

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

---

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства»  
(ПГУАС)

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Саратовский государственный технический университет  
имени Ю.А. Гагарина»

Российская академия транспорта

# **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕЦЕПТУР И ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПЛАСТИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ДОРОЖНОЙ РАЗМЕТКИ НА ПОЛИМЕРНОЙ ОСНОВЕ**

Под научной редакцией доктора технических наук,  
профессора А.В. Кочеткова

Пенза 2015

УДК 625.861

ББК 33.342

С 56

Рецензенты: доктор технических наук, профессор,  
заведующий кафедрой «Транспортные  
машины» Пензенского государственного  
университета В.В. Салмин;  
доктор технических наук, профессор,  
ген. директор ООО «НПЦ Контрольно-  
измерительные технологии» (г. Пенза)  
П.Г. Михайлов

Авторы: А.П. Бажанов, С.М. Евтеева,  
С.И. Возный, В.К. Крылов, В.В. Талалай

**Совершенствование** рецептур и технологии производства пла-  
С 56 стичных материалов для дорожной разметки на полимерной основе:  
моногр. / А.П. Бажанов [и др.]; под науч. ред. А.В. Кочеткова. –  
Пенза: ПГУАС, 2015. – 200 с.

**ISBN 978-5-9282-1317-6**

Выполнен аналитический обзор и приведены результаты экспериментальных исследований совершенствования рецептур и технологии производства пластичных материалов для дорожной разметки на полимерной основе с учетом требуемых системных свойств. Представлены сведения об основных положениях проведения добровольной аттестации на техническую компетентность строительных производственных испытательных лабораторий, занимающихся испытаниями дорожно-строительных материалов для дорожной разметки.

Монография подготовлена на кафедре «Геотехника и дорожное строительство» и предназначена для студентов, обучающихся по направлениям подготовки 08.03.01 «Строительство» и 23.03.01 «Технология транспортных процессов», а также может быть использована инженерно-техническими работниками дорожного строительства и специалистами, занимающимися подбором рецептур, повышением уровня производства и контроля качества пластичных разметочных материалов.

**ISBN 978-5-9282-1317-6**

© Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства, 2015

© Саратовский государственный технический  
университет имени Ю.А. Гагарина, 2015

© Российская академия транспорта, 2015

## ВВЕДЕНИЕ

Дорожная разметка, являясь обязательным элементом обустройства автомобильных дорог, позволяет повысить уровень безопасности и удобства дорожного движения. В настоящее время, в связи со значительным ростом числа дорожно-транспортных происшествий, в том числе и с летальным исходом, она приобретает все большее значение, как эффективное средство организации и упорядочения движения транспортных средств, увеличения скоростей движения автомобилей и пропускной способности автомобильной дороги.

Значительный рост интенсивности движения на автомобильных дорогах обуславливает необходимость обеспечения высоких потребительских качеств дорожной разметки как эффективного средства регулирования и организации движения транспортных средств, способствующего снижению количества дорожно-транспортных происшествий (по данным ООН до 20 %), увеличению скоростей движения автомобилей и пропускной способности автомобильной дороги.

Потребительские свойства дорожной разметки определяются ее функциональной долговечностью, которая, в свою очередь, зависит от качества применяемых материалов.

В этой связи необходимо уделять большое внимание совершенствованию рецептур и технологии производства разметочных материалов, что в свою очередь обуславливает высокую эффективность дорожной разметки, повышает ее эксплуатационные характеристики, увеличивает срок ее службы.

В данной работе введение, главы 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9 и заключение написаны д.т.н., профессором А.П. Бажановым, С.М. Евтеевой, С.И. Возным, В.К. Крыловым и В.В. Талалай, главы 3, 4, 10 и приложения написаны д.т.н., профессором А.П. Бажановым.

# 1. СОВРЕМЕННАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ДОРОЖНОЙ РАЗМЕТКИ НА ПОЛИМЕРНОЙ ОСНОВЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К НИМ

Дорожной разметкой принято считать линии, надписи и другие обозначения, применяемые как самостоятельно, так и в сочетании с дорожными знаками или светофорами, на проезжей части дорог с усовершенствованным покрытием, бордюрах, элементах дорожных сооружений и обстановки дорог.

Существующая классификация подразделяет дорожную разметку на горизонтальную и вертикальную. Горизонтальная разметка наносится непосредственно на дорожное покрытие. Вертикальная разметка применяется для обозначения вертикальных элементов дорожных сооружений: опор мостов, путепроводов, эстакад, торцевых частей парапетов, круглых тумб, установленных на разделительных полосах или островках безопасности, бордюров на опасных участках дорог, возвышающихся островках безопасности и др.

Для нанесения горизонтальной дорожной разметки на территории Российской Федерации ГОСТ Р 51256–2011 [1] устанавливает использование красителей трех цветов: белого, желтого и оранжевого. Вертикальная разметка, как правило, выполняется в виде сочетания черных и белых или красных и белых полос. В целом для маркировки дорожных покрытий допустимо использовать маркировочные материалы любых цветов, однако из-за необходимости обеспечения зрительного контраста к дорожному покрытию не все цвета одинаково пригодны. Так, например, известен опыт применения 1930-х годов на автобанах Германии горизонтальной дорожной разметки чёрного цвета для повышения контраста к светлому цементобетонному покрытию.

Горизонтальная дорожная разметка может быть постоянной или временной. Временная разметка используется на участках автомобильных дорог в период их строительства, ремонта, реконструкции. Временная дорожная разметка, как и временные дорожные знаки, отменяет действие постоянной разметки, и служит основным ориентиром движения транспортных средств на ремонтируемых участках автомобильных дорог. Для нанесения временной разметки в Германии используют разметочные материалы жёлтого цвета, в Австрии и Швейцарии – оранжевого или красного. В России для нанесения временной горизонтальной разметки используют разметочные материалы оранжевого цвета (как правило, краски и эмали, обладающие свойствами, допускающими быстрое устранение разметки).

Горизонтальная дорожная разметка условно подразделяется на линейную и символную. Линейная разметка наносится на дорожное покрытие с целью разделения транспортных потоков противоположных направлений,

обозначения границ полос движения, проезжей части, стояночных мест транспортных средств, полос движения в пределах перекрестков, стоп-линий, пешеходных переходов, пересечений с велосипедными дорожками, направляющих островков в местах разделения или слияния транспортных потоков, мест остановки маршрутных транспортных средств и стоянок такси.

Символьная разметка на дорожных покрытиях выполняется в виде различных стрел, надписей, цифр и применяется для указания разрешенных направлений движения транспортных средств и пешеходов по полосам, предупреждения о приближении к сужению проезжей части, для указания названия, номера дороги (маршрута), дублирования дорожных знаков и др. В настоящее время символьная разметка, выполняющая функцию дублирования дорожных знаков, наносится преимущественно разметочными материалами белого цвета.

Основным нормативным документом, регламентирующим технические требования к дорожной разметке, является ГОСТ Р 51256–2011 [1], а правила применения разметки нормирует ГОСТ Р 52289–2004 [2].

Согласно ГОСТ Р 51256–2011 [1] разметка может выполняться краской (эмалими), термопластиком, холодным пластиком, полимерными лентами, штучными формами и световозвращателями. Для придания световозвращающих свойств разметке, выполненной красками (эмалими), термопластиками, холодными пластиками и штучными формами, применяют микростеклошарики.

Существующая классификация, согласно ГОСТ 52575–2006 [3], подразделяет материалы, применяемые для устройства разметки проезжей части автомобильных дорог и улиц с усовершенствованным покрытием на два определенных типа: краски (эмали) и пластичные материалы.

Применение красок или эмалей для нанесения горизонтальной дорожной разметки следует признать неэффективным. Несмотря на значительно низкую их стоимость по сравнению с пластичными разметочными материалами, горизонтальная дорожная разметка, выполненная краской (эмалью) обладает плохой способностью сопротивляться истиранию, поэтому функциональный срок службы такой разметки, в зависимости от интенсивности дорожного движения, как правило, не превышает 3 месяцев.

Пластичные материалы, в свою очередь, обладают большей функциональной долговечностью, интервал времени от момента нанесения их на дорожное покрытие до полного истирания, с учетом достаточно высокого качества самих материалов и соблюдения технологии их нанесения, составляет, как правило, не менее 1 года.

К одной из разновидностей термопластичных разметочных материалов, не регламентированной государственными стандартами, можно отнести так называемые спрей-пластики, наносимые на дорожное покрытие мето-

дом распыления при высоких температурах, что обеспечивает их значительно большую функциональную долговечность по сравнению с разметкой, выполненной красками или эмалями. При этом расход термопластика уменьшается в несколько раз по сравнению с другими способами нанесения.

В некоторых случаях для нанесения горизонтальной дорожной разметки на дорожное покрытие используют готовые полимерные ленты, однако, несмотря на эффективность их применения, высокая стоимость полимерных лент сдерживает их широкое применение.

В последнее время достаточно широкое применение получили штучные термопластичные готовые формы благодаря удобству и технологической простоте их применения для нанесения дорожной разметки.

## 1.1. Термопластики и холодные пластики

### 1.1.1. Классификация термопластиков и холодных пластиков

Пластичные материалы классифицируются по способу отверждения на термопластики и холодные пластики [3], они содержат в своем составе полимерную основу.

Термопластики представляют собой терморазмягчаемые пластичные материалы на основе полимерного связующего, содержащие пигменты и наполнители, в виде порошковой смеси компонентов или литых объемных форм (блоки или гранулы из остывшего расплава), образующие после отверждения твердые непрозрачные элементы дорожной разметки [3].

К холодным пластикам относят многокомпонентные пластичные материалы на основе полимерного связующего, содержащие пигменты и наполнители, отверждаемые в результате химической реакции и образующие после отверждения твердые непрозрачные элементы дорожной разметки [3].

Основными характеристиками разметочных материалов, определяющих их свойства по нормируемому параметру, являются классы. Каждый класс разметочного материала состоит из буквенного обозначения и цифр, определяющих группу требований по данному параметру. ГОСТ 52575–2006 [3] выделяет классы пластичных разметочных материалов по следующим параметрам:

- по коэффициенту яркости отвердевшего расплава термопластика и холодного пластика;
- по времени отверждения термопластика и холодного пластика;
- по плотности отвержденных термопластика и холодного пластика;
- по температуре размягчения термопластика.

### 1.1.2. Технические требования, предъявляемые к термопластикам и холодным пластикам

ГОСТ 52575–2006 [3] предъявляет технические требования к пластичным материалам для дорожной разметки по следующим показателям:

- координатам цветности  $x$  и  $y$ ;
- коэффициенту яркости;
- плотности;
- температуре размягчения;
- времени отверждения;
- стойкости к статическому воздействию:
- 3 %-го водного раствора хлорида натрия при температуре  $(0\pm 2)$  °С;
- насыщенного водного раствора хлорида натрия при температуре  $(0\pm 2)$  °С;
- воды при температуре  $(20\pm 2)$  °С;
- 10 %-го водного раствора щелочи гидроксида натрия при температуре  $(20\pm 2)$  °С.

Координаты цветности отвердивших термопластиков и холодных пластиков должны соответствовать значениям, указанным в табл. 1.1.

Коэффициент яркости отвердивших термопластиков и холодных пластиков должен соответствовать значениям, указанным в табл. 1.2, с учетом класса, определяющего требования к данному параметру.

Плотность отвердившего расплава термопластиков и холодных пластиков, с учетом класса, определяющего требования к данному параметру, должна соответствовать значениям, указанным в табл. 1.3.

Т а б л и ц а 1 . 1  
Требования, предъявляемые к пластичным материалам  
по координатам цветности

Цвет	Обозначение координат цветности	Координаты угловых точек с 1-й по 4-ю цветовую область дорожной разметки			
		1	2	3	4
Белый	$x$	0,355	0,305	0,285	0,335
	$y$	0,355	0,305	0,325	0,375
Желтый	$x$	0,443	0,545	0,465	0,389
	$y$	0,399	0,455	0,535	0,431
Оранжевый	$x$	0,506	0,570	0,610	0,585
	$y$	0,404	0,429	0,390	0,375

Т а б л и ц а 1 . 2

Требования, предъявляемые к пластичным материалам  
по коэффициенту яркости

Цвет	Класс разметочного материала	Коэффициент яркости $\beta_v$ , %
Белый	B6	70–79
	B7	Более 80
Желтый	B3	40–49
	B4	50–59
Оранжевый	B2	30–39
	B3	40–49

Т а б л и ц а 1 . 3

Требования, предъявляемые к пластичным материалам по плотности

Класс разметочного материала	Плотность, г/см <sup>3</sup>
ПП1	Более 2,1
ПП2	1,9–2,1
ПП3	Менее 1,9

Температура размягчения термопластиков должна соответствовать значениям, указанным в табл. 1.4. Для холодных пластиков температура размягчения не нормируется.

Т а б л и ц а 1 . 4

Требования, предъявляемые к температуре размягчения термопластиков

Класс разметочного материала	Температура размягчения, °С
ТР1	80–94
ТР2	95–110
ТР3	Более 110

Время отверждения термопластиков и холодных пластиков должно соответствовать значениям, указанным в табл. 1.5.

Т а б л и ц а 1 . 5

Требования, предъявляемые к пластичным материалам  
по времени отверждения

Класс разметочного материала	Время отверждения, мин
BT1	10–20
BT2	5–9
BT3	Менее 5

Отвердевшие термопластики должны обладать стойкостью не менее 72 часов к статическому воздействию:

- 3 %-го водного раствора хлорида натрия при температуре  $(0\pm 2)$  °С;
- насыщенного водного раствора хлорида натрия при температуре  $(0\pm 2)$  °С;
- воды при температуре  $(20\pm 2)$  °С;
- 10 %-го водного раствора щелочи гидроксида натрия при температуре  $(20\pm 2)$  °С. Данный показатель устанавливается для отвердевших термопластиков и холодных пластиков, предназначенных для разметки автомобильных дорог с цементобетонным покрытием.

## 1.2. Спрей-пластики

Спрей-пластики, или так называемые пластики горячего распыления, имеют более жидкую консистенцию в сравнении с толстослойными термопластичными материалами. Они наносятся на покрытие автомобильных дорог методом распыления с рабочей температурой не ниже 190 °С при толщине жидкого слоя от 0,4 до 1,5 мм.

Отвердевание пластиков горячего распыления, как и горячих пластиков, происходит в момент остывания. К ним предъявляются аналогичные требования, как ко всем пластичным материалам (см. подразд. 1.1.2).

## 1.3. Полимерные ленты

### 1.3.1. Классификация полимерных лент

Как уже было отмечено выше, полимерные ленты, предназначенные для устройства горизонтальной дорожной разметки, изготавливаются из полимерных материалов, как правило, из пластика со специальным адгезионным покрытием. Причем свойства полимерных лент задаются в процессе их производства.

Согласно ГОСТ Р 54306–2011 [4] полимерные ленты классифицируются по характеру поверхности на два типа: с гладкой поверхностью и со структурированной поверхностью.

По назначению полимерные ленты классифицируются на следующие типы:

- для устройства постоянной дорожной разметки;
- для устройства временной дорожной разметки.

Помимо этого полимерные ленты разделяют на классы по следующим параметрам:

- коэффициенту яркости;

- коэффициенту светотражения при диффузном дневном или искусственном освещении в сухом состоянии;
- коэффициенту световозвращения для условий темного времени суток при сухом покрытии;
- коэффициенту световозвращения для условий темного времени суток при дожде и мокром покрытии.

### 1.3.2. Технические требования, предъявляемые к полимерным лентам

Толщина полимерных лент должна быть не более 6 мм. Коэффициент сцепления полимерных лент должен быть не менее 0,3 при его измерении шиной без рисунка протектора. Они должны обеспечивать функциональную долговечность не менее:

- для постоянной дорожной разметки – один год;
- для временной дорожной разметки продолжительность дорожных работ или событий, потребовавших ее введение.

Координаты цветности полимерных лент должны соответствовать значениям, указанным в табл. 1.6.

Т а б л и ц а 1 . 6

Требования, предъявляемые к координатам цветности полимерных лент

Цвет	Обозначение координат	Координаты угловых точек цветовых областей дорожной разметки			
		1	2	3	4
Белый	x	0,355	0,305	0,285	0,335
	y	0,355	0,305	0,325	0,375
Желтый	x	0,443	0,545	0,465	0,389
	y	0,399	0,455	0,535	0,431
Оранжевый	x	0,506	0,570	0,610	0,585
	y	0,404	0,429	0,390	0,375

Коэффициент яркости полимерных лент с гладкой поверхностью должен соответствовать значениям, указанным в табл. 1.7, в соответствии с классом, определяющим требования к данному параметру. Коэффициент светотражения при диффузном дневном или искусственном освещении в сухом состоянии должен соответствовать значениям, указанным в табл. 1.8, в соответствии с классом, определяющим требования к данному параметру.

Коэффициент световозвращения полимерных лент для условий темного времени суток при сухом покрытии должен соответствовать значениям, указанным в табл. 1.9, в соответствии с классом, определяющим требования к данному параметру.

Т а б л и ц а 1 . 7

Требования, предъявляемые к коэффициенту яркости полимерных лент

Цвет	Класс	Коэффициент яркости, %
Белый	B5	60–69
	B6	70–79
	B7	80 и более
Желтый	B3	40–49
	B4	50–59
	B5	60 и более
Оранжевый	B2	30–39
	B3	40 и более

Т а б л и ц а 1 . 8

Требования, предъявляемые к коэффициенту светотражения полимерных лент

Цвет	Класс	Коэффициент светотражения при диффузном дневном или искусственном освещении в сухом состоянии, мкд·лк <sup>-1</sup> ·м <sup>-2</sup>
Белый	Q2	100
	Q3	130
	Q4	160
Желтый	Q1	80
	Q2	100
Оранжевый	Q1	80
	Q2	100

Т а б л и ц а 1 . 9

Требования, предъявляемые к коэффициенту световозвращения

Цвет	Класс	Коэффициент световозвращения для условий темного времени суток при сухом покрытии, мкд·лк <sup>-1</sup> ·м <sup>-2</sup>
Белый	R4	200
	R5	300
Желтый	R3	150
	R4	200
Оранжевый	R2	100
	R3	150

Помимо вышеперечисленных требований полимерные ленты должны обладать стойкостью не менее 72 часов к статическому воздействию жидкостей:

- 3 %-го водного раствора хлорида натрия при температуре (0±2) °С;
- насыщенного водного раствора хлорида натрия при температуре (0±2) °С;

- воды при температуре  $(20\pm 2)$  °С;
- 10 %-го водного раствора щелочи гидроксида натрия при температуре  $(20\pm 2)$  °С.

Стойкость к статическому воздействию 10 %-го водного раствора щелочи гидроксида натрия устанавливается для полимерных лент, предназначенных для разметки автомобильных дорог с цементобетонным покрытием.

### **Штучные формы**

Согласно терминологии ГОСТ Р 53170–2008 [5] под штучными формами понимают изделия, изготавливаемые из пластичных материалов в заводских условиях, предназначенные для устройства горизонтальной дорожной разметки по ГОСТ Р 52575, на автомобильных дорогах и улицах с усовершенствованным покрытием. К ним предъявляются аналогичные требования, как ко всем пластичным материалам (см. подразд. 1.1.2).

## 2. СОВРЕМЕННЫЕ ПЛАСТИЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ПОЛИМЕРНОЙ ОСНОВЕ

Применяемые для разметки автомобильных дорог маркировочные материалы различаются по своему составу, способу нанесения, толщине слоя покрытия, способу отвердевания, прочности (износостойкости), эксплуатационным характеристикам.

По толщине слоя покрытия маркировочные материалы подразделяются на тонкослойные и толстослойные.

Тонкослойная дорожная разметка, имеющая толщину менее 1,5 мм, обычно наносится методом разбрызгивания. Для этого, как правило, используют краски, содержащие органические растворители, термопластики или пластики холодного (химического) отвердевания.

Материалы, содержащие органические растворители, базовой основой которых являются полиэферы, в том числе алкидные смолы, хлоркаучук, акрилаты и т.д., являются наиболее широко применяемым видом разметочных красок в США и многих странах Европы. Их широкое распространение обусловлено минимальным временем высыхания (до 60 с) и сравнительно низкой стоимостью таких материалов. Применение маркировочных материалов на водной основе, в которых большая часть органического растворителя заменена водой, сопряжено с использованием специального оборудования, неподвергающегося коррозии. Негативным моментом следует признать также необходимость хранения и транспортировки таких материалов в зимнее время только в отапливаемых помещениях.

Кроме того, при высокой относительной влажности окружающего воздуха заметно возрастает время отвердевания разметки, что в свою очередь приводит к необходимости регулирования движения транспортных средств по дорожному покрытию и приводит к увеличению стоимости такой разметки.

Толстослойные разметки наносятся слоем толщиной 1,5 мм и более.

**Термопластики** («горячие»пластики), представляющие собой термопластичные разметочные материалы, не содержащие растворителей. Обычно термопластичные разметочные материалы выпускаются в виде порошкообразных смесей или в виде блоков. Перед использованием (нанесением на дорожное покрытие) они нагреваются до температуры  $(180 \pm 10)^\circ\text{C}$ , а в некоторых случаях, и выше. Термопластик наносится на покрытие проезжей части с помощью специальных дорожно-разметочных машин, имеющих обогреваемую емкость, скользящую по дорожному покрытию на победитовых полозьях (каретка, башмак), или экструдер. В первом случае расплавленная масса, попадая через регулируемый зазор на дорожное покрытие, адгезирует к поверхности дорожного покрытия, тянется и помогает вытягивать (выбивать) из каретки новую порцию массы. Во втором слу-

чае расплавленная масса, выталкиваемая шнеком, просто выливается на дорожное полотно. Метод с использованием протяжной «каретки» является простым по устройству и несложным в исполнении, но относительно медленным. Ускорить процесс нанесения позволяет термоэкструдер. Однако для этого используют менее вязкий расплав термопластика и более высокую температуру, обеспечивающую необходимую растекаемость массы, попадающей на дорожное покрытие из экструдера через форсунку. Обычно пластик подается через 2 форсунки (или более), расположенных параллельно. Факелы распыляемого термопластика не перекрывают друг друга, а обеспечение ровной и сплошной без проплешин ленты разметки (разметочной полосы) достигается за счет хорошей растекаемости расплава при условии обеспечения непрерывности подачи массы в форсунки: забивка последних из-за попадания, например, посторонних включений приводит к получению разметочной полосы неудовлетворительного качества.

**Пластики горячего распыления** (так называемые «спрейпластики») имеют более жидкую консистенцию, наносятся на покрытие с рабочей температурой 190–200 °С при толщине жидкого слоя 1,0–1,5 мм.

В зарубежной практике именно эти пластики применяются при использовании, как указано выше, специальных экструдерных машин (например, пластик «Weginthermosprei» Австрийского производства). В России широкомасштабный выпуск таких материалов сдерживает отсутствие специальной дорожной техники.

Отвердевание горячего пластика и пластика горячего распыления происходит в момент остывания.

**Холодные пластики**, как правило, состоят из 2-х компонентов, а именно из основного полимерного компонента и отвердителя. Оба компонента перед нанесением на дорожное покрытие смешиваются в смесительном устройстве специальной машины, при этом происходит химическая реакция, которая ведет к отверждению разметочной полосы. Отверждение наступает через 3–5 минут в зависимости от температуры охлаждающего воздуха и дорожного покрытия. В качестве связующей основы в этом случае целесообразно использовать материал на основе акрилатов (метилметакрилатов), отверждаемый перекисями. Такой маркировочный материал целесообразно использовать в местах, где предъявляются высокие требования к дорожной разметке по показателю механической прочности.

В зависимости от особенностей используемой смолы, рабочая смесь из которой формируется холодный пластик, может иметь различную консистенцию: от достаточно вязкой до жидкой. В последнем случае эту смесь наносят на покрытие методом распыла, а сам пластик называется пластиком холодного распыления.

К толстослойным материалам, используемым для дорожной разметки, относятся также и различные **ленты**, выпускаемые, главным образом, за-

рубежными производителями. Так, в работе [6] предложены элементы в виде лент постоянного поперечного сечения, изготавливаемые методом экструзии, или в виде готовых символов, указательных стрел, цифровых и (буквенных) обозначений.

Лента может наклеиваться на поверхность дорожного покрытия как непрерывными, так и прерывистыми полосами или в виде отдельных элементов. Нижняя поверхность ленты для улучшения сцепления с поверхностью дорожного покрытия изготавливается мелкобугчатой. Изготовление ленты из материалов светлых тонов улучшает видимость разметки. На поверхность лент могут наноситься световозвращающие элементы – стеклянные микросферы. Широко известная фирма «Сварко» выпускает в большом ассортименте сформованные ленты из пластика для дорожной разметки, в т.ч. обладающие повышенным сроком службы. Во Франции предложен новый самоклеющийся материал «Stammark A-380-3Д» [7], который обеспечивает выполнение работ по нанесению разметки непосредственно после уплотнения катками, когда температура асфальтобетона в покрытии достигает 75 °С. Однако следует отметить высокую стоимость таких лент.

На интенсивность износа линий дорожной разметки существенное влияние оказывает их расположение в плане. Так, например, линия 1.12 (по ГОСТ Р 51256–99), обозначающая места остановки транспортных средств (так называемая «стоп-линия») на перекрестке подвергается гораздо большему истиранию, чем линия 1.3, разделяющая транспортные потоки противоположных направлений. Очевидно, что линии разметки, которые эксплуатируются меньше, вследствие менее интенсивного истирающего воздействия на них колес автотранспортных средств, меньше изнашиваются, следовательно, необходимость их обновления возникает, как правило, по иным причинам (выветривание, сильное загрязнение и др.). Исходя из этого, для малоэксплуатируемых разметок обычно применяют краски, срок службы которых на автомобильных дорогах с интенсивным движением редко превышает 3 месяца. На автомобильных дорогах с высокой интенсивностью движения в качестве маркировочных материалов используют горячие пластики. Известны работы по оценке экономической эффективности горизонтальной дорожной разметки, проведенные в США. При этом рассматривалась разметка, нанесенная быстро сохнущей краской в сравнении с термопластичным разметочным материалом. Отмечается, что несмотря на повышенную по сравнению с красками стоимость термопластиков, применение такой разметки обладает значительным эффектом благодаря увеличению срока ее службы и более высокой способности противостоять воздействию неблагоприятных дорожно-климатических факторов.

Эффективность дорожной разметки определяется основными техническими характеристиками, в том числе:

- видимостью в дневное время;

- видимостью в ночное время;
- шероховатостью.

Видимость в дневное время определяет различимость разметки при дневном свете. Она определяется коэффициентом яркости (для разметки белого цвета – белизной) при рассеянном освещении, а также значениями стандартных оттенков (координат цветности  $X$  и  $Y$ ) по специальной диаграмме стандартных оттенков.

Под видимостью разметки в ночное время подразумевается ее различимость в свете автомобильных фар в результате обратного (ретро) отражения, что можно рассматривать как разницу между отражением света фар от разметки и дорожного покрытия. В некоторых случаях (например, при мокром покрытии), отражение от асфальта выше, чем от разметки, в результате чего наблюдается обратный эффект: на сером асфальтобетоне дорожная разметка приобретает черный цвет.

Шероховатость является критерием способности разметки сопротивляться скольжению колес автомобиля, т.е. критерием безопасности. Обычно шероховатость (или коэффициент сцепления) измеряют с помощью маятникового прибора на мокрой полосе гладким или рифленным протектором. Согласно ГОСТ Р 51266–99 коэффициент сцепления не может быть ниже 0,3 для гладкого или 0,4 для рифленого протектора.

Учитывая большую протяженность дорог в России, потребность в разметочных материалах велика и ориентировочно составляет порядка 100 тысяч тонн в год. Однако объем производства разметочных материалов в Российской Федерации обеспечивает только часть потребности, остальное количество покрывается частично поставками маркировочных материалов зарубежного производства или не покрывается вовсе.

### 3. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕЦЕПТУР И ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ РАЗМЕТОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В настоящее время самым распространенным материалом для маркировки дорожных покрытий являются термопластичные разметочные материалы. Основу термопластиков составляют термопластичные полимерные, синтетические смолы (полиэфирные, алкидные, нефтеполимерные, эпоксидные и смолы природного происхождения – эфиры канифоли). Смолы используются, как правило, совместно с пластификаторами, обеспечивающими регулирование физико-механических свойств готового термопластика и свойств технологических характеристик его расплава.

Смолы, пластификаторы, некоторые специальные добавки составляют вязущую (связующую) основу термопластиков. В качестве наполнителя в термопластики входят обычно кварцевый песок, различные карбонаты (например, мел) и др. Для обеспечения дневной видимости дорожной разметки используют различные пигменты, наибольшее применение из которых получила двуокись титана. Для обеспечения ночной видимости пластика (как и других разметочных материалов) используют светотехнические элементы – стеклянные микрошарики (микросферы). В состав пластика могут входить и некоторые другие добавки. Например, антиседиментационные добавки, препятствующие оседанию частиц наполнителя в расплаве. Или, например, в патенте [8] предложено использование пластифицированной серы, при этом ее содержание в композиции достигает 60 %, а 40 % приходится на долю наполнителя.

Таким образом, принципиально термопластики состоят из органической и неорганической (минеральной) частей. Именно по данному признаку получил свое название первый отечественный термопластик – пластик органоминеральный «п-орга-мин», разработанный в ЛТИ им. Ленсовета (ныне Санкт-Петербургский технологический институт) на кафедре пластмасс под руководством профессора Николаева А.Ф. в 1975 году. Производство его было организовано на оборудовании Ленинградского завода «Победа». Состав термопластика разработан на основе специально синтезированной полиэфирной смолы ПЭФ-1101. Более известен термопластик на основе двух полиэфирных смол: № 46–1т-73 и № 21–4т-77 под индексом ПЛ-5142 (разработка ГИПИ ЛКП, г. Москва [9]). Производство термопластика ПЛ-5142 было организовано на заводе «Модэм» (ранее завод им. Октябрьской революции) в г. Ростове-на-Дону, а также на Одесском лакокрасочном заводе (Украина), известно его применение до конца 1990-х годов. Состав термопластика приведен в табл. 3.1. Коэффициент диффузного отражения (белизна) такого термопластика в среднем составляет 60 %, растекаемость – 5–10 мм, температура размягчения – 65 °С.

При необходимости по требованию заказчика в состав термопластика вводились светотехнические элементы (стеклянные микрошарики или лю-

минофором). Близкими по составу к этой, ставшей по сути уже классической композицией, в Российской Федерации был создан ряд термопластиков, в том числе ПГС-1 (НИИПМ, г. Пермь). ПЛ-Ш, «Технопласт» (ФЦДТ «Союз», г. Дзержинский), ТПК (ООО «Русласфальт», Московская область), Т-1 (АО «Термопласт», г. Санкт-Петербург). Многие из них успешно применялись для маркировки дорожных покрытий.

Т а б л и ц а 3 . 1

Компонентный состав термопластика ПЛ-5142

Наименование компонента	Содержание, % по массе
полиэфирная смола № 46	25 ± 1,0
полиэфирная смола № 21	4 ± 1,0
трансформаторное масло	1,15 ± 0,5
песок кварцевый	59,35 ± 1,0
диоксид титана	7,0 ± 1,0
целиокс-323	3,0 ± 1,0
аэросил 380	0,5 ± 0,5

Наряду с термопластиками на основе полиэфиров, в РФ производятся и используются термопластичные разметочные материалы на основе нефтеполимерных (углеводородных), а также канифольных смол.

Из термопластиков зарубежного производства, часто применяемых в РФ, следует отметить «Сваркотерм» производства широко известной фирмы «Сварко» (Австрия), АКП-16 (чаще называемый «НИЛАПЛАСТ») производства фирмы «Lafrenz» (Германия), пластик TRMS фирмы «Cleanosol» (Швеция) и др., вяжущей основой большинства из которых является углеводородная смола, имеющая торговое название Escorez-1102 RM. Она представляет собой слабоокрашенную смолу, обладающую достаточной термической устойчивостью и устойчивостью к ультрафиолетовому излучению. Отмечается [10, 11], что смола Escorez-1102 RM на протяжении длительного времени с успехом используется для производства маркировочных материалов в большинстве Европейских стран. Основные характеристики смолы приведены в табл. 3.2.

Т а б л и ц а 3 . 2

Основные свойства смолы Escorez-1102 RM

Наименование показателя	Значение показателя
Температура размягчения, °С	100
Окраска	Оптически прозрачна, янтарного цвета, 7 единиц по шкале Гарднера
Запах	Отсутствует, в т.ч. у расплава
Молекулярная масса	1300
Плотность, г/ см <sup>3</sup>	0,97
Бромное число, г	15
Температура воспламенения, °С	250

Анализ доступной отечественной и зарубежной литературы показывает отсутствие точной информации, позволяющей осуществлять отличие одного состав термопластика от другого, однако основные характеристики составов хорошо известны (табл. 3.3).

Т а б л и ц а 3 . 3

Основные характеристики некоторых зарубежных термопластиков,  
применяемых в РФ

Наименование показателя	Показатели свойств для термопластиков коэффициент диффузного отражения (белизна), %		
	АКП-16	TRMS	Сваркотерм
1	2	3	4
Удельный вес, г/см <sup>3</sup>	2,0	2,0	1,9
Температура размягчения, °С	99	90	95
Белизна, %	80	80	85
Световозвращение, мкд/м <sup>2</sup>	150	180+10	150
Температура переработки, °С	180±10	180+10	200
Скорость истечения расплава, г/с	5	3,5	5
прочность на сжатие, +20°С, МПа	13	1,5–2,5	10
число Шора, +46 °С	20	0	0
время формирования полосы, мин	5–10	5–10	5–10

### 3.1. Наполнители в пластиках

Назначение наполнителей в любой полимерной композиции – это, прежде всего, удешевление целевого материала. При этом одновременно решаются вопросы усиления композиции. В настоящей работе вопрос о наполнителях широко не рассматривается. В современных термопластиках, например, никогда не применяются непрерывные армирующие наполнители, т.е. волокнистые вещества, ленты, жгуты и т.п. Это связано с тем, что переработка термопластичных разметочных материалов в подавляющем большинстве случаев осуществляется по принципу свободного литья термопластичных расплавов. При такой технологии использование волокнистых наполнителей потребовало бы большого содержания в составе термопластика жидко-вязких связующих элементов, и, следовательно, задача удешевления маркировочного материала не была бы решена в достаточно полной мере.

В термопластичных разметочных материалах используются дисперсные минеральные наполнители, а именно: порошкообразные кристаллические оксиды, соли, в том числе мел, известняк, доломит, кварц, каолин и др. Самым распространенным материалом, используемым в качестве наполнителя в термопластиках является кварцевый песок (по ГОСТ 2138–91).

Как правило, в практике компоновки дорожно-разметочных составов используют кварцевый песок, величина частиц которого диктуется наличием в непосредственной близости к месту производства термопластика песчаного карьера, где наиболее широкое распространение имеют среднезернистые, и несколько реже, крупнозернистые пески. Однако размер зерен песка имеет важное практическое значение, и, в первую очередь, с позиции организации наиболее плотной упаковки частиц наполняется с целью получения наиболее технологичного (менее вязкого) расплава термопластика. При этом следует исходить из теории плотной упаковки частиц, согласно которой должны выполняться два условия: диаметр частиц наиболее крупной по величине зерен фракции ( $D$ ) и диаметр частиц следующей по величине зерен фракции ( $d$ ) при наиболее плотной упаковке должны удовлетворять следующему условию:

$$\frac{D}{d} \geq 6. \quad (3.1)$$

1. Соотношение концентрации частиц с диаметром  $D$  ( $C_D$ ) и концентрация частиц с диаметром  $d$  ( $C_d$ ) должно составлять:

$$\frac{C_D}{C_d} = \frac{3}{1}. \quad (3.2)$$

При соблюдении вышеперечисленных условий обеспечивается наиболее компактное расположение частиц заполнителя в объеме разметочного материала, при этом так называемый «мертвый» объем между крупными частицами будет заполняться мелкими частицами, обеспечивая в целом получение технологичной композиции при максимально возможной концентрации наполнителя (рис. 3.1).

При несоблюдении указанных условий объем межзерновых пустот заполняется жидкой фазой, а недостаточное ее количество приводит к потере технологичности разметочного материала. При этом важное значение имеет сферическая форма частиц, отсутствие сколов, наличие частиц третьей, четвертой и последующих фракций, так как полифракционность частиц наполнителя всегда благоприятнее наличия двух фракций или монофракционности. Поэтому использование наряду с песком менее (или более) крупных частиц (стеклянных микрошариков) и более мелких частиц (мела, двуокси титана, извести, микробарита, каолина и др.) является решающим основанием для получения наиболее технологичной композиции термопластика. В табл. 3.4 приведен характерный гранулометрический состав различных материалов, применяемых в качестве наполнителей в термопластичных разметочных материалах.

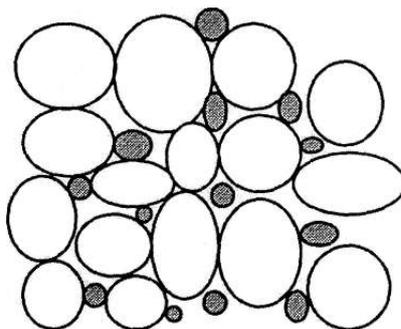


Рис. 3.1. Схема расположения частиц наполнителя различного фракционного состава в композиции

Следует отметить, что крупнозернистый песок может быть подвергнут измельчению до пылевидного состояния. Средний диаметр частиц такой модификации песка соответствует 0,05–0,025 мм, для частиц каолина – 0,007–0,008 мм, для двуокиси титана диаметр частиц составляет 0,2–1,0 мкм. Использование этих материалов позволяет говорить о полифракционности частиц наполнителя.

Т а б л и ц а 3 . 4  
Гранулометрический состав наполнителей

Вид наполнителя	Содержание фракции, мм, в % по массе						
	1,0–0,71	0,70–0,50	0,50–0,25	0,25–0,125	0,125–0,09	0,09–0,063	<0,063
Песок среднезернистый	0,1	1,3	34,1	62,5	1,3	0,7	0,1
Стеклянные микро-шарики	2,8	12,6	60,7	23,7	0,1	0,1	–
Мел природный	–	–	0,4	0,6	5,6	93,3	–
Известь гидратная	–	–	–	0,3	1,0	98,0	0,5
Известняковая мука	–	–	–	0,5	96,0	3,0	0,5

В качестве примера рассмотрим, насколько близко к теории плотной упаковки частиц подобрана композиция немецкого термопластика АКП-16р, содержащего 25 % стеклянных микрошариков, 22 % мела, 25 % песка и 8 % двуокиси титана  $TiO_2$  (табл. 3.5, 3.6).

Т а б л и ц а 3 . 5  
Фракционный состав наполнителя термопластика АКП – 16р

Показатели свойств	Значение показателей для компонентов			
	стеклянные микрошарики	песок	мел	$TiO_2$
Содержание, %	25	25	22	8
Средний диаметр, мкм	250	630	75	0,2–1,0
Фракция	N1 (крупная)	N1 (крупная)	N2 (мелкая)	N3 (сверхмелкая)

Таблица 3.6

Параметры упаковки частиц наполнителя термопластика АКП-16р

Показатели	Теоретическое значение (при плотной упаковке частиц)	Фактическое значение
$C_d/C_{d1}$	3	2,27
$C_{d1}/C_{d2}$	3	2,75
$D/d_1$	$\geq 6$	5,9
$d_1/d_2$	$\geq 6$	7,5

Анализ данных приведенных выше таблиц показывает, что фракционный состав наполнителя термопластика АКП-16р при использовании грубого песка близок к теории плотной упаковки, что обеспечивает весьма удовлетворительную технологичность расплава при сравнительно небольшом содержании жидкой фазы – 20 %.

В табл. 3.7 приведены значения скоростей истечения расплава термопластика ПЛ-Ш следующего состава: песок (средней крупности) – 64 %, каолин – 4 % и  $TiO_2$  – 5 %, а также микростеклошарики средним диаметром 600 мкм в количестве 8 % в зависимости от особенностей наполнителя.

Таблица 3.7

Скорость истечения расплава термопластичного разметочного материала ПЛ-Ш в зависимости от особенностей наполнителя

Композиция	Скорость истечения расплава, г/с
ПЛ-Ш с микростеклошариками	3,7
ПЛ-Ш с заменой микростеклошариков на песок	1,8
ПЛ-Ш с заменой микростеклошариков на пылеватый песок в количестве:	
13,6 %	3,5
10,0 %	4,0
6,4 %	3,2
ПЛ-Ш без микростеклошариков при использовании в замену части песка известняковой муки в количестве:	
13,6 %	3,0
10,0 %	3,8
6,4 %	1,9

**Примечание.** Оценка проведена при температуре расплава 180 °С. Данные следует рассматривать только как сравнительные.

Из приведенных данных следует, что исключение из состава термопластика сравнительно крупных частиц, в данном случае стеклошариков, приводит к заметному ухудшению его текучести и делает его непригодным в отношении его технологических свойств. Введение в состав тонкодисперс-

ных наполнителей (пылевидный песок, мел, известняковая мука) в определенных пределах заметно улучшает реологические свойства расплава термопластика и позволяет уменьшить количественное содержание дорогостоящего вяжущего компонента.

Важно отметить, что использование пылевидного песка, полученного за счет искусственного измельчения его крупных фракций, благоприятно сказывается на технологичности расплава термопластика, однако приводит (в данном случае) к потере его белизны.

В этой связи использование обычного природного мела или аналогичного ему по гранулометрическому составу другого материала (например, кальцита) более предпочтительно. Выпускаемый промышленностью мел не содержит посторонних примесей, видимых невооруженным глазом. Массовая доля влаги мела согласно ГОСТ 12085–88 не должна превышать 0,2 %. Транспортная маркировка мела предусматривает указание на тарных местах манипуляционного знака «боятся сырости», однако мел из-за локального случайного увлажнения может содержать отдельные слежавшиеся комки, которые неблагоприятным образом впоследствии могут сказываться при проведении разметочных работ.

Взамен мела с большим успехом может быть использовано множество других в настоящее время хорошо освоенных промышленностью белых наполнителей.

## 3.2. Современные белые наполнители

В практике разработки и производства современных разметочных термопластиков большое распространение получили микрокальциты (микромраморы) и некоторые другие микронизированные наполнители на основе природных сырьевых материалов – доломита, барита, талька, каолина и др., сочетающих в себе высокую степень химической чистоты, эффективное дисперсионное распределение по маркам и высокую оценку цветовых предпочтений (максимальные белизну и яркость при минимальной желтизне материала).

### 3.2.1. Микрокальциты

Для всех микрокальцитов, выпускаемых под разными марками, как в России, так и в ряде зарубежных стран, исходным сырьём является микрокристаллический мрамор, содержащий кристаллический карбонат кальция  $\text{CaCO}_3$  (98–99 %) с плотностью 2,70–2,75 г/см<sup>3</sup>, твёрдостью (по шкале Мооса) – 3, коэффициентом преломления – 1,59 и влажностью не более 0,2 %. Свойства некоторых микрокальцитов представлены в табл. 3.8.

Однако ряд микрокальцитов далеко не ограничивается представленными в табл. 3.8 примерами. Они разнообразны по размерам частиц, их распределению, белизне и другим параметрам.

Т а б л и ц а 3 . 8

Свойства некоторых микрокальцитов

Показатели свойств	Значения свойств для микрокальцитов							
	Мк-10-96, серия стандарт	Мк-05-96, серия стандарт	Мк-50-97, серия стандарт	Мк-1	Урал-карб	Мк-07-99, серия супер	Omiya-carb 5Gu	Nordcals FC-7
Массовая доля остатка на сите 0,045, %	0,2	0,1	50	0,01	<0,03	0,05	0,05	0,3
Медианный размер частиц, мкм	10	5	45	10	7	6,2	4,7	6,4
Белизна, %	96,5	96,5	87	94	93,6	98,8	97,8	98

### 3.2.2. Другие белые наполнители

Из прочих наполнителей для разметочных термопластиков применяют микроломиты, микробариты и микротальк (табл. 3.9, 3.10).

Важно отметить, что отмеченная экономия связующего и пигмента не создаёт реальной экономии в практике изготовления термопластиков в связи со сравнительно высокой стоимостью самого микробарита, что сдерживает его широкое применение для производства разметочных материалов.

Т а б л и ц а 3 . 9

Основные свойства некоторых наполнителей

Наименование показателя	Показатели свойств для наполнителей			
	Микроломит		микробарит мибари 05-98	микротальк митал 07-98
	мидол 07-98 серия «Супер»	МИДОЛ МД-60		
1	2		3	4
Минеральный состав	Кристаллический карбонат кальция-магния $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$		Сульфат бария природный $\text{BaSO}_4$	—
Химический состав	MgO-21-23 % CaO-30-32 %		$\text{BaSO}_4$ -97-99 % $\text{CaCO}_3$ -0,2-0,5 %	$\text{SiO}_2$ -60 % MgO -32 %
Плотность, г/см <sup>3</sup>	2,85-2,90		4,4-4,6	
Твёрдость (по шкале Мооса)	3,5-4,0		3,0	

Окончание табл. 3.9

1	2		3	4
Коэффициент преломления	1,60		1,64	
Остаток на сите 0045, %	0,1	–	0,05	0,07
Медианный диаметр частиц, мкм	7,0	60	5,0	6,7
Белизна, %	98,5	95	98	87
Желтизна, %	2,5	–	2,5	2,0
Маслоёмкость, г/100 г	16	15,6	10	34

Таблица 3.10

**Особенности термопластиков при использовании  
в качестве наполнителей микробарита**

Состав и свойства	варианты			Примечание
	микрокальцит УР-7(18 %)	микробарит 05–98 (18 %)		
Содержание связующего, %	19,2	19,2	17,6	–
Пигмент, %	5	5	3	–
Кварцевый песок, %	36,8	36,8	40,2	–
скорость истечения расплава, г/с	4,6	6,2	5,1	желательный уровень 4,8–5,2
Белизна, %	82	83	79	≥78

### 3.3. Седиментационная устойчивость расплава термопластика

Некоторые разметочные материалы отечественного производства (ПЛ-5142, ПГС, ТР-1) обладают одним общим недостатком – расслоением расплава, связанным с седиментацией наполнителя. В составах зарубежных термопластиков такое расслоение, как правило, отсутствует.

Наличие расслоения в расплаве приводит к локальному снижению его технологичности в рабочих емкостях разметочной машины при отсутствии перемешивания, в частности, в каретке разметочной машины, где вообще отсутствует перемешивание при высоте «столба» расплава равном 180 мм. Особенно заметно это проявляется при прерывании стока расплава из заполненной каретки в связи с необходимостью перемещения разметочной машины на автомобильной дороге в другую позицию. Наличие расслоения

в расплаве может приводить также к снижению качества линий дорожной разметки, что связано с сильной хрупкостью нижнего слоя, т.к. в этом случае поверхностный слой в основном представлен окрашенной пластифицированной смолой, а нижний слой – песком с минимальным содержанием вяжущего.

Как следствие, расслоение термопластика в процессе эксплуатации должно привести к загрязнению поверхностного слоя, затем его быстрому износу, а оставшийся «приасфальтовый» слой наполнителей будет быстро разрушаться из-за отсутствия вяжущих. Для уменьшения расслоения расплава в состав ПЛ-5142 вводится аэросил (0,5 %). Известны попытки исключения расслоения расплава ТР-1 путем обеспечения максимальной степени наполнения и снижения температуры при проведении разметочных работ. Однако эти приемы к существенной стабилизации расплава не привели. При компоновке состава ПЛ-Ш указанный недостаток был устранен путем введения в состав добавки из класса бентонитов, в частности каолина [13, 14].

Каолин представляет собой высокодисперсный алюмосиликат с размерами частиц 7–8 мкм, плотностью кристаллов 2,4–2,6 г/см<sup>3</sup>. Кристаллы при этом имеют моноклинную форму.

Бентониты – это глины, содержащие SiO<sub>2</sub> (30–70 %), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (10–40 %) и воду (5–10 %). В меньших количествах в них содержится Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, FeO, TiO<sub>2</sub>, CaO, MgO и некоторые другие вещества. Каолинитовые глины отличаются высокой пластичностью и малым содержанием железа. Пластичность этих глин увеличивается с ростом степени дисперсности. При этом в очень сильной степени проявляется их способность к сорбции при смачивании водой или другими жидкостями. Не случайно каолинитовые глины применяют в ирригационном строительстве для уменьшения фильтрации вод, в нефтяной промышленности для очистки нефтепроводов и отработанного трансформаторного масла, в шинной и парфюмерной промышленности способность каолинитов, в частности каолина, к сорбции различных веществ, используется для обеспечения (сохранения) более равномерного химического состава при множестве ингредиентов. Указанную способность каолинитов, в частности каолина, к сорбции различных веществ, входящих в смеси, например, в дорожный термопластик, и используют для замедления или исключения процесса седиментации наполнителя из расплава термопластов. Авторы [14, 15] использовали каолин марки П-2, П-3, КРТ шп, КРТ ш. Указанные марки означают целевое использование каолина для парфюмерной и шинной промышленности. Для повышения эффективности каолин, используемый в указанных отраслях промышленности, а также для производства бумаги, обогащают, удаляя вредные примеси (гидроксиды, сульфиды железа и др.). При этом резко повышается его белизна,

что в случае термопластиков играет далеко не последнюю роль. В этой связи такие каолины иначе называют «белой глиной» [15].

Оценка седиментации наполнителя из расплавов термопластика проводилась следующим образом. В вертикальной фольговый (алюминиевый) стакан высотой 180 мм и диаметром 30 мм, имитирующий каретку разметочной машины, заливался расплав термопластика. Затем стакан выдерживался вертикально в термостате при рабочей температуре заданный промежуток времени (1 ч) и охлаждался. Затвердевший термопластик освобождался от фольги и разбивался на три примерно равные части по высоте. Каждая часть отдельно расплавлялась, и оценивалась скорость истечения расплава. Уменьшение скорости истечения расплава сверху вниз по высоте «столба» свидетельствовало о седиментации наполнителя, одинаковая скорость – об ее отсутствии.

Результаты исследований по выбору оптимального количества каолина, обеспечивающего исключение седиментации наполнителя в составе ПЛ-Ш, показаны на рис. 3.2 и приведены в табл. 3.11.

