизатора	Характеристика форполимера	Пробный лабораторный синтез					Вязкость прядил. рас-ра, пуаз	Прядимость	Остаток ДАП, мл
					Гелеобразование на разных стадиях							
					I	II	III	IV	V			
1	Без добавок	–	–	прозрачный	н/г	н/г	н/г	н/г	н/г	1 400	хор.	4
2	Тинувин-328 Сумил айзер	1 1	в ДМИ в ДМИ	прозрачный	н/г	н/г	н/г	н/г	н/г	2 000	хор.	3
3	Тинувин-328 Антиоксидант	1 1	в ДМИ в ДМИ	прозрачный	н/г	н/г	н/г	н/г	н/г	1 400	хор.	7
4	Тинувин-328 Антиоксидант	1 0,75	в ДМИ в ДМИ	–	н/г	н/г	н/г	н/г	н/г	2 000	хор.	3
5	Тинувин-328 Антиоксидант	1 0,5	в ДМИ в ДМИ	прозрачный	н/г	н/г	н/г	н/г	н/г	2 300	хор.	6
6	Тинувин-328 Антиоксидант	1 0,25	в ДМИ в ДМИ	прозрачный	н/г	н/г	н/г	н/г	н/г	1 150	хор.	0
7	Антиоксидант	1,0	в ДМИ	прозрачный	н/г	н/г	н/г	н/г	н/г	1 250	хор.	0
8	Антиоксидант	1,5	в ДМИ	незначит. мутный	н/г	н/г	н/г	н/г	н/г	1 250	хор.	0
9	Антиоксидант	2	в ДМИ	слегка мутный	нет роста вязкости		н/г	н/г	н/г	700	хор.	0
10	Тинувин-328 Антиоксидант	1 1	в ДМИ при рас-твор. р-ра	слегка мутный	гель	н/г	н/г	н/г	н/г	1 125	хор.	0
11	Сумил айзер	1	в ДМИ	прозрачный	–	–	–	н/г	н/г	2 010	хор.	3
12	Ловинокс	1	в ДМИ	мутный	н/г	н/г	н/г	н/г	н/г	1 450	хор.	11
Результаты испытаний на светостойкость												
№ п/п	Виды стабилизаторов	Исходная цветность	10 часов	20 часов	30 часов	40 часов						
1	Без добавок	6	4	4	3	2						
2	Тинувин-328 Сумил айзер	6	6	6	6	6						
3	Тинувин-328 Антиоксидант	6	6	6	6	6						
4	Тинувин-328 Антиоксидант	6	6	6	6	5,8						
5	Тинувин-328 Антиоксидант	6	6	6	6	5,5						
6	Тинувин-328 Антиоксидант	6	6	6	6	5						
7	Антиоксидант	6	5,5	5	5	4,5						
8	Антиоксидант	6	6	6	6	5,7						
9	Антиоксидант	6	6	6	6	5,9						
10	Тинувин-328 Антиоксидант	6	6	6	6	5,8						
11	Сумил айзер	6	6	6	6	5,5						
12	Ловинокс	6	5	4,5	4,5	3						

**INNOVATIVE APPLICATION OF NANOTECHNOLOGY FOR GETTING  
OF POLYURETHANE FIBERS**

*G.K. Lobacheva, T.A. Mishchenko, T.Yu. Klopova, O.P. Chadov, I.Zh. Guchanova, A.I. Filippova*

The paper provides methods for producing polyurethanes with innovative nanotechnology. Polyurethane fibers are tested on weather resistance, strength characteristics, the viscosity of solutions at the obtaining fiber, light resistance, a number of stabilizers, German, Swiss and Japanese production.

**Key words:** *Spandex, Sumilayzer, Tinuvin-234, Tsianoks-1790, Antioxidant-44B25, Lowinox, Tinuvin-328, innovative nanotechnology.*