Т а б л и ц а 3 . 1 1

Оценка седиментации наполнителя

Объект испытания (зона расплава)	Скорость истечения расплава некоторых полиэфирных термопластиков, г/с, (при 180 °С)					
	ПЛ-5142	пгс	ТР-1	ПЛ-Ш без каолина	ПЛ-Ш с каолином, опыт 1	ПЛ-Ш с каолином, опыт 2*
1 зона (верх)	2,3	3,6	2,8	4,3	2,8	3,1
2 (середина)	0,7	0,9	0,5	0,3	2,7	3,2
3 зона (низ)	0,6	0,2	0,3	0,1	2,8	3,0

**П р и м е ч а н и е .** \* В последних составах использовано 5 % каолина. В опытах продолжительность термостатирования расплава без перемешивания в приведенных опытных данных составляет 60 минут.

Изменение характеристик состава термопластика в зависимости от концентрации каолина приведено в табл. 3.12, из которой следует, что технологичность расплава термопластика с увеличением содержания каолина снижается при сохранении других характеристик, а предельно допустимым значением содержания его в составе является 5 %. Однако и этого, меньшего количества каолина оказывается достаточным для того, чтобы заметно снизить развитие седиментационного процесса.

В современных термопластиках на основе нефтеполимерных или канифольных смол, содержащих, как правило, такие полимерные добавки, как сэвилен или стирол-изопренстирольный сополимер, и создающих в композиции, в том числе и в расплаве, как бы армирующую сетку в виде

тяжей, препятствующую седиментации наполнителя, использование каолина становится излишним и даже вредным, так как с увеличением содержания каолина заметно снижается технологичность расплава. В некоторых зарубежных термопластиках для усиления антиседиментационного эффекта иногда в их состав вводят тальк (до 4 %), учитывая макрочешуйчатую форму тальковых частиц.

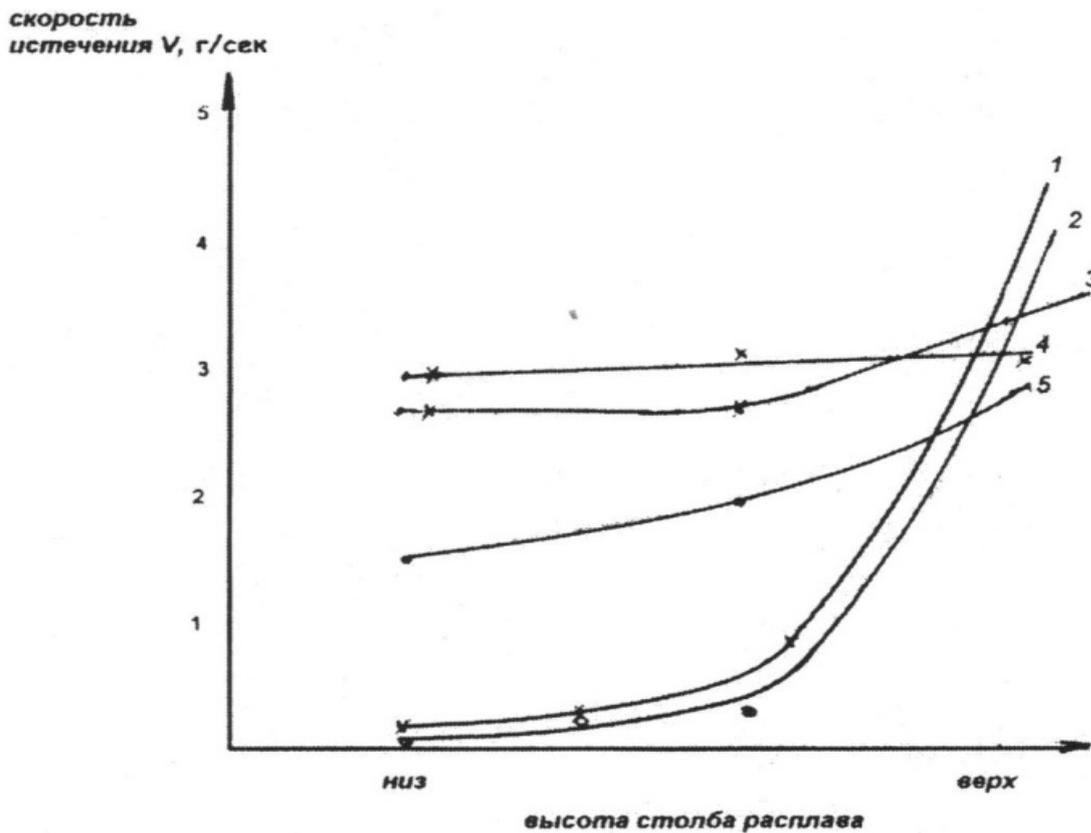


Рис. 3.2. Влияние концентрации каолина на технологичность расплава термопласта с учетом высоты столба расплава: 1 – без каолина; 2 – с 1 % каолина; 3 – с 3 % каолина; 4 – с 4–5 % каолина; 5 – с 0,5 % белой сажи

Таблица 3.12

Изменение характеристик состава термопластика в зависимости от концентрации каолина

Содержан каолина, %	Основные характеристики состава термопластика				
	Скорость истечения, г/с	Растекательность, мм	Прочность при сжатии, МПа	Модуль упругости при сжатии, МПа	Цвет термопластика
0	2,8	8,0	6,9	95,5	белый
1	2,7	8,0	7,4	140	белый
3	2,7	10,0	10,3	221	белый
5	2,7	10,0	7,6	116	белый
10	0,5	14,0	7,6	116	белый
15	0,2	22,0	7,5	116	белый

### 3.4. Видимость дорожной разметки в дневное время суток

Линии дорожной разметки, расположенные горизонтально, должны резко выделяться на фоне дорожного покрытия в дневное время суток. Линии постоянной дорожной разметки должны иметь равномерную белую окраску, хотя действующие нормативные документы допускают наряду с белой использование красителей желтого и оранжевого цветов.

Видимость разметочных полос в дневное или ночное время суток – важнейшая техническая характеристика дорожно-разметочного материала. Оценивают ее с помощью специальных приборов – блескомеров (ФЭБ-2, ФЭБ-3 – фотоэлектрический блескомер). Измеряемой величиной для белых материалов является белизна, а в общем виде коэффициент яркости, который представляет собой отношение яркости тела (в данном конкретном случае поверхности дорожной разметки) к яркости совершенного эталона, находящегося в тех же условиях освещения. Для измерения коэффициента яркости применяют спектрофотометры, колориметры или яркомеры с геометрией измерений  $45^\circ$  соответственно углом освещения измеряемой поверхности  $45 \pm 5^\circ$  и углом наблюдения этой поверхности  $90 \pm 10^\circ$  относительно нормали к поверхности испытуемого образца, позволяющих считать результат непосредственно по шкале прибора (рис. 3.3).

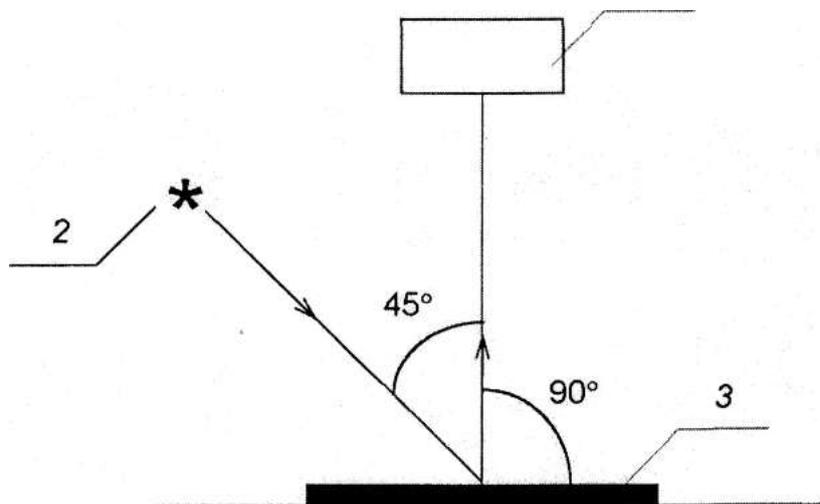


Рис. 3.3. Схема прохождения светового луча:  
1 – колориметр, 2 – источник света, 3 – поверхность испытуемого образца

Такая схема наблюдения разметки при оценке коэффициента яркости (сверху вниз) не вполне корректна и, конечно, не соответствует условиям оценки видимости разметки водителем автомобиля. За рубежом существует специальное нормативное требование (Европейский стандарт EN1436 «Материалы для дорожной разметки») по оценке коэффициента видимости разметки при рассеянном дневном и искусственном освещении при обеспечении угла наблюдения разметки  $\alpha = 2,29^\circ$  между направлением измерения и поверхностью разметки. В России такая оценка не введена.

Кроме того, хорошо известно, что для любых материалов характерны те или иные оттенки по цвету. Оптимальные значения цветности можно определить с помощью специального прибора колориметра-компаратора при расположении источника света под углом  $45^\circ$ , а измерительного прибора перпендикулярно к поверхности разметки.

В результате измерения определяют так называемые координаты цветности  $X$  и  $Y$  точек пересечения граничных линий цветных областей дорожной разметки, которые определяются в колориметрической системе МКО (Международной комиссии по освещению) 1931 года (табл. 3.13, рис. 3.4).

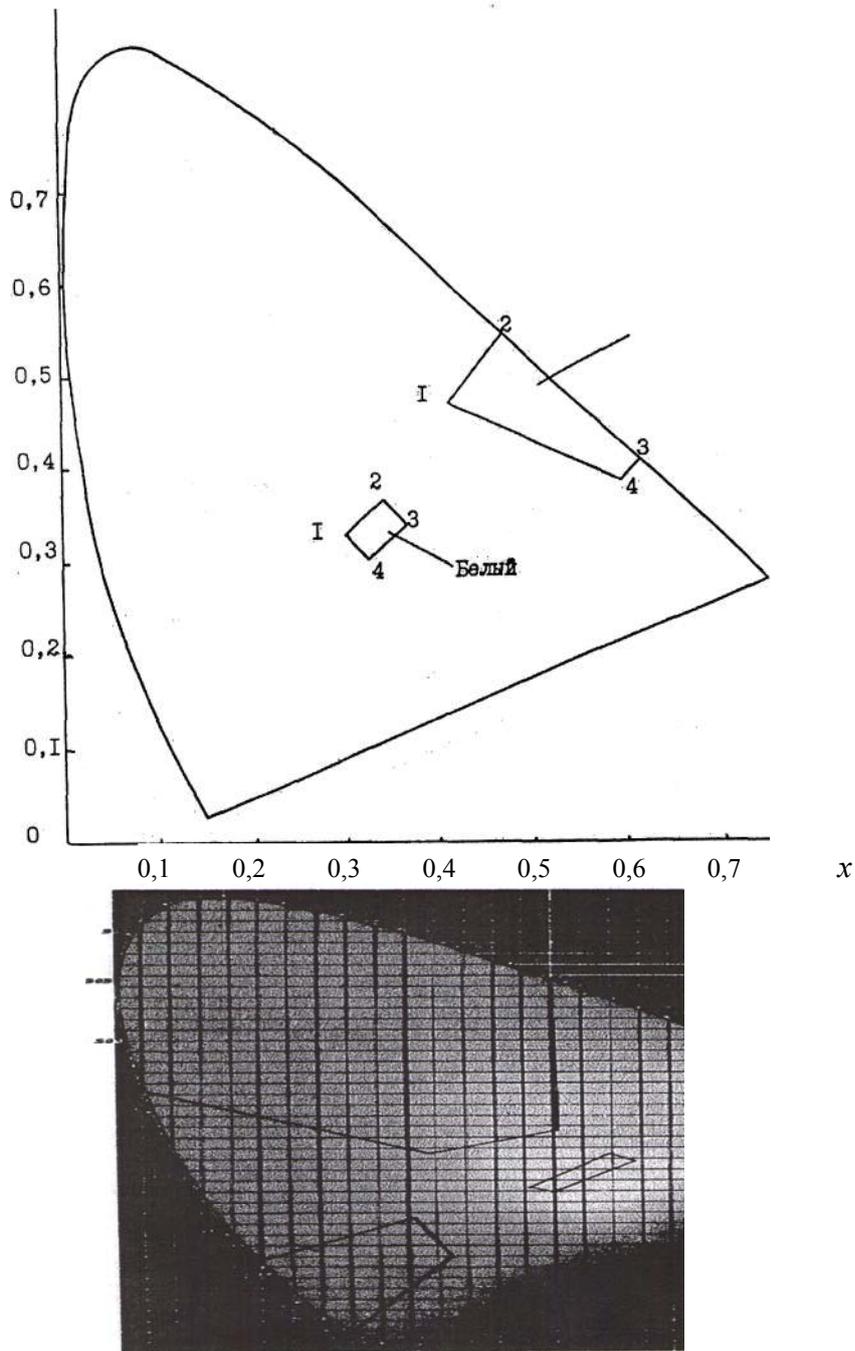


Рис. 3.4. График цветных областей для дорожной разметки

## Координаты цветности

Цвет	Обозначение координат	Координаты точек пересечения			
		1	2	3	4
Белый	X	0,295	0,339	0,367	0,332
	Y	0,320	0,359	0,335	0,295
Желтый	X	0,404	0,463	0,600	0,580
	Y	0,460	0,535	0,390	0,375

В России, к сожалению, в настоящее время такие приборы (по оценке координат цветности) не выпускаются, а среди различных приборов, выпускаемых за рубежом, наибольшее предпочтение следует отдать колориметру, или точнее спектрофотометру СА-22, предназначенному именно для определения и координат цветности, и оттенков цвета, и равномерности окраски производства фирмы X-Rite (США).

Обеспечение оптимальной требуемой окраски у разметочных материалов достигается с помощью пигментов [16], т.е. высокодисперсных порошкообразных красящих веществ, практически нерастворимых (в отличие от красителей) в воде, органических растворителях, пленкообразователях и других окрашиваемых средах. Для каждого пигмента существует свой оптически оптимальный размер частиц (обычно в пределах 0,2–1,0 мкм), при котором основные оптические свойства – поглощение, отражение и рассеивание света максимальны, поэтому расход такого пигмента для окраски минимален. Практически размер агрегатов пигментов составляет 0,2–40 мкм.

Для оценки качества пигментов используют ряд технико-экономических характеристик.

*Укрывистость* – свойство делать невидимым цвет окрашиваемых подложек, оценивает расход пигмента (в  $г/м^2$ ), который уменьшается с увеличением разности показателей преломления пигмента ( $ng > 1,55$ ) и окружающей среды (для органических веществ  $ng = 1,48...1,55$ ). Вещества, у которых показатель преломления  $ng < 1,55$ , служат наполнителями или так называемыми функциональными пигментами (увеличивают массу, твердость, снижают расход дефицитных и других пигментов).

*Кроющая способность* – способность цветных пигментов влиять на цвет полученной пигментной смеси (композиции): чем выше кроющая способность, тем меньше количество пигмента необходимо для доведения смеси до стандартного оттенка (для белых пигментов эта характеристика трансформируется в так называемую разбеливающую способность). В обоих случаях характеристика оценивается относительной величиной (в %), получаемой путем сравнения количества испытываемого и эталонного пигмента. Для разметочных материалов эта характеристика имеет значение в случае производства цветной разметки.

*Маслоемкость* – количество масла (г), необходимое для смачивания и превращения 100 г порошка пигмента в нетекучую пасту, т.е. это технологическая характеристика.

Пигменты также характеризуют по цвету, его оттенку, чистоте тона, яркости, светостойкости, термической устойчивости и т.д. В случае полиморфных веществ не все кристаллические структуры их могут быть пигментами. Так, для важнейшего белого пигмента – двуокиси титана – существует кристаллическая структура – брукит, которая в отличие от других структур – рутила и анатаза, пигментом не является.

Наиболее важные белые пигменты, применение которых возможно при производстве разметочных материалов, представлены  $TiO_2$  (рутил, анатаз), цинковыми белилами ( $ZnO$ ), литопон ( $ZnS \cdot BaSO_4$ ), свинцовыми белилами ( $2PbCO_3 \cdot Pb(OH)_2$ ), фосфатом цинка ( $Zn_3(PO_4)_2 \cdot nH_2O$ ).

Безусловно, наиболее важным пигментом является двуокись титана [17, 18]. Следует это из сравнения его свойств со свойствами других белых пигментов, которые он превосходит и по его показателю преломления, и с точки зрения минимальной укрывистости, а также с позиции большего значения предельно допустимой концентрации ПДК (табл. 3.14) [19].

Т а б л и ц а 3 . 1 4

Свойства белых пигментов

Пигмент	Показатель преломления $n_g$	$\gamma$ , г/см <sup>3</sup>	Оптимальный размер частиц, мкм	$S_{уд}$ , м <sup>2</sup> /г	Укрывистость, г/м <sup>2</sup>	Маслоемкость г/100 г	ПДК мг/м <sup>3</sup>
$TiO_2$	2,72	4,20	0,18	7–20	25–40	17–20	10
Рутил							
Анатаз	2,55	3,85	0,20	9–15	30–45	20–25	10
Цинковые белила	2,05	5,50	0,47	6–10	100–140	12–18	0,5
Литопон	1,84	4,30	0,29	1,5–3,0	110–140	13–15	0,5
Свинцовые белила	2,09	6,65	0,49	1,25	140–200	9–12	0,01

Важнейший из белых пигментов – диоксид титана – внешне представляет собой бесцветные кристаллы, которые при нагревании чуть желтеют, но обесцвечиваются после охлаждения. Диоксид титана известен, как уже отмечалось, в виде нескольких кристаллических модификаций минералов: рутила и анатаза, обладающими тетрагональной структурой с разными размерами элементарной ячейки, и брукита с ромбической структурой. Брукит не стабилен, при нагревании превращается в рутил.  $TiO_2$  не растворяется в воде, разбавленных минеральных кислотах и щелочах.

Рутильная форма пигментного диоксида титана обеспечивает длительный срок службы покрытий в атмосферных условиях, в то время как анатазная форма двуокиси титана, цинковые белила и литопон долговечны только в покрытиях, применяемых внутри помещения. Свинцовые белила придают особую стойкость покрытиям, однако в виду своей ядовитости их производство и применение ограничены законом.

Диоксид титана широко применяется в качестве пигмента в лакокрасочной промышленности, в производстве бумаги, синтетических волокон, пластмасс, резинотехнических изделий, производстве керамики, белой эмали и т.д. Мировое производство его составляет порядка 2,3–2,6 млн тонн в год.

В России производство пигментной двуокиси титана, имеющего большое промышленное значение, практически отсутствует. Отечественная промышленность использует диоксид титана производства зарубежных фирм (Англия, ФРГ, Украина). К потребителю этот материал поступает в мягких прорезиненных контейнерах весом 625 кг или по 50 кг в мешках. В производстве разметочных материалов поставка в мешках предпочтительнее, что обуславливается меньшим выделением пыли при использовании, так как пыль  $TiO_2$  обладает раздражающим действием и может стать причиной ряда таких заболеваний, как бронхит, пневмосклероз и др. ПДК в воздухе рабочей зоны при этом должна составлять не более  $10 \text{ мг/м}^3$ , в атмосферном воздухе – не более  $0,5 \text{ мг/м}^3$ , в воде –  $0,1 \text{ мг/л}$ .

Концентрация двуокиси титана в дорожно-разметочных материалах составляет 5–15 % и частично определяется как оптическими характеристиками компонентов, входящих в материал, так и качеством используемого пигмента. Исследования показывают, что наилучший эффект с позиций белизны разметочного материала получается при использовании в составе термопластика светлых слабоокрашенных смол, светлого кварцевого песка (например, производства Раменского ГОК) и  $TiO_2$  марок «Кегшга» (Финляндия), T11–92 (Англия), R-706 и 11–105 фирмы «Дюпон», США, имеющих наибольшее содержание основного вещества (до 99 %). Важно отметить, что использование в качестве пигмента титановых концентратов, в состав которых входят инертные наполнители (например тальк) и 25–70 %  $TiO_2$  в виде оболочки (оболочковые пигменты), является неэффективным, т.к. стоимость таких пигментов в итоге повышается с учетом необходимости его повышенного расхода.

В табл. 3.15 приведена оценка эффективности оболочкового пигмента  $TiO_2$ , в термопластике на основе полиэфирной смолы.

Т а б л и ц а 3.15

Оценка эффективности оболочкового пигмента  $TiO_2$ , (КНР),  
в термопластике на основе полиэфирной смолы

Содержание $TiO_2$ в пигменте, %	Содержание пигмента в составе термопластика, %	Белизна термопластика, %
100	4,0	72
25	4,0	60
	8,0	65
33	4,0	64
	8,0	72
40	4,0	69
	8,0	74,0

### 3.5. Красящие пигменты

Действующие нормативные документы предусматривают применение в термопластиках пигментов преимущественно желтого, реже – оранжевого цветов.

Желтые и оранжевые пигменты могут быть органического и неорганического происхождения, при этом неорганические пигменты разделяются на две большие группы – хроматы различных металлов (общее название – крона) и оксиды железа с разной степенью гидратированности. Крона (обычно соли свинца и цинка) являются высокотоксичными соединениями (ПДК –  $0,01 \text{ мг/м}^3$ ). Железоокисные пигменты, напротив, не токсичны. Цвет железоокисных пигментов в сильной степени зависит от размера частиц. Так пигмент железоокисный жёлтый с частицами менее  $0,2 \text{ мкм}$  имеет блекло-жёлтую окраску с зеленоватым оттенком, с частицами  $0,3\text{--}0,4 \text{ мкм}$  – ярко жёлтую окраску, а с частицами  $0,5\text{--}0,8 \text{ мкм}$  жёлтый цвет, обладающий наибольшей красящей способностью.

По химической природе жёлтые и оранжевые органические пигменты – это азосоединения, diaзосоединения, полициклические антрахиноновые соединения и др. (табл. 3.16).

Органические пигменты являются, как правило, чисто декоративными и отличаются высокой кроющей способностью и, следовательно, малым расходом материала. По своей природе органические пигменты высокодисперсны, однако, всегда прочно агрегированы и с трудом поддаются диспергированию.

В практике разработки дорожно-разметочных материалов жёлтого или оранжевого цветов обычно используют органические пигменты ( $0,5\text{--}1,0 \%$ ), обеспечивающие более яркий насыщенный цвет, или их комбинацию с железоокисными пигментами ( $2\text{--}3 \%$ ). Иногда приходится корректировать цвет уже имеющегося готового материала, например, готовую белую дорожную краску необходимо бывает откорректировать до жёлтого цвета. Проще всего это возможно сделать с помощью выпускных форм, представ-

ляющих собой высоконаполненные дисперсии пигментов в низко- или высокомолекулярных органических веществах, называемых носителями.

Т а б л и ц а 3 . 1 6

Основные свойства некоторых пигментов

Пигменты	Химическая природа	Цвет	Удельный вес, г/см <sup>3</sup>	Удельная поверхность, см <sup>2</sup> /г	Маслоёмкость, г/100 г	Укрывистость, м <sup>2</sup> /г	Светостойкость, баллы	Термостойкость, °С
Неорганические								
Железо-окисный жёлтый	FeO(OH)	Жёлтый	3,8–3,9	–	35–70	12–20	–	220
Железо-окисный красный	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Красный	4,5–5,0	–	25–35	6–8	–	-
Свинцовый крон	PbCrO <sub>4</sub> ·PbSO <sub>4</sub>	Жёлтый	6,0	9–15	10–25	60	–	250
Цинковый крон	4ZnO·4CrO <sub>3</sub> ·K <sub>2</sub> O·3H <sub>2</sub> O	Жёлтый	3,5	–	20–30	110–120	–	150
Органические								
Жёлтый прочный 3 (ганза)	Азопигмент	Жёлтый	1,40	16	62	20	~4	до 200
Желтый светопроочный	Азопигмент	Жёлтый	1,40	14	66	50	4–6	120–160
Жёлтый кроющий	Диазопигмент	Жёлтый	1,21	.33	60	30	7–8	250
Ярко оранжевый	Полициклический антрахиноновый	Оранжевый	1,73	45	80	25	7	170
Оранжевый	Азолак	Оранжевый	2,1	16	62	48	6	170
Для сравнения								
	TiO <sub>2</sub>	Белый	3,9–4,0	7–10	22–25	30–40	–	200

Необходимым условием при этом является хорошая совместимость носителя с плёнкообразующей системой краски (пластика), подлежащей корректировке. Выпускные формы могут представлять собой пасты, а также гранулы, таблетки, порошки или чешуйки (чипсы).

Физико-технические свойства некоторых жёлтых и оранжевых пигментов известны [19]. Применительно к термопластикам характеристика термостойкости применяемого пигмента является одной из важнейших. Может случиться так, что после завершения процесса подготовки расплава термопластика последний теряет свою окраску вследствие разложения

пигмента, поэтому правильный подбор пигмента заключается не только в его колориметрической оценке, но и в оценке его термостойкости (табл. 3.17).

Т а б л и ц а 3 . 1 7

Термостойкость некоторых органических пигментов

Наименование пигмента	Колор-индекс	ГОСТ (или ТУ)	Устойчивость к температуре, °С
Пигмент жёлтый светопрочный 2"3" марки А	P.Yellow 3	ГОСТ22699-77, изм. 1-4	100
Пигмент жёлтый светопрочный 2"3" марки Б	P.Yellow 3	ГОСТ 22699	100
Пигмент жёлтый светопрочный марки А	PYellow 1	ГОСТ 5691-77 изм. 1-4	160
Пигмент жёлтый светопрочный марки Б	P.Yellow 1	ГОСТ 5691-77 изм. 1-4	120
Пигмент жёлтый прозрачный О	P.Yellow 63	ТУ 6-36-5800146-495-90	200
Пигмент жёлтый кроющий О	P.Yellow 63	ТУ 6-14-96-87	-
Пигмент жёлтый прочный 2"3"	-	ТУ6-14-615--81	200
Пигмент жёлтый прозрачный 2"3"	P.Yellow 74	ТУ 2463-079-05800142	200
Пигмент жёлтый 62	P.Yellow 62	-	220
Жирорастворимый жёлтый Ж	P.Yellow 18	ТУ 6-36-5800146-58-912	230
Пигмент жёлтый 83	P.Yellow 83	ТУ2351-056-05800142-2	200
Пигмент жёлтый 4к	P.Yellow 2	ТУ 6-3 6-5 800146-744-90	160
Пигмент оранжевый прочный	P.Orange 5	ТУ 6-38-05800142-180-0	130
Пигмент оранжевый Ж	P.Orange 13	ТУ 6-14-46-81	170
Пигмент оранжевый К	P Orange 34	ТУ2463-015-05800142-9	170
Лак оранжевый	P.Orange 17	ГОСТ1338-78	120
Жирорастворимый оранжевый	P.Orange 14	ГОСТ7461-77	240

В заключение необходимо отметить также, что смолы и, следовательно, композиции на их основе подвержены термоокислительному старению, а также старению под действием ультрафиолетовой части спектра света [20]. Такое старение может приводить к уменьшению и механических характеристик материалов, но в первую очередь, к изменению их окраски – потемнению. Это обстоятельство является одной из причин потери со временем белизны у термопластиков.

### 3.6. Загрязняемость дорожной разметки

Независимо от количества использованного пигмента в процессе эксплуатации рабочая поверхность разметочной полосы загрязняется. И загрязняется она, как правило, мелкими минеральными частицами (песок, атмосферная пыль и другие случайные включения), различными нефтепродуктами и т.д. В результате разметка темнеет и становится плохо различимой. Очевидно, что загрязнение разметки есть следствие, прежде всего, липкости её поверхностного слоя. Стремление исследователей повысить адгезию, т.е. прилипаемость разметки к поверхности покрытия автомобильной дороги (асфальтобетонному или цементобетонному) всегда входит в противоречие с необходимостью уменьшить эту липкость для уменьшения загрязняемости.

Уменьшению липкости, например, способствует повышение температуры размягчения термопластика. Однако часто это приводит к повышению жёсткости и хрупкости разметочного материала. Уменьшение липкости также достигается за счет уменьшения в составе термопластика содержания пластификатора, однако, опять-таки ценой повышения хрупкости. Тем не менее, уменьшить липкость дорожной разметки можно путем введения в состав материала гидрофобизирующей добавки, например, воска (0,5–1,5 %). В этой связи полярный воск (например, амидный воск BS-100) оказывается более предпочтительным перед традиционным неполярным полиэтиленовым воском. Этот вопрос достаточно полно освещен в работе [21]. В работе показано, что полярная добавка, судя по изменению угла смачивания поверхности термопластика (с различными добавками) дистиллированной водой, в большей степени гидрофобизует эту поверхность, чем неполярная, и эта разница составляет 20 %. Практически это проявляется в том, что прилипшая к поверхности разметочной полосы грязь при использовании полярной восковой добавки легче (быстрее) смывается, чем в случае с использованием неполярного полиэтиленового воска.

Необходимо также отметить, что термопластики на основе гидрофобных смол (например, нефтеполимерных смол в сравнении с полиэфирными), как правило, легче поддаются очистке. Практика показывает, что известные термопластики «Клеоносоль»(Швеция), «Новопласт»(Россия), разработанные на основе смеси нефтеполимерных и канифольных смол отмываются после загрязнения через 3–4 дня эксплуатации, в то время как для очистки загрязнившихся термопластиков на полиэфирной основе необходимо 2–3 месяца.

Термопластичная разметка загрязняется, как правило, в летний период в условиях высоких температур, когда её липкость максимальна. Для уменьшения загрязнения в этом частном случае (в летний период при высоких температурах), но в общем виде (для любых термопластиков) можно

использовать активное посыпание разметочных полос при их нанесении стеклянными микрошариками, применять полив ещё горячей (свеженанесённой) разметочной полосы холодной водой, или применять нанесение на свеженанесенную полосу дорожной разметки пены.

### 3.7. Видимость дорожной разметки в темное время суток

Исследования показывают, что частота ДТП в ночное время в три раза превышает этот показатель днем. Поэтому видимость разметочных полос в темное время суток является важнейшей технической характеристикой дорожно-разметочного материала. Определяется она так называемым фактором яркости ( $R$ ) или, иначе, удельным коэффициентом силы света, определяемым с помощью специального прибора – ретрорефлектометра. Существует несколько типов ретрорефлектометров. Наиболее совершенным является ретрорефлектометр Zehntner (Швейцария), предназначенный для оценки видимости разметочной полосы и при дневном освещении, и в ночное время суток (рис. 3.5). При этом схема прохождения светового луча аналогична схеме, показанной на рис. 3.3.

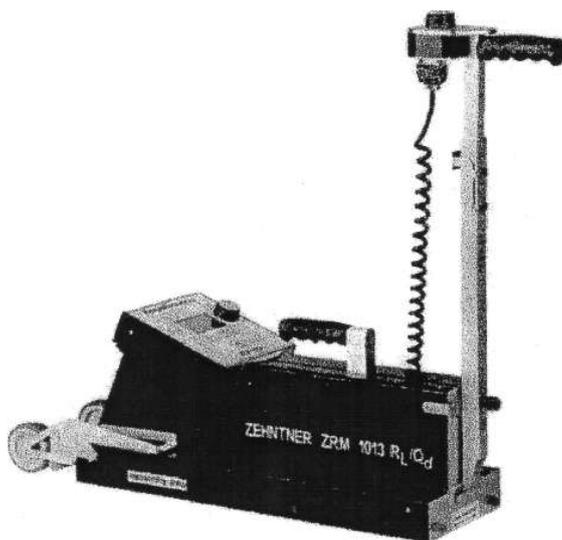


Рис. 3.5. Общий вид ретрорефлектометра

Показатель ( $R$ ) представляет собой отношение между яркостью (или силой света) разметки в точке измерения (измеряется в милликанделах (мкд) на  $m^2$ ) к освещенности на поверхности (в люксах). Поэтому размерность удельного коэффициента силы света есть мкд/лк· $m^2$ . При этом условия измерения должны моделировать расстояние видимости 30 метров, а глаза наблюдателя должны быть расположены на уровне 1,2 м, т.е. моделировать ситуацию наблюдения разметочной полосы водителем автомобиля (рис. 3.6).

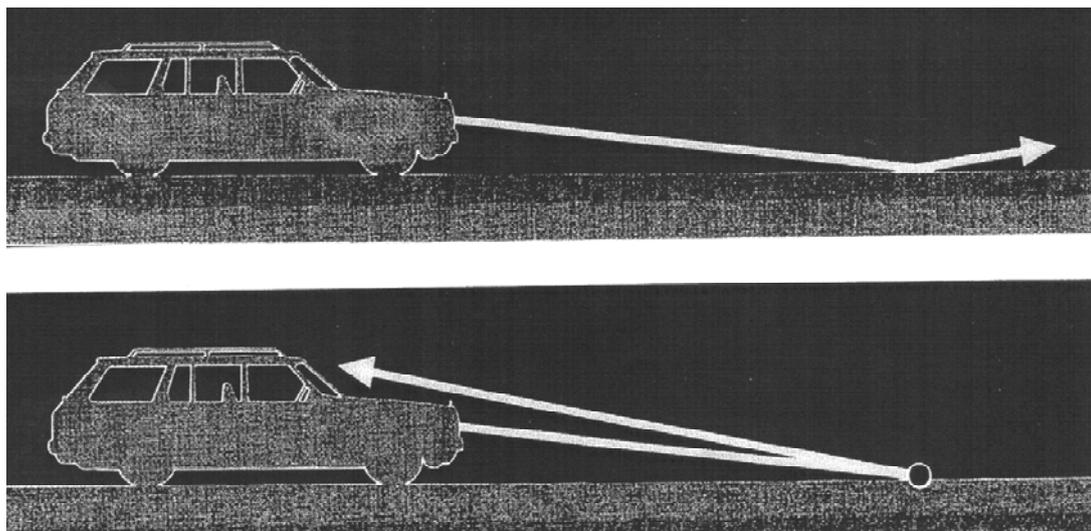


Рис. 3.6. Ситуация наблюдения разметки из кабины автомобиля.

Европейский стандарт [22] устанавливает норму значения ( $R$ ), причем в зависимости от погодных условий требования различны: например, при сухой погоде требования для дорог высшей категории (5 класс) составляют  $R_5 > 300$  мкд/лк·м<sup>2</sup>, в случае дождя  $R_5 > 100$  мкд/лк·м<sup>2</sup>. В Российской Федерации согласно [23] этот показатель должен соответствовать значениям, приведенным в табл. 3.18.

Т а б л и ц а 3 . 1 8

Нормы для удельного коэффициента силы света в РФ

Цвет разметки	$R$
белый	$>100$
желтый	$>60$

Световозвращение разметки в темное время суток достигается за счет использования стеклянных микрошариков, которые являются одним из компонентов, входящих в дорожно-маркировочный материал при его приготовлении (так называемые шарики «премикс»), либо рассыпаются на поверхность разметки сразу же после ее нанесения (так называемые шарики «дроп-он»). Использование стеклянных микрошариков для повышения видимости дорожной разметки в ночное время суток было предложено в 1934 году специалистами фирмы «Поттерс»(США), ими и введены условные названия «Премикс» и «Дроп-он». В настоящее время 25 заводов фирмы выпускают около 150000 тонн микрошариков в год. Производство микрошариков осуществляется и в России, например, на заводе «Дорстекло» (г. Гусь-Хрустальный) реализован технологический процесс, позволяющий получать высококачественные стеклошарики марок «Люкс» и «Ультралюкс» [23].

Обычно для производства стеклошариков используют бой бесцветного листового стекла, который после измельчения в дробилке подается в пламя газовой печи. По требованию потребителя стеклошарикам зачастую придается поверхностное (аппретирующее) покрытие (соединения на основе си-

ланов) для лучшей адгезии с разметочным материалом и уменьшения тем самым их преждевременного выкрашивания из разметочного материала в процессе эксплуатации дорожной разметки. Поверхностная обработка проводится в отдельном аппарате. Наличие стеклошариков в разметке до 8 раз (в зависимости от содержания шариков) повышает ее различимость в ночное время. Сегодня во всех промышленно-развитых странах применение разметки со стеклошариками является обязательным. Шарик в зависимости от назначения различаются по гранулометрическому составу. В одном килограмме в зависимости от крупности находится до 6 миллионов штук отдельных применяемых сегодня микрошариков, и каждый из них представляет собой оптический отражатель, т.е. сферу, которая возвращает свет водителю автомобиля. Этот процесс и называется световозвращением.

Принципиально при падении светового луча на поверхность тела возможны три случая:

1) *диффузное отражение* возникает в случае неровной, шероховатой поверхности (рис. 3.7, а). Некоторая часть света возвращается к источнику, а черная поверхность свет поглощает. При этом, чем больше белизна материала, тем больше отражение в целом, и возвращение света в частности.

2) *зеркальное отражение*. В случае, когда свет падает на зеркальную поверхность, 100 % его отражается под тем же углом в противоположную сторону (рис. 3.7, б).

3) *световозвращение* (или ретроотражение, или обратное отражение), когда луч света проходит через, например, стеклянный шарик, представляющий собой двояко выпуклую линзу. Схема прохождения светового луча через такую линзу представлена на рис. 3.7, в.

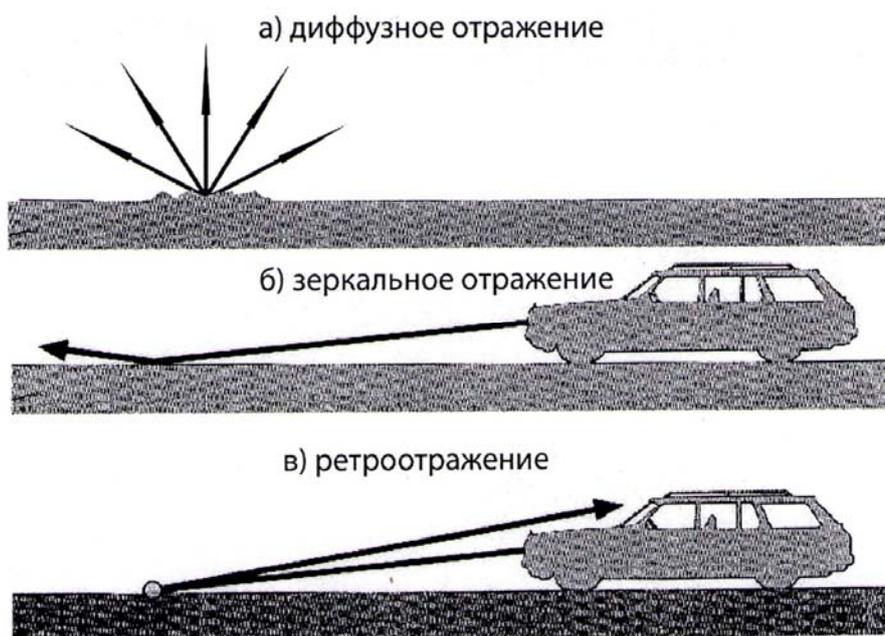


Рис. 3.7. Принципиальная схема отражения падающего луча

Луч света от автомобильных фар входит в шарик через выпуклую поверхность, при этом луч преломляется на границе «воздух-шарик» в направлении к центру шарика, попадает далее на его обратную сторону, где и происходит его рассеянное отражение и возвращение в сторону источника света. Чтобы достичь эффекта световозвращения, шарик должен хорошо выступать из разметки (рис. 3.8). Коэффициент преломления светового луча при прохождении стеклошарика должен быть не менее 1,5.

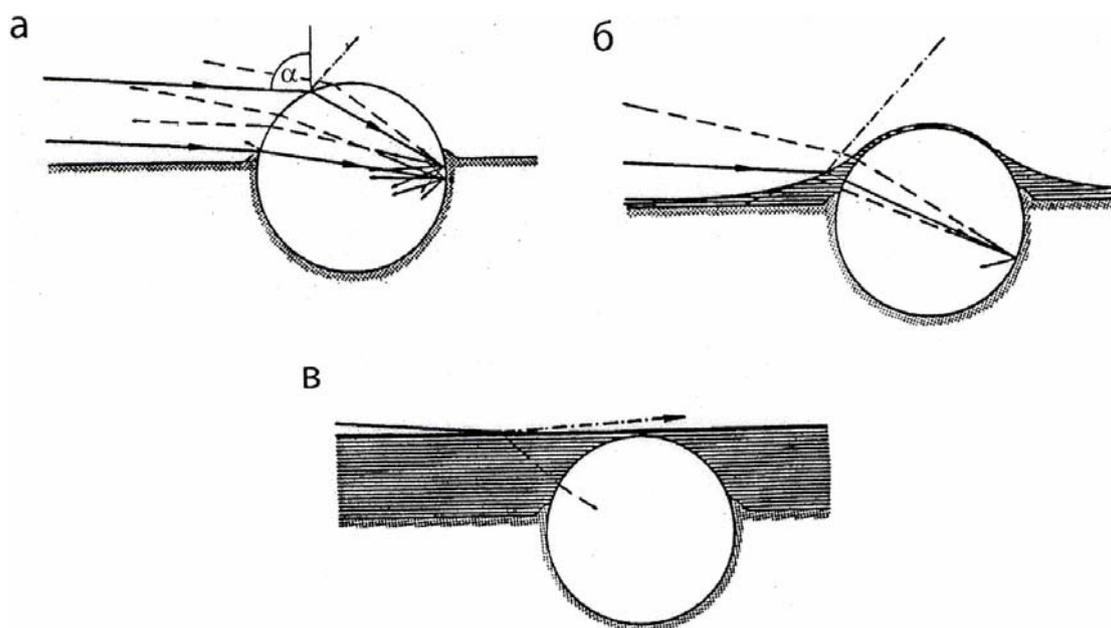


Рис. 3.8. Схема прохождения луча света автомобильной фары через стеклянный микрошарик:  
а – при сухой проезжей части; б – при наличии тонкой пленки воды на поверхности дорожной разметки (ограниченное световозвращение);  
в – при наличии водной пленки значительной толщины (мокрое покрытие) – зеркальное отражение

Основным требованием, предъявляемым к стеклошарикам, является гранулометрический состав. Его можно разделить на 2 типа в зависимости от целевого назначения микростеклошариков.

1. **Шарики «Дроп-он».** Это понятие, как уже упоминалось выше, пришло из Америки и означает засыпку. Сразу после нанесения разметочного материала на поверхность дорожного покрытия стеклошарики этого типа засыпаются в него или вручную, или распыляются с помощью пневмопистолета. При этом более мелкие шарики погружаются в пластик (или в краску) и начинают действовать как отражатели лишь после истирания верхних слоев разметки и обнажения их. Шарiki «Дроп-он» применяются, как правило, размером от 100 до 650 мкм. При разметке пешеходных переходов, стрелок-указателей, буквенных обозначений и т.п. стеклошарики засыпаются в разметочный материал вручную. При этом шарики большого диаметра погружаются не более чем на 50 %. Это последнее обстоятельство

во обеспечивает практически немедленное получение эффекта световозвращения. Попадая в расплав, шарики схватываются и удерживаются отвердевающим пластиком (краской, эмалью). Следует отметить, что эти насыпные стеклошарики принципиально могут выполнять и другую, сопутствующую функцию – являться носителями на своей поверхности каких-либо ингредиентов применяемого разметочного материала. Например, известны случаи применения стеклошариков с нанесенным на их поверхность отвердителем краски [26].

2. **Стеклошарики «Премикс»** используются на стадии приготовления разметочного материала. Их размеры больше и находятся в пределах от 400 до 1000 мкм. Поскольку эффект световозвращения в случае с шариками «Премикс» наступает только после истирания верхнего слоя разметки, применение их обычно сочетается с применением шариков «Дроп-он», что в целом обеспечивает более длительную эффективность разметки с точки зрения световозвращения. На рис. 3.9 показан эффект от совместного использования премиксных шариков и шариков «Дроп-он» [24]. Основные показатели стеклошариков приведены в табл. 3.19.

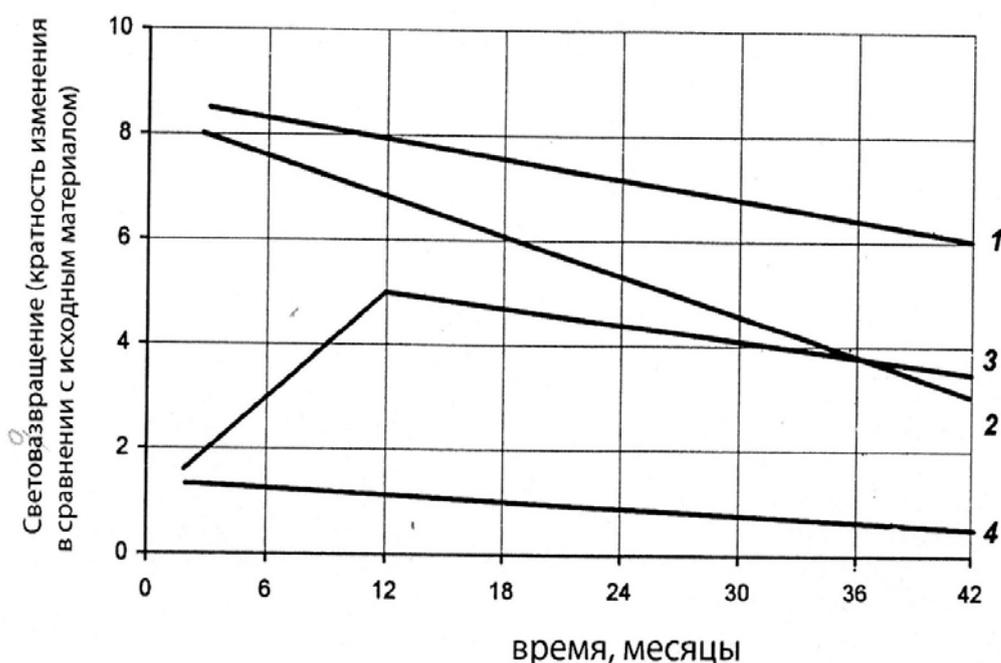


Рис. 3.9. Световозвращение разметочного материала во времени в зависимости от вида применяемых стеклошариков:  
 1 – микростеклошарики «премикс» (в количестве 28,6 %) совместно с насыпными шариками «Дроп-он»;  
 2 – микростеклошарики «премикс» (в количестве 13,5 %) совместно с насыпными шариками «Дроп-он»;  
 3 – микростеклошарики «премикс» (13,5 %); 4 – без микростеклошариков

## Основные характеристики стеклошариков фирмы «Сварко»

Наименование показателя	Значение показателя		
	Сваркофлекс	Сварколюкс	Мегалюкс
Размер зерен, мкм	1–850	100–1300	600–1300
Коэффициент преломления	>1.5	>1.5	>1.5
Округлость, %	>80	>85	>85
Удельный вес, г/см <sup>3</sup>	-2,5	-2,5	-2,5

Динамика световозвращения разметочного материала во времени приведена на рис. 3.9.

Вторым требованием к стеклошарикам является их округлость. Шарики неправильной, не строго сферической формы вызывают рассеянное отражение, возвращая водителю только лишь часть светового луча. Допустимой является округлость шариков 80 % и более. Оценивается округлость с помощью микроскопа или с помощью специального кругломера, представляющего собой наклонную виброплоскость, с которой шарики негабаритной формы не скатываются, а застревают. Важно отметить, что округлость является технологическим требованием как для шариков типа «Премикс» (в этом случае обеспечиваются лучшие реологические характеристики расплава термопластика), так и для шариков типа «Дроп-он» (так как при меньшей округлости возникают трудности с дозировкой шариков на разметочную полосу при использовании для этого разметочной машины). Проблемы с дозировкой шариков из разметочной машины могут возникнуть и в том случае, если шарики не достаточно сухие. В этом случае предъявляется дополнительное требование к шарикам – отсутствие влаги, которое может нарушаться при разгерметизации упаковки.

В последнее время производство и применение в дорожной разметке стеклянных микрошариков связано с разработкой новых стандартов. Так, например, фирма «Сварко», все до сих пор выпускаемые шарики стандартирует, как шарики «Сваркофлекс», рекомендуя их применение во всех дорожно-маркировочных материалах в качестве шариков и премиксных, и «Дроп-он». Более усовершенствованные шарики под маркой «Сварколюкс», обладающие повышенной (не менее 85 %) округлостью и высокой оптической прозрачностью, несколько крупнее. Диаметры отдельных шариков колеблются от 100 до 1300 мкм. Они рекомендуются для получения высокорелефлектирующей маркировки. Еще более высокой световозвращающей способностью обладают стеклошарики «Мегалюкс», представляющие собой крупный отсев от шариков «Сварколюкс» с размерами 600–1300 мкм.

Важным моментом является правильная дозировка количества микрошариков. Известно, что с увеличением количества микростеклошариков

световозвращение повышается, однако, до определённого предела: при превышении определённого порога ( $600\text{--}800\text{ г/м}^2$ ) микростеклошарики снижают этот показатель.

Однако световозвращение зависит не только от размера микрошариков, их количества на поверхности термопластика, глубины погружения в материал, коэффициента преломления стекла, из которого выполнены шарики (как правило составляет не менее 1,5), но и от его плотности ( $2,45\text{ г/см}^3$ ). Значительное влияние на световозвращение оказывает качество конкретной партии микростеклошариков. Типовые дефекты микростеклошариков приведены на рис. 3.10.

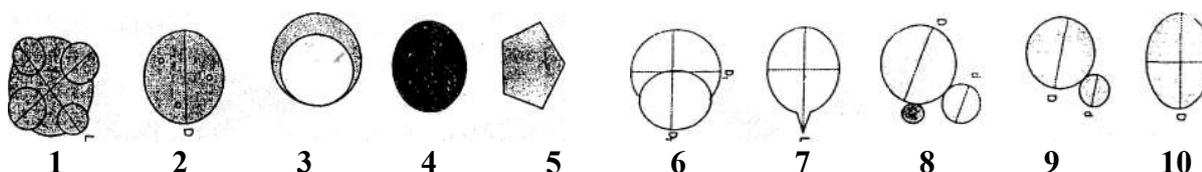


Рис. 3.10. Типовые дефекты микростеклошариков:  
 1 – повреждение огнём; 2 – включения воздуха; 3 – матовость;  
 4 – непрозрачность; 5 – угловатость; 6 – срастание; 7 – сужение;  
 8 – два «спутника»; 9 – один «спутник»; 10 – овал

Дефектные частицы световозвращение уменьшают. Согласно Европейским стандартам доля дефектных частиц не может превышать в стеклошариках 20 %. Микрошарики не должны иметь острых углов, сплавления двух или более отдельных частиц, газовых и инородных включений, матового оттенка. Наличие дефектов обычно определяют при помощи микроскопа.

Стоимость стеклошариков в настоящее время сравнительно высока. Однако использование особенно крупных и более округлых микрошариков обеспечивает у разметочного материала не только высокую световозвращающую способность, но и заметно повышает технологичность расплава термопластика, увеличивает прочность и долговечность разметки, приводит к сокращению числа ДТП и причиняемого ими народно-хозяйственного ущерба. Поэтому отказ от применения стеклянных микрошариков в дорожно-маркировочных материалах не может быть оправдан. В развитых странах применение разметки со стеклошариками является обязательным.

### 3.8. Термопластики на основе полиэфирных смол

Вопрос использования полимерных смол для разработки дорожно-маркировочных материалов важен не только с точки зрения химии этих полимеров, как это было бы справедливым для любого вида связующего материала, но и с точки зрения организации производства таких смол совместно с производством термопластика.

Учитывая, что производство полиэфирных смол не является сложным, а исходное сырье является достаточно доступным – в этом случае производство термопластика оказывается более рентабельным, чем в случае использования для его изготовления полностью купленного сырья.

С другой стороны организация производства углеводородных смол типа нефтеполимерных, или, к примеру, эпоксидных смол, как сырья для термопластиков рядом с производством последних сопряжено, как с техническими трудностями, так и с экономической нецелесообразностью организации сравнительно небольшого производства.

### 3.8.1. Свойства полиэфирных смол. Сырьевая база

Синтетические полиэфирные смолы впервые были получены более 175 лет назад. В 1833 году Гей-Люссак и Р. Пелуза синтезировали полиэфир нагреванием молочной кислоты. Ненасыщенные полиэфирные смолы на основе малеиновой и фумаровой кислот с этиленгликолем были получены в 1894 году Д. Форлендером, в результате длительного нагревания реакционной смеси была получена твердая светлая прозрачная смола. В 1901 году Л. Смит синтезировал насыщенный полиэфир из фталевого ангидрида и глицерина. Интенсивные исследования в области полиэфиров начались после 1925 года, когда в результате работ Карозерса, Максорова, Кинли и других были получены полиэфирные смолы разнообразного строения, и была показана возможность их практического использования. В 1941 году Винфилд и Диксон осуществили синтез важнейшего в настоящее время полиэфирного материала – полиэтилентерефталата (иначе лавсана), производство которого непрерывно увеличивается [25–27].

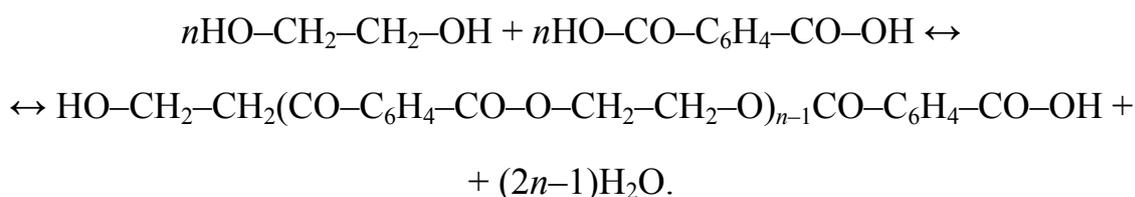
Из большого разнообразия существующих сегодня полиэфирных смол в качестве связующего компонента для дорожно-маркировочных материалов получили применение насыщенные полиэфирные смолы на основе бифункциональных кислот (ангидридов) и спиртов, а так же алкидные смолы. Ненасыщенные полиэфирные смолы в силу большой склонности к реакциям присоединения и сополимеризации (по двойным связям) не позволяют стабильно перерабатывать маркировочные композиции, особенно при повышенных температурах. Попросту говоря, в этом случае не хватает живучести, чтобы надежно осуществить выполнение разметочных работ. Что касается полимерных термопластов, отличающихся исключительно высокими физико-механическими характеристиками, таких как полиэтилентерефталат или поликарбонаты (полиэфирные смолы на основе ароматических диокси соединений и угольной кислоты), то здесь необходимо отметить, что их самостоятельное применение в качестве вяжущей основы маркировочных термопластиков затруднительно из-за требуемой при этом высокой температуры переработки (табл. 3.20).

Таблица 3.20

## Основные характеристики некоторых полиэфирных смол

Полиэфиры	Молекулярная масса	Температура переработки, °С	Прочность при растяжении, МПа	Ударная вязкость, МПа/см <sup>2</sup>
Полиэтилентерефталат	30000	255–280	170	9,0
Поликарбонаты	50000–150000	260–300	60–70	12–14
Алкидные смолы	2000–3000	95	21–28	–
Смолы на основе фталевого ангидрида бикарбоновых кислот и этиленгликоля	1300–1700	70	–	Весьма хрупки

Полиэфиры образуются при взаимодействии или гликолей, или многоатомных спиртов с дикарбоновыми кислотами или их ангидридами. В случаях использования многоатомных спиртов, получаемые полимеры называются алкидными смолами (в случае глицерина – глифталями, в случае пентаэритрита – пентафталями и т.п.). Огромный экспериментальный материал освещен в литературе [28, 29]. В основе рассматриваемого взаимодействия лежит реакция поликонденсации. Характерной особенностью этой реакции является обратимый и равновесный характер. Все реакции поликонденсации отличаются небольшим значением констант равновесия и, следовательно, сильно зависят от условий, сдвигающих равновесие в сторону образования полимера с возможно более высоким молекулярным весом. Так, образование полиэтилентерефталата может быть представлено следующим уравнением:



Если из сферы реакции удалить воду, то равновесие можно сдвинуть вправо, т.е. в сторону образования полиэфира. Именно по этой причине аппаратное оформление технологического процесса получения полиэфирных смол предусматривает наличие аппаратов для конденсации, отвода и приема воды. Сама реакция поликонденсации протекает медленно. Скорость ее зависит от температуры реакционной среды и скорости удаления образующихся побочных продуктов реакции, в данном случае воды. Чем выше температура реакционной среды и чем полнее удаляется вода, тем выше скорость реакции, тем выше степень ее завершения и выше молекулярный вес полимера. Конкретные особенности реакции и свойства

конечного продукта зависят во многом от тех конкретных компонентов, которые участвуют в реакции. Для производства полиэфирных смол, используемых затем для изготовления дорожно-разметочных термопластиков, обычно применяют фталевый ангидрид, этиленгликоль, диэтиленгликоль, адипиновую кислоту, глицерин и некоторые другие компоненты.

Фталевый ангидрид представляет собой белые кристаллы или блестящие иглы (температура плавления 131 °С, растворяется в спирте, эфире, очень плохо растворим в воде).

Этиленгликоль (гликоль) представляет собой бесцветную жидкость, почти без запаха, смешивающуюся с водой и спиртом во всех отношениях, температура кипения 197,5 °С, температура замерзания –13 °С, плотность 1,12 г/см<sup>3</sup>.

Диэтиленгликоль представляет собой бесцветную гигроскопическую жидкость с очень слабым запахом. С водой и спиртом смешивается во всех отношениях. Температура кипения 245,8 °С, температура замерзания –8 °С, плотность 1,12 г/см<sup>3</sup>.

Глицерин представляет собой вязкую гигроскопическую бесцветную жидкость без запаха со сладким вкусом. Смешивается с водой во всех отношениях, является хорошим растворителем для спиртов, гликолей, аминов, температура кипения 290 °С, температура замерзания –17,9 °С, плотность 1,26 г/см<sup>3</sup>.

Адипиновая кислота представляет собой бесцветные кристаллы с температурой плавления 153 °С. Легко возгоняется, растворяется в спирте, плохо растворима в воде.

С целью удешевления синтезируемых полиэфирных смол, применяемых для производства термопластиков, нередко используют в процессе синтеза до 50 % лавсана в виде промышленных отходов (в т.ч. гранулы, крошка, нити, жгуты, вторичные отходы). В процессе синтеза смолы лавсан подвергается гидролизу и претерпевает деструкцию. Деструктурированные фрагменты лавсана вместе с синтезируемым полимером образуют полидисперсную смесь макромолекул различной длины.

Для оценки влияния качества смолы, синтезированной с использованием лавсана, для установления предельного уровня вводимого лавсана в ФЦДТ проведены целевые исследования по проверке основных характеристик термопластика, изготовленного с использованием опытных партий полиэфирной смолы № 144, отличающихся содержанием лавсана в пределах 35–66 % [30]. Для всех образцов характерно отсутствие прозрачности, появление сильной матовости, оттенки смолы от белого до светло-бежевого цвета; температура начала размягчения смолы находится в пределах 70–82 °С; кислотное число находится в требуемых пределах: 15–30 мг КОН. Характеристики образцов термопластика представлены в табл. 3.21.

Таблица 3.21

Характеристики термопластика, изготавливаемого с применением смол, содержащих различное количество лавсана

Показатели	Содержание лавсана, % по массе						
	30	30	35	50	55	60	66,7
Пластификатор	ДМТФ*	ДФП**	ДМТФ	ДМТФ	ДМТФ	ДМТФ	ДМТФ
Содержание связующего, %	28	28	28	28	28	30	30
Растекаемость, мм	–	8,5	8,0	8,5	9,2	9,8	12
Скорость истечения, г/с	3,5	3,2	3,4	2,7	2,6	2,5	2,0
Температура размягчения, °С	87	–	–	88	–	–	–
Прочность на сжатие, МПа	31	43	45	21	27	27	–
Модуль упругости, МПа	1263	2450	2500	710	770	1100	–
Деформация при сжатии, %	2,6	1,8	2,0	5,3	3,5	2,4	–

Примечания:

\* ДМТФ – диметилтерефталат.

\*\* ДФП – дифенилолпропан.

Из приведенных данных следует, что введение лавсана в состав полиэфирной смолы допустимо (прежде всего, с позиций технологичности расплава термопластика) до содержания 55 %.

### 3.8.2. Производство полиэфирных смол

Установка для получения полиэфирных смол (рис. 3.11), состоит из реактора (1) объемом 5 м<sup>3</sup>, азеотропной системы (2), сублимационной установки (3), воронки для загрузки лавсана (4), мерника (5). Реактор снабжен электроиндукционным обогревом, лопастной мешалкой и барбатёром для подачи инертного газа. Использование инертного газа связано с необходимостью исключения окислительных процессов (осмоления) при повышенных температурах технологического процесса. Азеотропная система состоит из дефлегматора (2.1), шлемовой трубы (2.2), конденсатора (2.3), дополнительного конденсатора (2.4), разделительного сосуда (2.5), сборника для воды (2.6).

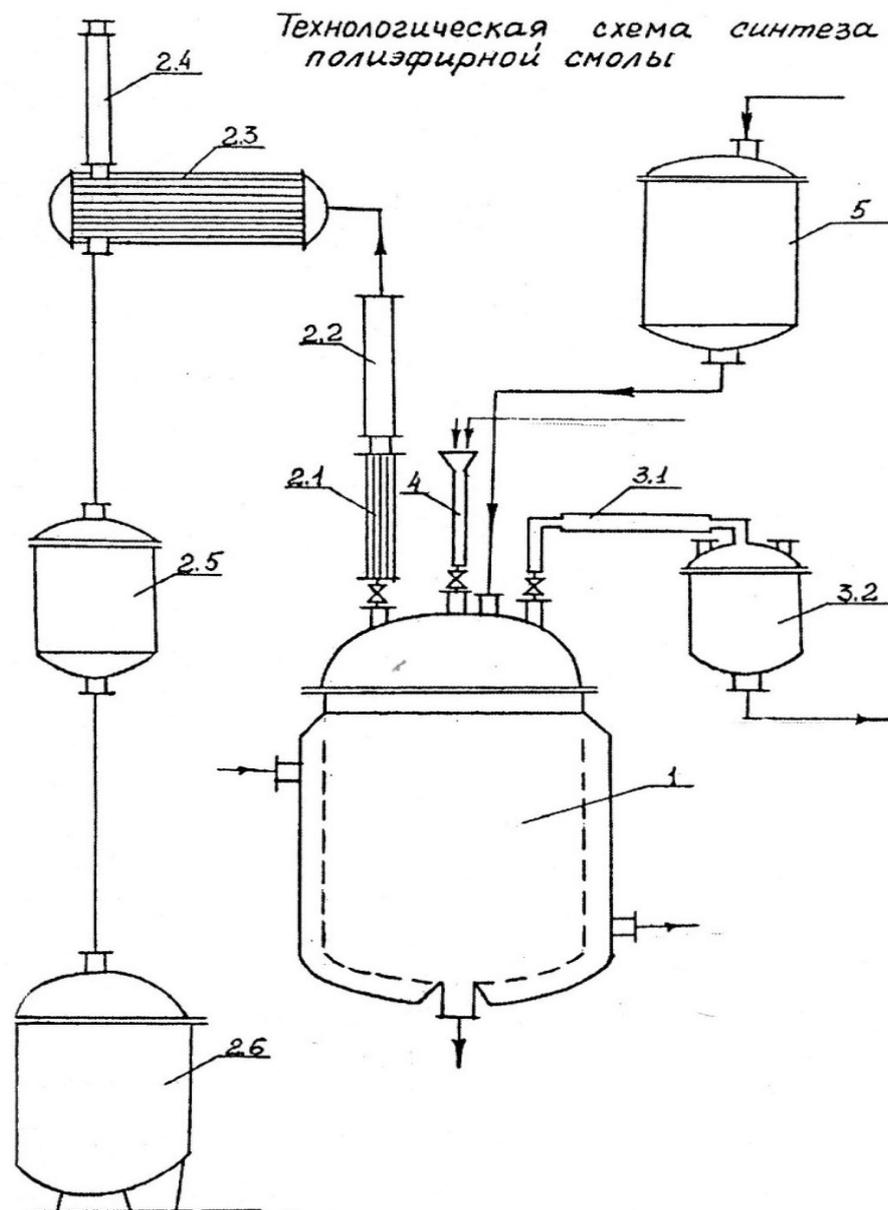


Рис. 3.11. Установка для получения полиэфирных смол:  
 1 – реактор с индукционным подогревом; 2.1 – дефлегматор;  
 2.2 – шлемовая труба; 2.3 – конденсатор; 2.4 – дополнительный конденсатор;  
 2.5 – разделительный сосуд; 3.1 – сублимационная труба; 3.2 – приёмник;  
 4 – воронка для загрузки лавсана, фталевого ангидрида, адипиновой кислоты,  
 ацетата цинка; 5 – весовой мерник для этиленгликоля

### 3.8.3. Синтез смолы 46–1т-73

Для синтеза смолы используются следующие компоненты:

- этиленгликоль – 20,34 %;
- фталевый ангидрид – 33,61 %;
- отходы лавсана – 46,03 %;
- ацетат цинка (или окись цинка) – 0,02 %.

В реактор загружают 6230 кг компонентов. В связи с естественным отгоном этиленгликоля – на стадии деструкции лавсана в реактор добавляют 73 кг этиленгликоля. Перед загрузкой компонентов реактор проверяют на чистоту, исправность, герметичность, продувают инертным газом и подключают к азеотропной системе.

Итак, в реактор из весового мерника (5) загружают этиленгликоль. Включают мешалку и обогрев паром. В конденсатор (2.3) подается обратная вода, при этом в дефлегматор (2.1) вода не поступает. Реакционная масса подогревается до температуры 120–130°C, затем включается индукционный обогрев. При достижении температуры (140±5) °C через дополнительный конденсатор (2.4) вакуум-насос создает в реакторе разрежение ( $P_{\text{ост}} = 270 \dots 540 \text{ кг/м}^2$ ), при работающей мешалке загружается следующая порция лавсана (1500 кг). Затем реакционную массу нагревают до температуры (170±5) °C, отключают мешалку и загружают вторую порцию лавсана (1369 кг), а также загружают катализатор процесса – уксуснокислый цинк (или окись цинка). Вакуум-насос отключают, а систему настраивают на возврат погонов в реактор.

При достижении температуры (200±5) °C визуально оценивают степень расплавления лавсана (наливом пробы на стекло). При расплавлении 2/3 массы лавсана включают мешалку. Деструкцию лавсана проводят в течение 2–3 часов до получения однородной массы.

По окончании деструкции лавсана и выдержке реакционной массы в течение 1 часа при температуре (200±5) °C проводится реакция поликонденсации. Реакционную массу охлаждают до температуры (175±5)°C и загружают рецептурное количество фталевого ангидрида. Загрузку ведут в условиях небольшого разрежения ( $P_{\text{ост}} = 270 \dots 50 \text{ кг/м}^2$ ), малыми порциями (не более 60 кг/ мин), постепенно для предотвращения вспенивания реакционной массы и выброса ее из реактора. По окончании загрузки реакционную массу нагревают до температуры (255±5) °C в течение 3–5 часов. К реактору подключают сублимационную трубу (3.1) и сублимационный приемник (3.2). При температуре (255±5) °C проходит реакция поликонденсации с выделением реакционной воды со следами этиленгликоля. Массу выдерживают при температуре (255±5) °C в течение 7–8 часов до требуемых показателей. Отбор проб для определения кислотного числа и температуры размягчения проводят каждые 2 часа. Кислотное число должно быть не более 30 мг КОН/г, температура размягчения должна быть 78–85°C. По достижении этих показателей поликонденсация заканчивается. Массу охлаждают до температуры 170–180 °C путем отключения электроиндукционного обогрева и подачи воды в змеевик реактора. Температурно-временной режим приготовления смолы № 46–1т-73 приведен на рис. 3.12.

Слив реакционной массы проводится самотеком по обогреваемому трубопроводу в кубели или противни, где происходит охлаждение.

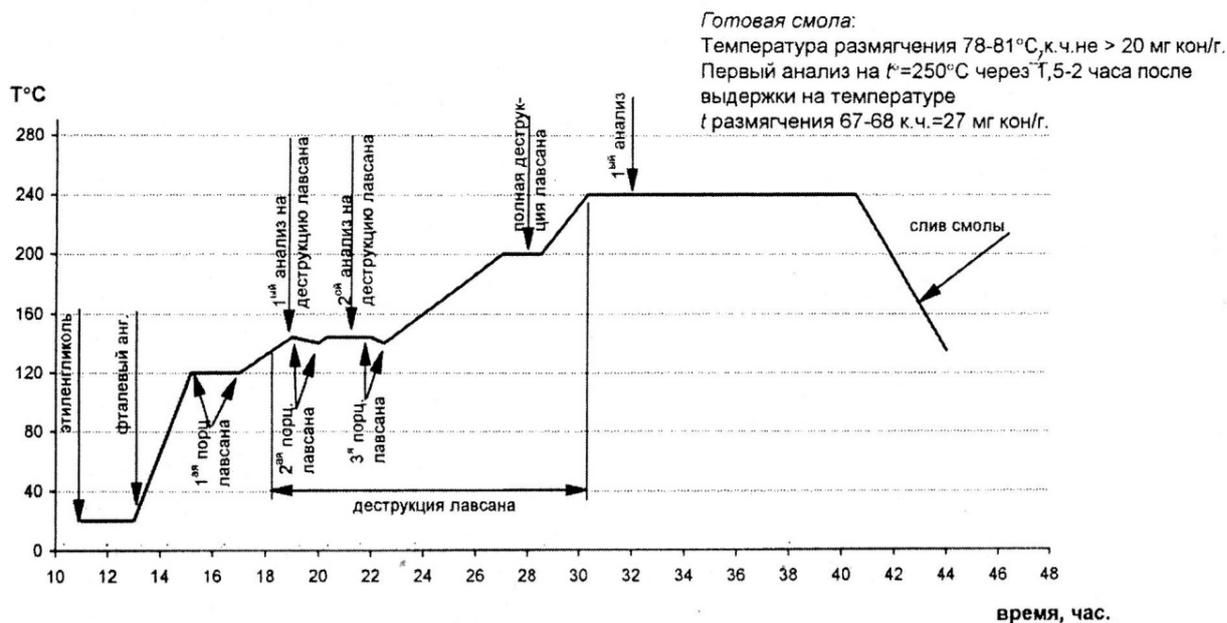


Рис. 3.12. Температурно-временной режим приготовления смолы в синтезаторе № 46-1т -73

#### 3.8.4. Синтез смолы № 21-4т-77

Для синтеза смолы используются следующие компоненты:

- адипиновая кислота (68,16 %);
- этиленгликоль (31,84 %).

В реактор загружают 5570 кг смеси компонентов. Вначале этиленгликоль, после чего масса при работающей мешалке нагревается до температуры 80–100 °С. Затем через воронку загружается первая порция адипиновой кислоты. Во избежание пыления загрузка проводится под вакуумом ( $P_{\text{ост}} = 250 \dots 630 \text{ кг/м}^2$ ). Сброс вакуума осуществляется азотом, после чего поднимают температуру до 110 °С, реактор вакуумируют и при остановленной мешалке загружают оставшуюся адипиновую кислоту. Затем включают мешалку. По достижению температуры 130–150 °С подключают азеотропную систему. Отгонку воды можно начинать по достижении температуры даже 120 °С. Массу в течение 6–7 часов нагревают до температуры  $(200 \pm 5)^\circ\text{C}$ . Выйдя на режим, включают вакуумирование и выдерживают в течение 3 часов. Температурно-временной режим приготовления смолы приведен на рисунке 3.13. Далее ведут отбор проб на определение кислотного числа и температуры размягчения. Определения проводят каждый час. При достижении температуры размягчения 45–60 °С и кислотного числа 15 мг КОН/г массу охлаждают до 100 °С и расплав смолы сливается в кубеля или противни. Готовая смола представляет собой хрупкую воскообразную массу от белого до бежевого цвета. Самостоятельного значения смола не имеет, применяется только совместно со смолой № 46 – 1т – 75.

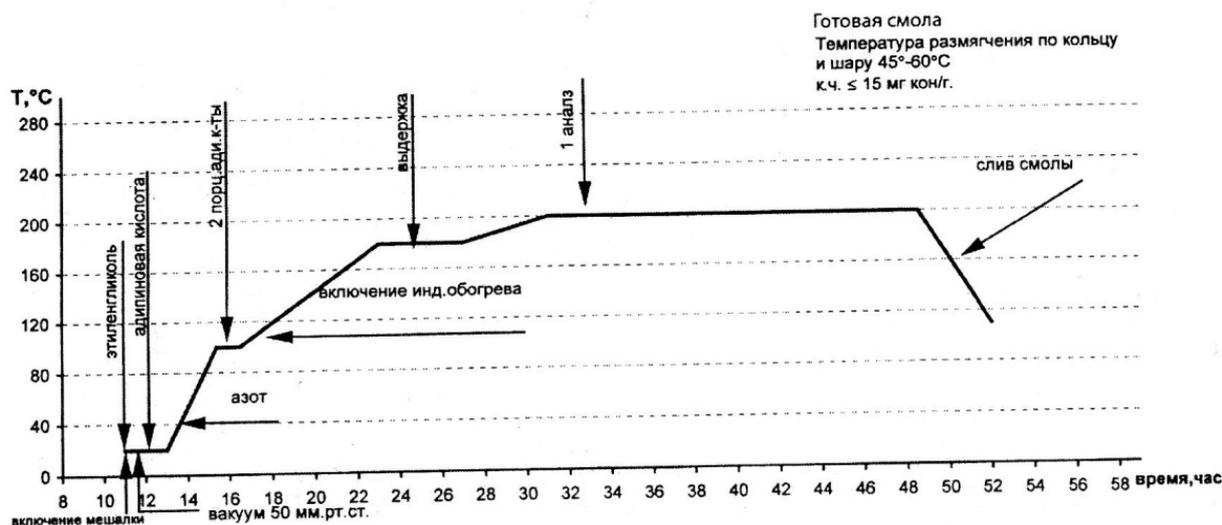


Рис. 3.13. Температурно-временной режим приготовления смолы в синтезаторе № 21-4Т-77

### 3.8.5. Техника безопасности при производстве полиэфирных смол

Как было указано выше, для производства разметочных термопластиков и в РФ, и за рубежом широко используются полиэфирные смолы. Исходными компонентами для синтеза являются фталевый ангидрид, этиленгликоль, лавсан, адипиновая кислота, глицерин.

Вдыхание этиленгликоля не приводит к острым отравлениям в связи с его малой летучестью, однако хроническое отравление этим веществом возможно. При попадании в организм через слизистую оболочку рта действует, как сосудистый и протоплазматический яд. Оказывает пагубное действие на центральную нервную систему и на почки. При длительном воздействии паров происходит раздражение глаз, верхних дыхательных путей, наблюдается повышенная сонливость.

Поликарбоновые кислоты и их производные действуют раздражающе, в ряде случаев обладают и общим токсическим действием. Так, фталевый ангидрид, относящийся, в общем, к 3 классу опасности, т.е. к классу умеренно токсичных веществ, вызывает экземы, раздражение слизистых оболочек глаз, верхних дыхательных путей и пищеварительного тракта. При длительном контакте отмечаются головные боли, головокружение, снижение кровяного давления.

Токсичность самих полиэфирных смол мала, однако, в технологических процессах производства термопластиков, построенных на смешении композиций в расплаве полиэфиров, когда температура смеси составляет 160–190 °С, а также переработка готовых термопластиков, выполнение не-

посредственно дорожно-разметочных работ, при повышенных температурах (200 °С) важнейшее значение приобретает именно с точки зрения безопасности летучесть полиэфирных смол.

В целом предусмотренными мерами защиты при производстве и работе с полиэфирами являются: герметизация оборудования, общеобменная и местная вентиляция, сокращение и по возможности длительность технологического процесса, а также индивидуальные средства защиты – перчатки, респираторы, защитные маски, противогазы и т.д.

### 3.8.6. Пластификаторы в термопластиках на основе полиэфирных смол

Требуемый уровень механических характеристик, уровень технологичности их расплавов во многом определяется правильным выбором пластификатора и его концентрацией. При выборе пластификатора важное значение имеет его физико-химическая совместимость с компонентами дорожно-разметочного материала и, в первую очередь, с его полимерной основой. Отсутствие такой совместимости исключает возможность реализации тех задач, которые определяются целевым назначением пластификатора. Введение термодинамически совместимого с полимером пластификатора повышает подвижность структурных элементов в системе, главным образом, в полимере, что приводит к снижению значений температуры стеклования полимера и температуры его текучести (размягчения) при одновременном их сближении. По мере увеличения содержания такого пластификатора происходит, как отмечается в литературе [31], полное вырождение высокоэластичного состояния у полимера, что соответствует переходу от пластифицированного полимера к раствору полимера в пластификаторе.

Несовместимые с полимером пластификаторы в ряде случаев, будучи введенными в очень малых дозах (0,1–0,2 %), способны смачивать поверхность частиц полимера. При этом тоже возможно даже сильное снижение температуры стеклования полимера. Пластификация, обусловленная смачиванием поверхности элементов надмолекулярной структуры полимера, получила название межструктурной или межпачечной пластификации. Однако следует иметь в виду, что избыток такой смазки вреден, ибо ведет к разделу фаз, усиливает неоднородность системы, повышая ее хрупкость. Избыток пластификатора может привести к его миграции:

а) к поверхности разметочной полосы – «выпотевание» и, как следствие, сильному загрязнению разметки в первые недели эксплуатации за счет повышения липкости;

б) в битумную составляющую асфальтобетона, что приводит к подрастворению (разжижению) асфальта, выдавливанию из под разметочной полосы битума, а так же к сильному загрязнению разметки.

Введение же очень малых количеств таких пластификаторов не решает вторую важную задачу обеспечения технологичности расплава термопластика. В случае полиэфирных смол по этой причине не удастся использовать глицерин, и этиленгликоль или диэтиленгликоль.

Эффективность влияния некоторых пластификаторов с точки зрения понижения температуры стеклования исходного полимера показана в табл. 3.22, исходя из анализа термоэффектов, полученных на дифференциальном сканирующем калориметре.

Т а б л и ц а 3 . 2 2

Параметры физического состояния полимера  
(композиции на основе полиэфира № 144)

Композиция	Область стеклования, °С	Tg °С\ср. значение\	T <sub>разм.</sub> °С
1. Полиэфир №144	-12...+30	16	70
2. Полиэфир + 10 % – дибутилфталат – ЭДОС – централит-2 – П9–14	-1...+29	12	52
	-14...+28	18	
	-10...+28	18	
	-5...+29	15	
3. Полиэфир +20 % – дибутилфталат – ЭДОС – централит – 2 – П9–14 – триацетин	-23...+7		
	-18...+7	-8	28
	-2...+36	-7	
	-8...+13	-3	
	-25...+6	-11	
4. Термопластик ПЛ – Т1Т (пластификатор дибутилфталат – 10 % к весу полиэфира)	-16...+37	+9	75

Температура размягчения полиэфира (по методу «Кольцо-шар») пропорционально снижается по мере увеличения концентрации вводимого пластификатора. При этом, исходя из опыта, для того, чтобы придать самому термопластику температуру размягчения, по крайней мере, 70–75 °С (эксплуатационное требование) температура размягчения пластифицированного ненаполненного полимера должна быть на 20–25 °С ниже, т.е. примерно 50 °С. Выполнение этого условия достигается, например, в случае полиэфирной смолы №144 при 12 % дибутилфталата, 13 % триацетина, 17 % ЭДОС, 18 % полиэфира, П9–14 или 30 % централита-2.

Из табл. 3.22 следует, однако, что влияние различных пластификаторов на степень понижения температуры стеклования (морозостойкость) полимера и, как следствие, термопластика при их содержании до 10 % неэффективно. При большем содержании пластификатора резко снижается темпе-

ратура размягчения композиции, до недопустимых значений. Поэтому выбор оптимального пластификатора должен производиться с учетом иных требований, например, из условия обеспечения технологичности смесей, их температуры размягчения, экологичности, стоимости и др. Наибольшую технологичность при достаточной доступности и меньшей токсичности обеспечивает дибутилфталат (ДБФ). Однако следует подчеркнуть, что использование для производства дорожно-разметочных материалов жидких при нормальных условиях пластификаторов связано с некоторыми негативными последствиями, такими, как поглощение пластификаторов материалом тары (бумажные мешки) и слеживанием (комкованием) порошковой пластичной смеси прямо в мешке. При этом речь идет и о неудовлетворительном внешнем виде затаренной продукции, и о дополнительных усилиях, необходимых для дробления кома слежавшегося термопластика. В этом аспекте решающее преимущество имеют «твердые» в обычных условиях пластификаторы, такие, как централит-2 или дифенилолпропан. Следует отметить, что в композициях типа ПЛ-Ш нередко использовался такой «твердый» пластификатор как диметилтерефталат. Однако и такая композиция не лишена недостатков, среди которых, в первую очередь нужно указать на повышенную его летучесть (до 40 % от введенного количества в течение 1 часа при 190 °С). Проявляется это во время разогрева термопласта при проведении дорожно-разметочных работ, при этом на крышке разметчика можно наблюдать кристаллы диметилтерефталата в виде игл, внешне похожих на стекловату.

На рис. 3.14 показана динамика изменения температуры термопластика в зависимости от количества пластификатора, откуда становится ясно, что введение 1 % дибутилфталата в систему с 3 % (кривая 2) или 7 % (кривая 3) дифенилолпропана переводит характер разрушения термопласта из области хрупкого разрушения в область пластической деформации. Следует отметить, что слеживаемость термопластиков, содержащих только твердые пластификаторы, отсутствует полностью, а в случае, когда применяется только жидкий дибутилфталат, максимальна (табл. 3.23).

Итак, совместное использование твердого, и жидкого пластификатора в термопластике на основе полиэфирной смолы наиболее рационально, хотя в технологической практике такое решение (применение двух компонентов) не является лучшим. В ФЦДТ «Союз» этот вопрос был решен гораздо эффективнее: на базе лавсана был синтезирован целенаправленный пластификатор (условно ЛЭФ от «лавсана»), сочетающий в себе достоинства и жидких, и твердых пластификаторов. С использованием его была осуществлена разработка получившего широкое внедрение известного термопластика «Технопласт».

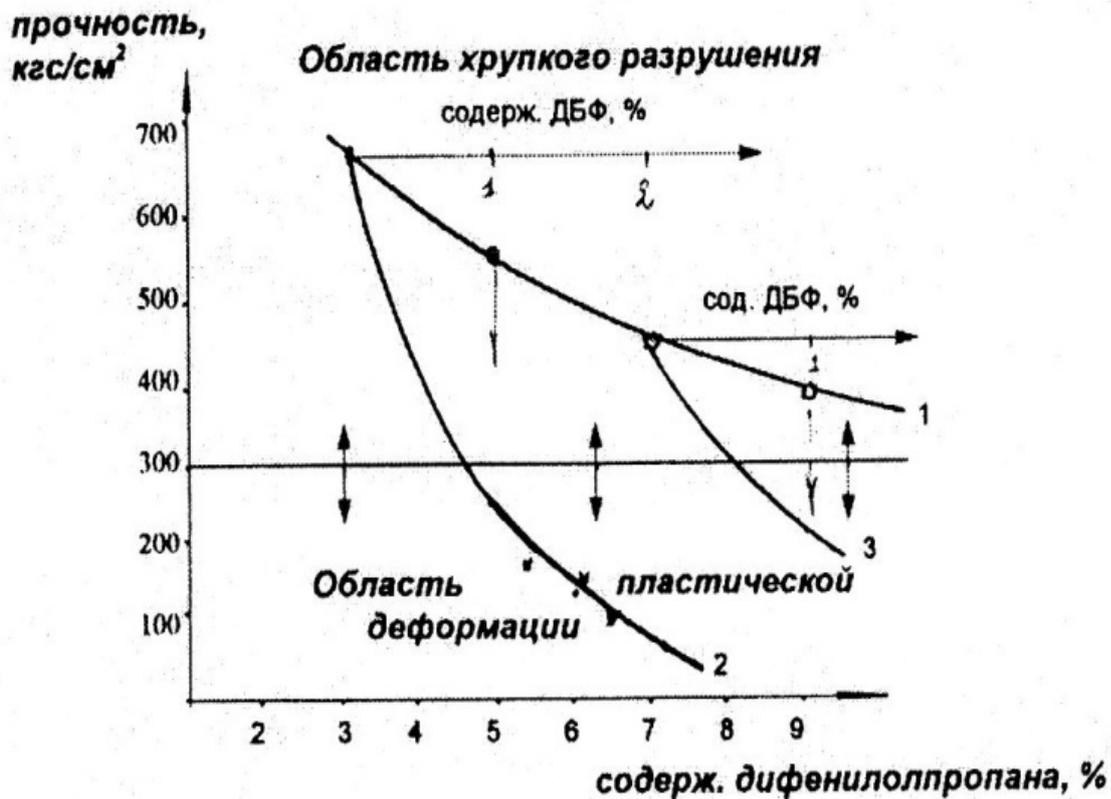


Рис. 3.14. Прочность термопластика в зависимости от количества пластификатора:  
1- дифенилолпропан; 2, 3 – дибутилфталат дополнительно к ДБФ

Т а б л и ц а 3 . 2 3

Кинетика слеживания образцов термопластика (ПЛ-Ш)  
с разными пластификаторами

Пластификаторы	Груз, кг	Площадь, см <sup>2</sup>	Удельная нагрузка разрушения образца, кг/см <sup>2</sup>	Время слеживания, сутки	Примечай.
Дибутилфталат	1,5	12,55	0,07	1	
Дибутилфталат	1,5	12,55	0,28	2	
Дибутилфталат	1,5	12,55	0,48	4	
Дибутилфталат	1,5	12,55	0,61	10	
Дибутилфталат	1,5	12,55	1,07	26	
Дифенилол-пропан	Не слеживается				Опыт прекращен через 66 суток
Дифенилол-пропан + ДБФ (10:1)	1,5	12,55	0,07	2	
Дифенилол-пропан + ДБФ (10:1)	1,5	12,55	0,10	4	
Дифенилол-пропан	1,5	12,55	0,10	7	

### 3.9. Термопластичные разметочные материалы на основе нефтеполимерных смол

Нефтеполимерные (углеводородные) смолы представляют собой продукты полимеризации арилалкен-, диен-, циклодиен-, олефин- и циклоолефинсодержащего нефтяного сырья. Таким сырьём обычно являются нефтяные фракции  $C_5$ ,  $C_8-C_{10}$  и другие продукты пиролиза бензинов, газойлей, дизельных топлив и т.п., а также смеси различных фракций, как между собой, так и с индивидуальными мономерами (например, с пипиреленом, стиролом, циклопентадиеном, инденом). При этом алифатические нефтеполимерные смолы получают полимеризацией углеводородов фракции  $C_5$ , а ароматические смолы – фракций  $C_8-C_{10}$ . Алифатические нефтеполимерные смолы были впервые синтезированы Д. Гарднером в 1961 году по разработанному им методу каталитической полимеризации диолефинов фракции  $C_4-C_5$  [32]. Эти первые смолы были жидкие и использовались как пластификаторы. В настоящее время для синтеза алифатических смол с высокой температурой размягчения проводят сополимеризацию углеводородов фракции  $C_5$  с дициклопентадиеном или его производными. Температуру размягчения смол можно регулировать, добавляя к фракции  $C_5$  до 30 % фракции  $C_4$ , образующейся при термическом крекинге нефти [33].

Отечественная промышленность, к сожалению, алифатические смолы в настоящее время не выпускает, производство ароматических нефтеполимерных смол в стране налажено, например, на Ново-уфимском нефтеперерабатывающем заводе (г. Уфа), в Карачаево-Черкесской республике, а также в Ленинградской области (г. Сланцы). Однако, следует отметить, что эти нефтеполимерные ароматические смолы, хотя и сравнительно дешёвы, но весьма хрупки, отличаются неудовлетворительным для производства термопластиков тёмным цветом и имеют в расплаве, да и не только в расплаве, крайне неприятный запах.

В промышленности полимеризацию нефтеполимерных смол осуществляют по периодической или непрерывной технологической схемам в присутствии катализаторов (металлический натрий, сильные минеральные кислоты, галогениды металлов, катализаторы Циглера-Натты). Так, в присутствии 0,5–2,0 %  $AlCl_3$  фракция  $C_8-C_{10}$  полимеризуется при 30–70 °С за 15–30 минут. Основные преимущества метода: простота технологического оформления и небольшие удельные капиталовложения. После завершения полимеризации образовавшуюся нефтеполимерную смолу отделяют от не вступивших в реакцию предельных углеводородов и низкомолекулярных продуктов. Последние находят применение как растворители, как сырьё для получения технического углерода, компоненты топлив.

Нефтеполимерные смолы используют в производстве РТИ в качестве пластифицирующих добавок полимербетонов (нефтеполимерные смолы

повышают их прочность, морозостойкость, снижают водопроницаемость), для гидроизоляции (имеют хорошую адгезию к бетону), в клеевых композициях, в производстве бумаги и картона, а также модифицированные малеиновым ангидридом смолы применяют в материалах для разметки дорог. Имеется опыт использования для производства термопластиков отечественной нефтеполимерной смолы СПП (смола полимерная из продуктов на основе пиролиза стиролсодержащей фракции сланцевого сольвента).

Мировой объём производства нефтеполимерных смол превышает 600 тыс. тонн в год и имеет тенденцию к росту, что объясняется широкой и доступной сырьевой базой, низкой стоимостью и возможностью использования их в различных отраслях промышленности [34].

### 3.9.1. Основные свойства нефтеполимерных смол

Большинство нефтеполимерных смол представляют собой твёрдые аморфные термопластичные продукты молекулярной массой 500–2500 с температурой размягчения 70–150 °С. Нефтеполимерные смолы бесцветны или слегка желтоваты, их цвет мало изменяется при нагревании. Плотность нефтеполимерных смол составляет 0,9–1,1 г/см<sup>3</sup>. Смолы хорошо растворяются в углеводородах, сложных эфирах и кетонах. Алифатические нефтеполимерные смолы совместимы с НК и СК, растительными и минеральными (нефтяными) маслами. На воздухе нефтеполимерные смолы склонны к окислению. Для повышения устойчивости к окислению нефтеполимерные смолы гидрируют или модифицируют их непредельными соединениями (малеиновым ангидридом, жирными кислотами, растительными маслами и др.). В табл. 3.24 представлены как примеры нефтеполимерных смол, используемых обычно в практике разработки разметочных термопластиков.

Т а б л и ц а 3 . 2 4  
Свойства типичных нефтеполимерных смол

Смола	C-200S	C-200H	Piccotac-1100rm	Hi-Korez-1100S	Escorez-1102rm	Kristalex	Смола СПП, ТУ38–10916–79
1	2	3	4	5	6	7	8
Фирма-производитель	Zeon		Eastman	Kolon	Exxon Mobil	Eastman	НПЗ, г. Уфа, ЗАО «Сланцы-хим»
Страна-производитель	Япония		Голландия	Корея	Франция	Голландия	Россия
Температура размягчения, °С	96	97–103	99	94–102	95	99	95–105

Окончание табл. 3.24

1	2	3	4	5	6	7	8
Цвет (по Гарднеру)	≤4	≤3	≤4	≤5	≤10	≤1	≥30
Вязкость, пуаз, при -200–140 °С	140	170	7500	160 6100	190	4800	–
Плотность, г/см <sup>3</sup>	0,92	0,92	0,96	0,98	0,92	1,06	0,95
Кислотное число, мгКОН/г	1,7	1,7	–	2,7	0,8	–	–

Крупнейшим производителем нефтеполимерных смол является Япония, причем 55 % выпускаемых смол потребляет лакокрасочная промышленность, в том числе и производства дорожно-маркировочных материалов [11].

### 3.9.2. Применение в термопластиках нефтеполимерных смол

Кроме уже упоминавшихся термопластиков на основе ароматической смолы СПП, не получивших сколько-нибудь серьёзного развития, начиная с 1996 по 1997 гг. в отечественной практике был налажен выпуск термопластиков с использованием алифатических нефтеполимерных смол. Речь идёт, например, о составе под условным названием HRUS, изготавливаемом на немецкой полимерной основе и российских наполнителях [36]. Но сравнительно жёсткий термопластик HRUS в эксплуатации был недолговечен, и часто возникала необходимость восстановления разметки к началу очередного сезона, к весне. Термопластик ТПКН, разработанный в 2001 году на основе смолы Escorez-1102RM, пластифицированной минеральным маслом, отличался уже большей эластичностью. В 2003 г. этот состав очень неплохо показал себя на очередных контрольно-полевых испытаниях, обеспечив сохранность разметочной полосы к концу испытаний – на 90 % [37]. Но полученный результат не показал достаточной стабильности. Состав требовал корректировки.

Ещё в 1999 г. японская корпорация Zeon Corporation LTD опубликовала информацию по компоновке и свойствам термопластиков на основе различных нефтеполимерных смол, разработанных компанией, в том числе и конкретно для России [38]. Эти данные приводятся в табл. 3.25.

Для термопластиков указанного в табл. 3.25 состава, но с использованием различных нефтеполимерных смол фирмой Zeon проведена оценка основных свойств, позволяющая характеризовать эти смолы (табл. 3.26).

С технических позиций характеристики, приведенные в табл. 3.26, практически близки. Но обращает на себя внимание особенность смолы С-200S, а именно: вследствие меньшей вязкости самой смолы, а, главное,

меньшей вязкости расплава термопластичной дорожной композиции, использовать её (смолу) возможно в меньшем, примерно на 10–15 % количестве, что создаёт определённый экономический эффект.

Т а б л и ц а 3 . 2 5  
Составы термопластиков, рекомендованные фирмой Zeon

Компоненты	Содержание, %	Конкретный вариант, %,*	Вариант для России, %
Смола С-200S	12–18	14	12
Пластификатор: ДОФ, ДБФ, соевое масло, минеральные масла	2–5	1,8	1,0
CaCO <sub>3</sub> (гранулы)	47–66	32,1	64
CaCO <sub>3</sub> (порошок)		32,1	
Стирол- изопренстироль-ный эластомер	–	–	1
TiO <sub>2</sub>	2–10	5	5
Стеклошарики	15–18	15	20
Полиэтиленовый воск	1–2	1	1

Т а б л и ц а 3 . 2 6  
Характеристики термопластиков  
на основе различных нефтеполимерных смол

Показатели	Значения показателей свойств для смол						
	Quinton A-100	Quinton C-200S	Quinton C-200H	Quinton C-210	Escorez 288S	Escorez 1102RM	Hi-Korez R-1100S
Вязкость расплава, 200 °С	7820	4140	6010	7560	7130	–	5480
Белизна, %	84,0	85,2	85,6	85,1	84,7	83,7	82,7
$\sigma_{сж}$ , кН/см <sup>2</sup>	1,95	2,27	2,82	3,03	2,20	1,66	2,52
Температура размягчения, °С	98	94	98	101	96	95	99

Эта смола, а также некоторые другие нефтеполимерные смолы получили достаточно широкое применение в современной российской технологической практике. Хорошо показал себя, например, состав термопластика «Новопласт». Некоторые особенности этого и других отечественных термопластиков на основе нефтеполимерных смол и основные характеристики составов приведены в табл. 3.27.

Таблица 3.27

**Особенности компоновки и основные характеристики термопластиков  
на основе нефтеполимерных смол**

Особенности компоновки и свойства	Составы				
	1	2	3	4	5
Полимерная основа-смола	C-200S	C-200S	Hi-Korez	Piccotac	Нефтеполимерная смола
Содержание связующего, %	19	18	19	20	–
Количество стеклошариков, %	-	20	20	20	20
SIS, %	1,6				–
Скорость истечения, г\с	5,4	–	5,1	5,2	–
Температура размягчения, °С	98	98	97	97	92
Рабочая температура, °С	190–200				185±5
Время отверждения, мин	10–15				10
Прочность при 20 °С, кг/см <sup>2</sup>	32	24	32	–	–
Прочность при 0°С, кг/см <sup>2</sup>	127	88	80	–	–
Прочность при 10 °С, кг/см <sup>2</sup>	178	159	239	–	–
Белизна, %	82	83	78	–	–

### 3.10. Термопластики для дорожной разметки на основе эфиров канифоли

В основе выпускаемых и применяемых в настоящее время в России, лежат, как было выше показано, нефтеполимерные (углеводородные) или полиэфирные смолы. Между тем, для производства термопластиков за рубежом (в США, Голландии, Швеции и др.) в качестве основных связующих компонентов нередко используются эфиры канифоли. Так, компания «Arizona Chemical»(США), которая имеет 14 заводов на территории США и яв-

ляется лидером в производстве продуктов лесохимии, применяемых для изготовления различных лаков, красок, клеёв, гидравлических жидкостей, мыл и др., производит также целевые смолы для термопластиков. Это эфиры канифоли: глицериновый и пентаэритритовый эфиры таловой канифоли и модифицированные малеиновым ангидридом эфиры таловой канифоли.

Канифоль представляет собой твёрдую составную часть смолистых веществ хвойных пород деревьев, остающаяся после отгонки из них летучих веществ (скипидара). Внешне это хрупкая прозрачная смола от светло-жёлтого до тёмно-коричневого цвета. Содержит 60–90 % смоляных кислот (в основном абиетиновую), 0,5–12 % насыщенных и ненасыщенных жирных кислот и 8–20 % нейтральных веществ (терпеноиды). Хорошо растворима в диэтиловом эфире, абсолютном этаноле, ацетоне, бензоле, нерастворима в воде. Имеет температуру размягчения 40–75 °С, температуру плавления 100–140 °С, плотность 1,05–1,09 г/см<sup>3</sup>.

При взаимодействии с минеральными или органическими основаниями кислая канифоль образует соли (канифольное мыло), при взаимодействии со спиртами образует эфиры канифоли. При этом её исходное высокое кислотное число (150–180) снижается до 7–25, а температура размягчения повышается до 75–110 °С. Для придания эфирам канифоли дополнительной стойкости к действию света и окисления их подвергают дальнейшим химическим превращениям, модифицируя, например, малеиновым ангидридом, фумаровой кислотой или формангидридом. Различают канифоли:

- живичную (из живицы сосны после отгонки скипидара);
- экстракционную (из промышленной древесины, например, щепы пней экстракцией бензином);
- таловую (образуется при вакуумной ректификации талового масла).

Наибольшее промышленное значение имеет таловая канифоль и её производные.

Таким образом, канифоль и все её производные представляют собой продукты, получаемые из возобновляемого сырья, которого в России с её огромными лесными массивами исключительно много. Ещё в 1985 г. в СССР производилось до 160000 тонн канифоли в год. В настоящее время Нижегородское ОАО «Оргсинтез» выпускает таловую канифоль в виде её пентаэритритового эфира, модифицированного малеиновым ангидридом, глицеринового эфира, модифицированного фумаровой кислотой, а также глицеринового эфира живичной канифоли.

Канифольные смолы отличаются показателями, уровень которых близок к соответствующим показателям нефтеполимерных смол C-200S или Escorez-1102gm, что позволяет предположить, что на основе этих смол возможно и целесообразно производство термопластиков с удовлетворительными характеристиками. Так, например, смолы Sylvatac и Sylvacote особенно отличаются повышенной температурой размягчения против тради-

ционной (90–95 °С), что обуславливает удовлетворительную стабильность формы термопластиков при эксплуатации в условиях повышенных температур, а с учётом сведений из рекламы разработчиков возможно получение материалов с большей адгезией к асфальту, а также с большей стабильностью уровня световозвращения во времени (в связи с большей степенью удержания стеклошариков в составе).

### 3.11. Линейные блок-сополимеры стирола и каучуков

#### 3.11.1. Свойства блок-сополимеров

Практика показывает, что использование нефтеполимерных или канифольных смол в термопластиках для дорожной разметки, как правило, связано с одновременным применением линейных блок-сополимеров: стирол-изопрен-стирольных (коротко SIS), стирол-бутадиен-стирольных (SBS) или стирол-этилен-бутилен-стирольных (SEBS) полимеров. Принципиально эти полимерные добавки являются каучуками, точнее термопластами, имеющими блочную структуру: блок полистирольных домен (частиц) с температурой стеклования +95 °С, блок полиизопреновых домен с температурой стеклования –60 °С (а в случае полибутадиена –90 °С) и далее снова блок полистирольных домен. Эта морфология полимеров обуславливает их гибкость при низких температурах и достаточную стойкость при повышенных температурах и, наконец, текучесть при температурах выше +95 °С. Полимеры SEBS, не имеющие в каучуковой фазе двойных связей, применяются в тех случаях, когда необходима повышенная устойчивость к истиранию или к УФ-облучению. Фирма-изготовитель (группа компаний «Kraton Polimers») рекомендует именно эту марку для производства термопластиков, наносимых на дорожное полотно, к которым предъявляются требования значительного срока службы [39]. Основные характеристики SIS, SBS и SEBS-полимеров типа Kraton и подобных им полимеров представлены в табл. 3.28.

Из табл. 3.28 следует, что:

1. Полимеры Kraton D1161, Kraton D1163 более мягкие, у них больше относительное удлинение при разрыве, они более текучи, у них меньше твёрдость и, наоборот, больше гибкость в связи с меньшим содержанием в полимерной цепи жёсткого полистирола. Используемые нами физические формы в виде тонкодисперсных порошков определяют минимальное время набухания их в пластификаторе.

Таблица 3.28

## Свойства некоторых SIS, SBS и SEBS-полимеров

№ п/п	Полимер, свойства	Kraton D1161	Kraton D1163	Kraton D1102	Kraton G1652	Vector 4111	Quintac 3421
1	Фирма-производитель	Группа компаний «KratonPolimers», Англия				DBX, ФРГ	Zeon, Япония
2	Каучуковая составляющая	полиизопрен		п/бутадиен	п/этилен, п/бутилен	полиизопрен	
3	Основное назначен.	для гибких дорожных термопластиков		адгезивы, герметики	Термопластики с повышенной устойчивостью к истиранию	для гибких дорожных термопластиков	
4	Выпускная форма	порошки, гранулы				плотные гранулы	рыхлые гранулы
5	Содержание стирола, %	13,5–16,1	13,5–16,1	28,5–30,5	28,8–31,6	18	14
6	Индекс течения, г/10 мин	12	16	6	5	12	10
7	Твёрдость по Шору, у.е.	30	24	70	–	39	36
8	Прочность при растяжении, кгс/см <sup>2</sup>	28	24	33	32	40	–
9	Удлинение при разрыве, %	1300	1400	880	500	1200	1400
10	Удельный вес, г/см <sup>3</sup>	0,92	0,92	0,94	0,91	0,93	0,92
11	Вязкость 25 %-го раствора в толуоле при 25 °С, Па·с	1,1	0,8	1,2	0,5	–	1,4
12	Содержание антиоксиданта, %	0,25	0,25	0,14	~0,03	–	0,2

**Примечание.** В табл. показаны типичные представители подобных полимеров, марок которых выпускается сравнительно много, в т. ч. полимеров типа KratonD – не менее 30, KratonG – не менее 10, Vector – не менее 4, Quintac – не менее 5.

2. Полимеры Quintac 3421 и Vector похожи на Kraton D1161 и Kraton D1163 практически по всем позициям. При этом более плотные гранулы полимера Vector определяют более длительное время набухания его в пластификаторе. Например, если Kraton D1161 набухает в диоктилфталате (ДОФ) за считанные минуты, то для полимера Vector 4111 время набухания составляет несколько часов. Полимер Quintac 3421, гранулы которого весьма рыхлые, также, как и полимер Kraton D1 161 набухает сравнительно быстро.

3. Kraton G1652 – жёсткий стирол-этилен-бутилен-стирольный полимер, у него заметно выше твёрдость, выше прочность, меньше текучесть и значительно ниже относительная деформация. Поэтому имеются все основания использовать его в составе термопластика, содержащего больше пластификатора. При этом именно за счёт пластификатора негативные свойства этого Kratona с позиций термопластика (меньшая гибкость, меньшая текучесть) устраняются.

4. Kraton D1102 на основе стирола и полибутадиена – очень жесткий полимер. Разработчик полимера не даёт рекомендаций (умалчивает) о целесообразности его использования в термопластиках.

### 3.11.2. Термическая стойкость блок-сополимеров

Учитывая, что переработка термопластиков связана уже по определению с использованием высоких температур (200 °С) в течение сравнительно длительного времени, была проведена оценка термической стабильности выбранных полимеров при этой же температуре. Оценка проведена по изменению окраски порошка полимера, которая связана с термоокислительной деструкцией. Не случайно все рассматриваемые полимеры содержат антиоксиданты. Однако, только для полимера Kr.G, не содержащего, как уже указывалось, термически не стойких непредельных связей, содержание антиоксиданта минимально. Напротив, полимеры Kr.D при нагреве окисляются, и этот процесс не останавливает даже повышенное количество введённого антиоксиданта (см. табл. 3.28). На практике окисленный SIS-полимер может проявляться в готовой термопластичной массе в виде отдельных тёмных точек, не говоря уже о том, что при частичном окислении SIS-полимера оптимальная концентрация его в составе нарушается.

Динамика изменения окраски полимера при термическом воздействии на него при температуре 200 °С приведена в табл. 3.29.

Для того чтобы избежать потерь полимера за счёт термоокисления при переработке дорожного термопластика, полимер (в данном случае Kr.D) предварительно совмещают с пластификатором, и уже в работу пускают смесь – пластификатор, смачивая и закрывая поверхность полимера, предохраняет полимер от последующего контакта с кислородом воздуха при нагреве.

Т а б л и ц а 3 . 2 9

Динамика изменения окраски полимера при термическом воздействии на него при температуре 200 °С

Полимер	Цвет порошка полимера по мере термостатирования при 200 °С, мин				
	исходный	30	60	120	300
Kr.D	белый	желтый	жёлтый	коричневый	–
Kr.G	белый	белый	белый	белый	белый

Такой предварительно пропластифицированный полимер при перемешивании в составе термопластика нормально распределяется и совмещается с другими компонентами, в первую очередь с основной смолой, что исключает в дальнейшем неоднородность свойств в разметочной полосе на дороге. Однако, этот процесс предварительной пластификации и, следовательно, набухания, в технологической практике приходится контролировать, ибо даже при 20 °С он идёт слишком быстро и может пройти слишком глубоко, когда последующее диспергирование полимера станет уже весьма затруднительным. В целом в этом случае (с Kr.D) возникают дополнительные технологические трудности, которых можно бы избежать, применяя вместо Kr.D другой полимер – Kr.G, который обладает большей термостойкостью и меньше подвержен окислению в равных условиях.

Разницу в термической стойкости этих полимеров подчеркивает и прямая рекомендация разработчика: чтобы избежать разложения (окисления) полимеров типа Kraton, необходимо применять меры, исключаяющие при переработке Kr.D и компаундов на его основе температуры выше 225–230 °С, а для полимера Kr.G температуры выше 280–285 °С.

### 3.11.3. Термопластики типа «Кратер» с использованием линейных блок-сополимеров Kr.D и Kr.G.

В настоящее время из разнообразия нефтеполимерных и канифольных смол, предназначенных для компоновки дорожных термопластиков, серьёзный интерес, по крайней мере с экономических позиций, представляет пентаэритный эфир таловой канифоли, модифицированный малеиновым ангидридом «пентанокс», стоимость которого примерно в 1,8–2,5 раза ниже стоимости других нефтеполимерных или канифольных смол, обычно применяемых для разработки термопластиков, в том числе и в России. Исследования, представленные в настоящей работе, проводились в основном именно на основе смолы «пентанокс».

Термопластик «Кратер» на основе канифольной смолы «пентанокс» разработан с использованием полимера Kr.D. Такая компоновка позволяет получать термопластик с удовлетворительным комплексом основных характеристик. Не претендуя на оптимальность полученного решения, на основании данных, приведенных в табл. 3.30, можно утверждать, что:

- уменьшение в составе содержания кратона приводит к уменьшению эластичности термопластика и развитию хрупкости, появлению трещин при деформации образцов;
- увеличение пластификатора в составе (до 4 %) ведёт к снижению со-

противления обжатия термопластика (практически при большом обжатии – к раскатыванию разметочной полосы под колёсами автомобиля, особенно в летний период), а уменьшение его (пластификатора) содержания ведёт к уменьшению технологичности расплава;

– наоборот, увеличение сэвилена ведёт к увеличению сопротивления обжатию, но технологичность расплава при этом снижается.

Т а б л и ц а 3 . 3 0

Изменение некоторых свойств термопластика «Кратер»  
при изменении отдельных рецептурных факторов

Компонент	Содержание в термопластике, %	Скорость истечения, г\с	Обжатие, %*	особенности результатов испытаний ФМХ			Примечание			
				при +20 °С	при 0 °С	при -10 °С				
ДОФ	3,0	3,5	–	во всех случаях при испытаниях образцов хрупкого разрушения не наблюдается, трещин нет			при содержании сэвилена 2 %, Кг.Д 1,8 %			
	3,5	4,0	0–5							
	4,0	5,0	5–10							
Сэвилен	0,5	5,7	-70							при содержании ДОФ 3,5 %, Кг.Д 1,8 %
	1,2	5,0	20–30							
	1,5	4,5	10–15							
	2,0	4,0	0–5							
Кг.Д	1,0	4,7	0–5	трещин нет	трещины	трещины	при содержании сэвилена 2 %, ДОФ 3,5 %			
	1,4	4,5	0–5	трещин нет		трещины				
	1,6	4,1	0–5	трещин нет						
	1,8	4,0	0–5							

П р и м е ч а н и е . \* Образец 20/0–30 мм, обжимается под постоянной нагрузкой 0,22 кг/см<sup>2</sup> в течение 24 часов при 20 °С и оценивается уменьшение высоты образца.

Следует отметить, что сэвилен, представляющий собой сополимер поливинилацетата и полиэтилена создаёт в структуре термопластика как бы внутренний каркас повышенной жёсткости. Жёсткость такого каркаса зависит от марки применяемого сэвилена. Она уменьшается по мере увеличения в составе сополимера доли винилацетата (табл. 3.31).

С учётом комплекса свойств, в первую очередь технологичности расплава термопластика, более часто применяют марку 11808–340 (сокращенно 118). В ряде зарубежных стран сэвилен известен под названием «Эско-

рене». Марке 118 с позиции технологичности в большей степени соответствует Эскорене 150–19, содержащий 19 % винилацетата.

Т а б л и ц а 3.31

Изменение некоторых свойств термопластика  
в зависимости от марки применяемого сэвилена

Показатели свойств	Значения показателей для сэвиленов марок								
	11104–030	11306–075	11407–027	12306–020	11607–040	11507–070	12508–150	11708–210	11808–340
Плотность, г/см <sup>3</sup>	0,925	0,933	0,938	0,940	0,942	0,945	0,950	0,950	0,950
Текучесть расплава, г/10 мин	1–5 при 90°C	5–10 при 90°C	–	1–3 при 90°C	3–5,5 при 125°C	4,5–10 при 125°C	12–18 при 125°C	15–27 при 125°C	28–40 при 90°C
Массовая доля винилацетата, %	5–7	10–14.	14–17	15–20	17–21	21–24	26–30	26–30	26–30
Прочность при разрыве, МПа, не менее	11,3	9,8	6,8	16,0	5,9	4,9	не норм.	не норм.	не норм.
Относительное удлинение при разрыве, % не менее	600	600	600	600	650	650	600	не норм.	не норм.

В отличие от Кг. D использование Кг. G в равных условиях приводит к получению образцов термопластиков более жёстких и менее текучих. Компенсировать это ухудшение характеристик, как уже упоминалось, можно за счёт увеличения содержания пластификатора. Важным обстоятельством в случае использования Кг. G является то, что структура его, включающаяся этилен-бутиленовые блоки напоминает полиэтиленовую структуру сэвилена – сополимера винилацетата и полиэтилена. Поэтому следует ожидать, что сопротивление обжатию образцов с использованием Кг. G будет небольшим даже в отсутствие сэвилена или при его меньшем количестве, и даже при увеличенном содержании пластификатора. Результаты исследований представлены в табл. 3.32.

Таблица 3.32

Свойства термопластика в зависимости от особенностей его состава

Особенности состава, свойства	1	2	3	4
Kr.D, %	1,8	–	–	–
Kr.G, %	–	1,8	1,8	1,8
ДОФ, %	3,5	3,5	3,5	4,0
Сэвилен, %	2,0	2,0	–	–
Скорость истечения, г/с	4,5	3,0	3,5	4,5
Температура размягчения, °С	90	112	110	106
Обжатие, %	5–15	0	0–6	3–12

Представленные данные подтверждают, что в случае Kr.G оптимальное количество пластификатора в составе термопластика составляет около 4 % при полном отсутствии сэвилена.

Обобщая вышеизложенное, можно отметить некоторые принципиальные преимущества, связанные с применением Kr.G, а именно:

1. Минимальная степень обжатия термопластика под нагрузкой (1–4 мм), что в сочетании с достаточной прочностью (16–24 кг/см<sup>2</sup>), удовлетворительной эластичностью, сравнительно повышенной температурой размягчения (107 °С) и слабой липкостью рабочей поверхности позволяет рекомендовать этот состав для уверенной эксплуатации в южных регионах.

2. Слабая окисляемость позволяет исключить необходимость предварительного смачивания поверхности полимера KratonG пластификатором и сократить при этом общий цикл замеса термопластичной смеси, обеспечив тем самым небольшое повышение производительности труда. Повышению производительности также способствует упрощение состава: уменьшение количества используемых компонентов (отсутствие сэвилена).

Основные характеристики разработанных составов термопластиков типа «Кратер» в сравнении с некоторыми аналогичными показателями других известных термопластиков, в первую очередь импортного производства, представлены в табл. 3.33.

Таблица 3.33

Основные характеристики термопластиков типа «Кратер» в сравнении

Основные свойства	Значения свойств для термопластиков						Примечание
	Кратер 1 (с Kr.D)	Кратер 2 (с Kr.G)	Новопласт	Kleanosol, Швеция	EKS05, Швеция	Swarco-thermHP-25, ФРГ	
1	2		3	4			5
Связующая основа	Пентанокс		Нефтеполимерная смола	Нефтеполимерная смола или комбинация нефтеполимерной смолы и канифольных смол			–

Окончание табл. 3.33

1	2		3	4			5
Скорость истечения, г/с	4,3–4,7	4,5–5,0	5,2	3,6	3,5	5,5	при 200°C
Температура размягчен., °С	85–90	105–110	95–100	88	86,5	94	–
Белизна, %	80–82	81–83	77–80	73	80	84	–
Обжatie, %	5–10	5–10	10	10	5	0	–
Прочность при сжатии, кг/см <sup>2</sup>	+20 °С	8–16	16–24	8	14–24	21,5	33
	0 °С	95–105	95–140	60	95–119	107	103
	–10 °С	170–190	165–190	127	235–270	263	247
Рабочая температура °С	190–200	190–200	190–200	190	200	190	–

Из данных табл. 3.33 следует, что по комплексу технических характеристик все приведенные составы близки. Результаты контрольно-полевых испытаний свидетельствуют о том, что по уровню износостойкости материала на дорожном покрытии в условиях интенсивного движения участвующие в испытаниях составы – Kleanosol, Swarcotherm, Новопласт – показали весьма высокие значения.

### 3.12. Термопластики на основе других канифольных и нефтеполимерных смол

#### 3.12.1. Использование канифольных смол типа ГЭК (глицериновый эфир канифоли) производства РФ

В отличие от глицеринового эфира SylvatacRe101RM производства фирмы «Апгопа»(США) глицериновые эфиры канифоли, выпускаемые отечественной промышленностью, отличаются меньшей температурой размягчения (табл. 3.34).

Таблица 3.34  
Свойства глицериновых эфиров канифоли

Наименование смолы	Фирма-производитель	Выпускная форма	Кислотное число	Температура размягчения, °С	Цвет (по Гарднеру)
Sylvatac Re101RM	Arizona Chemical	гранулы	≤6	102	4–5
ГЭК	ОАО «Оргсинтез», г. Нижний Новгород	гранулы, куски	≤12	≥63	15–30
ГЭК	ОАО «Оргхим», г. Урень, Нижегородская область	куски	≤11	≥77	15–30

Снижение температуры связующей основы приводит к снижению температуры размягчения термопластика в целом и повышению температурной зависимости механических характеристик. Термопластик на основе ГЭК имеет низкую адгезию к асфальтобетону (табл. 3.35), поэтому его целесообразно использовать лишь совместно с другими канифольными эфирами, например, с пентаноксом или нефтеполимерными смолами.

Из приведенных данных следует, что на основе комбинации ГЭК и пентанокса (в ориентировочном соотношении 40:60) удаётся добиться вполне удовлетворительных характеристик термопластика. При этом обеспечивается расширение сырьевой базы и несколько снижается себестоимость термопластика, так как ГЭК значительно дешевле пентанокса.

Т а б л и ц а 3 . 3 5

Свойства термопластика при использовании смолы ГЭК

Особенности химического состава и свойства	Варианты					
	1	2	3	4	5	6
Воск, %	1	1	1	1	1	1
TiO <sub>2</sub> , %	5	5	4	3	2,5	2
Кварцевый песок, %	35,6	–	–	–	29,4	29,3
Мраморный песок, %	–	35,6	35,6	36,6	29,4	29,4
Скорость истечения, г/с	4,9	5,0	5,9	5,2	5,2	5,6
Яркость, % (белизна)	78	79	77	78	80	78
Прочность при сжатии при температуре +20 °С, кг/см <sup>2</sup>	32	32	–	–	24	–
Прочность при сжатии при температуре 0 °С, кг/см <sup>2</sup>	64	66	–	–	75	–
Прочность при сжатии при температуре –10 °С, кг/см <sup>2</sup>	191	175	–	–	215	–

### 3.12.2. Термопластик на основе канифольной смолы «Foralyn-IIOZH»

Особенностью смолы Foralyn-IIOZH производства фирмы Eastman (Голландия) является то, что она представляет собой пентаэритритовый эфир гидрированной канифоли [40]. Смола эта обладает хорошей стабильностью, объединяет особенности светлого первоначального цвета и хорошего его сохранения, имеет высокие адгезионные характеристики (используется для адгезивов), отличается высокой УФ-стабильностью и устойчива к окислению. Смола имеет температуру размягчения 111 °С, цвет по Гарднеру 2, удельный вес 1,07 г/см<sup>3</sup> и отличается невысокой вязкостью расплава: 3100 пуаз при 140 °С (для сравнения углеводородная алифатическая смола Piccotac-1100KM, выпускаемая той же фирмой и широко используе-

мая для производства термопластиков, имеет вязкость при температуре 140 °С 7000 пуаз). Смола Foyalyn выпускается в гранулах, упакованных в полиэтиленовые мешки по 25 кг.

Результаты отработки термопластика на основе смолы Foyalin (в сравнении) представлены в табл. 3.36. При отработке учитывались такие особенности смолы, как очень слабая окраска (в составе термопластика использовано меньше пигмента) и пониженная вязкость (использовано меньше связующего). Вариант состава № 6 составлен, как пример более жёсткого термопластика с использованием меньшего количества пластификатора.

Т а б л и ц а 3 . 3 6

Свойства составов термопластиков на основе смолы Foyalyn-110ZH

Компоненты и их свойства	«Кратер» (для сравнения)	Варианты составов								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Foyalyn	–	13,4	13,0	12,5	12	12,8	12,2	12	12	12,8
пентанокс	14	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Kr.D	+	+	+	+	+	+	+	–	–	–
Kr.G	–	–	–	–	–	–	–	+	+	+
Песок, Ур-7, сэвилен, ДОФ, воск, стеклошарики, крэтон	81	81,6	83,0	83,5	84	83,2	87,5	83,2	84	84
Общее содержание связующего, %	21,4	21,2	20,6	19,8	19,6	20,3	17,9	18,8	19,3	19
Скорость истечения, г/с	4,9	5,4	5,3	3,6	3,4	4,7	4,5	4,3	5,9	5,1
Температура размягчения, °С	85,7	98,5	98,4	98,2	4	97,9	108,5	100,7	100,9	101,3
Яркость, %	80	84	83	–	–	81	80	82	83	–
Обжатие, %	10	–	–	–	–	7	1	0	3	7
Прочность при сжатии при температуре +20 °С, кг/см <sup>2</sup>	40	–	16	–	–	24	46	72	32	24

Окончание табл. 3.36

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Прочность при сжатии при температуре 0 °С, кг/см <sup>2</sup>	88	–	48	–	–	80	151	135	95	103
Прочность при сжатии при температуре –10 °С, кг/см <sup>2</sup>	231	–	135	–	–	159	318	263	167	215
Через 5 часов										
Скорость истечения, г/с	–	–	–	–	–	4,2	4,2	–	–	–
Температура размягчения, °С	–	–	–	–	–	97,8	108,5	–	–	–
Яркость, %	–	–	–	–	–	77	79	–	–	–
Прочность при сжатии при температуре +20 °С, кг/см <sup>2</sup>	–	–	–	–	–	24	51	–	–	–
Прочность при сжатии при температуре 0 °С, кг/см <sup>2</sup>	–	–	–	–	–	72	183	–	–	–
Прочность при сжатии при температуре –10 °С, кг/см <sup>2</sup>	–	–	–	–	–	200	446	–	–	–

Таким образом, с применением канифольной смолы Foralyn возможно производство термопластика с удовлетворительным комплексом свойств при меньшем (на 1 %) содержании двуоксида титана и меньшем (на 1–2 %) содержании связующего. Следует добавить, что образцы сохраняют свою эластичность и целостность даже после многократных перегибов, в том числе и при использовании Kr.G.

### 3.12.3. Компоновка термопластика на основе смолы Pinerez

Смолы Pinerez 2220 или 2498, или 2394, производимые фирмой Akzo-Nobel (Нидерланды), являются стабилизированными пентаэритритовыми

эфирами канифоли, обладают хорошей устойчивостью к окислению и ультрафиолетовым лучам, хорошо совместимы с SIS-полимерами, сэвиле-ном, органическими растворителями, поставляются в виде гранул (чешуек) в мешках по 25 кг или стальных бочках. Основные свойства смол приведены в табл. 3.37.

Т а б л и ц а 3 . 3 7

Свойства смол типа Pinerez (в сравнении)

Смола	Основные свойства			
	Температура размягчения, °С	Цвет (по Гарднеру)	Кислотное число	Выпускная форма
Pinerez2220	120,5 ±2,5	≤7	≤15	Гранулы
Pinerez2498	98,5±3,5	≤5	≤15	Гранулы
Pinerez2394	97,5±2,5	≤5	≤15	Гранулы
Пентанокс	≥100	15–20	10–15	гранулы, куски

Возможность компоновки термопластика проверена на составах, приведенных в табл. 3.38. Учитывая высокую температуру размягчения для смолы марки 2220, проверка её осуществлялась в комбинации с ГЭК.

Из приведенных данных следует, что свойства термопластика на основе смолы Pinerez, особенно для марки 2498, вполне удовлетворительны.

Т а б л и ц а 3 . 3 8

Свойства термопластиков на основе смолы Pinerez

Состав, % и свойства термопластиков	Варианты			
	1	2	3	4
Pinerez2220	8,6	11,2	–	–
Pinerez2498	–	–	13,3	14,2
ГЭК	5,7	2,8	–	–
Кратон, ПВ-200, УР-7, ТЮ2, песок	62	62	63,6	77,8
Ст. шарики	20	20	20	–
Общее содержание связующего	23,7	23,2	21,4	22,2
Скорость истечения, г/с	4,8	4,9	5,2	5,2
Температура размягчения, °С	90,8	91,3	95,9	93
Яркость, %	80	80	82	82
Обжatie, %	7,5	4,5	–	–
Прочность при сжатии при температуре +20 °С, кг/см <sup>2</sup>	40	40	32	24
Прочность при сжатии при температуре 0 °С, кг/см <sup>2</sup>	288	255	151	127
Прочность при сжатии при температуре –10 °С, кг/см <sup>2</sup>	143	103,5	48	48

### 3.12.4. Термопластики на основе комбинации канифольных и нефтеполимерных смол

В целом ряде рекламных проспектов различных зарубежных фирм отмечается целесообразность применения для компоновки дорожных термопластиков комбинации канифольных и углеводородных смол. Так, например, фирма Eastman рекомендует использовать в термопластиках производимые фирмой углеводородную смолу Piccotac 1100-E-гм и канифольную пентаэритритовую смолу Permalin 6110, а также канифольную смолу, модифицированную малеиновым ангидридом Lewisol 29-M, в соотношениях 1:2:0,5 соответственно, подчёркивая при этом, что «комбинация различных смол позволяет придавать термопластику заранее определённые характеристики [41]. В частности использование в указанной комбинации канифольных смол обеспечивает адгезию термопластика к стеклошарикам и дорожному покрытию. Фирма Arizona Chemical, рекламируя производимые ею канифольные смолы (например, Sylvatac), указывает, что эти смолы «обладают на 30–50 % более высокой адгезией к стеклянным шарикам по сравнению с конкурирующими продуктами углеводородной природы, а также обеспечивают превосходную адгезию термопластика к асфальтовому и цементному бетонам. Так как стеклянные микрошарики являются основными световозвращающими элементами, то добавки канифольных смол к углеводородным смолам должны обеспечивать у термопластиков повышенное удержание шариков в разметочной полосе при её эксплуатации и тем самым обеспечивать высокое световозвращение в течение длительного времени.

Исследования показали, что использование в термопластике комбинации нефтеполимерной смолы Quintac C-200S с канифольной смолой, например, пентаноксом, вполне возможно, целесообразно с точки зрения расширения используемой сырьевой базы, но требует некоторой корректировки рецептуры в связи с ухудшением технологичности расплава и повышения жёсткости термопластика (табл. 3.39).

Т а б л и ц а 3 . 3 9

Характеристики термопластика при совместном использовании нефтеполимерной (С-200S) и канифольной (пентанокс) смол

№ п\п	Соотношение смол С-200S/пентанокс	Скорость истечения, г/с	Сопротивление сжатию, кгс/см <sup>2</sup> при температуре			Белизна, %	Примечание
			+20 °С	0 °С	-10 °С		
1	100:0	5,4	24	80	255	76	–
2	70:30	4,6	24	95	277	71	–
3	50:50	3,7	24	95	301	70	–
4	30 : 70	3,2	32	111	344	–	–
5	0:100	2,0	32	159	366	65	Трещины

При соответствующей корректировке характеристики термопластика улучшаются. Корректировка может быть связана с заменой использованного в составе сэвилена марки 115 на сэвилен марки 118, а также с использованием вместо пентанокса иных канифольных смол (табл. 3.40).

Вариант состава с использованием комбинации смол C-200S и Sylvatac безусловно заслуживает внимания. В контрольно-полевых испытаниях 2006–2007 гг. он участвовал при соотношении смол 70/30 в пользу нефтеполимерной смолы. Общие характеристики термопластика, показанные на этих испытаниях, вполне удовлетворительны.

Т а б л и ц а 3 . 4 0

Характеристики термопластика на основе нефтеполимерной (C-200S) и канифольной смолы(1:1) после корректировки состава

Канифольная смола	Скорость истечения, г/с	Сопротивление сжатию, кгс/см <sup>2</sup> при температуре			Белизна, %	Примечание
		+20 °С	0 °С	-10 °С		
Пентанокс	4,7	24	95	280	70	–
Sylvatac101RM	5,5	24	95	225	79	–
ГЭК	5,5	12	54	96	72	Неудовлетворительное обжатие, ≥50 %

### 3.13. Выбор воска и его оптимальное содержание в термопластиках

Практика показала, что некоторые термопластичные разметочные материалы в своём изначальном варианте имеют пониженный уровень температуры размягчения (80–85 °С), сравнительно длительное время формирования на дорожном покрытии (более 20 минут), заметную липкость поверхностного слоя. Поэтому, с целью уменьшения липкости, повышения температуры размягчения и сокращения времени формирования линии дорожной разметки исследовано влияние и оптимизировано содержание в составах термопластиков различных восков. Известно, что воски эффективны, как агенты, препятствующие налипанию (уменьшающие липкость) и придающие составу хорошую текучесть. При этом, как правило, не происходит снижения температуры размягчения в отличие от влияния пластификаторов, например ДОФ.

При исследовании ненаполненных композиций на основе нефтеполимерной смолы Ni-Corez (Корея) или канифольной смолы пентанокс, включающих также ДОФ, кртон-Д1161, сэвилен, разные воски, отмечается, что

температура размягчения композиции при добавке 1 % воска (любого из исследованных) не только не снижается, но и заметно возрастает (табл. 3.41).

При увеличении содержания воска повышение температуры размягчения сохраняется. Причиной этого явления, по всей видимости, является физико-химическая несовместимость воска с исследуемой смолой. Сам по себе факт роста температуры размягчения композиции при вводе восков имеет принципиальное значение.

Т а б л и ц а 3 . 4 1

Влияние восков на температуру размягчения связующих

Особенности композиции	Температура размягчения при добавлении восков, °С						
	–	PP-230	AR-504	BS-100	PE-520	FA-1	ПВ-200
Основа – смола Нисорез	59,3	98,3	108,2	105,6	97,0	104,0	88,1
Основа – смола пента-нокс	59,6	73,2	73,5	89,8	67,2	93,2	70,0

В наполненной композиции, т.е. в термопластике, тоже наблюдается рост температуры размягчения при увеличении в составе воска (табл. 3.42). Для наглядности сравниваются образцы более «мягкие», с повышенным содержанием пластификатора (4,5 %).

Т а б л и ц а 3 . 4 2

Влияние содержания воска ПВ-200 на характеристики термопластика типа «Кратер-1»

Особенности состава и характеристики	Варианты				
	1	2	3	4	5
ПВ-200, %	1,0	1,2	1,3	1,5	2,0
ДОФ, %	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
Скорость истечения, г/с	4,7	4,5	3,9	3,8	4,9
Прочность при сжатии при температуре +20 °С, кг/см <sup>2</sup>	8	8	–	16	–
Прочность при сжатии при температуре 0 °С, кг/см <sup>2</sup>	64	40	–	40	–
Прочность при сжатии при температуре –10 °С, кг/см <sup>2</sup>	96	96	–	96	–
Температура размягчения, °С	81,6	91,6	93,9	94,7	95,0

На основании этих и других данных для изготовления термопластиков на основе канифольных смол в составах впоследствии использовали, как правило, 2 % воска ПВ-200.

Вместе с тем проведено целенаправленное исследование влияния на характеристики термопластика на основе канифольных смол различных по природе восков.

### 3.13.1. Особенности восков, применяемых в современных термопластиках

В табл. 3.43 представлены различные по природе воски, большинство из которых было исследовано в составе термопластика.

Т а б л и ц а 3 . 4 3

#### Основные свойства некоторых восков

Воск	Производитель	Химическая основа	Температура плавления, °С	Кислотное число	Удельный вес г/см <sup>3</sup>	Вязкость расплава, МПа·с, при 100 °С	Цвет	Выпускная форма
ПВ-200	ОАО «Полимир», г. Новополоцк, Беларусь	Полиэтилен неполярный	106	–	0,9	214 (140 °С)	белый	гранулы
FA-1	Фирма «Clariant», Швейцария	Амидный воск полярный	141	6	1	10 (150 °С)	белый	гранулы
BS-100	ОАО «Полимир», г. Новополоцк, Беларусь	Амидный воск полярный	141	8	1	–	белый	порошок
PP-230	Фирма «Clariant», Швейцария	Полипропиленовый воск неполярный	160	0	0,88	1500 (170 °С)	белый	гранулы
PE-520	Фирма «Clariant», Швейцария	Полипропиленовый воск неполярный	118	0	0,93	600	белый	гранулы, порошок
AR-504	Фирма «Clariant», Швейцария	Полипропиленовый воск полярный	155	50	0,92	700 (170 °С)	жёлтый	хлопья
PE-890	Фирма «Clariant», Швейцария	Сополимер полиэтиленовый с винилэтилацетатом	97	0	0,94	300	серый	тонкие гранулы

Из приведенных данных следует, что в отличие от традиционно используемого неполярного полиэтиленового воска ПВ-200 другие воски отличаются природой и полярностью, например, амидные полярные воски

FA-1 или BS-100, вязкостью расплава – низковязкий FA-1 и высоковязкие полипропиленовые воски PP-230 и AR-504 температурой плавления, как правило, более высокой. Ближе всех по свойствам к ПВ-200 находится полиэтиленовый воск PE-520, используемый по некоторым неофициальным источникам в известном термопластике Kleanosol.

Результаты проверки этих восков в составе термопластика (типа Кра-тер-1) приведены в табл. 3.44. Для большей убедительности влияния воски использованы в количестве 2 %.

По исследованному комплексу характеристик наибольшего внимания заслуживают полярные амидные воски Fa-1 и BS-100. Следует отметить, что в 2003–2004 годах в лаборатории «Технопласт»ФЦДТ «Союз»были проведены исследования, которые показали, что полярные добавки в большей степени гидрофобизуют поверхность термопластика, чем неполярные, а значит в большей степени защищают эту поверхность от загрязнения. В качестве полярной добавки использовался именно воск Fa-1 [45]. И, хотя речь тогда шла о термопластике на основе полиэфирных смол, вывод о положительном влиянии воска Fa-1 носит, по-видимому, универсальный характер. Тогда же было показано, что добавки (воски), особенно полярные, в процессе охлаждения расплава, термопластика мигрируют в его поверхностные слои. Поэтому поверхность термопластика теряет липкость, а его обратная (нижняя) сторона, из которой воск мигрирует вверх, сохраняет достаточную адгезию к поверхности дорожного покрытия [41].

Т а б л и ц а 3 . 4 4

Свойства термопластика с различными восками

Показатели свойств	Значения показателей для восков								
	–	ПВ-200	PP-230	PP-220	PE-890	AR-504	Fa-1	BS-100	PE-520
Скорость истечения, г/с	3,5	3,8	3,4	4,2	4,8	2,2	6,7	6,5	4,5
Температура размягчения, °С	84,1	95,8	88,2	92,3	91,3	>130	119,1	119,3	89,7
Яркость, %	75	74	74	74	75	72	74	75	75
Прочность при сжатии при температуре +20 °С, кг/см <sup>2</sup>	32	32	32	32	36	48	48	48	16
Прочность при сжатии при температуре 0 °С, кг/см <sup>2</sup>	119	96	104	80	96	111	104	77	104
Прочность при сжатии при температуре –10 °С, кг/см <sup>2</sup>	239	199	239	207	175	279	263	231	223
Обжатие, %	63	35	53	53	32	0	3	0	53
Липкость поверхности	Очень липкая	Мало липкая			Не липкая			Мало липкая	

Образцы термопластиков с добавками амидных восков Fa-1 и BS-100 исследованы более подробно (табл. 3.45). С учётом сравнительно высокой стоимости воска Fa-1 оптимальной концентрацией его в составе термопластика был принят 1 %.

Таблица 3.45

## Свойства термопластиков типа «Кратер» с добавками амидных восков

№ п/п	Содержание Ga-1, %	Содержание жание BS-100, %	Скорость исте- чения, г/с	Тем- пера- тура размяг- чения, °С	Яркость, %	Прочность при сжа- тии при темпе- ратуре 20 °С, кг/см <sup>2</sup>	Прочность при сжа- тии при темпе- ратуре 20 °С, кг/см <sup>2</sup>	Прочность при сжа- тии при темпе- ратуре 20 °С, кг/см <sup>2</sup>	Об- жа- тие, %	Липкость	Адгезия, кг/см <sup>2</sup>	Время фор- миро- вания, мин
1		Контрольный образец 2 % ПВ-200	4,0	96	78	32	96	200	25	Мало липкий		18
2	0,5	-	5,1	99,9	80	40	111	234	32	Не липкий	-	-
	0,5	-	4,5	98,0	78	32	80	215	45		12,5	14
3	1,0	-	4,9	100,3	78	32	103	199	16	Не липкий	-	12
	1,0	-	5,0	108	78	32	-	-	16		12,3	-
	1,0	-	4,9	103,5	80	22	105	215	17		-	-
4*	2,0	-	6,3	119	74	48	103	263	0	Не липкий даже при 50 °С	-	-
	2,0	-	6,6	118	74				6			5
5	-	0,5	4,3	97	75	-	-	-	35	Не липкий	-	-
6	-	1,0	4,9	108	74	-	-	-	13	Не липкий	-	-
7	-	2,0	6,5	119	75	48	72	231	0	Не липкий	-	-

Примечание. \* Через 5 часов прогрева при 200 °С:  
 $V=6,3$ ,  $Tp=118$ , яркость 74 %.

Следует отметить, что амидные воски и Fa-1, и BS-100 при температуре 190–200 °С подвержены термоокислительной деструкции, и, уже после 30-минутного термостатирования при этих температурах воски приобретают жёлтую окраску. Для уменьшения внешнего проявления этого негативного эффекта исследована возможность повышения белизны композиции за счёт замены серого кварцевого песка на белый мраморный песок (ТУ5716-002–56393945–2005) с размером частиц до 0,8 мм, выпускаемый ООО «Микрокальцит». Результаты представлены в табл. 3.46.

Т а б л и ц а 3 . 4 6

Характеристики термопластика типа «Кратер»  
при использовании воска Fa-1 и мраморного песка

Особенности химического состава и свойства	Варианты					
	1	2	3	4	5*	6*
Содержание Fa-1, %	1	1	1	1	1	1
Содержание TiO <sub>2</sub> , %	5	5	4	3	2,5	2
Содержание кварцевого песка, %	35,6	–	–	–	29,4	29,3
Содержание мраморного песка, %	-	35,6	35,6	36,6	29,4	29,4
Скорость истечения, г/с	4,9	5,0	5,9	5,2	5,2	5,6
Яркость, %	78	79	77	78	80	78
Прочность при сжатии при температуре +20 °С, кг/см <sup>2</sup>	32	32	–	–	24	-
Прочность при сжатии при температуре 0°С, кг/см <sup>2</sup>	64	66	–	–	75	-
Прочность при сжатии при температуре –10 °С, кг/см <sup>2</sup>	191	175	–	–	215	-

Из табл. 3.46 следует, что требуемый уровень белизны и других характеристик термопластика с воском Fa-1(1 %) обеспечивается при использованием мраморного песка (0–0,8 мм) даже при содержании двуокиси титана 2,0–2,5 %. Последнее обстоятельство полностью компенсирует удорожание термопластика в случае использования мраморного песка.

### 3.14. Повышение технологичности расплава термопластика и выбор его оптимальной рабочей температуры

Эти вопросы рассмотрены на примере термопластичного разметочного материала «Кратер». В настоящее время рабочей температурой термопластиков при нанесении разметочного материала на поверхность дорожного покрытия в большинстве случаев является 200 °С. Работа при такой высокой температуре сопряжена с повышенной скоростью окисления компонентов термопластика и естественным при этом снижении степени его белизны. Особенно вопрос сохранения заданного уровня белизны возникает при целевом уменьшении в составе «Кратер» содержания пигмента (с 5,0 % до 2,5 %). Для обеспечения уровня белизны в этом случае более надёжной была бы рабочая температура не 200 °С, а, например, 180 °С и менее. При этом белизна должна сохраняться не только за счёт уменьшения интенсивности окислительного процесса, но и за счёт лучшего перетира частиц пигмента в более вязкой среде. Однако переход на меньшую рабочую температуру связан с потерей технологичности расплава (табл. 3.47).

Т а б л и ц а 3 . 4 7

Характеристики термопластика «Кратер»(с 2,5 % TiO<sub>2</sub>)  
в зависимости от уровня рабочей температуры

Показатели	$T = 200\text{ }^{\circ}\text{C}$	$T = 180\text{ }^{\circ}\text{C}$
Скорость истечения расплава, г/с	4,9	2,7–3,0
Белизна, %	78	79–83

Следует иметь в виду также, что переход на меньшую рабочую температуру будет способствовать меньшему расходу газа, используемому для поддержания заданной рабочей температуры при плавлении термопластика в маточном котле и вообще для производства разметочных работ.

С целью обеспечения необходимой технологичности расплава, прежде всего, скорости истечения (4,5–5,0 г/с) исследованы возможность и целесообразность:

- укрупнения наполнителя;
- увеличения содержания в составе пластификатора;
- увеличения содержания входящего в состав термопластика воска Fa-1.

#### 3.14.1. Возможность и целесообразность укрупнения наполнителя

В термопластике «Кратер»используются следующие наполнители:

- песок кварцевый производства Раменского ГОК, со средним диаметром частиц около 250 мкм в количестве 19,0 %;
- песок мраморный производства ООО «Микрокальцит» (Челябинская

область), фракции 0–800 мкм со средним диаметром частиц 250–300 мкм в количестве 19,5 %;

– мрамор УР-7 со средним диаметром частиц 7 мкм в количестве 18 %;

– двуокись титана (формальный наполнитель) со средним диаметром 1 мкм в количестве 2,5 %;

– стеклянные микрошарики (формальный наполнитель) фракции 400–850 мкм в количестве 20 %.

Исходя из общей теории оптимальной упаковки наполнителя, диаметры частиц, составляющих наполнитель, должны соотноситься, как  $D$  (крупные частицы) к  $d$  (мелкие частицы) = 6:10, и так далее  $d$  (мелкие частицы) к  $d$  (мельчайшие частицы) = 6:10, а доли составляющих фракций соотносятся, как  $CD : Cd : cd = 2:3:1$ .

В составе термопластика «Кратер» эти пропорции не выдерживаются, особенно для более крупных фракций, составляющих большую часть наполнителя (табл. 3.48). Доля наиболее крупной фракции (шарики) по отношению к следующим по размеру фракциям составляет только половину вместо желаемого соотношения – 2.

Т а б л и ц а 3 . 4 8

Характеристики отдельных фракций наполнителей  
в составе «Кратер» и соотношения фракций

Номер фракции	Компонент	Показатели					Желаемое соотношение $CD/Cd$
		Средний диаметр частиц, мкм	Фактическое соотношение $D/d$	Желаемое соотношение $D/d$	Содержание в составе, %	Фактическое соотношение $CD/Cd$	
1	Стеклошарики	600	–	6–10	20	–	2,5
2–3	Мраморный песок	250	2,4		19,5	0,5	
2–3	Кварцевый песок				19,0		
4	УР-7	7	35,7		18,0	2,2	
5	TiO <sub>2</sub>	1	7		2,5	7,2	

Учитывая, что по крайним фракциям (стеклошарики и TiO<sub>2</sub>) имеются принципиальные ограничения (световозвращение и белизна), вариации по этим компонентам (размеры частиц и содержание в составе) не возможны,

но возможны вариации по фракциям 2,3 и 4 в сторону их укрупнения (табл. 3.49).

Т а б л и ц а 3 . 4 9

Характеристики отдельных фракций наполнителей  
и соотношение фракций при корректировке состава «Кратер»

Номер фракции	Компонент	Показатели				Примечание
		Средний диаметр частиц, мкм	Соотношение $D/d$	Содержание в составе, %	Соотношение $CD/Cd$	
1–2	Стеклошарики	600	–	20	–	Крупный отсев (500–800 мкм)
1–2	Мраморный песок	600		17,9		
3	Микродоломит МД-60	60	10	40	1,0	
4	TiO <sub>2</sub>	1	60	2,5	16	

Такая компоновка тоже не оптимальна, но более предпочтительна, учитывая незначительное количество в составе двуокиси титана. В этом случае микродоломит МД-60 использован только как пример укрупнённой фракции. В табл. 3.50 представлены результаты по влиянию особенностей наполнителя на скорость истечения расплава наполнителя.

Т а б л и ц а 3 . 5 0

Влияние особенностей наполнителя на скорость истечения расплава термопластика «Кратер» ( $T = 180\text{ }^{\circ}\text{C}$ )

№ п/п	Особенность состава наполнителя	Скорость истечения, г/с
1	Стандартный состав (табл. 3.48)	2,7
2	Промежуточный состав, в котором УР-7 и кварцевый песок полностью заменены на МД-60	3,9
3	Состав, в котором УР-7 и кварцевый песок полностью заменены на МД-60, а стандартный мраморный песок (0–800) заменён на его крупный отсев	4,6

Из табл. 3.50 следует, что укрупнение наполнителей в составе «Кратер» возможно и целесообразно.

### 3.14.2. Увеличение содержания пластификатора в составе термопластика

Увеличение в составе «Кратер» ДОФ от 3,6 % (стандартная норма) до 3,9 % повышает скорость истечения расплава от достигнутого выше уров-

ня 4,5 г/с до 4,8 г/с, но одновременно ведёт к повышению липкости поверхности термопластика и повышает уровень его обжатия под нагрузкой до нежелательных значений (30–35 %), поэтому такой путь повышения технологичности является неприемлемым.

### 3.14.3. Увеличение в составе термопластика содержания воска Fa-1

Амидный воск Fa-1 в количестве 1 % был введён (вместо традиционного полиэтиленового воска ПВ-200) в состав термопластика «Кратер» с целью уменьшения липкости поверхности, уменьшения величины обжатия и повышения температуры размягчения термопластика. Вместе с тем введение воска Fa-1 однозначно приводило к повышению скорости истечения расплава термопластика (табл. 3.51).

Т а б л и ц а 3 . 5 1

Скорость истечения расплава термопластика «Кратер» в зависимости от содержания воска Fa-1

Содержание воска, %	Скорость истечения, г/с
–	3,5
0,5	4,8
1,0	5,0
2,0	6,3

В связи с изначально поставленной задачей встал вопрос об увеличении в составе термопластика количества Fa-1 сверх 1 %. Однако в этом случае нужно было компенсировать заметное удорожание стоимости термопластика из-за высокой стоимости воска: каждый дополнительный процент воска в составе приводит к росту себестоимости рецептурной части в зависимости от того, какой из компонентов заменяется на воск.

Решение проблемы состояло в введении воска Fa-1, что привело к росту скорости истечения расплава, сопротивления обжатию и цены; и в введении добавки сэвилена, приводящей к падению скорости истечения, но, как и в случае с Fa-1, также к росту сопротивления обжатия и цены.

Таким образом, введение воска Fa-1 (дополнительно, например, 0,4–0,5 %) и полный вывод при этом из состава термопластика сэвилена должен приводить к дальнейшему росту скорости истечения расплава и сохранению достигнутого ранее уровня себестоимости в связи с тем, что стоимость входящего в состав термопластика 1 % сэвилена соответствует стоимости этих дополнительных 0,5 % воска. Вопрос изменения при этом сопротивлению обжатия подлежал исследованию. Результаты представлены в табл. 3.52.

Т а б л и ц а 3.52

Уровень обжатия термопластика «Кратер»  
в зависимости от содержания воска Fa-1 и сэвилена

Содержание воска Fa-1, %	Содержание сэвилена, %	Уровень обжатия, %
0	1,0	63
0,5	1,0	40
1,0	1,0	15–20
1,5	1,0	0
2,0	1,0	0
1,4	0	5–10

Причина этого упрочнения материала, по-видимому, связана с химической природой амидного воска, с его вероятной общей структурой. Как и все амиды, отличающиеся хорошо выраженными основными свойствами, такие воски могут образовывать соли с устойчивыми связями с остатками кислых групп в канифольных смолах (для смолы «Пентанокс», например, кислотное число составляет 10–15 мг КОН/г). Именно эти связи, нестойкие при нагревании, препятствуют обжатию материала при нормальной температуре. Из табл. 3.52 однозначно следует, что введение в состав термопластика типа «Кратер» 1,4 % воска Fa-1 и полный вывод из состава сэвилена при этом обеспечивает возможность уменьшения сопротивления обжатию материала до вполне приемлемых значений.

По результатам проведенных исследований можно считать, что последнее направление – увеличение содержания воска Fa-1 – является наиболее предпочтительным, т.к. более эффективно (по обеспечению скорости истечения, по минимизации величины обжатия, не требует смены традиционных компонентов состава, и потому более надёжно, несколько более выгодно экономически, в связи с тем, что использование крупных отсеков мраморного песка связано с ростом его цены). Отметим, что увеличение Fa-1 связано с небольшим ростом жёсткости и потому дополнительно, с целью более надёжного обеспечения эластичности у термопластика в случае использования канифольной смолы «Пентанокс» её большая часть (60 %) заменяется на смолу ГЭК.

Вариант дополнительного использования более крупных фракций наполнителя рассматриваем как резерв. В этом случае появляется вполне реальная возможность снизить рабочую температуру переработки термопластика ещё ниже, до 170°C (табл. 3.53).

Т а б л и ц а 3 . 5 3

Влияние особенностей наполнителя на характеристики  
откорректированного состава «Кратер»(с 2,5 % TiO<sub>2</sub>)

№ п\п	Особенности наполнителя	Скорость истечения, при 170 °С, г/с	Белизна, %	Адгезия к асфальтобетону при 20 °С, МПа
1	Откорректированный состав	4,1	81	12
2	Откорректированный состав, в котором УР-7 и кварцевый песок полностью заменены на МД-60	4,4	82	12
3	Откорректированный состав, в котором УР-7и кварцевый песок полностью заменены на МД-60, а стандартный мраморный песок заменён на его крупный отсев	4,9	83	13,8

В целом состав термопластика типа «Кратер», перерабатываемый при рабочей температуре 180 °С, выглядит следующим образом, %:

Смола «Пентанокс»	5,2
Смола ГЭК	7,8
ДОФ	3,8
Кратон «Д»	1,7
Мраморный песок	20,0
Кварцевый песок	19,9
УР-7	18,0
Двуокись титана	2,5
Фа-1	1,4
Стеклянные микрошарики	20,0

Состав имеет следующие основные характеристики:

Скорость истечения, при 180 °С, г/с	4,8–5,2
Белизна, %	80–83
Обжатие, %	5–10
Адгезия, при температуре 20 °С, МПа	12
Время формирования (при 20 °С), мин	17
Температура размягчения, °С	110–112
Прочность при температуре +20 °С, МПа	24–32
Прочность при температуре 0 °С, МПа	75–95
Прочность при температуре –10 °С, МПа	145–190

### 3.15. Физико-механические характеристики термопластиков с точки зрения их эксплуатационной пригодности

Термопластичные разметочные материалы на поверхности дорожного покрытия в процессе эксплуатации постоянно испытывают различные механические воздействия, которые усугубляются резкими колебаниями температурно-влажностных режимов окружающего воздуха. Прежде всего – это сдвиговые усилия, сжатие, ударные воздействия (раскалывание). Естественно, что на дорогах с более интенсивным движением подобные воздействия будут проявляться интенсивнее.

Подход к вопросу об условиях, при которых происходит разрушение термопластика, может быть основан на разумном предположении о том, что все реальные материалы, в том числе и термопластик в виде разметочной полосы на дороге, изначально имеют дефекты (микротрещины, неоднородности, дефекты частиц наполнителя, воздушные пузыри и т.п.). Эти дефекты обуславливают возникновение локальных напряжений, иногда больших, чем любое номинальное напряжение, которое может быть приложено. Если напряжение достаточно велико, чтобы вызвать развитие дефекта, то произойдет разрушение образца.

В зависимости от условий эксплуатации материала, т.е. от того, подвергается ли он медленной деформации, внезапному удару, циклической нагрузке, можно говорить о возможных последствиях этого воздействия. Например, сжатие, оказываемое на разметочную полосу колесами автомобиля, может приводить к раздавливанию полосы или к ее раскатыванию, при этом могут изменяться геометрические размеры (например, ширина) полосы до недопустимых величин, сдвиговые усилия на полосу, связанные прежде всего с истиранием материала, с адгезионным отрывом и т.д. Таким образом, дорожно-разметочные материалы должны обладать определенными механическими характеристиками, величина которых могла бы противостоять возможным разрушающим воздействиям.

В настоящее время научно разработанных требований по физико-механическим характеристикам к термопластичным дорожно-разметочным покрытиям в нормативных документах, по крайней мере, в Российской Федерации, не существует. В большинстве случаев подход к выработке требований остается исключительно эмпирический. Известны, например, требования, предъявляемые к прочности маркировочных термопластиков, разработанные в НПО «Дорстройтехника» (Беларусь): материал разметки не должен отслаиваться от покрытия при работе уборочной техники. При этом за 24 месяца эксплуатации износ разметки не должен превышать приведенные ниже значения (табл. 3.54).

Т а б л и ц а 3 . 5 4

Требования к маркировочным материалам,  
разработанные НПО «Дорстройтехника»

Интенсивность движения автотранспорта (до 15 % грузовых автомашин), ед./сут	Износ дорожной разметки, %, не более
до 500	0
500...10 000	0
10000...20 000	0
20000...30 000	10
30000...40 000	15
свыше 40000	20

Отечественные термопластики такие нормы не выдерживают, в том числе и разработанный в НПО «Дорстройтехника» термопластик ТР-1 на основе нефтеполимерной смолы. Но главное, в настоящее время способов регулирования характеристик, ответственных за обеспечение предложенных норм, не существует. В плане уточнения таких требований нами исследовалась прочность на сжатие композиции «пластик-асфальт», причем в зависимости от прочности самого термопластика. Испытывался состав ПЛ-Ш. Уровень исходной прочности термопластика регулировался изменением содержания пластификатора в составе. При этом на таблетку асфальта высотой 24 мм и диаметром 20 мм выливался расплав термопластика ( $T = 180^{\circ}\text{C}$ ) таким образом, чтобы высота застывшего расплава составила 4 мм. Адгезия термопластика к асфальту составила 0,7 МПа при любом содержании пластификатора, а сопротивление сжатию для термопластика изменялось в широких пределах от 8,6 до 73,2 МПа по прочности и от 200 до 2600 МПа по модулю упругости. Исследовалось поведение сжатия, результаты исследования приведены в табл. 3.55. Из приведенных данных следует, что с точки зрения сопротивления разрушению при сжатии в исследованном диапазоне практически безразлично, какой исходный уровень механических характеристик имеет термопластик, т.к. разрушение идет по наиболее слабому месту – поверхности асфальтобетона.

Т а б л и ц а 3 . 5 5

Сопротивление сжатию сэндвича «термопластик-асфальтобетон» прочностных характеристик термопластика ( $T = 20^{\circ}\text{C}$ )

Тип термопластика	Характеристики термопластика		Характеристики сэндвича	
	прочность, МПа	модуль упругости, МПа	прочность, МПа	модуль упругости, МПа
ПЛ-Ш	8,6	260,2	3,8	118,7
	30,0	1273,0	3,7	115,1
	52,0	1852,0	3,0	93,7
	73,2	2602,7	4,0	124,5
АКП-16р	5,3	200,0	4,2	140,7

**П р и м е ч а н и е .** Прочность при сжатии асфальтовой таблетки (высота 24 мм) – 6,0 МПа, модуль упругости – 167,8 МПа.

Поэтому, если абстрагироваться от масштабного фактора, определяющим моментом при выборе оптимального уровня прочностных характеристик термопластика должны быть иные показатели, например, характер разрушения, сопровождаемое или, наоборот, несопровождаемое появлением трещин, или грязеудержание, которое меньше проявляется на более жестком материале, или коэффициент сцепления колеса с разметочной полосой, который будет больше (т.е. предпочтительнее) при менее жестком термопластике, или, наконец, эффект раскатывания термопластика под нагрузкой.

### 3.15.1. Раскатывание разметочной полосы

Следует отметить, что в каждом конкретном случае применения того или иного термопластика возможно раскатывание полосы, которое, однако, будет различно при различных уровнях приложенной нагрузки. Так, например, для термопластика Kleonosol (Швеция) раскатывание в процессе эксплуатации не заметно, хотя материал деформируется уже при усилии сжатия 0,15–0,20 МПа и модуле упругости при этом не более 2,0 МПа, для термопластика «Сваркотерм», у которого прочность на сжатие составляет 2,0–2,5 МПа, а модуль упругости  $E_{сж} = 20–30$  МПа, эффект раскатывания полосы также не проявляется. Например, для отечественных пластиков ПЛ-Ш, ПЛ-5142, ТПК, ПГС (все на полиэфирной основе) допустимым уровнем сопротивления сжатию с точки зрения исключения негативного эффекта раскатывания полосы должно быть значение 10–15 МПа. Характерной лабораторной проверкой при этом может быть оценка сопротивления постоянно действующей нагрузке и степени сохранения первоначальной геометрической формы у образца из данного материала, т.е. условная оценка эффекта ползучести материала. Опыт проводится следующим образом: из расплава термопластика во фторопластовых разборных по образующей формах формируются цилиндрические столбики размером 20–30 мм, которые подвергаются обжатию постоянной нагрузкой 0,22 кг/см<sup>2</sup>. Периодически измеряется изменение высоты столбика.

На рис. 3.15 показана оценка обжатия для различных термопластиков в условиях проведения опытов при 20 °С. При этом подъем температуры окружающего воздуха, например, до 46 °С резко сокращает время проведения опыта (до 2–3 часов).

С точки зрения практической реализации по исключению эффекта раскатывания разметочной полосы следует считать допустимым уровень скорости деформации < 5 мм/сутки при 20 °С. Регулировать же уровень обжатия материала, как уже отмечалось выше, можно с помощью некоторых добавок, например, сополимера полиэтилена и поливинилацетата – сэвилена.

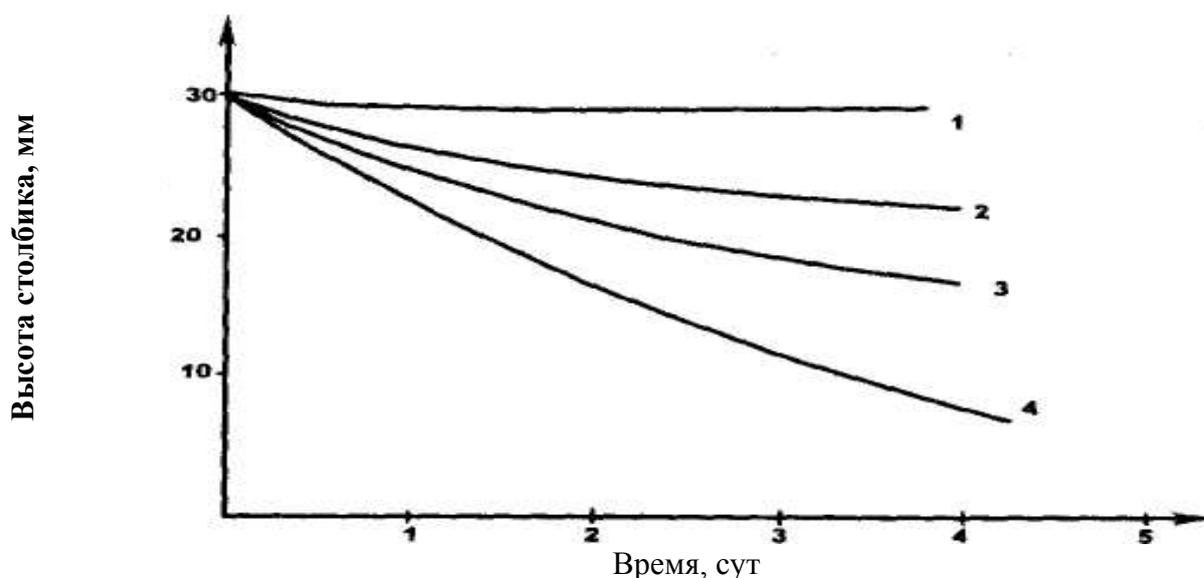


Рис. 3.15. Оценка обжатия для различных термопластиков (при 20 °C)

Регулирование уровня жесткости термопластичного материала практически чаще всего осуществляется путем изменения в составе содержания пластификатора, вида пластификатора, общего содержания вяжущей части термопластика, некоторых добавок.

При компоновке рецептуры термопластика изменение его твердости может быть достигнуто путем изменения общего содержания вяжущего или путем введения в состав компонентов принципиально иной природы, например, каучука.

Рассмотрим добавки каучуков. Для термопластиков на основе полиэфиров более целесообразно использовать полиуретановые каучуки, как компоненты, близкие по природе и потому физически совместимые с полиэфирами, хотя и ограничено. Попытка совместного использования с полиэфирами других каучуков, например, СБС-Н80 на бутадиенстиральной основе (ТУ 3810 1075–97–86), производимого в Воронежском филиале ВНИИСК [38], оказалась неэффективной из-за несовместимости каучука и смолы (и, как следствие, привела к появлению технологических трудностей), а также из-за высокой летучести расплава этого термоэластопласта и неприятного запаха при этом даже при температуре 150–160 °C недостаточной для удовлетворительного течения материала. Между тем, термоэластопласт СБС-Н80 авторами рекомендован именно как связующая основа для дорожно-разметочных материалов.

Исследовалось влияние полиуретанового каучука СКУ-90 (производство ВНИИСК), вводимого в состав термопластика типа ПЛ-Ш в счет полиэфирной смолы, на уровень его характеристик. Результаты исследований показали, что, несмотря на то, что с понижением окружающей температуры даже при вводе каучука не удастся избежать эффекта хрупкого разрушения термопластика, следует признать, что полиуретановый каучук СКУ-

90 способен в сильной степени изменить характеристики термопластика. Так, эффективность полиуретановых каучуков в наибольшей степени проявляется в повышении у термопластика адгезии к асфальтобетону, и в этом аспекте состоит главное оправдание применения подобных каучуков, несмотря на их высокую стоимость.

### 3.15.2. Адгезия термопластиков к поверхности дорожных покрытий

Вопрос обеспечения адгезионной прочности является очень важным при оценке эффективности того или иного термопластика. На величину адгезии могут оказывать влияние самые различные факторы, такие, как температура поверхности дорожного покрытия, температура расплава, его эксплуатационное состояние (дорожное покрытие не должно быть загрязнено материалами типа масел, жиров, пыли, песка, а также должно быть сухим). Специалисты фирмы «Сварко» указывают даже, что асфальт перед нанесением разметки должен быть просушен в течение не менее 24 часов [5]. Дело в том, что вода, попавшая под разметочную полосу при последующем замерзании и неизбежном расширении создает чрезвычайно высокие напряжения, которые и приводят к образованию на линиях дорожной разметки поперечных трещин (рис. 3.16).

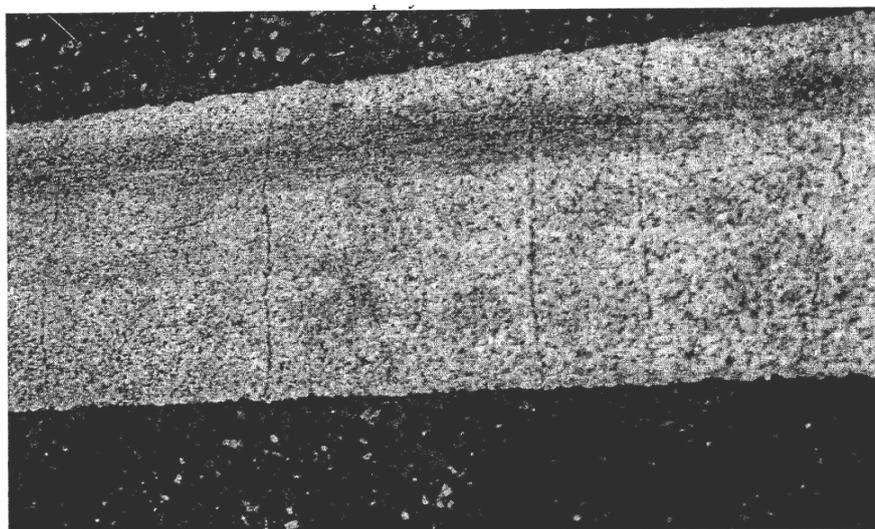


Рис. 3.16. Поперечные трещины на линии дорожной разметки

Повышения уровня адгезии возможно добиться введением полиуретанового каучука в состав полиэфирного термопластика (табл. 3.56). Величина адгезии определялась методом прямого отрыва.

Т а б л и ц а 3 . 5 6

Зависимость адгезионной прочности термопластика ПЛ-Ш при его корректировке за счет каучука СКУ-90

Содержание каучука, %	Адгезионная прочность, кгс/см <sup>2</sup> при температуре		
	+5 °С	+10 °С	+20 °С
–	10,0	9,0	9,1
0,5	–	9,0	–
1,0	–	9,6	–
1,5	–	11,0	–

Возможность повышения уровня адгезии при меньших значениях окружающей температуры означает возможность нанесения расплава термопластика на асфальт при температуре не выше +15 °С, как это требует, например, специальная инструкция [42], а при несколько меньшей (+5...+10 °С), что, безусловно, расширяет сезон производства разметочных работ. Полученный вывод позднее хорошо подтверждён и при оценке современных термопластиков.

Испытания проводили на разрывной машине типа ИУ-100. В табл. 3.57 приведены результаты исследования адгезии к асфальтобетону различных термопластиков, в том числе при условии нанесения на него расплава термопластика при различных температурах окружающего воздуха и различных температурах дорожного покрытия в момент нанесения.

Т а б л и ц а 3 . 5 7

Адгезия различных термопластиков к асфальтобетонному покрытию при различных условиях

Термопластик	Условия подготовки и испытания				
	Температура окружающего воздуха, °С				Температура асфальта при нанесении расплава, °С
	+50	+35	+18	–10	
	$T_{асф} = 18\text{ °С}, T_{распл} = 200\text{ °С}$				$T_{расплава} = 200\text{ °С},$ $T_{окр.возд.} = 20\text{ °С}$
Cleanosol	–	–	15	–	–
Технопласт	2	8	20	>21	14,8
Кратер	–	>3	16,5	>21	13,2

Приведенные данные показывают, что уровень адгезии к асфальту для принципиально различных по природе термопластиков, в т.ч. для термопластиков на полиэфирной основе вполне удовлетворительный. Снижение температуры окружающего воздуха приводит не к снижению адгезии, а к её повышению, что имеет важное практическое значение. Снижение температуры асфальтобетона в момент нанесения термопластика, по крайней

мере, до 0 °С, не создаёт критических условий для снижения долговечности термопластика.

Важна также стойкость термопластиков вообще к низким температурам, точнее к перепадам знакопеременных температур. Более высокие временные напряжения в термопластиках, нанесенных, например, на холодный асфальтовый бетон, связаны с более интенсивным охлаждением разметочных полос при меньших окружающих температурах. И эти возникающие напряжения необходимо компенсировать либо через повышение эластичности материала, либо создания изначально высоких адгезионных сил на границе «асфальт-пластик». В соответствии с ГОСТ 270037–86 в НТЦ «Катафот» проведена сравнительная оценка для некоторых термопластиков по стойкости к большим перепадам температур. При этом образцы термопластиков ТПК, HRUS, Сваркотерм, ПЛ-5142, «Благо-Сварко» (г. С-Петербург), нанесенные на металлические пластинки, попеременно загружали в термостат ( $T = +60$  °С) на 1 час, затем в холодильную камеру с температурой  $-40$  °С на 1 час, что составляло 1 цикл. Между циклами производили осмотр образцов с использованием 8-кратной лупы. При этом отмечались характерные трещины, отслоения от подложки и другие изменения. Следует отметить, что при повышенных температурах имеет место затекание технологических дефектов, связанных с нанесением образцов на подложку (кроме сравнительного жесткого образца ПЛ-5142), что дает основание предположить закатывание микротрещин, полученных в процессе эксплуатации в зимний период, и, следовательно, восстановления монолитности разметки. Принципиально же с точки зрения невозникновения трещин наилучшие результаты показывают составы, отличающиеся меньшей жесткостью – ТПК, Сваркотерм, HRUS.

### 3.15.3. Износостойкость разметочного материала в процессе его эксплуатации

Износостойкость разметки не является однозначной технической характеристикой материала, т.к. определяется не только свойствами материала, но и условиями его нанесения на дорогу и состоянием дорожного полотна.

Иногда, еще задолго до окончания объявленного гарантийного срока службы, дорожная разметка полностью изнашивается. В этом случае помимо анализа субъективных особенностей разметочного материала (повышенная хрупкость, низкая адгезионная прочность) необходимо внимательно анализировать и условия, при которых были выполнены дорожно-разметочные работы (температура окружающего воздуха, состояние дорожного полотна), а также интенсивность движения на автомобильной дороге в рассматриваемый период времени.

В этой связи можно еще раз подчеркнуть, что конечный эффект воздействия на разметочную полосу будет в общем определяться результатом сочетания сопротивления материала хрупкому разрушению и адгезии его к дорожному покрытию. И не однозначно, что недостаточно эластичный разметочный материал приведет в процессе эксплуатации к вышеуказанным явлениям, нужно учитывать при этом и адгезионную составляющую.

Современные знания позволяют в известной мере моделировать износостойкость разметочных материалов. Например, в Германии (Федеральный дорожный институт) широко используется так называемая круговая контрольная установка. В работе [43] даётся описание этого стенда (установки), который представляет собой горизонтальный вращающийся круг диаметром 6,4 м, на который одновременно можно нанести до 20 различных разметочных материалов, (рис. 3.17).



Рис. 3.17. Кольцевой стенд для испытания дорожной разметки (РРА)

Образцы разметки подвергаются на этой установке нагрузке путем накатывания автомобильного колеса со скоростью 10–60 км/ч. Количество накатываемых шин может быть разным (до 8 шт), но обычно применяют 4. Режим движения колеса при этом следующий: увлажнение образцов в течение 3 часов при скорости движения 10 км/час, затем перекатка образцов со скоростью 60 км/ч, и так до достижения числа перекаток от 0,1 до 0,6; 1,0; 1,4 и 2,0 млн при ежечасном изменении направления. Нагрузка на каждое колесо составляет 3000 N, давление в шинах 2,2 бар. Степень износа образцов точно определяется по изменению массы образца.

Преимущество такого испытания состоит в возможности спрогнозировать износостойкость материала, испытывая его сравнительно короткое время; так, к примеру, в течение 4-х недель непрерывных испытаний можно смоделировать 2-летнее испытание на очень загруженной автостраде.

Еще одно преимущество состоит в воспроизводимости результатов, поскольку все влияющие на результат параметры можно устанавливать и поддерживать постоянными, в том числе по температуре и влажности окружающего воздуха. Конечно, оборудование стенда уникально и весьма дорого, но имитация воздействия колёс автомобиля на разметочный материал в реальных условиях здесь обеспечивается в наибольшей мере.

Недостаток этого метода состоит в невозможности смоделировать длительное влияние погодных условий, например, ультрафиолетового облучения и нагрузку в зимний период т.к. это закрытый стенд.

Между тем, исходя из потери веса образцов, найдена взаимосвязь между результатами проверки на круговой контрольной установке и участках автомобильной дороги на практике, что регламентировано соответствующими стандартами (табл. 3.58).

Т а б л и ц а 3 . 5 8

Взаимосвязь между результатами проверки  
на круговой контрольной установке и участках дороги

Количество переездов на контрольной установке, млн	Область применения разметки
$\leq 0,2$	Краевые полосы
0,4	Разделительная полоса, средняя транспортная нагрузка
0,6	Разделительная полоса, сильная транспортная нагрузка

Не обсуждая особенности методики, можно, по крайней мере, на основании приведенных результатов, утверждать, что между повышенной (в 3 раза) скоростью истирания (по лабораторной оценке) и функциональной долговечностью корреляция не установлена, т.е. повышенная скорость истирания термопластика в лабораторных условиях не отвечает за его эксплуатационную долговечность на дороге, во всяком случае так регулировать функциональную долговечность и прогнозировать её не представляется возможным.

В дорожном научно-исследовательском институте «СоюздорНИИ» используется лабораторный кольцевой стенд, предназначенный для испытания моделей дорожных одежд и покрытий многократным воздействием подвижной колесной нагрузки. Технические характеристики стенда:

- диаметр кольцевой дорожки – 13 м;
- ширина асфальтобетонного или цементобетонного кольца – 1,5 м;
- нагрузка на спаренное колесо – 30 кН;
- скорость движения колеса – 8–60 км/ч.

Испытания разметочных материалов на износ производят в присутствии абразива (песка) и воды. При этом долговечные разметочные материалы (различные пластики) наносят на специальные металлические пластины.

Разработанный кольцевой стенд позволяет прогнозировать фактический срок службы разметки в более приближенных к реальным условиям эксплуатации. Однако данный метод обладает рядом существенных недостатков:

1) громоздкость установки (радиус беговой дорожки составляет порядка 13 м), что существенно сдерживает ее применение в дорожно-исследовательских лабораториях;

2) разметочный материал наносится на металлическую пластину, поэтому разработанная методика не учитывает степень влияния на износ дорожной разметки типа и структуры поверхности дорожного покрытия;

3) стенд не позволяет фиксировать температуру дорожного покрытия и получать воспроизводимые показатели свойств.

Ни этот метод, ни принципиально похожие на него другие методы, в т.ч. метод определения степени истирания дорожной разметки падающим кварцевым песком [44], метод определения прочности покрытия к истиранию при трении материала движущейся шлифовальной шкуркой (лентой) [43], метод определения коэффициента износостойкости при помощи круга истирания сухим абразивом [43] и даже применяемый в Европе метод Троггера [43], связанный с оценкой изнашивания охлажденного под действием холодной ( $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) струи воздуха вращающегося образца на специальном приборе (прибор Троггера – Abraser 5131, выпускаемым испанской фирмой Neurtek), не соответствуют реальным условиям эксплуатации разметки. Поэтому, все эти методы, как отмечают авторы обзора [43] не могут быть рекомендованы к практическому использованию.

### 3.16. Контрольно-полевые испытания и функциональная долговечность термопластиков

То, что российские термопластики по функциональной пригодности уступают зарубежным, неоднократно было подтверждено сравнительными контрольно-полевыми испытаниями. Сегодня общепризнано, что такие испытания дают наиболее достоверную оценку качеству материалов. В табл. 3.59 приведены некоторые результаты контрольно-полевых испытаний ряда прошлых лет. Для примера выбраны зарубежные и российские термопластики, широко использованные и используемые в настоящее время на российских автомобильных дорогах. Износ термопластиков (в %)

оценивался по степени обнажения асфальтобетона под разметочной полосой через заданное время их эксплуатации (табл. 3.59).

Приведенные результаты, практически повторяющиеся из года в год, свидетельствуют, что не зависимо от химической основы термопластики российского производства по своей функциональной пригодности, к сожалению, уступают зарубежным, иногда в несколько раз. В последнее время картина эта стала меняться в лучшую сторону. Следует отметить, что несколько пониженный срок долговечности при последних наблюдениях в том числе и пластика Cleanosol связан на наш взгляд совсем с малоснежной зимой 2006–2007 гг. и активным воздействием при этом непосредственно на разметку шипованных шин автотранспорта, приводящим к её повышенной истираемости.

Т а б л и ц а 3 . 5 9

Результаты контрольно-полевых испытаний различных термопластиков

Термопластик	Износ термопластика ( %) за период испытаний			
	2003–2004 гг.* [51]	2004–2005 гг.* [52]	2005–2006 гг.** [53]	2006–2007 гг.*** [54]
Cleanosol (Швеция)	10	3–4	4	5–10
EKS-05 (Швеция)	–	–	9	–
Hotmark (Финляндия)	-	13	20	–
Sinojet Sevre (Франция)	10	–	9	–
Технопласт (ФЦДТ «Союз»)	> 40	85	100	–
Новопласт/2004 г. (ФЦДТ «Союз»)	–	56	–	–
Новопласт/2005 г. (ФЦДТ «Союз»)	–	–	12	–
Новопласт/2006 г. (ФЦДТ «Союз»)	–	–	–	5–10
Кратер (ФЦДТ «Союз»)	–	–	–	10–15

П р и м е ч а н и я :

\* Оценка проведена через 7 месяцев эксплуатации.

\*\* Оценка проведена через 9 месяцев эксплуатации.

\*\*\* Оценка проведена через 9 месяцев эксплуатации.

### 3.16.1. Эластичность термопластика

Наблюдения показывают, что исчезновение эксплуатируемой разметки, начинается, как правило, осенью, когда температура уже сравнительно небольшая, и хрупкость материала усиливается. На поверхности хрупкого термопластика, подвергаемого многократным деформациям при наезде автомобилей, появляются трещины, которые в дальнейшем разрастаются. Идёт механическое утомление пластика, сопровождаемое негативным влиянием атмосферного кислорода, озона, воды, температуры и противогололёдных мероприятий. Хрупкий пластик начинает ломаться и легко истираться под колёсами автомобилей, и постепенно исчезает с размеченной поверхности. Ещё в 2000 г. в Союздорнии было убедительно показано, что значения износостойкости для одного и того же термопластика существенно отличаются летом и зимой. Например, износостойкость термопластика «Технопласт» в летнее время превышает его износостойкость в зимнее время в 10–25 раз [45]. Допустимым считается обнажение поверхности полосы не более, чем на 25 %. Поэтому трещины, которые начинают появляться при сжатии термопластика (обычно при  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , или даже при  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) есть явный признак того, что разметка из этого материала, начиная с осени, постепенно «слетит» с асфальта уже через несколько месяцев эксплуатации, во всяком случае с тех разметочных линий, которые больше напряжены из-за постоянных наездов: стоп-линий, пешеходные переходы, разделительные линии.

Практика показала, что зарубежные термопластики в отличие от всех отечественных аналогичных материалов всегда были более гибкие, более эластичные, более ударопрочные, более «мягкие». Сделать такой материал на основе традиционных полиэфирных смол не удавалось.

Начиная с 2000 г. российские предприятия при производстве термопластиков стали чаще использовать импортные материалы, в первую очередь импортные смолы, что привело в результате к разработке термопластиков с принципиально лучшими свойствами. Но потребовалось ещё несколько лет, чтобы научиться работать с этими смолами, понять принципы компоновки рецептур термопластиков на основе этих сравнительно новых для России алифатических нефтеполимерных смол.

Сравнительный уровень физико-механических характеристик различных термопластиков приведен в табл. 3.60.

Данные табл. 3.60 хорошо коррелируют с результатами, приведенными в табл. 3.60: отсутствие трещин при испытании их на сжатие в условиях осенних и зимних температур окружающего воздуха, отсутствие изломов в образцах (тонких пластинках) при многократных перегибах свидетельствует об их длительной функциональной пригодности.

Таблица 3.60

## Физико-механические характеристики термопластиков

Показатели свойств	Значения показателей свойств для термопластиков							
	Технопласт	Новопласт 2004	Новопласт 2005	Новопласт 2006	Крагер	Hotmark	EKS-05	Cleanosol
Прочность при сжатии при температуре +20 °С, кг/см <sup>2</sup>	159	48	8	24	22	16	21,5	14
Прочность при сжатии при температуре 0 °С, кг/см <sup>2</sup>	255	150	60	96	105	88	107	95,5
Прочность при сжатии при температуре -10 °С, кг/см <sup>2</sup>	271	290	127	199	215	239	253	235
Температура испытания	Характер разрушения образцов при сжатии							
+20 °С	без трещин							
0 °С	трещины	без трещин						
-10 °С	трещины	трещины	без трещин					
Число перегибов*	1-2	2-3	>10	>10	10	10	10	>10

**Примечание.** \*Лабораторный тест: пластинка из термопластика толщиной 4 мм вручную сгибается пополам (при 20 °С) и затем разгибается до первоначального состояния. Считается число отдельных сгибов до разлома, как мера эластичности материала.

### 3.17. Технология производства термопластиков

#### 3.17.1. Технологическая схема приготовления смеси

В основе технологической оценки любого состава термопластика лежит калькуляция производственных затрат, связанных с конкретной технологической схемой. Принципиально таких схем в настоящее время существует две:

- 1) схема, определяющая производство термопластика в виде сухой механической смеси.
- 2) схема, определяющая производство термопластика в виде гомогенных плавленых блоков.

Однако в самом общем виде любой процесс получения маркировочных термопластиков состоит из следующих технологических операций:

- 1) подготовка компонентов;
- 2) приготовление термопластичной смеси;
- 3) растаривание и упаковка.

Проектная схема производства термопластика представлена на рис. 3.18. Реальная схема производства не содержит многих механизированных операций, однако, проектная схема интересна как вариант, прежде всего, идеальный, и поэтому ниже рассматривается именно проектная схема.

Следует отметить, что вполне жизнеспособна технологическая схема производства термопластика, в которой в качестве навесочного бункера используется бункер скипового механизма, комплектуемого как составная часть вместе с основным смесителем. В этом случае все навески, взятые, как правило, предварительно вручную, загружаются также вручную именно в этот бункер, после чего оператор включает подъёмник, и бункер по рельсам перемещается к смесителю, разгружается и возвращается на исходную позицию. Схема эта несколько менее производительна, несколько более трудоёмка, но проще в оформлении.

### 3.17.2. Приготовление термопластичной смеси

Приготовление смеси компонентов производится в 2-х центральнолопастных смесителях.

Смеситель 2М-346 выпускается серийно экспериментальным ремонтно-механическим заводом треста «Спецсельстрой», Минская область, ст. Колядичи (Беларусь). Относится он к типу строительных машин и вообще предназначен для приготовления бетонных смесей. Единовременная полная загрузка каждого смесителя 500 кг. После загрузки всех компонентов в навесочный бункер (10) включается шнек (13) подачи смеси компонентов в элеватор (19), который транспортирует ее в один из смесителей. Последовательность загрузки смесителей определяется работой реверсного шнека (14).

Смешивание всех компонентов в смесителе 2М-346 производится в течение 3–5 минут. Во время смешивания в смеситель вводится навеска жидкого пластификатора, если последний предусмотрен рецептом. Пластификатор принимается с завода-изготовителя в емкость хранилища (15), расположенную у здания, и из нее насосом (16) закачивается в промежуточную емкость (17), находящуюся внутри здания. Из нее жидкость самотеком подается в мерную емкость (18), откуда в заданном количестве подается в смеситель. В случае использования в качестве пластификатора диметилтерефталата, дифенилолпропана или другого твердого пластификатора последний может загружаться или в навесочный бункер, или непосредственно в смеситель.

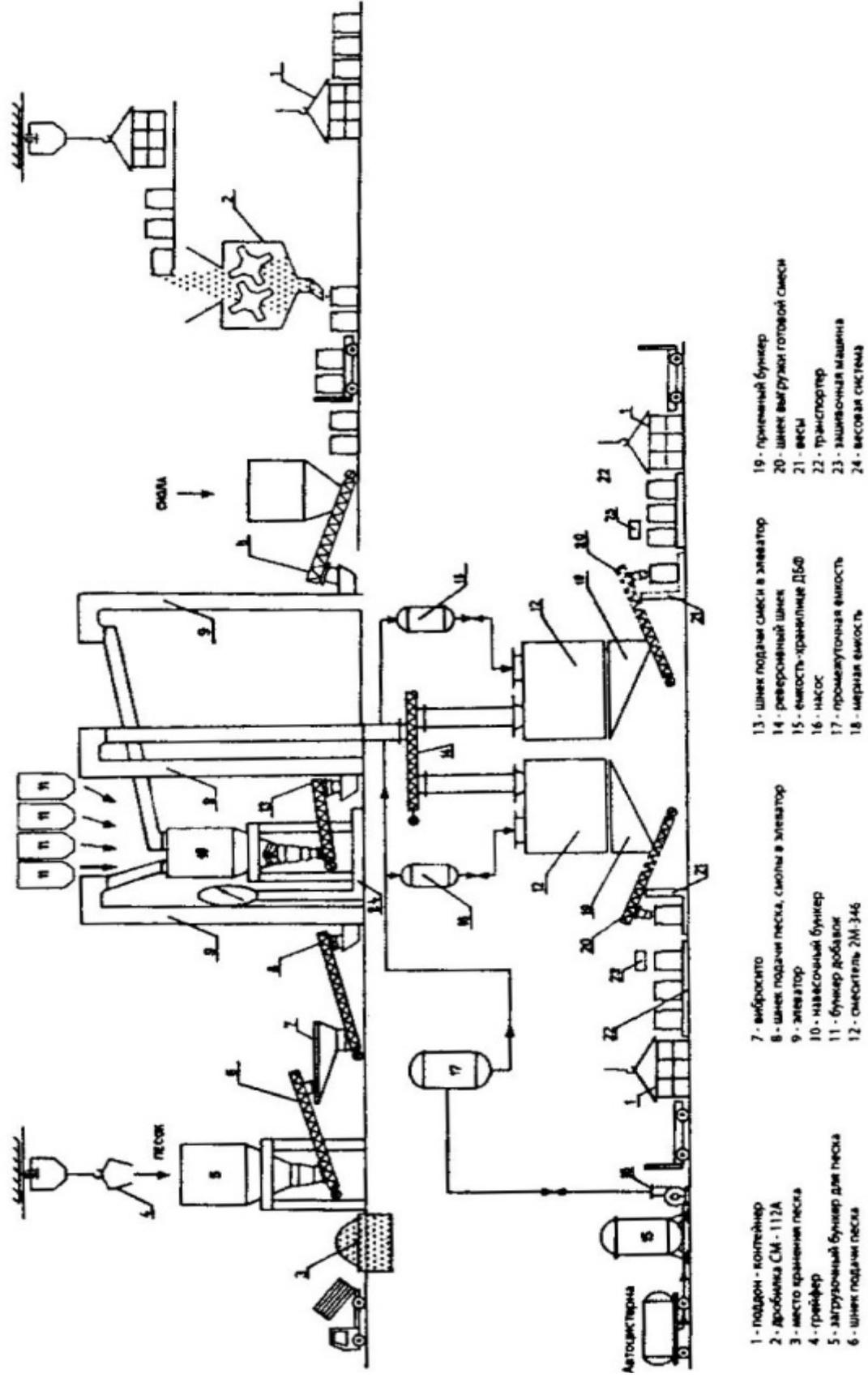


Рис. 3.18. Технологическая схема производства термопластика

### 3.17.3. Растваривание и укупорка

Выгрузка готовой смеси производится через отверстие в днище корпуса смесителя. Готовая смесь из приемного бункера (19) шнеком (20) подается в мешки, установленные на весах (21). При применении жидких пластификаторов может возникнуть ситуация, когда под давлением разгрузочного шнека в «мертвых» зонах под кожухом шнека смесь может слеживаться и постепенно забивать шнек, препятствуя выгрузке. В этом случае шнек приходится останавливать и разбирать. После достижения заданного веса (30 кг) мешки передвигаются на транспортер, зашиваются с помощью зашивочной машины, загружаются в поддон-контейнер, отвозятся и складываются до момента отгрузки потребителю. Тарные мешки могут быть бумажными, бумажные с полиэтиленовыми вкладышами или малогабаритные (емкостью 12–20 кг) запаянные мешки из термоусадочного полиэтилена специальных марок. В последнем случае имеется возможность использования термопластика вместе с тарными мешками при загрузке его в котел разметочной машины. Как правило, в таких мешках выпускают порошкообразный термопластик большинство зарубежных фирм. Помимо хорошего экологического решения, в этом случае исключается пыление материала при его загрузке в котел, а также исключаются технологические трудности при использовании, например, слежавшегося в ком термопластика. Материал мешка не растворяется в расплаве, но при общей доле его всего лишь 0,1 % и форме в виде крайне мелких сгустков (термоусадочный) он не является основанием для потери качества при производстве разметочных работ, особенно с учётом использования фильтрующей сетки при переливе расплава из маточного котла в котел разметочной машины.

### 3.17.4. Мероприятия по технике безопасности и защите окружающей среды

Производство дорожно-маркировочных термопластичных материалов относится к категории «В» по ОНТП-24–86. Наибольшая опасность в производстве термопластиков – это пыль. При обязательном наличии в рабочем помещении общей приточно-вытяжной вентиляции на рабочих местах, где особенно возможно пыление продукта (узлы загрузки компонентов, фасовки готовой продукции и дробления полиэфирной смолы), должны быть предусмотрены местные отсосы с установкой отдельных циклонов, обеспечивающих степень очистки воздуха перед выбросом его в атмосферу не менее 95 %. В системе должны быть установлены пылевые вентиляторы. При этом циклон на фазе взятия навесок чистится не реже 1 раза в месяц, и отходы направляются на уничтожение. Циклон на фазе фасовки готовой продукции чистится 1 раз в неделю, отходы также направляются на уничтожение. Циклон на фазе дробления полиэфирной смолы чистится 1

раз в неделю, а отходы возвращаются в процесс синтеза этой смолы. Кроме того, с целью защиты окружающей среды хранение и транспортирование исходных материалов и готовой продукции производится в (условно) герметичной таре, при работе не допускаются россыпи сыпучих и разливы жидких продуктов. Материалы, случайно рассыпанные во время работы, должны быть собраны, при этом загрязнённые материалы должны вывозиться на площадку сбора отходов.

Сточные воды. Мокрая уборка в производственных помещениях обычно запрещена. Технологическая вода также отсутствует. Случайные стоки сбрасываются в общую канализацию.

Для тушения пожара предусматриваются пожарные краны и штатные средства тушения огня (асбестовые или суконные одеяла, огнетушители, песок). Все металлические воздухопроводы, трубопроводы, и другое оборудование вытяжных установок должны быть заземлены.

Все работающие должны иметь на рабочем месте индивидуальные средства защиты: резиновые и хлопчатобумажные перчатки, респиратор, защитные очки, сертификационные костюмы, халаты, обувь, головной убор.

### 3.17.5. Основные технические проектные показатели производственной линии по изготовлению термопластика

Производственная мощность, т/год	4000
Занимаемая площадь, м <sup>2</sup>	700
Расход электроэнергии, кВт-ч/мес	8000
Технологическое теплоснабжение	не требуется
Количество рабочих смен в сутки	2
Персонал*, чел., в т.ч. лаборатория	32
Расходный коэффициент по сырью	1,03
Уровень рентабельности, %, не менее	10

Примечание. \*Эти же люди заняты при необходимости в производстве полиэфирной смолы на тех же площадях

Следует отметить, что в случае производства термопластика на основе не полиэфирных смол, а, например, на основе нефтеполимерных смол организация технологического процесса практически сохраняется за исключением некоторых операций, связанных с использованием только полиэфиров, синтез смолы, дробление смолы и др.

Типичный цикл производства термопластика выглядит следующим образом (табл. 3.61).

Из приведенных данных следует, что оборот технологического бункера осуществляется за 12 минут, за рабочую смену (6 часов, без учёта времени

на подготовку) бункер находится в обороте 30 раз, при этом может быть изготовлено около 15 тонн термопластика. Это и есть производительность данного способа производства термопластика, технологические простои оборудования при этом практически отсутствуют.

Т а б л и ц а 3 . 6 1

Последовательность и время выполнения технологических операций при производстве термопластика

№ п/п	Операции	время, мин	Примечания
1	Подготовка отдельных малых навесок, например, воска и др., на один замес из расчёта на всю рабочую смену	120	Один замес – 500 кг. Никакой предварительной подготовки отдельных компонентов не требуется
2	Ссыпка «больших» компонентов (смола, наполнители, ст. шарики, двуокись титана) в дозаторы из тарных мешков (биг-бэгов) или из бункера-накопителя, установка заданного веса		
3	Перемещение загрузочного бункера и последовательная загрузка в него, например, – воска – смол – пигмента – ст. шариков – наполнителей. Перемещение загрузочного бункера в зону смесителя и подъём его на выгрузочную отметку	1 2 1 1 2	Полное время по данным операциям в одном цикле – 12 мин
4	Загрузка в дозатор жидкого пластификатора и последующая загрузка его в смеситель. Загрузка в смеситель SIS-полимера	2	
5	Освобождение бункера (ссыпка в смеситель) и подача его для выполнения нового цикла	2	
6	Перемешивание	3	
7	Выгрузка смеси, последовательная фасовка в полиэтиленовые мешки, запайка их, укладка на поддон, маркировка и обвязка поддона стрейч-плёнкой	10	Вес одного мешка 12 кг. Вес мешков на поддоне (нетто) 1000 кг

Следует отметить, что присутствие в современных составах термопластиков таких компонентов, как SIS-полимеры, вносит определённые нюансы в организацию технологического процесса.

Известно, что характеристики термопластика во многом зависят от концентрации вводимого SIS-полимера и от его тщательного распределения. С целью лучшего, т.е. более полного распределения такого SIS-полимера в составе пластика его (полимер) целесообразно предварительно *пропластифицировать*. Конечно, эффекта более полной диспергации этой добавки можно добиться, если просто увеличить время перемешивания при рабочей температуре расплава термопластика в маточном котле перед выполнением непосредственно разметочных работ. Особенно характерно это для такого SIS-полимера, как «Vector». Время приготовления расплава термопластика из состава, содержащего «Vector», приходится увеличивать на 1,0–1,5 ч, иначе термопластик получается более жёсткий, как бы содержащий меньшее количества полимера. Однако, в таком случае всегда имеет место риск получить более окисленный термопластик и поэтому более тёмную (с желтизной) разметочную полосу. И вот, чтобы не подвергать риску качество разметочного материала, чтобы не греть лишний раз смолу, полимер целесообразно вывести временно из композиции и растворить его во входящем в состав термопластика пластификаторе. Предварительную пластификацию SIS-полимера при этом необязательно обрывать, чтобы обеспечить приемлемую технологичность этой смеси: её (пластификацию) можно провести до конца, до получения отвердевшей массы. Более того, для ускорения процесса пластификацию целесообразно провести при повышенной температуре, например, 180 °С. При введении в эту двойную смесь третьего компонента, входящего в рецептуру, например, сэвилена или части наполнителя эта термопластичная смесь после охлаждения получается твёрдой и удобной в работе. Соотношением концентраций компонентов свойства смеси регулируются. Расплавленная смесь может быть отформована в виде ленты толщиной 2–3 мм, которая после охлаждения просто дробится на куски 20–40 мм и в таком виде добавляется в виде навесок в каждое тарное место выпускаемого термопластика. Предварительно пропластифицированный полимер может выпускаться также в виде желеобразной смеси, затаренной в небольшой (500 г) полиэтиленовый пакет, или в виде отдельных твёрдых блоков (0,5–1,0 кг). Несмотря на некоторые преимущества (заметное сокращение времени и температуры подготовки расплава термопластика на дороге, исключение пластификатора из процесса приготовления порошкообразной смеси), в целом такая технология сопряжена с заметным увеличением трудозатрат. Поэтому при наличии выбора такие SIS-полимеры, как «Vector», при разработке рецептур термопластиков целесообразно не использовать и с технологией предварительной пластификации SIS-полимера не связываться.

### 3.17.6. Технология изготовления термопластиков через расплав

В 1995 г. на производственной базе пос. Овражки Московской области в системе Мосавтодора было организовано единственное в РФ предприятие по производству термопластов через расплав методом свободного литья. За рубежом, особенно в ФРГ, например, на фирме Lafrenz уже давно существуют подобные производства, которые обладают рядом несомненных преимуществ. Прежде всего, тщательное диспергирование компонентов, входящих в состав термопластика, обеспечивает единообразие его свойств в любой части партии изготавливаемого материала, и в этом смысле аттестация готовой продукции даже по небольшой пробе, отобранной из смесителя, будет более надежно характеризовать уровень свойств данной партии термопластика, чем большая проба материала из партии термопластика изготавливаемого в виде порошковой смеси. Для более объективной оценки в последнем случае необходимо производить отбор из разных мест и усреднять их целесообразно или методом квартования, или смешивать эти пробы целиком.

Во-вторых, при приготовлении плава нет принципиальных ограничений на использование твердых или жидких компонентов, возникающих (ограничений), например, в связи с возможной слеживаемостью материала, крупных (естественно в разумных пределах) или мелких кусков смол, каучуков или других подобных компонентов, входящих в состав термопластика.

И, наконец, с учетом особенностей конкретного оборудования производство термопластика в этом случае оказывается более выгодным, чем в случае порошковой технологии: большая единовременная загрузка смесителя, меньшее количество подготовительных операций, меньшее количество людей, занятых в процессе приготовления термопластика, сравнительно более короткий технологический цикл в расчете на единицу продукции и др.

Рассмотрим организацию производства термопластика методом свободного литья на примере полиэфирного состава ТПК. Данное производство рассчитано на выпуск 8–9 тыс. т термопластика в год из условия работы в 2 смены двумя смесителями (котлами). В случае установки большего количества смесителей (например, на фирме Lafrenz установлено под одной крышей 6 смесителей) и автоматизации процесса подачи компонентов в смеситель мощность его может быть резко увеличена.

Рассматриваемое производство периодическое. В основе его лежит стационарный смеситель (котел) GT8HGR с рабочим объемом 3,65 м<sup>3</sup> (диаметр 2,3 м), весом 4 т.

Принципиальными особенностями данного аппарата являются: хорошо регулируемый обогрев (скорость нагрева 0,5–1,0°С/мин) закрытым форсом пламени сгораемого соляра, автономный 4-тактный двигатель, вращающий с помощью цепной передачи мощную мешалку и работающий также на со-

ляре. Общий расход соляра при проведении 1 варки обычно составляет 20 л/ч

На обслуживание 2-х котлов в смене занято 4 человека с общей продолжительностью рабочего дня 10–11 часов. Загрузка каждого котла составляет 6 тонн. Технологические потери материалов, как правило, не превышают 1 %. Типичный технологический режим приготовления расплава термопластика приведен в табл. 3.62.

Слив расплава термопластика осуществляется в легкие металлические «банки»(ведра) с толщиной стенок 0,33 мм, которые устанавливаются на поддон по 16 штук. Вес одного тарного места (нетто) составляет 36 кг.

В течение 10–12 часов эти слитые блоки остывают до окружающей температуры и могут быть использованы по прямому назначению. При транспортировке термопластик в таре не требует укрытия от атмосферных осадков и может храниться в неотапливаемых складских помещениях сколько угодно долго. Перед использованием металлическую банку с термопластиком разрушают механическим приспособлением (несколькими ударами кувалды). Жесть легко отделяется от термопластика, и куски последнего забрасывают в котел разметочной машины. Пластик плавится легко и быстро. Разметку ведут при температуре 170–180 °С.

К данному технологическому режиму необходимы пояснения. И прежде всего по температурному режиму. Загрузка вяжущего в смеситель в случае немецкого состава АКП-16р или HRUS проводится после предварительного прогрева смесителя до –100 °С. В случае состава ТПК изменение связано исключительно с повышенной летучестью исходной смолы.

Рабочие органы применяемого оборудования должны быть тщательно очищены от предыдущего состава, так как многие термопластики абсолютно несовместимы. Так, например, присутствие всего 1 % состава на основе полиэфиров (а на практике даже меньше) в составе термопластика на основе нефтеполимерной смолы является критическим и недопустимым. Возможные остатки материала в котле могут превышать эту критическую норму и, вне всякого сомнения, должны быть удалены. Этот вывод в самой полной мере относится и к случаю эксплуатации разметочной машины.

Т а б л и ц а 3 . 6 2

Технологический режим приготовления термопластика ТПК

Наименование операции	Время, мин	$T$ , °С	Нагрузка на мешалку, атм.
1	2	3	4
Загрузка большей части вяжущих материалов	30	18–20	–
Включение обогрева, обогрев	–	до 135	–
Включение мешалки	факт.	135	от 1500 до 2500
Перемешивание	20	до 115	250 – 500

Окончание табл. 3.62

Загрузка TiO <sub>2</sub>	факт. (3–5)	до 135	500–1000
Перемешивание	15	до 150	1000–2000
Загрузка мела (1/3 часть)	факт. (3–5)	150	до 2500
Перемешивание	10	–	до 2000
Загрузка песка (1/2 часть)	факт. (5)	–	*
Перемешивание	10	–	до 1500
Загрузка мела (1/3 часть)	факт. (3–5)	–	до 2500
Перемешивание	10	–	до 2000
Загрузка смолы (остаток)	факт. (2–3)	–	–
Перемешивание	10	–	–
Загрузка мела (остаток)	факт. (2–3)	–	–
Перемешивание	15	–	–
Загрузка песка (остаток)	факт. (2–3)	–	–
Перемешивание	10	–	–
Загрузка стеклошариков	факт. (3–5)	–	–
Перемешивание	факт. до 170 °С (20–30)	до 170	до 1000
Перемешивание	1	170	до 500
Отбор проб на анализ	факт. (5–10)	–	500
Перемешивание	факт. (5–10) окончат. (40–60)	–	–
Слив массы	факт. (50–60)	≤ 170	≤ 500

**Примечание.** Загрузка всех компонентов осуществляется с помощью погрузчика через решетку, установленную над загрузочным люком.

Остатки термопластиков в аппаратах можно удалить мойкой с помощью обычных стиральных порошков (или других моющих средств), выпускаемых промышленностью. Результаты исследований по подбору оптимальных условий мойки аппаратов с помощью стиральных порошков приведены в табл. 63. Оценку проводили в лабораторных условиях при мойке металлического стакана емкостью 0,6 л. Во всех случаях использовали 200 мл моющего раствора различной консистенции для отмывания 20 г термопластика, размазанного по поверхности, что соответствует реальной ситуации с большой подстраховкой.

Следует отметить, что время мойки аппарата должно соответствовать тем значениям, которые приведены в табл. 3.63, иначе при меньшем времени происходит только частичная отмывка. При использовании моющих средств и условий, указанных в табл. 3.63, отмыв происходит полностью, при этом смесь «створаживается», на дне собирается песок, и все это легко удаляется механически или сильной струей воды.

Таблица 3.63

## Условия процесса мойки аппаратов с помощью моющих средств

Моющее средство	Концентрация раствора, %	Условия процесса мойки		
		время, час	температура, °С	перемешивание
Стиральный порошок БИЦ	отмыв от состава ПЛ – 5142			
	25	1	180	
	12,5	5	180	
Стиральный порошок «Лотос»	25	1	180	
	12,5	5	150	
	10	1,5	90–95	+
	5	2	90–95	+
	2,5	2	90–95	+
	1,2	2	90–95	+
Стиральный порошок «Лотос»	Отмыв от состава НП – 1			
	10	1,5	90–95	+

Предпринимались такие попытки отмывки от остатков термопластиков другими средствами, доступными в дорожных условиях: просто горячей водой ( $T = 90...95\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), горячим раствором NaOH (концентрация 2,5 %), горячим раствором соды (концентрация 10 %). Эти средства совершенно не отмывают поверхность от остатков термопластика. Между тем, как следует из табл. 3.63 с помощью водного 2 % раствора стирального порошка «Лотос» (ТУ 6–39–1–89) в течение 2 ч при  $T = 90...95\text{ }^{\circ}\text{C}$  и обязательном перемешивании удается почти полностью отмыть рабочую поверхность от остатков термопластика. Эти рекомендации получили практическое подтверждение при мойке рабочего бака разметчика Hoffmann.

Однако при выполнении разметочных работ в производственных условиях найти такие средства не всегда представляется возможным. Да и не всегда использование таких средств является экономически оправданным. Поэтому более целесообразным представляется использование для отмывки рабочих баков некоторых доступных пластификаторов, например дибутилфталата или различных масел (индустриального, трансформаторного, дизельного и т.п.).

Опыт показывает, что 50 литров дибутилфталата при температуре 130–150 °С при работающей мешалке в течение 30–60 минут хорошо отмывает бак разметочной машины от остатков любого термопластика. Смывы направляются в отходы (уничтожаются).

## 4. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ РАЗМЕТОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПОВЕРХНОСТЬЮ АСФАЛЬТОБЕТОНА

Как уже отмечалось, качество термопластов отечественного производства не уступает лучшим образцам импортных материалов, поэтому в настоящее время термопласты получили наиболее широкое применение для разметочных работ. Однако эти материалы обладают некоторыми недостатками, главным из которых является способность к размягчению при высоких температурах, что нередко приводит к отделению слоя термопласта от поверхности дорожного покрытия. Поэтому характер адгезионного взаимодействия термопластичного разметочного материала с материалом дорожного покрытия оказывает значительное влияние на функциональную долговечность и фактический срок службы горизонтальной дорожной разметки [46].

### 4.1. Теоретические основы адгезионного взаимодействия в системе «термопластик – асфальтобетонное покрытие»

В настоящее время отсутствует единая научно обоснованная теория адгезии. В зависимости от природы взаимодействующих тел и условий возникновения адгезионных связей различают следующие механизмы ее протекания: механический, адсорбционный (или молекулярный), электрический и диффузионный [47–49].

Несмотря на достигнутые учеными успехи в исследованиях адгезионного взаимодействия механизм этого явления остается недостаточно ясным и любой односторонний подход к явлению адгезии не может объяснить его достаточно полно. Разработанные ранее теории адгезии претерпели значительную трансформацию, и в настоящее время можно говорить лишь о сближении ряда теорий по некоторым основным положениям. Поэтому для оценки прочности адгезионного соединения необходимо проводить теоретический анализ с целью выявления роли факторов, влияющих на данный показатель в каждом конкретном случае. Для решения практических задач необходимо проводить качественную оценку влияния того или иного фактора на условия образования адгезионной связи и ее поведение в процессе эксплуатации конкретного рассматриваемого изделия [50–53].

Адгезия термопласта к поверхности дорожного покрытия зависит от множества факторов, однако рассматривая природу этого явления, можно выделить три основных [54, 55]:

- адгезия, обусловленная действием механических связей;
- адгезия, обусловленная действием химических связей;
- адгезия, вызванная диффузионными процессами.

Исследованиями, проведенными по методике, заключающейся в измерении усилия, требуемого для отрыва слоя термопласта от поверхности асфальтобетона, было установлено процентное соотношение влияния различных факторов на адгезию термопласта к поверхности дорожного покрытия [54, 55]. По данным авторов работы вклад каждой из составляющих в формирование суммарной адгезии термопласта к поверхности асфальтобетона составляет: химическая адгезия – 25–30 %, механическая адгезия – 35–65 %, диффузионная адгезия – 10–15 %.

Адгезия пленки термопласта и проявление клеящего действия начинается на стадии нанесения термопластичного материала на покрытие, когда термопласт находится в состоянии расплава и заканчивается после полного его застывания. Особенностью адгезии является то, что она происходит при высоких температурах (как правило, до 200 °С).

Характер адгезии, ее величина определяются толщиной слоя термопласта на поверхности дорожного покрытия и его поверхностной энергии. Поверхностное натяжение термопласта во многом определяется природой связующих его компонентов. Большинство наиболее распространенных связующих компонентов, применяемых для производства термопластичных материалов содержат алифатические углеводороды и сложные эфиры с поверхностной энергией 22–36 МДж/м<sup>2</sup>.

В асфальтобетонных смесях обычно используются минеральные материалы (щебень, песок, минеральный порошок), основными породообразующими минералами которых являются кальцит, кварц, полевой шпат [56]. В табл. 4.1 приведены их удельные поверхностные энергии на границе с воздухом, а также удельные поверхностные энергии вязкого дорожного битума.

Таким образом, адгезия представляет собой динамический процесс, характеризующий изменение свойств расплава термопласта до свойств сформировавшейся пленки разметочного материала.

Т а б л и ц а 4 . 1

Поверхностные энергии основных дорожно-строительных материалов

Материал		σ, МДж/м <sup>2</sup>
Нефтяной дорожный битум		30–35
Основные породообразующие минералы	кальцит	78
	полевой шпат	358
	кварц	780
Поверхности зерен асфальтобетона	покрытые битумом	30–35
	не покрытые битумом	78–780

Учитывая, что поверхность асфальтобетонного покрытия представляет собой мозаичную структуру, состоящую из гидрофильных и гидрофобных

участков, можно выделить два случая адгезии термопласта: к гидрофобным участкам поверхности асфальтобетона, обработанным битумом, и к гидрофильным участкам поверхности асфальтобетона, не покрытым битумом (минеральным материалам). Работа адгезии, т.е. работа, требующаяся для отделения слоя термопласта от твердой поверхности, определяется уравнением Дюпре-Юнга [57, 58]:

$$W_a = \sigma_{ТВ} (1 + \cos \theta), \quad (4.1)$$

где  $\sigma_{ТВ}$  – поверхностное натяжение термопласта на границе с воздухом, МДж/м<sup>2</sup>;

$\theta$  – краевой угол смачивания термопластом поверхности дорожного покрытия, град.

Из уравнения Дюпре-Юнга видно, чем лучше расплав термопласта смачивает твердую поверхность, тем выше работа адгезии.

Без учета адсорбции работу адгезии термопласта к гидрофобным участкам поверхности асфальтобетонного покрытия, обработанным битумом, можно представить в виде:

$$W_{ТВ} = \sigma_{БВ} + \sigma_{ТВ} - \sigma_{ТБ}, \quad (4.2)$$

где  $\sigma_{БВ}$ ,  $\sigma_{ТВ}$ ,  $\sigma_{ТБ}$  – поверхностные энергии на границах раздела «битум – воздух», «термопласт – воздух» и «термопласт – битум», МДж/м<sup>2</sup>.

В качестве основы связующих современных термопластичных материалов используются углеводородные смолы и (или) эфиры канифоли, содержание которых в термопластах составляет около 30 % по массе. В качестве пластификатора используется масло ПОД (продукт окисления и дегидратирования, отход производства капролактама).

Благодаря химическому сродству связующей части расплава термопласта и нефтяного битума, покрывающего поверхность минеральных составляющих, следует ожидать образования прочного контакта на поверхности раздела «термопласт – битум». Можно ожидать, что отрыв сформировавшейся пленки термопласта на границе раздела с гидрофобной поверхностью асфальтобетона (битумом) будет иметь когезионный характер.

В случае адгезии термопласта к гидрофильной (необработанной битумом) минеральной поверхности работа адгезии имеет вид:

$$W_{МТ} = \sigma_{МВ} + \sigma_{ТВ} - \sigma_{МТ}, \quad (4.3)$$

где  $\sigma_{МВ}$ ,  $\sigma_{ТВ}$ ,  $\sigma_{МТ}$  – поверхностные энергии на границах раздела «минеральная поверхность – воздух», «термопластик – воздух» и «минеральная поверхность – термопластик», МДж/м<sup>2</sup>.

Отрыв слоя термопластика на границе раздела «минеральная поверхность – термопласт» также может иметь когезионный характер. На этой стадии адгезии способствует явление адсорбции расплава термопласта в поры и микротрещины минеральных материалов в процессе нанесения разметки. Адсорбированный термопласт подобно анкерам удерживает пленку на поверхности зерен минеральных материалов.

Особенностью процесса адсорбции будет являться то, что он будет происходить только на непокрытых битумом минеральных поверхностях асфальтобетонного покрытия (зернах щебня, песка, минерального порошка), так как на поверхностях, обработанных битумом, процесс адсорбции практически завершился.

Большое значение для адгезии термопласта к непокрытым битумом участкам поверхности асфальтобетонного покрытия (минеральным материалам) имеет характер их поверхности (шероховатость, пористость и др.). Работа адгезии термопласта на шероховатой поверхности непокрытых битумом участках асфальтобетонного покрытия имеет вид [57, 58]:

$$W_{\text{MT}}^{\text{III}} = \sigma_{\text{ТВ}} + R_{\Delta} (\sigma_{\text{МВ}} - \sigma_{\text{MT}}), \quad (4.4)$$

где  $R_{\Delta}$  – отношение фактической площади шероховатой поверхности к проекции на горизонтальную плоскость.

Наряду с процессами физической адсорбции в результате межмолекулярного притяжения, будут иметь место хемосорбционные процессы, т.е. образование на границе раздела химически прочных и водостойких соединений, прочно удерживающих пленку термопласта на поверхности минеральных материалов. Хемосорбция имеет большее значение для адгезии термопласта, поскольку энергия химических связей значительно превышает энергию физических связей.

Интенсивность процессов хемосорбции будет зависеть от природы и свойств минеральной поверхности, химического состава органической части термопласта и др. [57, 59].

С точки зрения группового состава наиболее активной частью является смолистая часть, менее активной – масла.

С точки зрения химического взаимодействия наиболее активными являются входящие в состав термопластов высокомолекулярные соединения углеводородных смол, содержащие активные функциональные группы и алифатические углеводороды [57, 59].

Согласно электрической теории, в образовании адгезионной связи решающую роль играют электростатические силы между термопластом и минеральными материалами. В результате адсорбционных явлений происходит перераспределение электронов на границе раздела, приводящее к образованию двойного электрического слоя [57, 59].

Минеральные материалы, обычно применяемые в дорожном строительстве, имеют кристаллические решетки с ионной (гетерополярной) связью. При дроблении этих материалов происходит разрыв ионных связей, в результате чего на минеральной поверхности образуется сложное электрическое поле, знак и величина потенциала которого определяется его химическими особенностями, характером расположения разноименно заряженных ионов в решетке и связи между ними, свойствами ионов и направлением раскола.

Основными порообразующими минералами большинства каменных материалов, применяемых в дорожном строительстве, являются кварц и кальцит, что обуславливает знак и величину потенциала заряда (энергетически активные центры) их поверхностей.

В качестве технологических добавок, снижающих степень загрязняемости линии дорожной разметки, в состав термопластов дополнительно вводят полипропиленовые и (или) амидные воски.

Содержащиеся в составе нефтеполимерных смол активные компоненты несут в своей полярной части отрицательный заряд, поэтому энергичнее взаимодействуют с положительно заряженными минеральными материалами. Положительный заряд поверхности минеральных материалов обуславливается нескомпенсированными электровалентными связями ионов кальция  $Ca^{2+}$ . В результате электростатического притяжения анионы углеводородных смол, карбоновых кислот и их производных образуют с катионами кальция  $Ca^{2+}$  на границе раздела фаз «термопласт – минеральная поверхность» водонерастворимые поверхностные соединения, которые прочно, подобно анкерам, удерживают пленку термопластика на поверхности асфальтобетонного покрытия [57, 59].

Нефтеполимерные смолы практически не содержат соединений, способных образовывать электрические связи с отрицательно заряженными минеральными поверхностями, поэтому при взаимодействии с кварцем расплав термопласта не вступает в химическую реакцию, преобладает физическая адсорбция.

Химически стойкие полипропиленовые и амидные воски, используемые в составе термопластичных материалов как улучшающая добавка, практически не оказывают влияния на характер адгезионного взаимодействия термопластичного материала с поверхностью асфальтобетонного покрытия [57, 59].

Рассмотренные явления дают основание полагать, что между поверхностью асфальтобетонного покрытия и термопластом имеются благоприятные условия для создания прочных адгезионных связей.

Однако физическое свойство застывшего сформированного термопласта размягчаться под действием высоких температур может привести к нарушению равновесия сформировавшейся системы и увеличению вероятно-

сти протекания в ней самопроизвольных процессов. Интенсивность этих процессов во многом зависит от типа, свойств, структуры поверхности, а также массового содержания компонентов в материале дорожного покрытия.

В 3–5 дорожно-климатических зонах продолжительность нагрева асфальтобетона в дорожных покрытиях выше 50 °С достигает 250 часов и более. Под влиянием высоких температур может происходить размягчение термопластичного материала, что под действием нагрузок проходящего автотранспорта приведет к более глубокому заполнению пор на покрытиях, устраиваемых из крупнозернистых асфальтобетонных смесей, щебеночно-мастичных асфальтов, где большую часть суммарной поверхности покрытия составляют непокрытые битумом минеральные материалы. В этом случае следует ожидать повышения адгезии термопласта к поверхности дорожного покрытия [60].

На дорожных покрытиях, устраиваемых из песчаных асфальтовых бетонов и литых асфальтов с повышенным содержанием битума, под действием высоких температур содержащийся в асфальтобетоне битум может выступать на поверхность, нивелируя тонким слоем гидрофильные минеральные материалы. Другими словами, минеральные материалы «втапливаются» в пастовую часть асфальтобетона.

Пленка термопласта под действием высоких температур также претерпевает структурные изменения. При температуре выше 50 °С органическая составляющая термопласта, как и битум, используемый для приготовления асфальтобетона, приобретает реологические свойства высоковязкой структурированной жидкости с коагуляционной структурой и со всеми присущими таким системам явлениями (аномалия вязкости, тиксотропия и др.).

При этом адгезию термопласта к нивелированной слоем битума поверхности дорожного покрытия можно сопоставить с адгезией жидкости (термопластика) к жидкости (битуму). В этом случае работа адгезии имеет вид:

$$W_{\text{БТ}'} = \sigma_{\text{Т'В}} + \sigma_{\text{БВ}} - \sigma_{\text{БТ}'}, \quad (4.5)$$

где  $\sigma_{\text{Т'В}}$ ,  $\sigma_{\text{БВ}}$ ,  $\sigma_{\text{БТ}'}$  – поверхностные энергии на границах раздела «расплав термопластика – воздух», «битум – воздух» и «битум – расплав термопластика», МДж/м<sup>2</sup>.

Независимо от абсолютной величины адгезия расплава термопласта к нивелированной битумом поверхности дорожного покрытия практически не влияет на увеличение сцепления между ними, так как расплав термопласта не оказывает сопротивления сдвигу, скользя по поверхности битума. Разрушение контакта имеет только адгезионный характер.

В этом случае нередко происходит отделение термопласта от поверхности дорожного покрытия. Этим объясняется распространенное явление

«наматывания» разметки на колеса проходящего автотранспорта под действием высоких атмосферных температур.

Процессы, происходящие на границе между асфальтобетоном и термопластом при нанесении разметки, изучались в рамках трех моделей взаимодействия, характерных для реальных условий эксплуатации дорожного покрытия (рис. 4.1).

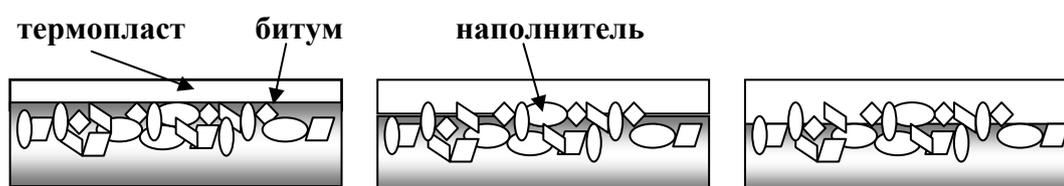


Рис. 4.1. Варианты нанесения дорожной разметки на асфальтобетонное дорожное покрытие с различной степенью износа

*Эксплуатационное состояние А* – дорожная разметка наносится на свежеложенное асфальтобетонное дорожное покрытие, при этом термопласт взаимодействует в основном с битумом, который покрывает сплошной пленкой минеральные компоненты покрытия. Параметр макрошероховатости поверхности, определяемый как среднеквадратическое отклонение разноглубинности оценивается как  $R_{cp} \leq 2$  мм.

*Эксплуатационное состояние В* – дорожная разметка наносится на асфальтобетонное покрытие, которое под воздействием климатических и эксплуатационных факторов частично состарилось. В этом случае поверхностный слой битума отчасти утрачен, и термопласт разметки взаимодействует уже с системой «битум – минеральный наполнитель»,  $R_{cp} \leq 3$  мм.

*Эксплуатационное состояние С* – дорожная разметка наносится на сильно изношенное асфальтобетонное покрытие, которое в поверхностном слое характеризуется практически полным отсутствием битума, а термопласт взаимодействует в основном с минеральными компонентами,  $R_{cp} \leq 5$  мм.

## 4.2. Экспериментальное исследование адгезионного взаимодействия в системе «термопластик – асфальтобетонное покрытие»

Базовый состав термопласта для исследований представляет собой композиционный материал, состоящий из нескольких компонентов, обеспечивающих функциональные характеристики (табл. 4.2).

Таблица 4.2

## Базовый состав термопласта для дорожной разметки типа «Кратер-1»

Компонент	% масс	Назначение
Углеводородная смола и канифольная смола «Пентанокс»(50:50)	22–25	Связующее
Диоктилфталат (ДОФ)	2,5–3	Пластификатор
Стирол-изопрен-стирол блоксополимер (SIS)	1–1,5	Модификатор адгезии к асфальтобетону
Воск полиэтиленовый ПВ-200	0,5–2	Модификатор
TiO <sub>2</sub>	8–10	Пигмент-наполнитель
Стеариновая кислота C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	1,2–1,5	Мягчитель
Стеклянные микрошарики	25–30	Световозвращающий эффект
Кварцевый песок, мел, кальцит	Остальное	Наполнитель

При нанесении термопласта на поверхность асфальтобетона смачивание осуществляется натеканием объемного слоя (фронта) термопласта под действием рабочего органа маркировочной машины. Шероховатость, пористость, различные виды загрязнения создают энергетические барьеры сопротивления смачиванию и растеканию. На эффективность смачивания оказывает влияние и процесс быстрого повышения вязкости термопласта ( $\eta$ ) при охлаждении на воздухе (рис. 4.2).

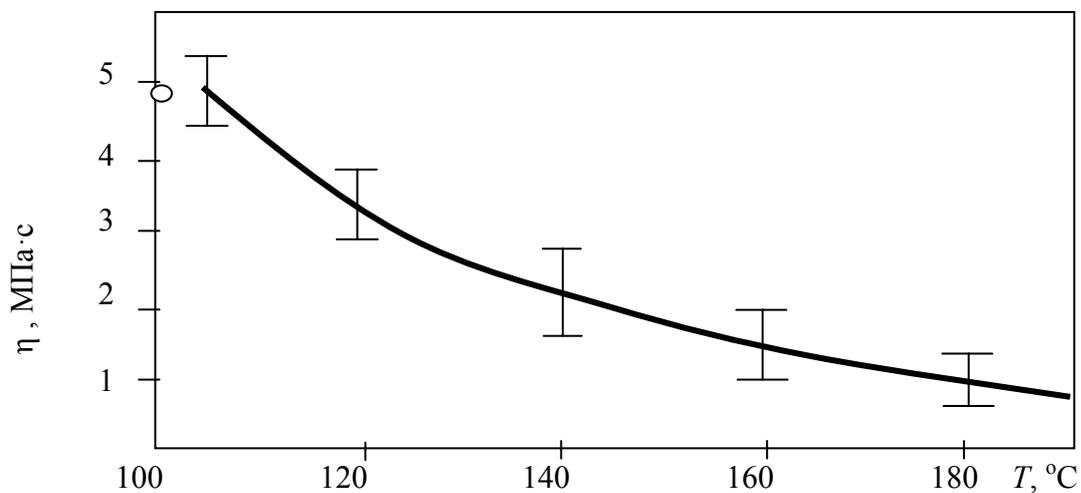


Рис. 4.2. Зависимость вязкости расплава термопласта от температуры

Кроме того, при смачивании неоднородных, пористых или шероховатых поверхностей происходит задержание пузырьков воздуха в неровностях. По этим причинам наблюдается различная прочность адгезионного соединения термопласта с асфальтобетонным покрытием в зависимости от характеристик поверхности последнего (табл. 4.3).

Отмечено, что наиболее прочное сцепление термопласта с асфальтобетонным покрытием происходит при нанесении разметки на дорожное полотно, находящееся в эксплуатационном состоянии Б.

Т а б л и ц а 4.3

Прочность адгезионного соединения термопласта  
с асфальтобетонным дорожным покрытием

Характеристика поверхности асфальтобетонного дорожного покрытия	Прочность на отрыв, МПа
Эксплуатационное состояние А	8–10
Эксплуатационное состояние Б	9–12
Эксплуатационное состояние В	5–8

Таким образом, наилучшим временным периодом для нанесения разметки является период, когда уложенный асфальтобетон частично состарился под действием эксплуатационных факторов. В зависимости от нагрузки на дорожное полотно и климатических условий этот период составляет от 2 недель до 3 месяцев. Поверхность асфальтобетонного покрытия в этом случае представляет собой дифильную структуру, состоящую из гидрофильных (минеральных материалов) и гидрофобных (битум) участков. Соответственно имеют место и два механизма адгезии термопласта к асфальтобетону.

Изучение химического взаимодействия термопласта с битумом проводили методом ИК-спектроскопии (рис. 4.3).

Смещение одного из пиков дуплекса связи  $C=O$  при  $1731\text{ см}^{-1}$  в циклических соединениях пентаэритритового глицеринового эфиров канифоли до  $1738\text{ см}^{-1}$  позволяет сделать предположение о взаимодействии поляризованного атома кислорода сложных ароматических эфиров с атомом водорода  $OH$ -группы асфальтеновых кислот с образованием водородной связи. Это, в частности, подтверждается, смещением пика колебаний связанных  $OH$ -групп с  $3433\text{ см}^{-1}$  в битуме до  $3415\text{ см}^{-1}$  в композиционном материале.

Полученные данные позволяют сделать вывод об образовании прочной химической связи между компонентами битума и компонентами матричной части термопласта – канифольными смолами. Это также подтверждает важную роль канифольных смол, как ингредиентов связующего материала, в обеспечении долговечности дорожной разметки.

Адгезии на границе раздела «минеральная поверхность – термопласт» способствует проникновение расплава термопласта в поры и микротрещины минеральных материалов в процессе нанесения разметки. Адсорбированный термопласт подобно анкерам удерживает пленку на поверхности зерен минеральных материалов.

Таким образом, благодаря физико-химическим взаимодействиям расплавов термопласта и битума, а также термопласта с поверхностью минерального наполнителя образуется прочный контакт на поверхности раздела «термопласт – асфальтобетон». Отрыв сформировавшейся пленки термопласта на границе раздела с поверхностью асфальтобетона имеет коге-

зионный характер, что подтверждается данными оптической микроскопии (рис. 4.4а, 4.4б).

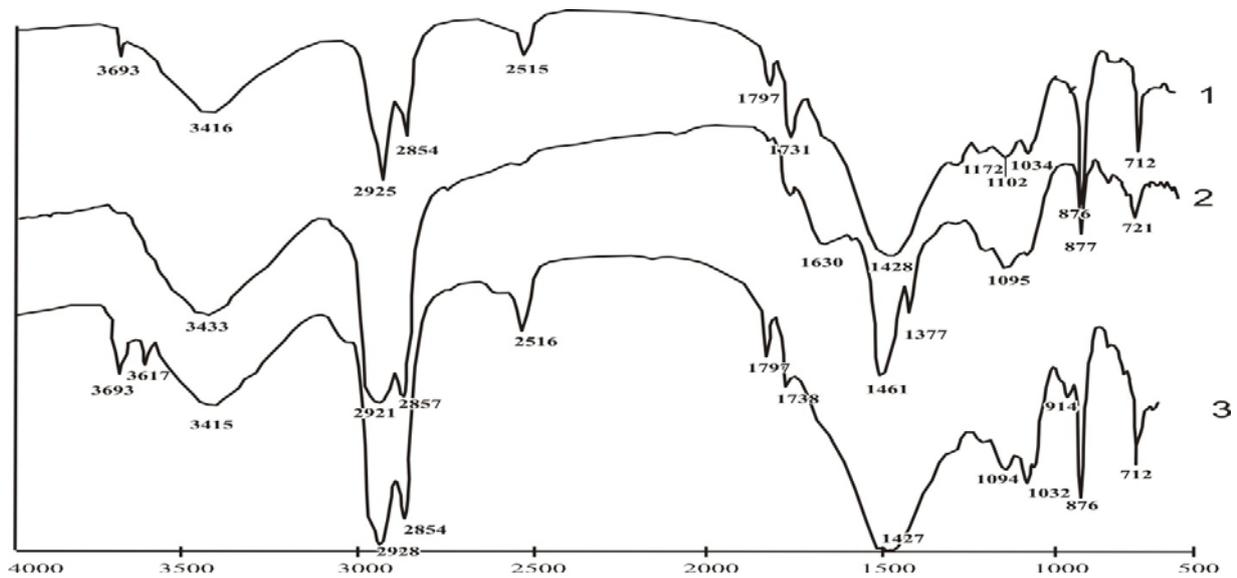


Рис. 4.3. Данные ИКС:  
1 – термопластичный материал «Кратер – 1»;  
2 – битум; 3 – композиционный материал на их основе

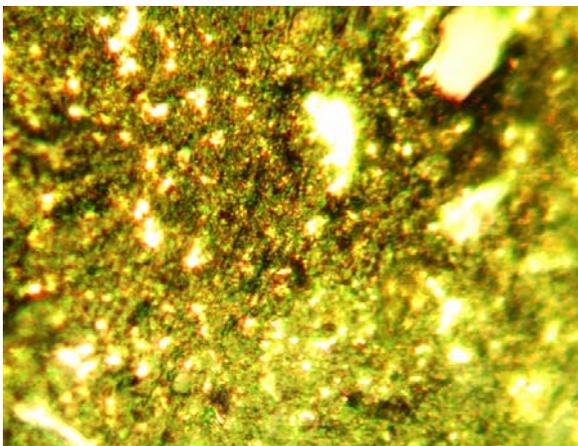


Рис. 4.4а. Вид поверхности асфальтобетона после отрыва термопласта (x 100)

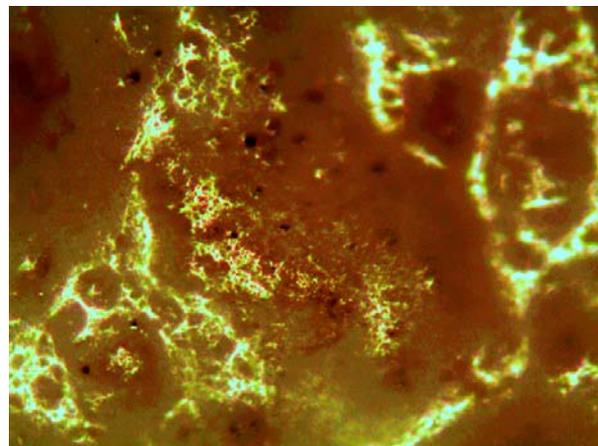


Рис. 4.4б. Вид внутренней поверхности термопласта после отрыва от асфальтобетона (x 100)

Изучение температурных полей на границе дорожного покрытия и расплава термопласта показывает наличие четырех характерных областей взаимодействия системы «термопласт – асфальтобетон» (рис. 4.5).

1 область – термопласт находится в жидком состоянии, битум покрытия – в твердом, температура его стремительно повышается. В этой области процессы взаимодействия компонентов характеризуются процессами смачивания, диффузии, окисления.

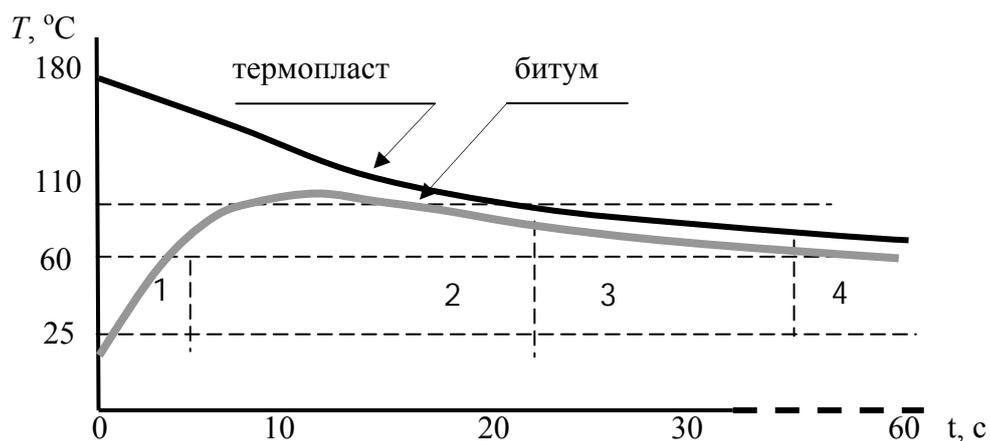


Рис. 4.5. Термокинетические зависимости системы «термопласт – асфальтобетон» при нанесении разметки

2 о б л а с т ь – термопласт и битум находятся в жидкофазном состоянии, при котором процессы взаимодействия значительно активизируются. Помимо диффузионных процессов в этом диапазоне температур имеет место образование химических связей между полимерной частью термопласта и компонентами битума.

3 о б л а с т ь – термопласт переходит в твердое состояние (при  $T = 90 \dots 110 \text{ } ^\circ\text{C}$ ), битум находится в жидкой фазе. Можно говорить о смачивании битумом твердой поверхности термопласта, но с учетом предыдущих реакций между компонентами на этой стадии процессы взаимодействия практически завершаются.

4 о б л а с т ь – зона медленного охлаждения затвердевших термопласта и битума. В этой области происходят релаксационные процессы в системе – минимизируются механические напряжения, завершаются окислительные процессы.

Обсуждение полученных результатов.

Проведен анализ физико-химических процессов взаимодействия композиционного материала для дорожной разметки на полимерной основе с дорожным покрытием. Механизм взаимодействия в термодинамической системе «композиционный материал разметки – асфальтобетонное покрытие» в динамических условиях определяется:

- процессами смачивания гидрофильных и гидрофобных компонентов дорожного полотна,
- проникновением с последующей адгезией и адсорбцией расплава термопласта в поры и микротрещины минеральных материалов,
- образованием химических связей между полимерной частью разметки и близкими по строению компонентами битума.

## 5. ПЛАСТИКИ ГОРЯЧЕГО РАСПЫЛЕНИЯ (СПРЕЙ – ПЛАСТИКИ)

### 5.1. Область применения и технология нанесения спрей-пластиков

Разметки, которые меньше эксплуатируются (например, краевые линии) изнашиваются меньше, и необходимость их обновления возникает реже. Поэтому для таких разметок нет нужды применять дорогой термопластик с толщиной разметочной линии 3–4 мм. Но и применение дорожных красок, срок эксплуатации которых обычно не превышает 6 месяцев – по причине быстрого истирания, не всегда экономически оправдано. Более рациональным решением в этом случае является использование пластика горячего распыления – спрей-пластика, который разбрызгивается на поверхность дорожного покрытия с помощью специальной спрей-головки при температуре 200 °С толщиной слоя 0,8–1,5 мм. При таком разбрызгивании разметочную полосу из спрей-пластика, как правило, окружает характерный небольшой ореол (рис. 5.1). Всегда желательно, чтобы ореол был как можно меньше, а добиваются этого, подбирая экспериментальным путём оптимальные значения температуры расплава спрей-пластика и давления, при котором расплав продавливается через спрей-головку.

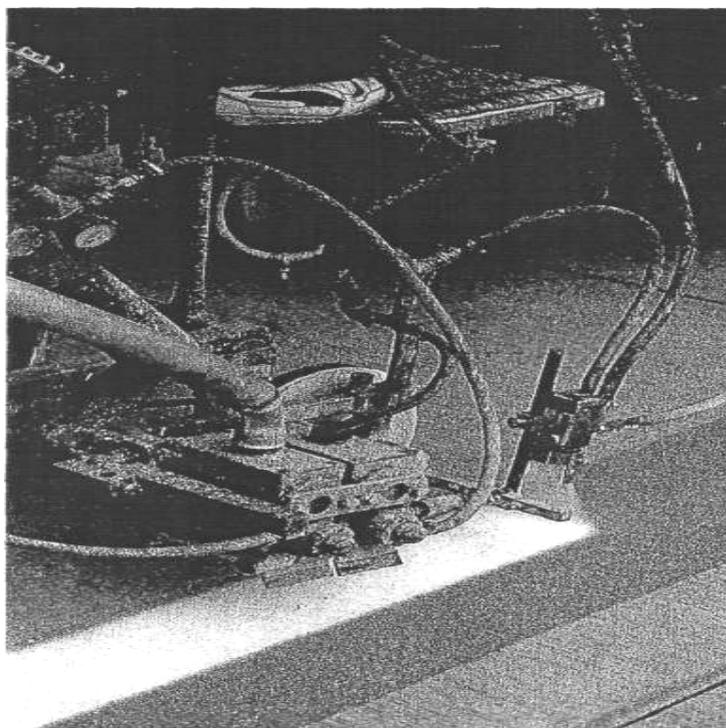


Рис. 5.1. Нанесение спрей-пластика на поверхность дорожного покрытия

Именно за счёт меньшего расхода (меньшей толщины линии в сравнении с термопластиком) и возможностью более длительной эксплуатации (из-за большей толщины линии в сравнении с краской) возникает экономически заметный эффект. Спрей-пластик может быть также использован для ремонта разметочных полос, имеющих небольшие разрушения или сильные потёртости. Принципиальной особенностью спрей-пластика является его низкая вязкость в расплаве, позволяющая продавливать его (давление обычно 3–5 атм.) через тонкие калибровочные отверстия (в спрей-головке) с высокой скоростью. Естественно, что расплав не должен содержать при этом никаких, даже самых малых посторонних включений, приводящих к забивке выпускных отверстий и последующей длительной чистке разметочного оборудования.

## 5.2. Компоновка и свойства спрей-пластиков

В настоящее время в России как сами спрей-пластики, так и разметочная техника для них являются редкостью. В табл. 5.1 приводятся физико-химические свойства некоторых спрей-пластиков, из которых можно выделить конкретные требования к ним. Основным требованием, как уже упоминалось, является высокая текучесть расплава, что обеспечивается повышенной температурой переработки, оптимальным гранулометрическим составом наполнителя, оптимальным количеством связующего, в том числе пластификатора, и других добавок. Но с учётом того, что использование слишком большого количества пластификатора неминуемо приведёт к потере адгезионной связи пластика с асфальтом, такой приём не является универсальным.

Нанесение целевых линий разметки сравнительно малой толщины (около 1 мм) обеспечивает малый расход разметочного материала (ориентировочно  $2 \text{ кг/м}^2$  вместо обычных  $6 \text{ кг/м}^2$ ), способствует его быстрому отверждению на дороге (1–2 мин), а также практически исключает раскатывание. Термопластик «Роспласт-спрей» на основе углеводородной смолы отличается в сравнении, например со спрей-пластиком «Сварко», повышенной эластичностью, что способствует его повышенной сохранности на дороге при целевой эксплуатации.

Следует также иметь в виду, что при работе с очень жидким расплавом спрей-пластиков мы неминуемо сталкиваемся с проблемой седиментации частиц наполнителя. Решение проблемы состоит, во-первых, в традиционном использовании антиседиментаторов, и, во-вторых, в правильном подборе гранулометрического состава наполнителя. Особенно это важно для спрей-пластика на основе полиэфирной смолы. Что касается спрей-пластиков на основе углеводородных смол, то следует помнить: при принятой компоновке рецептуры использование каолина не обязательно (см. табл. 5.1).

Т а б л и ц а 5.1

Особенности и основные физико-химические свойства  
некоторых спрей-пластиков

Особенности и свойства	Спрей-пластики					Примечание
	Магистраль-пласт	Технопласт-спрей [56]	Роспласт-спрей	тпк Н-С	Сварко-спрей	
Химическая основа	Углеводородная смола	Полиэфирная смола	углеводородная смола			С использованием добавок: эввилен, SIS-полимер и т.п.
Содержание связующего, %	–	34	23	22	7	–
каолин, %	–	4	–	–	–	–
Скорость истечения, г/с	–	14,4	14,3	15	14	–
Температура размягчения, °С	91	81,8	90,5	95	96	–
Время отверждения, мин	5	< 5	–	1	2	Из [57]
Удельный вес, г/см <sup>3</sup>	2,2	1,9–2,1	1,9	1,9	1,88	Из [57]
Расход, кг/м <sup>2</sup>	2,1	9	–	–	1,9	

Спрей-пластики могут быть успешно использованы для ремонта дорожной разметки. Ремонт дорожной разметки, её восстановление, часто проводится по остаткам старой краски или термопластика, которые не удаётся в силу разных причин демаркировать. Имеются многочисленные случаи, когда такой ремонт новым термопластиком оказывается не эффективен, потому что разметочные полосы удерживаются на асфальте после ремонта при эксплуатации непродолжительное время. Происходит это от того, что при прогреве остатков свежим материалом эти остатки теряют свою адгезию к дорожному покрытию (с повышением температуры адгезия уменьшается). Отслоение от асфальта происходит именно по остаткам прежнего термопластика. В случае тонкослойного спрей-пластика прогрев старого покрытия будет незначителен: верхний тонкий слой нового материала очень быстро остывает, и нижний старый слой не успевает приобрести температуру, необходимую для его отрыва от асфальта.

## 6. ПЛАСТИКИ ХИМИЧЕСКОГО ОТВЕРДЕВАНИЯ

Холодный пластик (пластик химического отвердевания), состоящий принципиально из 2-х компонентов, в том числе холодный распыляемый пластик, в России выпускается в незначительном количестве. Однако, к примеру, акционерное общество «DEGUSSA»(ФПГ) уже в течение более, чем 30 лет поставляет реакционные смолы под условным наименованием DEGAROUTE, являющиеся основой такого холодного пластика для разметки дорог [58]. Смолы эти базируются на метилметакрилате. Вторым основным компонентом такого пластика является отвердитель – как правило, перекись бензола (1–2 %, иногда чуть больше). В холодных пластиках эти 2 принципиальных компонента поставляются отдельно и перед нанесением непрерывно смешиваются и выливаются на дорожное полотно. Смешанные компоненты, т.е. уже готовая смесь, во время технологического процесса смешения и нанесения остаются жидкими, а затем, через 5–7 минут быстро отвердевают. Холодный пластик, условно называемый также Degaroute, наносится толщиной 1,5–3,0 мм. Однако используемые разновидности смолы позволяют получать смеси очень жидкие. Поэтому их можно распылять машиной (следовательно, возможно, более высокая скорость нанесения – за 10 минут 1 км разметки). Как правило, холодные распыляемые пластика наносят толщиной 0,4–1,2 мм (рис. 6.1).

Особенности метилметакрилатных смол Degaroute отмечаются числами; например, ряд 450–499 характеризует смолы с высокой вязкостью, применяемые для толстослойных пластиков. Ряд смол 650–699 характеризуется очень низкой вязкостью и предназначен для производства пластиков холодного распыления. В любом случае указанные смолы могут перерабатываться и заранее выпускаться в 2-х формах:

а) без дополнительного пластификатора (мягчителя). Разметки из этих смол могут наноситься или вручную, или с помощью приводимых вручную малых устройств (пластомаркеров). Перед нанесением порошок перекиси бензоила размешивают в массе.

б) смолы, которые могут перерабатываться только с использованием пластификатора. В качестве пластификаторов используется парафиновые концентраты. И здесь в свою очередь существует 2 технологические возможности.

- для нанесения вручную или с помощью пластомаркеров смола заранее смешивается с пластификатором в соотношении 4:1.

- для нанесения с помощью самодвижущихся разметочных машин смола и пластификатор используются отдельно. При этом в машине смешиваются компоненты пластика (наполнители, пигменты, отвердитель и др.) в виде 2-х самостоятельных смесей, в том числе: смесь (условно А), состоящая из смолы, части наполнителя, и смесь (условно Б), состоящая из

пластификатора и остальной части наполнителя и отвердителя. Обе пастообразные смеси отдельно могут сохранить при перемешивании свои свойства сколь угодно долго, даже на холоде. Перед использованием они смешиваются в соотношении 4:1. Все смолы Degaroute эластичны с незначительными различиями, но есть и такие, которые дают более жёсткие вулканизаты, и поэтому рекомендуются к применению в тёплых климатических зонах, например, смола 450. С этой смолой достигается очень стабильные значения вязкости. Благодаря этому эта смола всегда рекомендуется для выполнения профилированных разметок.

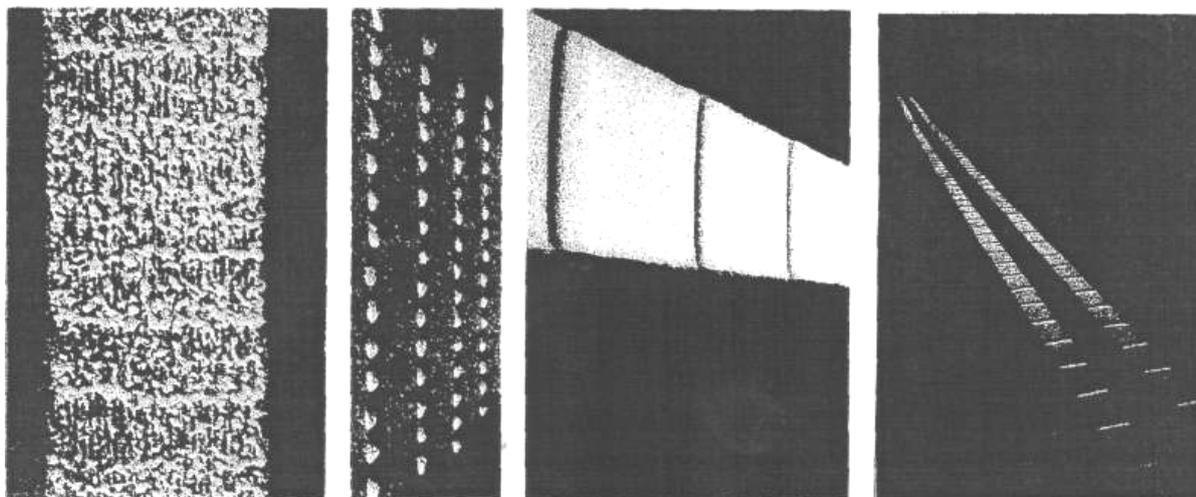


Рис. 6.1. Линии дорожной разметки, выполненные холодным пластиком

При приготовлении холодного пластика иногда практикуется вариант его отверждения с помощью перекиси бензоила, нанесенной предварительно на стеклянные микрошарики (форма Дроп-он), однако в этих случаях воспроизводимость характеристик разметочного покрытия оставляет желать много лучшего.

Особенности технологии пластиков холодного отверждения определяются прежде всего особенностями входящих в него акриловых смол на базе метилметакрилата,  $\text{CH}_2=(\text{CH}_3-\text{COO}-\text{CH}_3)$ , представляющего собой бесцветную жидкость, имеющего вязкость 0,63 МПа·с и температуру кипения 101 °С, нерастворимую в воде. Жидкость отверждается (легко) перекисью бензоила по двойной связи по радикальному механизму. Реакция сильно экзотермична. В связи с возможностью эффективного отверждения за счет случайно попавших примесей весь процесс организуется таким образом, чтобы работа с отвердителем велась в совершенно постороннем помещении.

В связи с повышенной летучестью, а также взрыво- и пожароопасностью исходных компонентов, промежуточных компонентов, готовой смолы разметочные массы изготавливаются в смесителях взрывобезопасного исполнения, имеющих вышибные элементы. Резервуар для смешения дол-

жен быть замкнутым. При переливании емкости необходимо заземлять, бочки или контейнеры следует открывать только инструментом, не образующим искр, все оборудование в рабочих помещениях должно быть взрывобезопасным.

Приготовленные смеси могут отличаться сильным запахом, поэтому работы по нанесению холодных пластиков целесообразно выполнять в более холодное время дня. В связи с малой вязкостью исходных смол возможна седиментация твердых наполнителей. Для исключения этого явления в составах холодного пластика используются антиседиментаторы – тиксотропные средства, такие, как белая сажа или бентонит № 27.

При этом для обеспечения устойчивых эмульсий и суспензий смешанные массы ведут в аппаратах с высокой и регулируемой скоростью перемешивания в пределах 300–1000 об/мин. Диспергирование при смешении обычно осуществляется в течение 15 минут. Более продолжительного времени перемешивания, а также нагрева массы свыше 40 °С следует избегать. Возможные потери метилметакрилата (от испарения при переливании и перемешивании) следует по возможности компенсировать. Как мы уже говорили, смолы Degaroute могут выпускаться в виде смеси с пластификатором, в качестве которого могут использоваться парафиновые концентраты. При продолжительном хранении парафин выделяется на поверхность в форме легко раздавливаемых агломератов. Этот выделившийся парафин должен перерабатываться при изготовлении пластика по возможности полностью.

Несмотря на некоторые вышеуказанные технические сложности, связанные с особенностями изготовления и применения холодного пластика, касающиеся прежде всего техники безопасности, следует подчеркнуть, что этот пластик отличается от прочих высокой экономичностью в сочетании с длительным сроком службы (до 6 лет), имеет небольшой расход, обладает высокой адгезией к асфальтным, и что очень важно, к бетонным покрытиям, устойчив против солей, применяемых для таяния льда, эластичен и ударопрочен.

Двухкомпонентный холодный пластик Д-230 рекламируемый фирмой «Сварко», является эффективным средством для разметки дорог с высокой интенсивностью движения и представляет собой лучший материал для нанесения стрел, стоп-линий, пешеходных переходов и других символов.

Ещё в 2000г. ООО «Эльф-2000», Россия (Москва), на основе холодного пластика Degaroute разработало с использованием отечественных и зарубежных компонентов и организовало производство холодного разметочного пластика («Максидур») [61]. Пластик этот представляет собой дисперсию наполнителей, в т.ч. при необходимости наличия стеклошариков, и пигментов в метакриловой смоле. В качестве отвердителя используется перекись бензоила в виде 50- %-ной пасты. Холодный пластик «Макси-

дур»обладает высокой стойкостью к истиранию, адгезионной прочностью, высокой атмосферостойкостью, эластичностью и долговечностью. Основные характеристики пластика следующие:

цвет	белый
белизна, %, не менее	85
плотность, г/см <sup>3</sup>	1,85
время отверждения, мин., не более	30
расход материалов при толщине слоя 2,0–2,5 мм, кг/м <sup>2</sup>	3,5–4,0

Срок хранения холодного пластика в упаковке предприятия-изготовителя (герметично закрытые металлические вёдра массой (нетто) по 25 кг в сухом, защищенном от света месте при температуре не ниже +5°С не менее одного года. Условия нанесения разметки: температура окружающего воздуха от +5 до +40 °С, относительная влажность не выше 85 %.

В 2006 г. НПО «Воронежтехнология»предложило отечественный холодный пластик Магистральпласт «ХП» [62]. Это пластик двухкомпонентный, ручного применения, представляет собой вязкую тиксотропную жидкость белого цвета на основе смеси бутилметакрилата и метилметакрилата. Отверждается дибензоилпероксидом.

Основные характеристики пластика весьма похожи на соответствующие характеристики пластика «Максидур», а именно:

– цвет белый и после отверждения, поверхность матовая, однородная;	
– жизнеспособность после введения отвердителя, мин	8–12
– время полной полимеризации при 20 °С, мин	20–25
– белизна, %	80–86
– плотность, г/см <sup>3</sup>	1,85–1,90
– расход при толщине слоя 2,0 мм, кг/м <sup>2</sup>	3,7–4,0

Упаковка пластика: 20-литровые металлические вёдра.

## 7. ПОЛИМЕРНЫЕ ЛЕНТЫ

Формованные ленты, как правило, изготавливаются из пластика со специальным адгезионным покрытием. Формованные ленты – это очень эффективное, но и весьма дорогое средство разметки.

Широко налажен выпуск таких лент на фирме «Сварко». Ленты производятся в большом ассортименте по ширине, по толщине, по цвету, по рисунку. Они долговечны, гибки, обладают высокой световозвращающей способностью. Поставляются в рулонах, обычно в виде готовых символов белого, оранжевого или желтого цветов. Ленты бывают двух основных видов: с плоской шероховатой поверхностью и с рельефной поверхностью. Формованные ленты имеют нанесенный в заводских условиях клеевой подслоя, чувствительный к прижатию. Поэтому укладка таких лент на дорожное полотно не требует каких-либо инструментов, механизмов или специальной грунтовки: необходима лишь чистая и сухая поверхность.

Известно, что существует проблема обеспечения видимости дорожной разметки в темное время суток при мокром покрытии. Даже в случае термопластика, который выступает над поверхностью дорожного покрытия на несколько миллиметров, разметка оказывается в слое воды. В таком случае необходимо создание специальной структурированной или, как её ещё называют, профильной разметки, «рванная» поверхность которой позволяет пропускать воду между выступами материала. В темную погоду при дожде видимость такой разметки мало отличается от её видимости в сухую погоду. Структурную разметку можно выполнять из пластиков, но лучше всего выполнять её из полимерных лент с рельефной структурой.

Полимерная лента наклеивается на существующий асфальтобетон или втапливается в свежееуложенный асфальт. Технология нанесения лент методом втапливания состоит в том, что, когда свежееуложенный асфальт остывает до температуры 50–70 °С, на него укладывается лента, которая затем втапливается в асфальт при последнем проходе катка.

Оптимальной является укладка ленты на асфальтовое покрытие при температуре последнего от 50 до 70 °С. Вначале производится предварительная разметка. Далее материал с помощью катка запрессовывается в поверхность. Но при этом весьма важно выдержать условия:

- температура окружающего воздуха не ниже 15 °С;
- минимальная температура поверхности дорожного полотна должна быть не ниже 21 °С;
- поверхность дорожного покрытия должна быть сухой;
- дорожное покрытие не должно быть загрязнено материалами типа масел, пыли и др.
- при отклонении от этих условий или при высокой интенсивности движения целесообразно предварительно нанести на дорогу специальный

грунт – праймер (или клей-грунговку с контакт-цементом);

- лента наносится только на такое дорожное покрытие, которое находится в хорошем состоянии;

- рекомендуется разрезать ленту через каждые 10 метров для создания компенсационных зазоров.

После укладки ленту не менее 2 раз прикатывают катком с целью обеспечения полного приклеивания материала к дорожному покрытию. При этом прикатка осуществляется только в направлении раскатывания ленты со скоростью 3 км/час.

Гарантийный срок эксплуатации полимерных лент составляет 1 год (при среднесуточной интенсивности движения не более 15 тысяч автомобилей на полосу движения).

Ленты «Сваркотэйп» принято различать по толщине, например, Сваркотэйп 3000 имеет толщину 1,5 мм, Сваркотэйп 4000 – 2,2 мм. Для кратковременной разметки стройплощадок или при ремонте дорог применяют экономичные ленты Сваркотэйп 2000, 1500 и 1000, отличающиеся меньшей толщиной (0,5–1,0 мм) и, следовательно, меньшей износостойкостью. Формованные ленты могут содержать световозвращающие элементы, выступающие над поверхностью до 0,9 мм и занимающие 50 % всей поверхности, а также такие же элементы, которые равномерно распределены в объеме. Но выпускаются и ленты, которые не содержат световозвращающие элементы.

Следует отметить ещё одно принципиальное преимущество полимерных лент: ленты обладают высоким коэффициентом сцепления с колесом автомобиля, сравнимым с коэффициентом сцепления асфальтобетонного покрытия, а известно, что этот показатель является слабым местом практически всех термопластиков.

В 1995 г. акционерное общество «Эмпилс», г. Ростов-на-Дону, приступило к выпуску ленточного термопластика, для разметки автомобильных дорог, который представляет собой полимерную композицию на основе поливинилхлорида, включающую пластификаторы, наполнители и стабилизаторы. Производят этот ленточный термопластик методом экструзии. Лента наклеивается на дорожное полотно клеем горячего или холодного отверждения. Поставляется в рулонах. Общий вид полимерной ленты показан на рис. 7.1. В табл. 7.1 и 7.2 приводятся технические характеристики этих лент и область применения.

Экономическая эффективность при использовании полимерных лент соизмерима с применяемыми другими видами разметочных материалов с учётом возможности более длительной эксплуатации ленточной разметки [62].

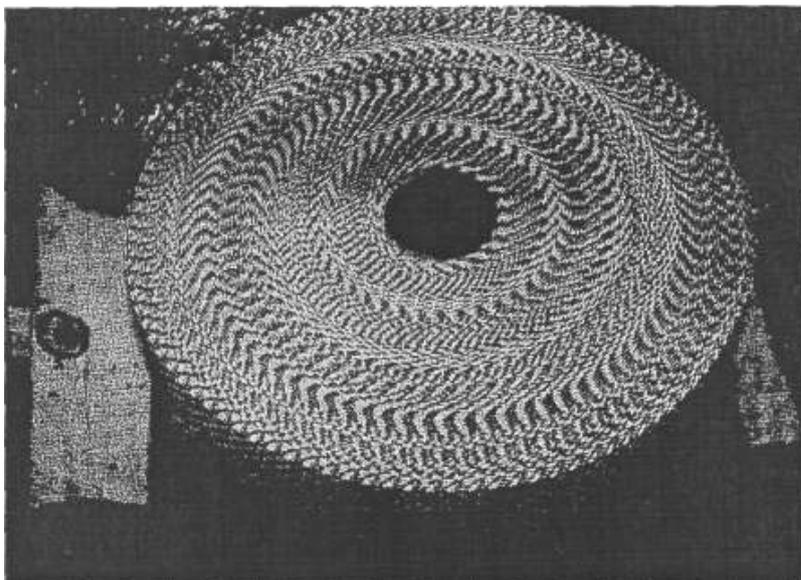


Рис. 7.1. Общий вид полимерной ленты

Т а б л и ц а 7 . 1

Технические характеристики ленточного термопластика

Характеристики	Значения
Цвет	белый, светло-серый
Ширина ленты, см.	8–10
Толщина, мм	15–22

Т а б л и ц а 7 . 2

Область применения полимерных лент

Материал	цвет	область применения
StamarkA380 с рельефной поверхностью	Белый	Для постоянной горизонтальной разметки
Stamark 651-E	Жёлтый	Для постоянной горизонтальной разметки, искусственных дорожных неровностей
Stamark 654	Оранжевый	Для временной горизонтальной разметки

## 8. ГОТОВЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ ФОРМЫ

В последнее время получили широкое распространение термопластичные готовые формы. Существует множество разметочных работ, целесообразность выполнения которых связана с применением готовых элементов без использования при укладке разметочного материала специальной дорожной техники (не обязательно, конечно, без применения техники, но при использовании готовых элементов трудозатраты, а также время работы по укладке и расход материалов минимизируются). К таким работам следует отнести, прежде всего, разметку пешеходных переходов, особенно небольших. Некоторые характеристики готовых полимерных форм приведены в табл. 8.1, а их строение показано на рис. 8.1.

Таблица 8.1

Некоторые характеристики готовых форм

Коэффициент диффузного отражения, не менее	60
Водопоглощение, %, не более	0,5
Износостойкость, г/см <sup>2</sup>	0,004
Удельный вес, т/м <sup>3</sup>	1,45–1,55

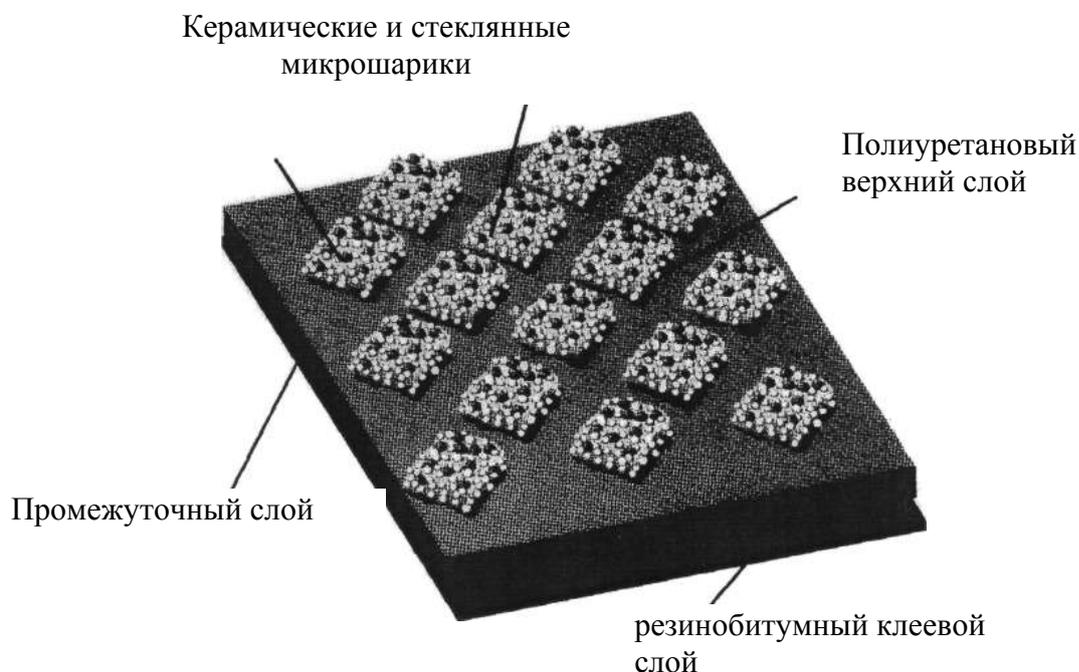


Рис. 8.1. Строение готовых форм

Благодаря своему строению полимерные ленты Stamark обеспечивают световозвращение на уровне, превосходящем требования ГОСТ Р 51256–2011 и ГОСТ Р 52575–2006.

Назначение полимерных лент Stamark:

- нанесение стоп-линий;
- обозначение направления движения в виде указательных стрелок;
- нанесение «лежачих полицейских»;
- буквенные и цифровые обозначения на дорогах;
- обозначения мест парковки автотранспорта и т.п.

Основу готовых форм или элементов, как правило, составляют термопластики, особенностью которых должна быть высокая гибкость при достаточной прочности.

Принципиально производство готовых элементов может быть организовано следующим образом: термопластик в виде расплава, приготовленный традиционным способом в маточном котле, перегружается в разметчик, или прямо готовится в разметчике, а затем с помощью экструдера или простой каретки на поверхности антиадгезионной бумаги формируется в полосы шириной, например 400 мм и длиной 10–12 м при толщине 3–4 мм. Затем, после охлаждения полученная термопластичная лента разрезается на куски (1–1,2 м), которые складываются. Из этих кусков с помощью шаблонов и штампов вырезаются элементы нужного профиля, которые укупориваются в тарные коробки. Особенностью этого способа производства является необходимость иметь длинное свободное помещение с воротами и ровным полом размерами не менее 18×7 м, вдоль которого и должен двигаться разметчик.

Можно представить себе также технологический процесс с использованием стационарной каретки (экструдера), мимо которой движется транспортная лента, и на которую подаётся приготовленный расплав термопластика. Такой способ должен быть более рациональным, т.к. не связан с использованием длинного помещения.

Из табл. 8.2 следует, что:

- общее время переработки 1 т термопластика в готовые элементы составляет – 12 ч;
- количество занятых рабочих – 3 чел.;
- ориентировочное количество изготовленных элементов ~370 шт.

Готовые элементы хранят и транспортируют, обёрнутыми в антиадгезионную бумагу или полиэтиленовую плёнку (для предотвращения слипания) при температуре 5–25 °С. Перед укладкой на дорожное покрытие температуру термопластика целесообразно довести до уровня 20±5 °С.

Перед укладкой на асфальтобетонное покрытие дороги его размечают мелом, после чего рабочую зону на дороге с помощью газовой горелки прогревают открытым пламенем в течение 2–3 минут до температуры поверхности 120–150 °С.

Таблица 8.2

## Производительность процесса изготовления готовых элементов

№ п/п	Операция	Время, ч	Количество занятых рабочих	Примечание
1	Загрузка и разогрев в котле 1 т термопластика. Перегруз расплава в разметчик	3,5	2	
2	Последовательная протяжка ленты в виде 12-метровых полос, охлаждение, складирование полос, укладывание антиадгезионной бумаги для новой полосы (всего ~37 полос)	4	3	расчётная циклограмма предполагает полное время изготовления одной полосы (6 минут)
3	Раскрой полос на элементы, например, размером 1200×400×3 мм, укупорка	4	3	ориентировочно количество готовых элементов ~ 370штук
4	Уборка рабочих мест	0,5	2	все бракованные полосы возвращаются в производство

Для укладки готовый элемент удерживается в вертикальном положении, при этом торцом касается асфальта в самом начале зоны укладки. В течение 20–30 с форсунку пламени направляют и перемещают на высоту 30–40 см от дорожного покрытия по всей площади элемента. Элемент в зоне прогрева сильно размягчается и свободно укладывается этой размягчённой прогретой частью на асфальт вдоль промаркированной меловой линии. Важно здесь, чтобы пламя горелки было острым, голубого оттенка и без малейшей копоти. Не прерываясь, таким же образом прогревают и укладывают остальную часть готового элемента.

После укладки всего элемента термопластик прогревается поверх, той же горелкой (или лучше промышленным феном – безопаснее). Время прогрева 20–40 с, до момента, когда на пластике в зоне непосредственного прогрева на элементе появятся первые пузыри. Движение автотранспорта может быть открыто сразу после охлаждения элемента

НПО «Воронежтехнология» выпускает в настоящее время готовые формы под названием «Магистраль Пласт ПФ», представляющие собой термопластичный материал на сетчатой стекловолоконной основе в виде отформованных элементов в форме линий 1.12, 1.13, 1.14, 1.18, 1.19, 1.20 по ГОСТ Р 51256–2011. Эти элементы выпускаются 2-х видов: с нанесением методом разогрева готовой формы и для нанесения по клеевому слою [64].

## 9. ТЕХНОЛОГИЯ НАНЕСЕНИЯ РАЗМЕТОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Прежде всего важно отметить, что работы по разметке следует вести обязательно в сухую погоду при температуре окружающего воздуха не ниже +15 °С и относительной влажности воздуха не выше 85 %. Ограничения по температуре для термопластиков рассмотрены выше. В случае использования краски условие диктуется необходимостью ее более быстрого высыхания.

Нанесение покрытий на мокрую и даже слегка влажную поверхность не допускается. Не допускается также использование пластичных материалов на дороге со свеженанесенным асфальтом, что может привести к почернению разметки, а также к возникновению проблем с адгезией. Для исключения негативных последствий разметка наносится на асфальт не ранее, чем через 2–3 недели с момента открытия автомобильного движения. Безусловно, что основная проблема здесь в химической несовместимости многих современных разметочных материалов с одним из основных компонентов асфальтобетонов – битумом. Спустя некоторое время после эксплуатации асфальтовых покрытий верхняя битумная пленка истирается, и разметочный материал в большей степени ложится не на битум, а на минеральную составляющую покрытия.

Технология нанесения разметки на проезжую часть зависит от вида применяемого разметочного материала, при этом работа по разметке состоит из следующих этапов:

- подготовка дорожного покрытия;
- предварительная разметка проезжей части;
- нанесение разметки маркировочной машиной.

Подготовка дорожного покрытия заключается в том, что покрытие очищается от пыли механической щеткой поливосточной машины. При необходимости проезжую часть дополнительно поливают водой и просушивают.

Предварительную разметку производят с целью обозначения линий будущей разметочной трассы, с целью предания ей четких геометрических контуров. Выполняют ее с помощью отбеленного шнура длиной 120–160 м обычно двое дорожных рабочих. Шнур закрепляют с помощью дюбелей, вбиваемых в дорожное покрытие. Для лучшей сохранности намечаемых линий рекомендуется вдоль шнура наметить краской точки с интервалом 20–50 м или чаще.

Перед началом работ собственно по разметке необходимо проверить пригодность разметочного материала, и при необходимости довести его до рабочего состояния. Так, если термопластик слежался (скомковался), его следует разбить на куски, размер которых не затрудняет работу мешалки в

котле разметочной машины. В случае поставки термопластика в блоках, заключенных в металлическую тару, блок следует освободить от металла и разбить на куски (обычно топором или кувалдой). Не следует этого (дробление) делать задолго заранее: термопластик может скомковаться вновь.

Разогрев термопластика целесообразно проводить отдельно в маточном котле (емкость котлов – 800 кг и более). Расплав термопластика, переливаемый из маточного котла в рабочую емкость разметчика весьма желательно пропустить через металлическую фильтрующую сетку с ячейками 3–5 мм с целью отделения случайных посторонних предметов, нерасплавившихся комков, сгустков и т.п., что отрицательно сказывается на качестве разметочной полосы. Особенно это касается разметчиков экструдерного типа (например, Hoffman 26 или 3М-ДТ-SS), имеющих форсунки сравнительно небольшого сечения – 5 мм, которые этими посторонними включениями могут быть легко забиты.

При отсутствии маточного котла разогрев термопластика проводят непосредственно в рабочем баке разметчика. Для этого включают газовые горелки, и в течение 1–2 часов нагревают теплоноситель (масло) в рубашке котла. При температуре 140–150 °С включают мешалку и начинают загрузку термопластика в котел. Важно помнить, что перегрев недопустим, температура масла не должна превышать 220 °С; регулирование температуры осуществляется путем включения и выключения горелок.

Рабочая температура расплава термопластика, при которой осуществляют разметку, оговорена в инструкциях на применение термопластика. Для термопластиков на основе отечественных нефтеполимерных смол (НП-1, ТР-1) – это (190±10) °С, для термопластиков на основе полиэфиров (ПЛ-Ш, ПЛ-5142, ТПК, ПГС-1 и др.) рабочая температура составляет 180–190 °С. Нужно иметь в виду, что при понижении температуры ниже заданной возможно плохое истечение расплава через маркер. При более высокой температуре возможно растекание материала за пределы контура маркировочной линии, а так же термическое разрушение материала – деструкция смол – и изменение его цвета.

Расход разметочных материалов при выполнении разметочных работ зависит от удельного веса материала, состояния дорожного полотна, заданной геометрии разметочных полос и искусства машиниста обеспечить оптимальную толщину наносимых линий. Требования ГАИ обычно предусматривают нанесение разметочных линий толщиной 2,5–3,0 мм, допуская и отклонения. Однако, чтобы вдоль продольных линий разметки во время дождя не скапливалась вода, разметка может выступать над поверхностью дорожного полотна не более, чем на 6 мм. С учетом этого обстоятельства для большинства термопластиков расход составляет 600–700 кг на 1 км сплошной линии шириной 100 мм. Однако, при неровном асфальтобетонном покрытии расход заметно растет (и этот рост может достигать до

50 %). Увеличение плотности покрытия сверх распространенного значения 1,9–2,0 г/см<sup>3</sup> (до 2,2 г/см<sup>3</sup> у некоторых видов термопластиков (ТПК) увеличивает расход на 5–10 %.

В случае холодных пластиков (да и в некоторых случаях использования термопластиков) часто применяется ручной способ нанесения разметки. Например, стрелы – указатели направления движения, другие символы, буквы и цифры рисуются сначала при помощи шаблонов и мела на предварительно очищенном покрытии дорожного полотна. Затем шаблоны удаляются, края оклеиваются самоклеющейся лентой и вся внутренняя поверхность равномерно заполняется катализированной (т.е. с отвердителем) разметочной массой. Самоклеющаяся лента должна удаляться через 5–8 минут.

Для формирования стоп-линий, при некоторых запретных для движения зонах могут применяться так называемые волочильные ящики, представляющие собой металлические рамы различного конструктивного исполнения, которые на заднем конце имеют прорезь для выпуска разметочной массы. Ширина волочильного ящика определяет ширину черты разметочной полосы, высота щели выпускной прорези – толщину слоя.

Старые разметки из холодного пластика могут повторно размечаться свежим холодным пластиком или также краской, наносимой распылением. Остатки старой разметки должны быть при этом очищены и иметь еще прочное сцепление с основанием.

Повторная разметка термопластиком не рекомендуется, также не следует наносить на старый термопластик холодный пластик, в этом случае старая разметка должна удаляться путем фрезерования.

## 10. ЛАБОРАТОРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ РАЗМЕТОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В настоящее время, к сожалению, нет единого подхода к проведению лабораторных испытаний для дорожной разметки, хотя выработка такого подхода предпринималась неоднократно. Национальные стандарты ГОСТ Р 52575 и ГОСТ Р 52576, появившиеся в 2007 г., определяют требования к дорожно-разметочным материалам и дают методические указания по проверке выполнения этих требований на практике, однако в большинстве случаев не дают представления о методиках, связанных с разработкой методов лабораторных испытаний разметочных материалов.

Положив в основу предложения НПФ «Мади-практик» [66], и с учётом требований новых национальных стандартов попробуем обобщить имеющиеся материалы по этому вопросу.

Лабораторные испытания термопластиков проводят с целью определения следующих показателей:

- внешнего вида, наличия крупных нерасплавленных примесей, наличия посторонних включений, наличие стеклошариков, т.е. параметров, косвенно характеризующих состав материала, качество материала и возможность его целевого применения;
- рабочей температуры расплава – технологического параметра, характеризующего температуру, при которой может происходить процесс плавления термопластика;
- растекаемость расплава – технологического параметра, характеризующего удобоукладываемость термопластика при рабочей температуре;
- скорость истечения расплава – технологического параметра, характеризующего скорость нанесения разметочной полосы;
- времени формирования – технологического параметра, характеризующего время открытия движения автотранспорта после укладки термопластика;
- коэффициента диффузного отражения (белизны) – эксплуатационного параметра, характеризующего светотехнические характеристики материала;
- температуры размягчения – эксплуатационного показателя, характеризующего термостойкость материала (особо важен в летний период);
- значение адгезии к дорожному покрытию – эксплуатационного показателя, характеризующего возможность отрыва материала от покрытия под влиянием внешних факторов;
- показателя условной хрупкости – эксплуатационного показателя, характеризующего способность материала сопротивляться трещинообразованию при динамическом воздействии на него;
- показателей прочности, модуля упругости и относительной деформации материала при сжатии – эксплуатационных показателей, характеризующих способность материала сопротивляться сжатию;

- показателя твердости, эксплуатационного показателя, характеризующего способность материала «раскатываться» под воздействием внешних нагрузок;

- некоторых других показателей, принципиальная оценка которых может быть проведена на стадии разработки материала, например, уровень световозвращения, способность материала слеживаться при хранении, седиментационная устойчивость расплава, или на стадии его целевой эксплуатации, например, коэффициент сцепления с разметочной полосой колеса автомобиля или его износостойкость. На стадии разработки химического состава термопластика и поэтапного контроля производственного процесса важно бывает оценить значения удельного веса, долю органической части в составе (т.е. долю вяжущего компонента), долю летучих компонентов в составе, влагостойкость и др., характеризующих конкретные особенности термопластика.

### 10.1. Отбор проб для испытаний

Отбор проб – важный фактор при выполнении анализа, особенно в случае порошкообразных материалов. С целью обеспечения представительности пробу целесообразно составить методом квартования порошкообразной смеси, для чего из различных мест (мешков) отобрать 5–6 (или больше) порций материала по 600–800 г, порции объединить и тщательно перемешать. Общий вес пробы не менее 3,5 кг. В этой связи следует заметить, что материал, выпускаемый в виде плавленых блоков несомненно значительно более однороден, поэтому любой кусок будет хорошо представлять партию в целом.

### 10.2. Оценка внешнего вида, наличия посторонних включений, стеклошариков и крупных нерасплавленных частиц

Испытание проводят путем визуальной оценки материала (навеска массой 200 г). Пробу помещают на лист ватмана, жести или фольги белого цвета. Используя лупу, оценивают однородность материала, его цвет, наличие стеклошариков. Для определения наличия крупных нерасплавленных частиц навеску материала (200 г) просеивают через сито с диаметром отверстий 2–3 мм. По остатку на сите оценивают наличие посторонних включений, слежавшихся комков пластика, крупных кусков смолы. При наличии комков (материал в мешке может вообще слежаться в сплошной ком, который, однако, может быть удовлетворительно использован по своему целевому назначению), а также в случае оценки материала, поставленного в виде плавленых блоков, материал расплавляют при температуре, равной рабочей температуре (по паспорту) и процеживают через сито диа-

метром отверстий 2–3 мм, после чего проводят повторную оценку (визуально), фиксируя цвет, наличие крупных не расплавленных частиц, однородность. Для сплава наличие стеклянных микрошариков хорошо фиксируется на изломе с помощью лупы.

### 10.3. Оценка внешнего вида, наличия посторонних включений, стеклошариков и крупных не расплавленных частиц

Навеску термопластика массой 500 г разогревают в металлической или керамической емкости объемом не менее 500 мл до рабочей температуры по паспорту и выдерживают при этой температуре 40 минут. После достижения рабочей температуры материал перемешивают не менее 2 раз.

Из полученного расплава изготавливают тестовую полосу с использованием так называемой протяжной колодки или иначе, ручной рукоятки (рис. 10.1).

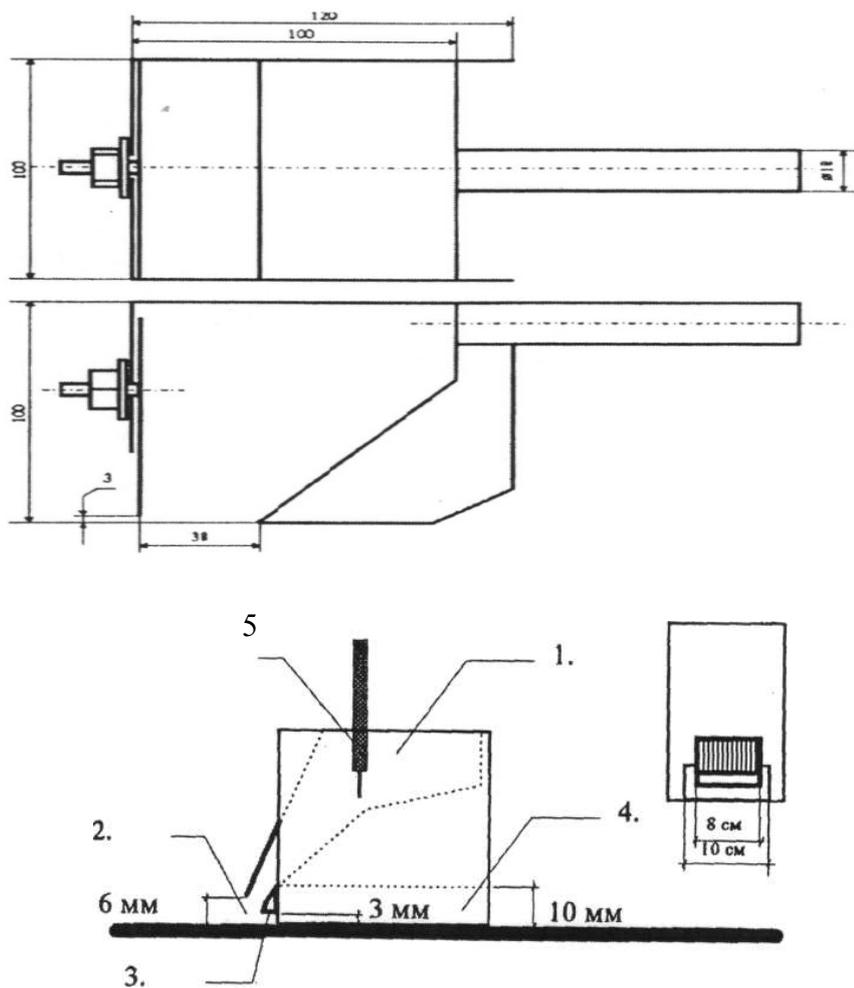


Рис. 10.1. Процесс изготовления тестовой полосы:

- 1 – резервуар для разогретого термопластика;
- 2 – отверстие для разлива термопластика;
- 3 – выглаживающая пластина; 4 – направляющие; 5 – термометр

## 10.4. Определение растекаемости расплава

Расплав термопластика (200 г), разогретый до рабочей температуры в фарфоровой чашке диаметром 120 мм разливают на лист фольги, смазанной глицерином (силиконовой смазкой) и лежащий на деревянной поверхности. Розлив ведут с высоты 5 см при температуре окружающего воздуха  $(20 \pm 2)$  °С, в одну точку по центру «лепешки» в течение 1 минуты. После остывания замеряют толщину «лепешки» в 4-х точках по середине наибольшего и наименьшего радиусов «лепешки» и вычисляют среднее значение. Значение  $(8 \pm 2)$  мм следует считать предпочтительным. В настоящее время принято считать более правильной оценку растекаемости по увеличению (или не увеличению) ширины тестовой полосы за время, необходимое для ее (полосы) отверждения. Следует признать, что при слишком жидких расплавах в сочетании с затяжным характером отверждения эта полоса в конечном счете окажется более широкой, чем это положено по ГОСТу. В этом смысле растекаемость расплава, ведущая к увеличению ширины тестовой полосы, имитирующей разметочную полосу на дороге, неудовлетворительна и может быть допустимой в пределах 1–2 % к ширине полосы по приспособлению.

## 10.5. Определение скорости истечения расплава

Расплав термопластика (100 или 200 г), разогретый до рабочей температуры в фарфоровой чашке и тщательно перемешанный, помещают в предварительно разогретую до той же температуры специальную металлическую воронку с заслонкой, укрепленную на штативе (рис. 10.2). Открывают заслонку и определяют вес массы, слитой на подставленную металлическую фольгу или (что лучше) на антиадгезионную (вощённую) бумагу через калиброванное отверстие (8 или 10, или 12 мм) за стандартное время (10 или 15 с, иногда 5 с). Для очень жидких расплавов, например, в случае спрей-пластиков, используют воронку с диаметром отверстия 8 мм. Результат исследования оценивается в сравнении с уже известным материалом.

Скорость истечения определяет как отношение веса слитой массы к принятому времени слива в граммах в секунду. Опыт показывает, что удовлетворительным значением скорости истечения расплава термопластика при использовании воронки с диаметром сливного отверстия 10 мм следует считать 4,5–5,0 г/с, для спрей-пластиков – 13,5–14,5 г/с (при меньшем диаметре воронки).

В НТЦ «Катафот» оценку текучести расплава производят с использованием стандартного вискозиметра ВЗ-246 при использовании съемного сопла диаметром 4 мм. Скорость истечения расплава в этом случае меньше и измеряется в граммах в минуту.

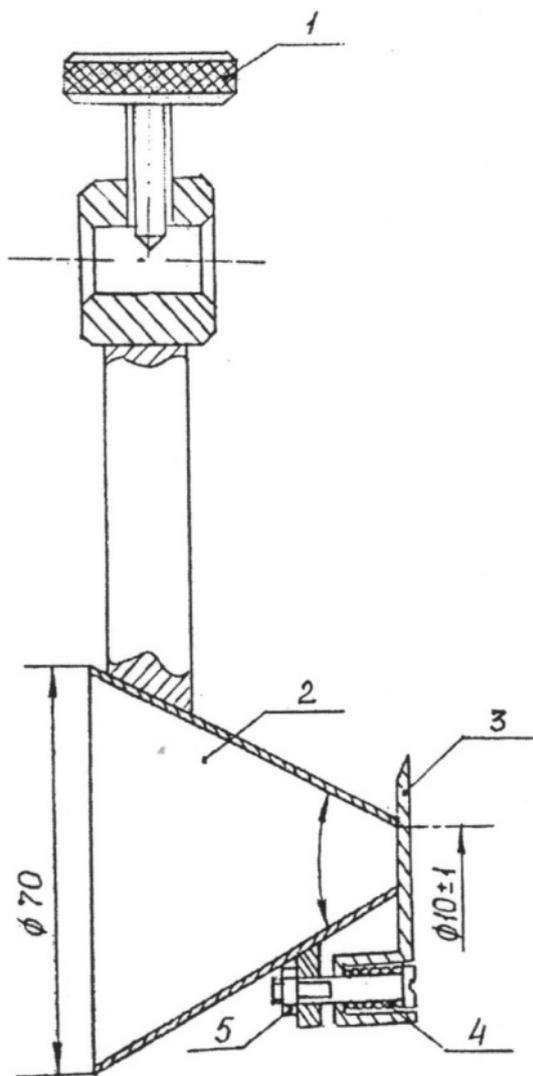


Рис. 10.2. Установка для определения скорости истечения расплава термопластика:  
1 – винт; 2 – воронка; 3 – шторка; 4 – пружина; 5 – гайка

## 10.6. Определение времени формирования разметочного материала

ГОСТ Р 52576 приводит методику оценки времени формирования разметочного материала до степени 5, т.е. когда прикладываемая к материалу бумага и удерживаемая на нем грузом массой 200 г в течение 1 минуты не прилипает и легко удаляется. Испытания проводят при температуре  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$  [63]. Следует отметить, что традиционно время формирования разметки из термопластика может быть определено иначе. Для этого изготавливают тестовую полоску или просто «лепёшку». По окончании изготовления такой полосы (лепёшки) включают секундомер (начало формирования). Для испытания прикладывают безударное усилие от груза массой

1 кг через приклеенный к нему резиновый штамп в течение 2 с с периодичностью в 1 минуту. За окончание формирования принимают момент, когда штамп не оставляет видимых следов на тестовой полосе.

### 10.7. Определение белизны

Определение проводят так, как это описано в главе 3. В качестве материала используют тестовую полосу, изготовленную по описанной ранее методике.

### 10.8. Определение температуры размягчения термопластиков

В основе определения лежит известный метод «Кольцо и шар» [65], который в данном случае заключается в том, что термопластик, помещенный в специальное кольцо, нагревается, и отмечается температура, при которой стальной шарик, находящийся на поверхности термопластика, проходит через его размягчаемый при нагреве слой. Испытание проводится на установке, состоящей из стеклянного стакана, в который помещен латунный штатив, на котором имеются гнезда для размещения кольца с термопластиком и термометра. В стакан заливают теплоноситель – обычно глицерин.

При подготовке к испытанию кольцо укладывают на фольгу или гладкую металлическую пластину, смазанную глицерином или силиконовой смазкой. В кольцо заливают расплав термопластика (заподлицо) и дают ему застыть. После этого кольцо с термопластиком снимают с фольги и помещают в гнездо латунного штатива. На поверхность термопластика помещают стальной шарик. Проводят нагрев теплоносителя в стакане (на электроплитке или на газовой горелке) со скоростью 5 °С/мин. По мере повышения температуры термопластик размягчается и шарик постепенно продавливается вниз. Момент, когда шарик касается дна стакана, и принимается за величину температуры размягчения.

Возможен и часто применяется, особенно в зарубежной практике, несколько иной метод. От описанного выше метода «Кольца и шара» этот иной метод (еще он называется «Оценка температуры размягчения по Вильгельми») отличается большими размерами используемых кольца (внутренний диаметр 52 мм вместо 15,87 мм) и шара (диаметр 13 мм, вес 13 г, вместо соответственно 9,5 мм и 3,5 г). Предпочтительной температурой размягчения термопластика при прочих равных условиях является температура  $T > 90$  °С.

## 10.9. Определение адгезии термопластика к асфальтобетону

Оценка прочности скрепления термопластика с асфальтобетонной полосой может быть проведена по-разному. Например, НПФ «Мадипрактик» в основу определения кладет метод сдвига, НТЦ «Катафот» проводит оценку методом прямого отрыва, принципиально такой же подход принят в ФЦДТ «Союз», хотя приборное оформление иное. С целью оперативной оценки адгезии НПФ «Мадипрактик» предложена также методика скалывания. Рассмотрим эти методики подробнее.

### 10.9.1. Метод сдвига кольца

Изготавливают цилиндрические образцы диаметром 71,4 мм из горячего мелкозернистого асфальтобетона типа Б марки 1, отвечающего требованиям ГОСТ 9128–97. Методика изготовления указана в ГОСТ 9128–97. После формования образцы выдерживают на воздухе не менее 24 часов. Далее осуществляют нанесение термопластика на образец асфальтобетона следующим образом: термопластик расплавляют при рабочей температуре и заливают в зазор между образцом асфальтобетона и обоймой.

После охлаждения, через 15–20 минут образцы вынимают из формы и удаляют излишки термопластика разогретым ножом. Образцы выдерживают не менее 24 часов при комнатной температуре. Для испытаний готовят 6 образцов.

Испытания по определению адгезии проводят при температуре  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$  и  $(4 \pm 1)^\circ\text{C}$  (по 3 образца). Для испытания образец асфальтобетона с кольцом термопластика, предварительно протермостатированный в течение 2 часов при температуре испытания, помещают в форму и прикладывают сжимающую нагрузку, вызывающую сдвигающие напряжения по поверхности контакта термопластика с асфальтобетоном (при скорости холостого хода поршня 20 мм/мин).

Максимальное показание силоизмерителя принимают за разрушающую нагрузку  $P$ . Значение адгезии «А» вычисляют как

$$A = \frac{P \cdot 0,1}{\pi \cdot h \cdot 7,14}, \quad (10.1)$$

где  $P$  – разрушающая нагрузка, кг;

$h$  – высота кольца, см;

7,14 – диаметр кольца, см;

0,1 – переводной коэффициент.

### 10.9.2. Метод прямого отрыва

Вначале изготавливают (прессуют) образцы асфальтобетона (таблетки) диаметром 25 мм и высотой 5–7 мм (рис. 10.3). Давление прессования составляет 1 т. После формирования образцы выдерживают на воздухе не менее 24 часов.

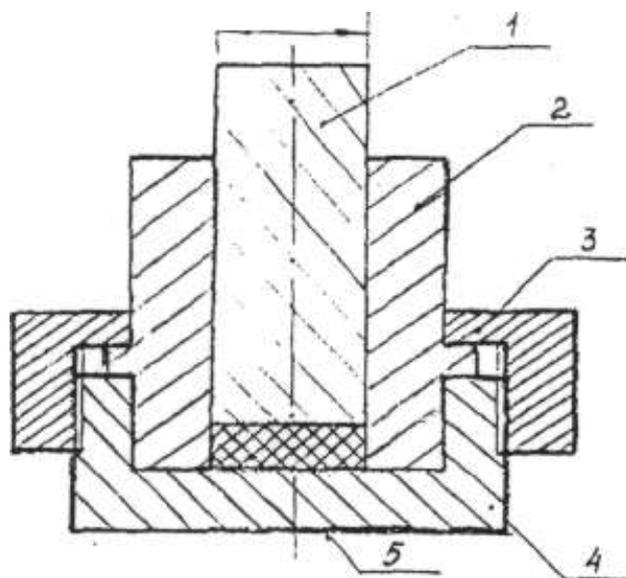
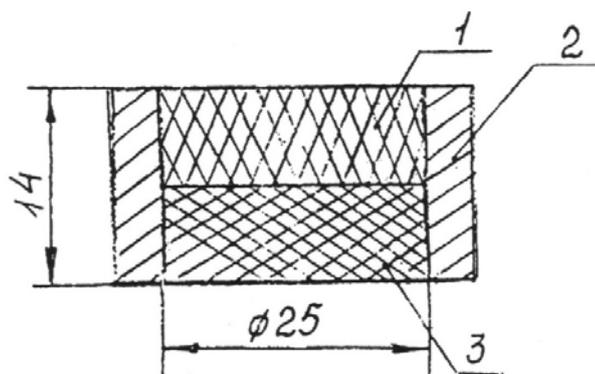


Рис. 10.3. Форма для изготовления образцов:  
1 – пуансон; 2 – матрица; 3 – накидная гайка; 4 – поддон;  
5 – прессуемый материал

Нанесение термопластика на образец проводится следующим образом: термопластик расплавляют при рабочей температуре, а образец асфальтобетона помещают во фторопластовое кольцо диаметром 25 мм и высотой 14 мм. Расплав наносят на асфальтобетон «заподлицо» с краями фторопластового кольца. Излишки термопластика убирают разогретым ножом. После охлаждения полученный «сэндвич» извлекают из кольца, обычно вручную (рис. 10.4).



1 – таблетка термопластика; 2 – формирующее кольцо;  
3 – асфальтовая таблетка

Рис. 10.4. Геометрические параметры «Сэндвича»

Затем эпоксидным клеем приклеивают металлические грибки и проводят испытания на разрывной машине при скорости деформирования 2,5 мм/мин. Расчет адгезии ведут по формуле

$$A = \frac{P}{3,14}, \quad (10.2)$$

где  $P$  – усилие отрыва, кг;

3,14 – площадь контакта асфальтобетона и термопластика, см<sup>2</sup>.

### 10.9.3. Метод НТЦ «Катафот»

Метод отличается от предыдущего тем, что расплав термопластика наносят на образец асфальтобетона диаметром 71,4 мм по центру, обеспечивая при этом контакт по кругу диаметром 10 мм. Этот столбик термопластика с помощью захвата подвергается отрыву (рис. 10.5).

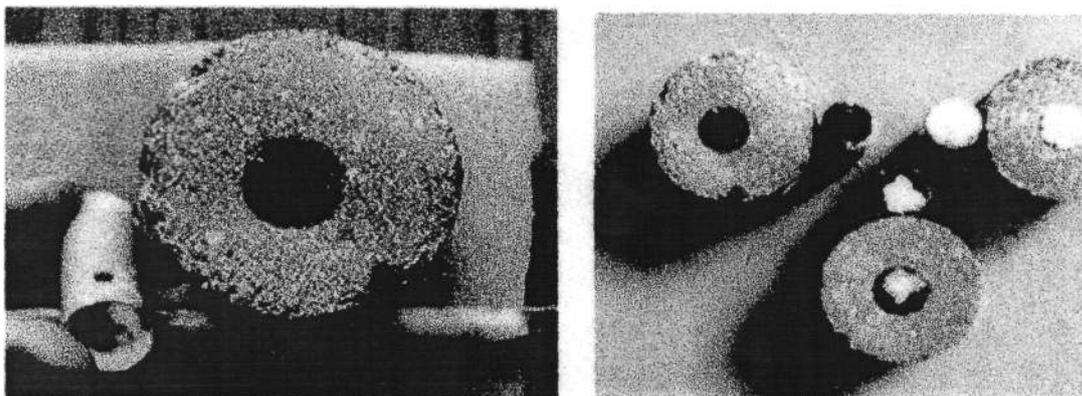


Рис. 10.5. Метод определения адгезии термопластика к асфальтобетону (прямой отрыв)

В этом случае фиксируется усилие отрыва (адгезия) и характер когезионного взаимодействия системы термопластик/асфальт.

### 10.9.4. Методика скалывания

Для оперативного определения адгезии термопластика к поверхности дорожного покрытия на стадии опытных работ или для контроля качества разметочных работ непосредственно на дороге предложено использовать простой прибор «сколомер», который используется по принципу скола краевой части дорожно-разметочной полосы из термопластика [64]. Рабочая часть прибора представляет собой стамеску из инструментальной стали шириной 40 мм, заточенную под углом 30 град. На разметочную полосу, отступив с края 20 мм, с помощью прибора оказывается повторяющаяся ударная нагрузка.

Ударную нагрузку создает груз массой 2,5 кг, падающий с высоты 200 мм по направляющей штанге на рабочую часть прибора.

Уровень величины адгезии оценивают по сумме ударов прибора, произведенных при сколе термопластика в 10 контрольных точках, которые выбирают на расстоянии не менее 300 мм друг от друга. Результатом следует считать появление трещины на термопластике.

### 10.10. Определение условной хрупкости материала

Для испытания используют тестовые полосы, нарезанные на куски длиной 10–12 см [64]. Жесткие при нормальной температуре полосы термопластика целесообразно разогревать при температуре 50–60 °С в течение 15–20 мин. и затем резать, используя, например, ножницы. Качественную оценку хрупкости материала можно быстро провести с помощью простого лабораторного теста: резка материала нехрупкого (мягкого) с помощью обыкновенных ножниц проходит мягко, без усилий, при резке хрупкого материала всегда появляются хрупкие изломы по месту резки. Это так называемая ножничная проба.

### 10.11. Определение физико-механических характеристик термопластика

Для определения физико-механических характеристик формуют специальные образцы [65] во фторпластовых пресс-формах. Образцы на сжатие имеют диаметр 20 мм, высоту 30 мм. Формы разъединены по диаметру, скрепляются перед формованием проволокой. Образцы на растяжение в виде лопаточек толщиной 7,5 мм и длиной рабочей части 30 мм. Результаты регрессионного анализа характеристик при сжатии и при растяжении показывают весьма высокую корреляцию: коэффициент корреляции по модулю упругости, по напряжению в точке текучести составляет  $R \geq 0,95$ .

Учитывая, однако, методические трудности при подготовке образцов на растяжение (прежде всего, распрессовка) исследования более целесообразно проводить при сжатии. Испытания проводят до разрушения образца при скорости деформирования 10±1 мм/мин на любой разрывной машине, при этом фиксируется напряжение в точке текучести, напряжение разрушения, соответствующие значения модули упругости и деформации при сжатии. Типичные кривые сжатия приведены на рис. 10.6.

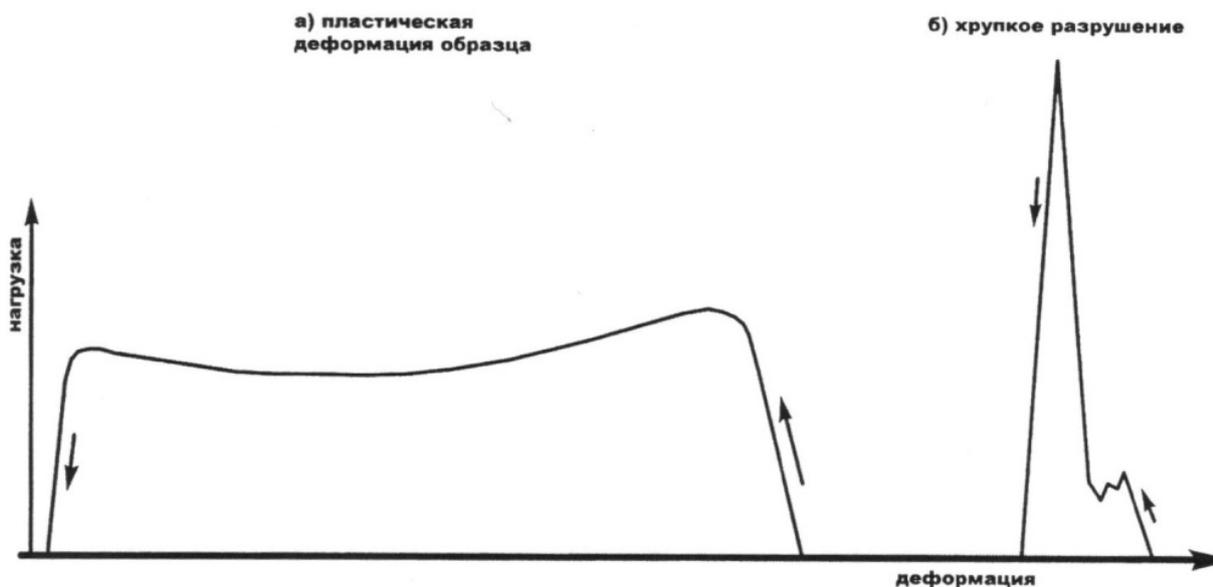


Рис.10.6. Типичные диаграммы сжатия образцов термопластичных разметочных материалов

## 10.12. Методика оценки слеживаемости порошкового термопластика

Пробу весом 100 г насыпают в полиэтиленовый цилиндрический мешочек, который затем помещают в полый металлический стакан диаметром 50 мм и высотой 150 мм. На эту пробу в стакане помещают груз (из расчета имитации воздействия на мешок с порошком при хранении последнего на складе в один ярус (слой) без нагрузки, в 2 яруса с нагрузкой 500 г (т.е.  $2,5 \text{ г/см}^2$ ), в 3 яруса – 1 кг).

Через 1, 2, 5, 10, 30 суток пробы извлекают из металлических стаканов и освобождают от полиэтилена. На извлеченные пробы постепенно устанавливают грузы (обычно в плоском исполнении) от 0,5 кг до 10 кг, добиваясь разрушения любого из сформованных из порошкообразного термопластика цилиндров за время не более 1 минуты (под воздействием груза). Считается (условно), что порошок не подвергается слеживанию (или мало подвергается), если разрушение цилиндра происходит под грузом менее 1 кг. При сильном слеживании мешки с термопластиком в 2, тем более в 3 слоя (яруса) длительное время (более 1 месяца) хранить не допустимо.

## 10.13. Методика оценки термоустойчивости расплава термопластика (живучести) методом Хит-Стэбилити

Этот метод в соответствии со стандартом Великобритании БС3262–1–1989 широко применяется и в ФРГ.

Аппаратура:

- масляная ванна, обеспечивающая нагрев до 200 °С с точностью  $\pm 2$  °С;
- стакан из термостойкого стекла объемом 250 см<sup>3</sup> и высотой 110 мм;
- лопастная мешалка с электрическим приводом и возможностью регулирования до 150 об/мин. Лопасти мешалки имеют длину (40 $\pm$ 0,5) мм, высоту (30 $\pm$ 0,5) мм и толщину (1,5 $\pm$ 0,5) мм.

Оценка проводится следующим образом. 250 г образца термопластика взвешивается и размельчается. В масляной бане устанавливается температура 200 °С. Стакан устанавливается в разогретую баню таким образом, чтобы поверхность расплавленного образца находилась ниже поверхности масляной бани. После того, как образец расплавится, опускается мешалка, при этом лопасть мешалки находится в 15 мм над дном стакана. Опыт проводится в течение 6 часов. Затем стакан достают из масляной бани и проводят следующие испытания:

- оценку температуры размягчения образца по Вильгельми;
- оценку содержания вяжущего;
- оценку белизны.

#### 10.14. Крышечный тест (Deckel-Test)

Тест разработан лабораторией А + В фирмы Lafrenz.

Цель теста: оценка термической устойчивости термопластичных материалов и их исходных составляющих.

Определение проводят, размещая испытуемый материал на крышках из листовой стали, диаметром 100 мм, обычно применяемых для консервирования. Образцы на крышках помещают в сушильный шкаф (термостат) и подвергают испытанию в течение 5 часов. Стандартные температуры: 190, 200, 230, 250 °С. Навеска материала составляет 52 г, для предварительной оценки – 19 г, точность взвешивания не менее 0,01 г. Выполняются следующие оценки:

- потеря веса, в % к исходному весу. Возможна почасовая оценка;
- внешний вид (визуальная оценка), при этом определяют:
  - а) изменения цвета и прозрачности (для смол, пластификаторов и т.д.);
  - б) изменения свойств, таких как поведение при изломе, появление трещин, образование пузырьков;
- температура размягчения (по методу «Кольца и шара»);
- цветность (число Гарднера), при этом навеску материала (1–2 г) растворяют в 10-кратном количестве полуола (или в другом подходящем растворителе), после чего число Гарднера определяют в специальном приборе, например, компараторе Хелиге.

Специалисты фирмы Zafrenz указывают на следующие возможные оценки в получаемых результатах:

Потеря веса при  $T = 250\text{ }^{\circ}\text{C}$

- до 5 % – хорошо;
- более 10 % – материал не пригоден.

При этом очень маленькая потеря веса или увеличение веса указывает на возможное окисление материала.

Если при этом фиксируется повышение температуры размягчения при  $T = 250\text{ }^{\circ}\text{C}$  в пределах до  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  – материал может быть использован по целевому назначению. Изменение цвета (повышение числа Гарднера) на величину 10 и более всегда неблагоприятно.

### 10.15. Методика оценки содержания вяжущей части в термопластике

Методика применяется для выполнения пофазного контроля в технологическом процессе производства термопластика. Оценка основана на фиксации уменьшения веса образца после выжигании из него органической части. В фарфоровый бокс берется навеска материала готового термопластика 10 г с точностью не ниже  $\pm 0,01$  г. Бокс устанавливается на керамическую пластину, расположенную на треножнике. Под пластинку подводится газовая горелка. После вспышки материала в боксе горелку отодвигают, давая материалу спокойно выгореть. Операция сжигания продолжается 10 минут, после чего бокс помещают в муфельную печь с температурой  $400\text{--}450\text{ }^{\circ}\text{C}$  на 1 час для выжигания остатков органики. Температура в муфельной печи не может превышать указанных значений во избежание термического разложения некоторых минеральных компонентов, входящих в состав термопластика, например, мела ( $T_{\text{разл}} = 550\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Далее бокс охлаждают и взвешивают. Разница между исходным весом бюкса и весом бюкса, полученным после выжигания (брутто) отнесенная к исходной навеске материала, дает представление о доле вяжущего в данном термопластике.

### 10.16. Коэффициент сцепления колес автотранспорта с дорожной разметкой

Важнейшей технической характеристикой горизонтальной дорожной разметки является её шероховатость. Как уже отмечалось во введении, шероховатость является критерием способности разметки сопротивляться скольжению колёс автомобиля, то есть является критерием безопасности.

Для наглядности проиллюстрируем это на примере. Известно, что тормозной путь транспортного средства при скорости движения  $40\text{ км/час}$  составляет примерно 12 метров. Время реакции у здорового человека колеб-

летя от 0,8 до 1,0 с. Иными словами, водитель, заметивший на проезжей части пешехода, отреагирует только по прошествии 1,0 с. За это время машина проедет 11,1 метра. А общий путь, пройденный автомобилем до полной остановки составит 23,1 м. При увеличении скорости движения в 2 раза общий путь, пройденный автомобилем, увеличится в 3 раза, а в условиях скользкой дороги, например, гололёда этот путь увеличится в 5 раз и составит 115,5 метров.

Мерой шероховатости поверхности разметочной полосы является так называемый коэффициент сцепления. У скользкой дороги вообще низкий коэффициент сцепления – от 0,1 (на льду) до 0,3. На мокром асфальтовом покрытии он равен 0,2–0,3, на сухом коэффициент сцепления составляет 0,8–0,9.

Действующие общероссийские стандарты требуют, чтобы коэффициент сцепления дорожной разметки составлял не менее 0,75 от значения коэффициента сцепления самого дорожного покрытия. Однако практика показывает, что поверхность термопластичной разметки имеет коэффициент сцепления обычно 0,22–0,26, что в случае дорожного покрытия в виде сухого хорошего асфальта является недопустимым. Вместе с тем, посыпка разметочной полосы стеклошариками фракции 100–600 мкм поднимает значение коэффициента сцепления до 0,35–0,38, а при использовании крупных стеклошариков он достигает значений существенно больших 0,4.

Вообще существует несколько способов повышения этого коэффициента. Кроме стеклошариков, допускается, например, нанесение на поверхность свежеложенной разметки именно вместе с шариками корунда в количестве не менее, чем 100 г/см<sup>2</sup>. Отмечается, что достаточно 20 % этой добавки к количеству используемых стеклошариков, чтобы поднять коэффициент сцепления до уровня 0,49–0,50. Причём без снижения уровня световозвращения материала. В статье [66] даётся наглядная информация об особенностях специального противоскользкого материала под названием «Антискид», представляющего собой смесь стеклошариков и специального компонента с твёрдостью по шкале Мооса 9 в соотношении 2:1. Отметим при этом, что по шкале Мооса эталону 9 соответствует корунд [67]. Отмечается также, что коэффициент сцепления при применении «Антискида» составляет 0,59–0,60 [66]. И хотя со временем эксплуатации разметки значения его уменьшаются, даже после 4 миллионов прокатки автомобильного колеса по разметке величина коэффициента сцепления остаётся на уровне 0,4.

Измерение коэффициента сцепления проводится непосредственно на дороге с помощью громоздкого прибора ППД, отличающегося тем, что под действием падающего груза две пластины расположенные прямо на разметочной полосе разъезжаются по полосе в разные стороны, причём расстояние между ними оказывается большим при меньшем коэффициенте сцеп-

ления [68]. Более удобно и надёжно работать с помощью переносного маятникового прибора, например, прибора «SRT» (рис. 10.7), который измеряет коэффициент сцепления между контактной площадкой, установленной на конце качающегося маятникового рычага и поверхностью разметки на определенном пути сцепления.

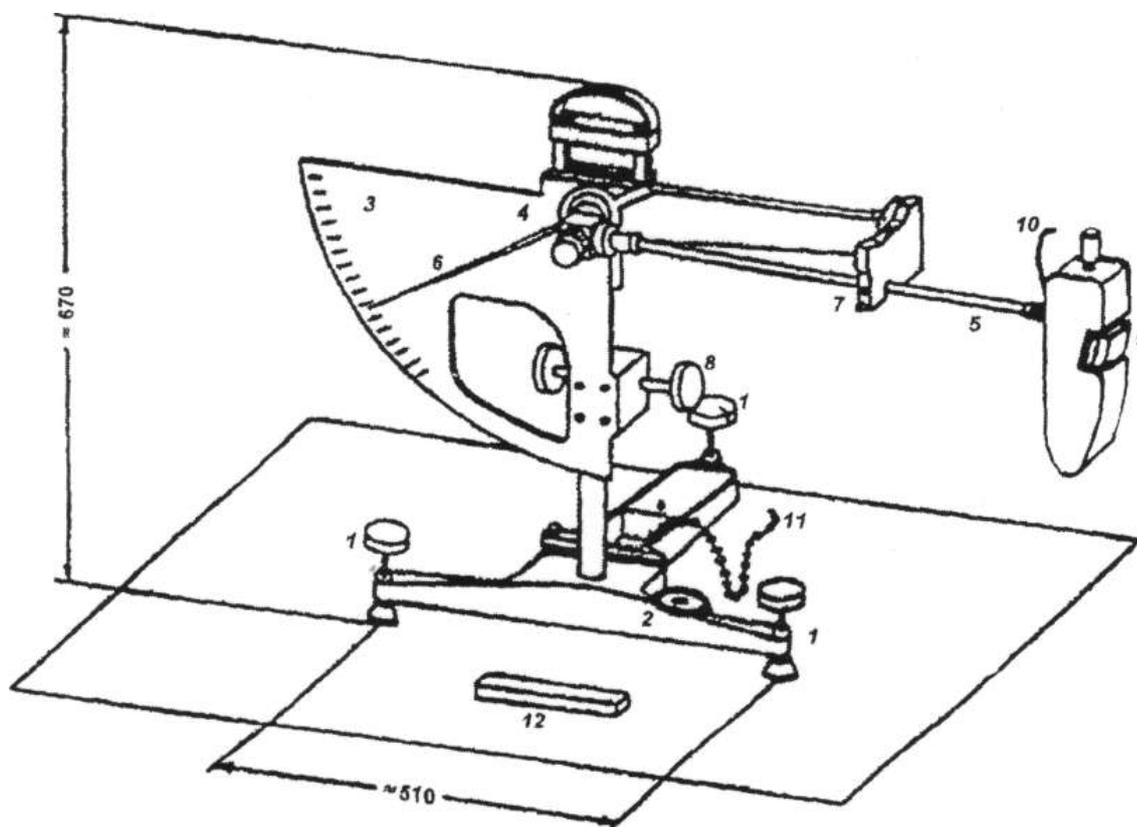


Рис. 10.7. Прибор «SRT» для измерения коэффициента сцепления:

1 – винт станины; 2 – жидкостный уровень; 3 – лимб; 4 – опорная головка; 5 – рычаг маятника; 6 – стрелка; 7 – пусковая кнопка; 8 – маховичок для вертикального перемещения узла; 9 – ползунок; 10 – пружинящий рычаг для подъема ползунка; 11 – приспособление для грубой установки длины фрикционной поверхности; 12 – масштаб длины фрикционной поверхности

Контактная площадка представляет собой алюминиевую пластину размером 1525 мм, на которую наклеена протекторная резина. Измерения можно проводить как в натуральных условиях на дороге, так и в лабораторных условиях.

В случае испытания на дороге прежде всего необходимо выбрать участок, на котором дорожное полотно под разметкой должно быть по возможности ровным, без рытвин и бугров. Испытательный прибор надо установить так, чтобы контактная площадка нормально скользила вдоль разметочной линии.

Далее необходимо установить требуемую длину сцепления, для чего с помощью установочных винтов (1) придать прибору горизонтальное положение по ватерпасу. Маятниковый рычаг (5) установить в свободном вертикальном положении над разметкой. При помощи винта (8) отпустить маятниковый рычаг так, чтобы контактная площадка едва коснулась поверхности разметки. На разметку поместить линейку, на которой нанести риски, соответствующие требуемой длине сцепления. Эта длина должна быть в пределах  $(130 \pm 2,5)$  мм.

Испытываемую поверхность разметки и резину на контактной площадке необходимо обильно смочить водой. Маятниковый прибор зафиксировать в горизонтальном положении с помощью устройства (4). Стрелку (6) измерительной шкалы вернуть в крайнее правое положение и установить параллельно маятниковому рычагу (1). Отпустить маятниковый рычаг нажатием кнопки (6). При этом рычаг увлечет за собой стрелку прибора, которая зафиксирует на измерительной шкале показания, а рычаг уйдет в обратную сторону. При обратном движении рычага его необходимо остановить рукой прежде, чем контактная площадка коснется разметки. Записать показания стрелки прибора. Это показание численно равно коэффициенту сцепления.

Измерения обычно повторяют 5 раз. Коэффициент сцепления есть среднее арифметическое из 3-х испытаний после отбрасывания крайних полученных значений.

Для лабораторных испытаний образцы дорожной разметки наносят на твердые подложки, имеющие хорошую адгезию к нанесенному материалу. Измерения выполняют аналогично методики, описанной выше.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ Р 51256–2011. Технические средства организации дорожного движения. Разметка дорожная. Классификация. Технические требования. – Введ. 01.09.2012. – М.: Стандартиформ, – 2012. – 27 с.
2. ГОСТ Р 52289–2004. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств Введ. 15.12.2004. – М.: Стандартиформ, 2005. – 161 с.
3. ГОСТ 52575–2006. Дороги автомобильные общего пользования. Материалы для дорожной разметки. Технические требования. – Введ. 01.01.2007. – М.: Стандартиформ, 2007. – 7 с.
4. ГОСТ Р 54306–2011. Дороги автомобильные общего пользования. Изделия для дорожной разметки. Полимерные ленты. Технические требования. – Введ. 01.09.2011. – М.: Стандартиформ, 2010. – 5 с.
5. ГОСТ Р 53170–2008. Дороги автомобильные общего пользования. Изделия для дорожной разметки. Штучные формы. Технические требования. – Введ. 01.09.2011. – М.: Стандартиформ, 2010. – 4 с.
6. Сидоров, В.М. Научно-технический отчет ЛНПО «Союз» [Текст] / В.М. Сидоров, В.Л. Хацкин, М.О. Мясникова. – М.:1995.
7. WillisCh.G. и др., пат.США 5304238, заявка от 07.02.1992.
8. А.с. 826733, СССР, кл. Е 01 F 9/04, 1983.
9. Смола Escorez-1102 RM, информационное письмо J. Zafrenz. – 1995.
10. Думский, Ю.В. Нефтеполимерные смолы [Текст] / Ю.В. Думский. – Л.:Химия, 1993.
11. Якунин, В.Л. Научно-технический отчет, ЛНПО «Союз» [Текст] / В.Л. Якунин [и др.]. – М.,1995.
12. Наполнители для полимерных композиционных материалов [Текст]: справ. пособие [ пер. с англ.]. – М., 1981.
13. Сидоров, В.М. К вопросу о седиментационной устойчивости расплава дорожно-разметочного материала [Текст]: сб. ВСМ / В.М. Сидоров, [и др.]. – 1995.
14. А.с. 840228. Р.Ф. 1995.
15. Потапенко, СВ. Глины и каолин [Текст] / СВ. Потапенко, А.А. Вейхор. – М., 1962.
16. Справочное пособие по разметке автомобильных дорог. – М., 1995.
17. Беленький, Е.Ф. Химия и химическая технология пигментов [Текст] / Е.Ф. Беленький, И.В. Рискин. – Л., 1974.
18. Хазин, А.Г. Двуокись титана [Текст] / А.Г. Хазин. – 2 изд. – Л., 1970.

19. Ермилов, П.И. Пигмент и пигментированные лакокрасочные материалы [Текст] / П.И. Ермилов, Е.А. Индейкин, И.А. Толмачёв. – Л.: Химия, 1987.
20. Старение и стабилизация полимеров [Текст]: сб. / под ред. А.С. Кузьминского. – М., 1966.
21. Крылов, В.К. Способ снижения загрязняемости дорожно-разметочного пластика [Текст] / В.К. Крылов // Труды Союздорнии. – Вып. 203. – М., 2000.
22. Европейский стандарт Е N 1456.
23. Тарасова, Г.И. Световозвращение и противоскольжение горизонтальной разметки [Текст] / Г.И. Тарасова // Проблемы и пути их решения. Труды Союздорнии. – Вып. 206. – М., 2005.
24. ГОСТ Р 51256–2011. Технические средства организации дорожного движения. Разметка дорожная. Классификация. Технические требования. – Введ. 01.09.2012. – М: Стандартинформ. – 2012. – 27 с.
25. Николаев, А.Ф. Синтетические полимеры и пластические массы на их основе [Текст] / А.Ф. Николаев. – Л.:Химия, 1966.
26. Технология пластических масс [Текст] / под ред. В.В. Коршака. – Л.:Химия, 1972.
27. Лосев, И.П. Химия синтетических полимеров[Текст] / И.П. Лосев, Е.Б. Тростянская. – Л.:Химия, 1971.
28. Коршак, В.В. Гетероцепные полиэфиры [Текст] / В.В. Коршак, С.В. Виноградова. – 1958.
29. Коршак, В.В. Химия высокомолекулярных соединений [Текст] / В.В. Коршак. – 1950.
30. Сидоров, В.М. Научно-технический отчёт [Текст] / В.М. Сидоров, В.К. Крылов [и др.]. – ЛНПО «Союз»,1995.
31. Каргин, В.А. Краткие очерки по физико-химии полимеров [Текст] / В.А. Каргин, Г.А. Слонимский. – Л.: Химия, 1962.
32. Пат. США, 2989573. – 1962.
33. Пат. Великобритании, 1408870. – 1977.
34. Щеголева, И.Н. Термоэластопласт СБС-Н80, как компонент дорожной разметки [Текст] / И.Н. Щеголева, И.А. Крыловецкая, Н.Н. Лютенкова // Труды Воронежского филиала НИИСК. – 1992.
35. Думский, Ю.В. Нефтеполимерные смолы [Текст] / Ю.В. Думский. – М.: Химия, 1993.
36. Термопластик HRUS, рекомендации. – 1996.

37. Хацкин, В.Л. Регулирование эксплуатационной долговечности термопластиков [Текст] / В.Л. Хацкин // Труды Союздорнии. – Вып. 206. – М., 2005.
38. Углеводородные смолы Quinton. Рецептуры термопластиков, рекомендации, ф. Zeoncorporation. – 1999.
39. Полимеры Kraton: улучшение характеристик дорожных термопластиков, ф. KratonsPolymers, бюллетени K0404, K0008, K0116, K0040. – 2002.
40. Смола Foralyn 110, ф Eastman, рекламный проспект, описание, свойства, применение, упаковка, хранение. – 2006.
41. Дорожный термопластик. Стартовая рецептура на основе углеводородной и канифольной смол, ф. Eastman, рекламный проспект. – 2005.
42. Инструкция Мосдор № ВН-01–93, п. 1,5.
43. Свежинский, В.Н. Обзор методов оценки износостойкости материалов для горизонтальной дорожной разметки [Текст] / В.Н. Свежинский [и др.] // Дороги России XXI века. – 2006.
44. Преснова, О.В. Методы испытаний покрытий на стойкость к истиранию по ГОСТ 20811 [Текст] / О.В. Преснова, В.А. Ланцетти // Труды Союздорнии. – Вып.3. – М., 2003.
45. Юмашев, В.М. Проблемы качества разметки и методы их решения в Союздорнии [Текст] / В.М. Юмашев, Н.З. Костова // Труды Союздорнии. – Вып. 3. – 2003.
46. Возный, С.И. Долговечные материалы для дорожной разметки. Химия и технология [Текст]: науч. издание / А.А. Артеменко, С.И. Возный, С.М. Евтеева, А.В. Кочетков. – Саратов: Изд-во «РАТА», 2011. – 182 с.
47. Автомобильные дороги. Лабораторный практикум по техническому анализу и контролю производств лакокрасочных материалов и покрытий [Текст]. – М.: Химия. 1989. – С. 160.
48. Правила использования стеклянных микрошариков для улучшения видимости горизонтальной разметки автомобильных дорог [Текст]: сб. тр. / Ж. Азра // Материалы для разметки дорог. Технологии. Технические требования. Контроль, качества / ФГУП «Союздорнии». – Вып. 206. – М., 2005. – С. 91–103.
49. Возный, С.И. Физико-химическое взаимодействие термопластичных разметочных материалов с поверхностью асфальтобетонных дорожных покрытий / С.И. Возный, С.М. Евтеева // Строительные материалы. 2010. – № 10. – С. 62 – 64.
50. Зимон, А.Д. Адгезия жидкости и смачивание [Текст] / А.Д. Зимон. – М.: Химия, 1974. – 416 с.

51. Липатов, Ю.С. Физико-химические основы наполнения полимеров / [Текст] / Ю.С. Липатов. – М.: Химия, 1991. – С. 260.
52. Москвитин, Н.И. Физико-химические основы процессов склеивания и прилипания [Текст] / Н.И. Москвитин. – М.: Лесная промышленность, 1974. – С. 192.
53. Сумм, Б.Д. Физико-химические основы смачивания и растекания [Текст] / Б.Д. Сумм, Ю.В. Горюнов. – М.: Химия, 1976. – 232 с.
54. Костова, Н.З. Разметка автомобильных дорог [Текст] / Н.З. Костова, В. М. Юмашев // Автомоб. дороги: Обзорн. информ. / Информавтодор. – Вып. 5. – М., 2000. – 60 с.
55. «Прометей» – ручная машина для нанесения термопластика: [Перспект] // УПП «Строительная техника и материалы». – Брест. – 1 с.
56. Кац, Г.С. Наполнители для полимерных композиционных материалов [Текст]: справ. пособ. / Г.С. Кац, Д.Е. Милевски. – М.: Химия, 1981. – 736 с.
57. Возный, С.И. Рецептуры термопластичных разметочных материалов [Текст] / С.И. Возный, А.А. Артеменко, С.М. Евтеева // Промышленное производство и использование эластомеров. – 2011. – № 4. – С. 47–50.
58. Возный, С.И. Физико-химические процессы смачивания при нанесении термопластичного разметочного материала на поверхность дорожного покрытия [Текст] / А.А. Артеменко, С.М. Евтеева, С.И. Возный // Дороги и мосты. – 2011. – № 1 (25). – С. 240–249.
59. Возный, С.И. Разработка рецептур и технологий композитных дорожных термопластиков на полимерной основе [Электронный ресурс] / С.И. Возный, А.А. Артеменко, С.М. Евтеева // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 3(2). – Режим доступа: [www.rae.ru/fs/?section=content&op=show\\_article&article\\_id](http://www.rae.ru/fs/?section=content&op=show_article&article_id).
60. Возный, С.И. Совершенствование технологий производства разметочных материалов на полимерной основе [Текст] / С.И. Возный // Разметка автомобильных дорог: инновации, техника, оборудование, материалы: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Саратов: ОАО «Саратовский электроприборостроительный завод им. С. Орджоникидзе», 2007. – С. 16–18.
61. ТУ 5772-003–45022134–97.
62. Некрасов, Б.З. Возвращающие свет. Автомобильные дороги [Текст] / Б.З. Некрасов. – 2006.
63. Корякина, М.И. Испытания лакокрасочных материалов и покрытий [Текст] / М.И. Корякина. – М.: «Химия», 1988.

64. Инструкция по проведению лабораторных испытаний термопластичных материалов для дорожной разметки [Текст] / Н.А. Фидловский, В.И. Бочкарев, О.И. Балашов. – НПФ «Мали-практик», 1996.

65. Шамрин, Н.В. Методика по оценке сопротивления сжатию для термопластиков [Текст] / Н.В. Шамрин. – ЛНПО«Союз», 1994.

67. Тарасова, Г.И. О методах оценки качества стеклошариков для горизонтальной дорожной разметки [Текст] / Г.И. Тарасова, А.В. Косяков // Дороги России XXI века. – 2006.

# ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

**АТТЕСТАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ  
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЛАБОРАТОРИЙ  
ПО ИСПЫТАНИЮ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ  
МАТЕРИАЛОВ И МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ДОРОЖНОЙ  
РАЗМЕТКИ НА ТЕХНИЧЕСКУЮ КОМПЕТЕНТНОСТЬ  
(НА ДОБРОВОЛЬНОЙ ОСНОВЕ)**

Название города, год

## ВВЕДЕНИЕ

Настоящее издание содержит сведения об основных положениях проведения добровольной аттестации на техническую компетентность строительных производственных испытательных лабораторий, занимающихся испытаниями дорожно-строительных материалов для дорожной разметки (далее по тексту – Испытательная лаборатория) в строительстве и стройиндустрии на основе Постановления Правительства РФ №514 от 06.07.2001 г. и требований ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025–2000 и ГОСТ Р ИСО 9001–2001.

Аттестация испытательных лабораторий не распространяется на следующие виды деятельности: геодезия, обеспечение радиационной и химической безопасности, техники безопасности.

Производственные предприятия, изготавливающие строительные материалы, изделия или конструкции, лакокрасочные и пластичные материалы для дорожной разметки, а также выполняющие строительно-монтажные или ремонтно-восстановительные работы, обязаны обеспечить контроль качества изготавливаемой ими продукции, а также технологического процесса производства своими силами или с привлечением специализированных испытательных лабораторий сторонних организаций.

Обеспечение надлежащего контроля качества продукции, производимой предприятием, подтверждается путем добровольной аттестации на техническую компетентность испытательных лабораторий, выполняющих измерения, испытания и контроль качества выпускаемой продукции. Аттестацию проводят в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО/ МЭК 17025–2000, включая оценку состояния измерений по МИ 2427–97.

В случае, если испытательные лаборатории являются самостоятельными, т.е. юридическими лицами, или подразделением непромышленных организаций (предприятий), то они также могут быть аттестованы на техническую компетентность.

При аттестации испытательных лабораторий устанавливают:

- наличие помещений, обеспечивающих необходимые условия для проведения измерений, испытаний и контроля;
- наличие достаточного количества необходимых средств измерений, испытаний и контроля и их работоспособность (прил. 2);
- наличие документов, подтверждающих пригодность к применению средств измерений, испытаний и контроля (свидетельств о поверке, сертификатов калибровки и калибровочных аттестатов) (прил. 3);
- наличие необходимого комплекта нормативно-технической документации (государственных стандартов, строительных норм и правил, методик выполнения испытаний и измерений);

- наличие необходимого комплекта бланков, форм и журналов исполнительной документации;
- состав и квалификацию работающего персонала;
- наличие системы обеспечения качества проведения испытаний продукции, измерений и контроля параметров технологических процессов.

Аттестацию лабораторий могут проводить государственные научные метрологические центры и региональные органы Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии России (Ростехрегулирование) по месту расположения предприятий, головные и базовые метрологические службы строительной отрасли.

Для аттестации лаборатории должны быть представлены следующие документы:

- заявка на аттестацию (прил. 4);
- положение о лаборатории;
- паспорт лаборатории;
- руководство по качеству;
- проект области аттестации (прил. 5).

Аттестацию проводят в два этапа.

**Первый этап** – проверка, заключающаяся в установлении условий, необходимых для выполнения испытаний, измерений и контроля в закрепленной за лабораторией области деятельности. При этом допускается применение положений МИ 2427–97 «Оценка состояния измерений в испытательных и измерительных лабораториях».

По результатам проверки оформляют акт с возможными замечаниями и предложениями по их устранению (прил. 6).

**Второй этап** – аттестация лаборатории, которая проводится при положительной оценке результатов проверки лаборатории и удостоверяет ее техническую компетентность, т.е. способность получать технически обоснованные результаты. При этом оформляют свидетельство об аттестации (прил. 7). В свидетельстве устанавливают срок его действия.

В настоящем методическом материале приведены типовые тексты паспорта, положения и руководства по качеству, а также формы документов и критерии технической компетентности (прил. 8).

По истечении срока действия свидетельства об аттестации или при изменении номенклатуры и вида выпускаемой продукции, а также изменениях в области деятельности, оснащенности, размещении, штате, испытательная лаборатория может быть аттестована вновь.

Аттестующая организация может проводить инспекционные проверки деятельности испытательной лаборатории не чаще одного раза в два года.

Возмещение расходов по проведению инспекционного контроля производится на основе соответствующего договора с предприятием, лаборатория которого была аттестована.

При нарушении лабораторией требований технической компетентности, аттестующей организацией могут быть проведены внеочередные инспекционные проверки и приняты следующие меры: предупреждение, ограничение области деятельности, отзыв (аннулирование) свидетельства об аттестации.

Координацию работ по добровольной аттестации испытательных лабораторий в строительстве (за исключением сертификационных) осуществляет отдел метрологии в строительстве ФГУП «ВНИИФТРИ» Ростехрегулирования РФ.

Отдел метрологии в строительстве оказывает также методическую помощь в подготовке и проведении работ по аттестации, включая метрологическое обеспечение (обслуживание).

## **1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

Испытательная лаборатория является самостоятельным структурным подразделением предприятия и подчиняется ее главному инженеру или начальнику лаборатории (в отдельных случаях она может быть самостоятельным юридическим лицом).

Лаборатория возглавляется руководителем, на должность которого назначают специалиста с высшим или средним специальным образованием в области строительства при наличии стажа работы в строительстве не менее 3 лет. На начальника лаборатории возлагаются функции главного метролога.

Структура и штаты лаборатории определяются руководителем предприятия или организации, исходя из объема и характера выполняемых работ и с учетом того, что эти работы относятся к основным видам работ, а лаборатория – к основным производственным подразделениям.

Лаборатория должна быть оснащена средствами измерений и испытаний – достаточными по метрологическим характеристикам и номенклатуре для выполнения основных требований Государственных стандартов и СНиП к качеству строительной продукции (работ), а также средствами измерений, испытаний и контроля в технологических (строительных) процессах для выполнения требований и регламентов технологических карт, схем операционного контроля и других нормативных документов локального назначения (прил. 2).

В соответствии со ст. 13 и ст. 23 Закона «Об обеспечении единства измерений», средства измерений, применяемые при испытаниях и контроле качества продукции в целях определения ее соответствия обязательным требованиям соответствующих технических регламентов Российской Федерации (требованиям, обеспечивающим безопасность продукции и работ для жизни, здоровья людей и имущества, охраны окружающей среды, совместимость и взаимозаменяемость продукции) подлежат поверке, а остальные – калибровке. Используемое испытательное оборудование должно быть аттестовано в установленном порядке (прил. 3).

Допускаются к применению методики выполнения измерений, испытаний и контроля только стандартизированные или прошедшие метрологическую аттестацию (экспертизу), утвержденные (согласованные) и зарегистрированные в установленном порядке органами Госстандарта России или Госстроя России.

Методы измерений, испытаний и контроля, применяемые для определения показателей в технологических (строительных) процессах, должны, как правило, иметь погрешность меньшую, чем установлена допусками на показатели качества продукции и параметры процессов. Применение не поверенных (некалиброванных) средств измерений не допускается.

Каждая испытательная лаборатория должна иметь комплект нормативно-технической и организационно-распорядительной документации, полностью охватывающей закрепленную за ней область деятельности (всю совокупность выполняемых ею работ).

Испытательная лаборатория должна иметь паспорт, в котором приводятся следующие данные:

- информационные данные о юридическом лице и лаборатории;
- область деятельности лаборатории с перечнем выполняемых ею работ;
- сведения о занимаемых лабораторией помещениях;
- сведения о структуре и штатах испытательной лаборатории и квалификации ее сотрудников;
- о технической оснащенности по видам измерений, испытаний и контроля;
- о номенклатуре и состоянии средств измерений, испытаний со сведениями о поверке, калибровке или аттестации;
- перечень вспомогательного оборудования и приспособлений.

В своей деятельности испытательная лаборатория руководствуется законодательством Российской Федерации, в том числе Законами Российской Федерации:

- ✓ «Об основах технического регулирования в Российской Федерации»;

- ✓ «Об обеспечении единства измерений»;
- ✓ «О защите прав потребителей»;
- ✓ «Об охране окружающей природной среды»;
- ✓ «О стандартизации»;
- ✓ «О сертификации продукции и услуг»;
- ✓ законодательными актами республик в составе Российской Федерации;
- ✓ актами, принятыми администрациями автономных областей, автономных округов, краев, областей и городов, стандартами, СНИП и другими нормативными документами, постановлениями и руководящими документами Госстандарта и Госстроя России.

## **2. ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ**

Основными задачами испытательной лаборатории являются:

- ✓ испытание и контроль качества строительной продукции в целях определения ее соответствия требованиям технических регламентов государственных стандартов, строительных норм и правил;
- ✓ контроль показателей качества продукции и параметров технологических (строительных) процессов в соответствии с регламентами технологических карт и схем операционного контроля качества;
- ✓ обеспечение требуемого уровня точности и достаточности измерений, испытаний и контроля;
- ✓ установление и контроль за поддержанием оптимальных норм расхода материалов и регламентов технологических операций.

## **3. ОБЯЗАННОСТИ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ**

К обязанностям испытательной лаборатории относятся:

- ✓ установление перечня показателей качества продукции (или работ), подлежащих измерению (определению) в соответствии с обязательными требованиями государственных стандартов и СНИП, а также показателей качества продукции и параметров процессов, определяемых при их контроле применительно к закрепленным видам строительной деятельности;
- ✓ установление допусков на показатели качества и процессов и соответствующих им норм точности измерений и испытаний;
- ✓ применение методов и средств измерений, испытаний и контроля по номенклатуре, количеству, диапазону и точности, достаточных для проведения испытаний и контроля качества продукции по всему установленному перечню показателей;

## Продолжение прил. 1

- ✓ проведение испытаний и контроля качества продукции, а также определение показателей технологических процессов (или работ) в требуемом объеме в установленные сроки;
- ✓ проведение закрепленных за лабораторией работ на всех стадиях производства продукции (постановки на производство, входной, операционный и выходной контроль качества);
- ✓ обеспечение своевременного представления на поверку, калибровку и ремонт применяемых средств измерений, а также на аттестацию и ремонт испытательного оборудования;
- ✓ проведение и корректировка градуировки средств измерений, применяемых при неразрушающем контроле, или ускоренных испытаниях продукции;
- ✓ определение и корректировка составов производимых предприятием материалов и веществ и выдача данных на их применение;
- ✓ проведение контроля за соблюдением правил транспортирования, разгрузки и хранения материалов, конструкций и изделий;
- ✓ содержание парка средств измерений, испытаний и контроля в условиях и состоянии, соответствующих требованиям технической документации на них;
- ✓ применение при серийном и регулярном массовом производстве продукции методов статистического контроля в соответствии с действующими стандартами;
- ✓ изучение потребности в средствах измерений, испытаний и контроля, подготовка предложений по их разработке и приобретению, формирование заявок на приобретение средств измерений;
- ✓ внедрение в практику современных методов и средств измерений, направленных на повышение эффективности производства, технического уровня и качества продукции, а также ресурсосбережение;
- ✓ участие в установлении оптимальных режимов технологических процессов (операций);
- ✓ участие в установлении оптимальных норм расхода материалов и энергоресурсов (для заводских условий) на основе учета оптимальных составов материалов, оптимальных режимов, допусков на показатели качества и параметров процессов, а также погрешности их измерений и контроля;
- ✓ участие в разработке технологических карт и схем операционного контроля, инструктаж производственного линейного персонала по работам на технологических переделах, связанных с соблюдением регламентов на процессы и допусков на свойства продукции;
- ✓ участие в подготовке производства к сертификации систем качества и продукции;

- ✓ участие в проведение анализа претензий к качеству продукции с точки зрения недостатков в области контроля качества;
- ✓ организация подготовки, переподготовки, повышения квалификации и аттестации кадров в области испытаний и контроля качества строительной продукции и ее метрологического обеспечения;
- ✓ соблюдать требования безопасности и охраны окружающей среды.

Лаборатория должна постоянно пополнять и обновлять всю необходимую для работы нормативно-техническую документацию, а также регулярно вести необходимую лабораторную документацию:

- журнал отбора проб и образцов;
- журнал изготовления образцов;
- журнал испытаний и контроля;
- карты натуральных испытаний;
- протоколы натуральных испытаний;
- журналы составов материалов;
- журналы режимов технологических процессов;
- журналы замечаний и предписаний проверяющих организаций;
- журналы претензий и рекламаций;
- журнал поверки (калибровки) СИ и аттестаций оборудования.

#### **4. ПРАВА ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ**

Испытательная лаборатория имеет право:

- ✓ получать от производственного персонала всю информацию, необходимую для осуществления контроля и испытаний;
- ✓ требовать от производственного персонала обеспечения необходимых условий для проведения испытаний и контроля;
- ✓ привлекать в установленном порядке для оказания помощи, консультаций и составления заключений работников других организаций;
- ✓ вносить предложения руководству предприятия о заключении договоров на проведение работ по разработке и внедрению новых методов и средств измерений, испытаний и контроля;
- ✓ требовать доступа в плановом и внеплановом порядке к местам сырья, материалов, конструкций, изделий и готовой продукции;
- ✓ требовать от производственного персонала выполнения предписаний по устранению замеченных отклонений от требований регламентов выполнения работ и технологических режимов (эти предписания вносятся в журнал работ и их исполнение контролируется лабораторией).

При отсутствии необходимого оборудования, методов и средств измерений и достаточной информации для осуществления специальных испытаний, лаборатория вносит руководству предприятия предложения о привлечении для указанных целей специализированных организаций.

## Продолжение прил. 1

По результатам контроля и испытаний строительная лаборатория может составить акт и вносить руководству предложения о приостановке производства продукции или строительных работ, выполняемых с нарушением требований стандартов, СНиП и других нормативных документов к качеству продукции и ресурсосбережению.

Руководитель строительной лаборатории имеет право представлять руководству предприятия (организации) на поощрение или взыскание соответствующим образом проявивших себя работников лаборатории.

### **ОТВЕТСТВЕННОСТЬ**

Лаборатория несет ответственность за:

- достоверность результатов и полноту проводимых измерений, испытаний и контроля;
- соблюдение стандартов, строительных норм и методик выполнения испытаний и измерений;
- сохранение требующегося парка средств испытаний и контроля в работоспособном состоянии;
- соблюдение норм техники безопасности работ в лаборатории, цеху, строительной площадке;
- охрану окружающей лабораторию среды.

Продолжение прил. 1

«УТВЕРЖДАЮ»  
Руководитель предприятия

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

## ТИПОВОЙ ПАСПОРТ

строительной производственной испытательной  
лаборатории

---

(организация, предприятие)

Руководитель испытательной лаборатории

---

подпись

---

Ф.И.О.

**Название города, год**

Адрес предприятия \_\_\_\_\_

Телефон \_\_\_\_\_

Руководитель предприятия \_\_\_\_\_

Руководитель испытательной лаборатории \_\_\_\_\_

Название лаборатории \_\_\_\_\_

### 1. ЗАКРЕПЛЕННАЯ ЗА ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИЕЙ ОБЛАСТЬ АТТЕСТАЦИИ

1.1. Испытательная лаборатория проводит работы в следующих направлениях:

1.1.1. Испытания строительных материалов и конструкций

1.1.2. Контроль качества строительно-монтажных работ

1.1.3. Обследование технического состояния строительных конструкций

1.2. Виды испытаний, измерений и контроля

1.2.1. Контроль геометрических параметров строительных изделий, конструкций и сооружений

1.2.2. Контроль точности монтажа, исполнительная съемка.

1.2.3. Контроль уклонов, толщин, ровности покрытий и размеров дефектов

1.2.4. Контроль раскрытия трещин, прогибов, прочности, жесткости и трещиностойкости

1.2.5. Контроль толщины и пассивирующих свойств защитного слоя бетона, расположения стальной арматуры и закладных деталей в железобетонных конструкциях

1.2.6. Контроль прочности сцепления покрытий.

1.2.7. Определение показателей прочности и деформативности стальной арматуры

1.2.8. Механические испытания металла и сварных соединений

1.2.9. Контроль качества сварных соединений, ультразвуковая дефектоскопия

1.2.10. Механические испытания бетона и камня в контрольных и натуральных образцах

1.2.11. Натурные испытания бетона в конструкциях без разрушения и с локальным разрушением

1.2.12. Механические испытания древесины и композиционных материалов

## Продолжение прил. 1

1.2.13. Контроль коррозионной активности арматуры, коррозионной стойкости бетона и оценка коррозионных повреждений

1.2.14. Контроль влажности и водопоглощения строительных материалов

1.2.15. Контроль внешнего вида, защитных свойств, толщины, адгезии лакокрасочных и металлизационных покрытий

1.3. Определение и корректировка составов бетонов, растворов, мастик, и других компаундов и назначение оптимальных режимов их производства

1.4. Корректировка градуировочных характеристик средств измерений, применяемых для ускоренного и неразрушающего контроля в соответствии с требованиями стандартов и методик выполнения измерений и испытаний.

1.5. Разработка схем и регламента операционного контроля, установление контролируемых показателей и параметров, назначение контрольных нормативов, обеспечивающих заданные риски потребителя и производителя строительной продукции.

1.6. Выполнение статистического контроля качества строительной продукции серийного и массового производства.

1.7. Разработка и изготовление нестандартных приспособлений и оснастки для обеспечения необходимых условий и режимов испытаний в соответствии с требованиями стандартов и методик выполнения измерений и испытаний.

1.8. Проверка и поддержание в работоспособном состоянии средств измерений и испытаний.

1.9. Оказание технической помощи и услуг (консалтинговых и инженеринговых).

## 2. ПОМЕЩЕНИЯ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ

№ п/п	Назначение	Площадь, м <sup>2</sup>	Параметры микроклимата, энергообеспеченность
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			

## 3. СТРУКТУРА И ШТАТЫ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ

3.1. Структура лаборатории (участки, посты, подчиненность и т.д.)

3.2. Штаты

№ п/п	Ф.И.О.	Должность	Образование, год окончания	Опыт работы, сведения о повышении квалификации
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				

4. НОМЕНКЛАТУРА ПРОДУКЦИИ И РАБОТ, КОНТРОЛИРУЕМЫХ  
ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИЕЙ

№ п/п	Наименование продукции и работ	Обозначение НД на продукцию и работы
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		

5. НОМЕНКЛАТУРА ИЗМЕРЯЕМЫХ И КОНТРОЛИРУЕМЫХ  
ПАРАМЕТРОВ

№ п/п	Измеряемый или контролируемый параметр	Наименование НТД	Наличие средств испытаний и измерений
1	2	3	4
1.	Прочность бетона в образцах.*		
2.	Прочность раствора в образцах.		
3.	Прочность стенового, в том числе керамического камня		
4.	Прочность керамической плитки		
5.	Жёсткость и трещиностойкость бетонных и железобетонных изделий и конструкций		
6.	Прочность и деформативность арматуры		
7.	Прочность и сплошность сварных соединений		
8.	Прочность бетона в конструкции		
9.	Прочность раствора в конструкции		
10.	Строительно-технические показатели цемента		
11.	Строительно-технические показатели крупного и мелкого заполнителя бетона		
12.	Строительно-технические показатели грунта, песка и щебня.		
13.	Строительно-технические показатели бетонной и растворной смеси.		
14.	Несущие способности свай.		
15.	Усилие натяжения преднапряженной арматуры		
16.	Расположение арматуры в ж/б изделиях и конструкциях		
17.	Прочность сцепления плитки, штукатурки и гидроизоляции с основой.		
18.	Прочность монтажных петель и анкеров.		
19.	Прочность асфальта в образцах		

Продолжение прил. 1

20.	Морозостойкость бетона, раствора, кирпича		
21.	Водонепроницаемость бетона		
22.	Водопоглощение кирпича.		
23.	Водоразмягчение стенового камня		
24.	Водопоглощение и плотность асфальта		
25.	Реологические показатели битума. Показатель адгезии битума.		
26.	Плотность и влажность грунта		
28.	Влажность штукатурной облицовки		
29.	Влажность древесины.		
30.	Толщина и сплошность защитных слоев покрытий		
31.	Геометрические разрезы		
32.	Точность монтажа		
33.	Раскрытие трещин, прогибы		
34.	Размеры дефектов		
35.	Точность размещения закладных элементов и разметки		
36.	Уклоны, толщина и ровность поверхностей покрытий		
37.	Исполнительная съёмка		

6. НОМЕНКЛАТУРА И СОСТОЯНИЕ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

№ п/п	Средство измерений	Дата изготовления	Основные характеристики	Состояние
				поверено (откалибровано)
1.				№ свидетельства (сертификата) и дата поверки (калибровки)
2.				
3.				
4.				
5.				

7. НОМЕНКЛАТУРА И СОСТОЯНИЕ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ.

№ п/п	Наименование оборудования, назначения	Дата изготовления	Состояние
			аттестовано
1.			№ аттестата и дата аттестации
2.			
3.			
4.			
5.			

Продолжение прил. 1

«УТВЕРЖДАЮ»  
Руководитель предприятия

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**РУКОВОДСТВО ПО КАЧЕСТВУ**

выполнения испытаний, измерений и контроля  
испытательной лаборатории

---

(организация, предприятие)

Руководитель испытательной лаборатории

---

подпись

---

Ф.И.О.

**Название города, год**

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общая часть
  2. Политика в области качества
  3. Область деятельности
  4. Средства измерений и испытаний
  5. Документация
  6. Персонал
  7. Помещения и окружающая среда
  8. Порядок приема и регистрации образцов продукции объектов испытаний
  9. Порядок подготовки и проведения испытаний, обследований и контроля
  10. Оформление результатов контроля, испытаний, измерений и обследований
  11. Контроль за качеством выполнения работ
- Форма А. Журнал учета средств измерений, испытаний, контроля
- Форма Б. Журнал регистрации продукции, принимаемой на испытания
- Форма В. Журнал регистрации обследуемых объектов с выездом специалистов
- Форма Г. Журнал учета протоколов измерений, испытаний и обследований
- Форма Д. Журнал учета прохождения заказов на измерения, испытания и обследования
- Форма Е. Журнал претензий и замечаний
- Форма Ж. Протокол аттестации персонала испытательной лаборатории

## 1. ОБЩАЯ ЧАСТЬ

1.1. Руководство по качеству организации и выполнения испытаний, измерений и контроля устанавливает требования к организации и выполнению испытаний строительных материалов и конструкций, контроля качества строительно-монтажных работ и обследования технического состояния зданий и сооружений, производимых испытательной лабораторией (организация, предприятие) в пределах ее компетенции.

1.2. Руководство соответствует требованиям ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025–2000 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий».

## 2. ПОЛИТИКА В ОБЛАСТИ КАЧЕСТВА

2.1. Главной целью политики в области качества испытаний является обеспечение необходимой точности, быстродействия и достаточности испытаний, измерений и контроля строительных материалов, конструкций и работ, что достигается их выполнением в полном соответствии с действующими НТД на методы испытаний, измерений и контроля и за счет рационального использования экономических и организационных ресурсов.

2.2. Полная ответственность за развитие и реализацию политики в области управления качеством испытаний в лаборатории возлагается на ее руководителя. Руководитель испытательной лаборатории несет личную ответственность за качество и результаты испытаний.

2.3. В основу системы качества заложен принцип индивидуальной ответственности каждого работника лаборатории за качество выполнения своих должностных обязанностей.

2.4. Руководитель лаборатории периодически контролирует качество и результаты испытаний своим личным участием в испытаниях, измерениях и контроле.

2.5. Требуемое качество выполнения испытаний, измерений и контроля обеспечивается:

а) средствами испытаний, измерений и контроля и их надлежащим техническим состоянием и оснащением лаборатории;

б) надлежащим уровнем нормативного и методического обеспечения испытаний, измерений и контроля и оптимальной организацией работ;

в) поддержанием необходимых условий испытаний, измерений и контроля;

г) компетентностью специалистов, осуществляющих испытания, измерения и контроль.

2.6. Справочные данные о лаборатории приведены в Паспорте.

### 3. ОБЛАСТЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

3.1. Область деятельности испытательной лаборатории, в соответствии с ее задачами и функциями, определяется приложением к свидетельству об аттестации испытательной лаборатории на техническую компетентность и независимость и включающим:

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_

### 4. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ИСПЫТАНИЙ

4.1. Лаборатория располагает всеми средствами измерений и испытательным оборудованием, необходимыми для проведения испытаний, измерений и контроля, предусмотренных областью аттестации.

Сведения о средствах измерений и испытаний представлены в Паспорте.

4.2. Все средства испытаний, измерений и контроля содержатся в условиях, обеспечивающих сохранность и гарантирующих поддержание их технических и метрологических характеристик в течение всего периода эксплуатации. Своевременно должны проводиться калибровка (поверка) средств измерений и аттестация средств испытаний с соблюдением межповерочных интервалов.

4.3. Каждая единица средств измерений и испытаний имеет, соответственно, свидетельство о поверке (сертификат о калибровке) или свидетельство об аттестации

4.4. Руководитель лаборатории назначает ответственного за состояние средств измерений и испытаний, в обязанности которого входит:

- составление и контроль выполнения графиков поверки и аттестации профилактического осмотра, технического обслуживания и ремонта приборов и оборудования;
- ведение журнала учета средств испытаний и измерений;
- хранение и выдача персоналу инструкции по эксплуатации и техническому обслуживанию приборов и оборудования;
- организация калибровки средств измерений и аттестации средств испытаний;
- контроль за правильностью эксплуатации средств испытаний и измерений.

4.5. Работы по метрологическому обслуживанию и ремонту средств измерений и испытаний осуществляет наименование организации, выполняющей эти работы

## 5. ДОКУМЕНТАЦИЯ

5.1. Испытательная лаборатория имеет актуализированную документацию, включающую:

- а) действующее свидетельство об аттестации с заявленной областью деятельности;
- б) НТД, содержащие технические требования к испытываемой строительной продукции и контролируемым операциям;
- в) НТД на методы и средства испытаний;
- г) эксплуатационную документацию на средства испытаний и измерений;
- д) документы, определяющие порядок учета и хранения информации о результатах испытаний, измерений, контроля и обследований (рабочие журналы, протоколы, заключения и т.д.);
- е) документы, содержащие информацию о выполненных испытаниях, измерениях, контроле и обследованиях;
- ж) договоры на проведение испытаний, измерений и контроль по заявкам сторонних организаций;
- з) договоры с другими аттестованными организациями или трудовые соглашения на привлечение специалистов при необходимости проведения техобслуживания, ремонта, калибровки и аттестации средств испытаний и измерений, а также при необходимости расширения сферы деятельности за область аттестации в части испытания, измерения и контроля.

5.2. За изменением действующих стандартов и другой НД следит и вносит необходимые коррективы в контрольные и учетные экземпляры руководитель лаборатории или инженер, ответственный за НД.

5.3. Ответственным за актуализацию, распространение и контроль документов по вопросам качества является руководитель испытательной лаборатории.

## 6. ПЕРСОНАЛ

6.1. Инженерно-технический персонал лаборатории имеет специальное образование и квалификацию, обладает знаниями и навыками, необходимыми для проведения испытаний, измерений и контроля в предоставленной области аттестации, и постоянно повышают уровень квалификации на специальных курсах, семинарах и т.п.

6.2. Инженерно-технический персонал лаборатории ежегодно проходит внутреннюю аттестацию комиссией, назначенной

Форма протокола аттестации персонала испытательной лаборатории приведена в Приложении Ж.

6.3. На каждую должность инженерно-технического персонала имеются утвержденные должностные инструкции содержащие: функции, обязанности, права, ответственность и требования к образованию, знаниям и опыту работы.

6.4. В случае намеренного изменения результатов испытаний ответственный сотрудник подвергается наказанию в соответствии с принятыми внутренними правилами (административные, экономические или юридические меры).

6.5. В лаборатории регулярно проводятся плановые семинары для повышения квалификации персонала с возможным привлечением специалистов по отдельным вопросам испытаний, измерений и контроля. В особых случаях – при внедрении новых методов испытаний, изменений стандартов, освоении новых приборов и оборудования, в лаборатории проводятся внеплановые занятия.

6.6. Количественный состав испытательной лаборатории определяется производственной необходимостью

Сведения о кадровом составе лаборатории приведены в Паспорте.

## 7. ПОМЕЩЕНИЯ И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА

7.1. Помещения лаборатории по производственной площади, состоянию и условиям (температуре, влажности, чистоте воздуха, освещенности, снабжению энергией и водой) соответствуют требованиям по эксплуатации средств испытаний и измерений, санитарным нормам и правилам, а также требованиям безопасности труда и охраны окружающей среды.

Сведения о состоянии производственных помещений приведены в Паспорте.

## 8. ПОРЯДОК ПРИЕМА И РЕГИСТРАЦИИ ОБРАЗЦОВ ПРОДУКЦИИ И ОБЪЕКТОВ ИСПЫТАНИЙ

8.1. Образцы продукции принимаются на испытания от других организаций или с выездом специалистов на место в сроки, указанные в договоре или соглашении на контроль, испытания и обследования по согласованным расценкам.

Образцы продукции от других подразделений принимаются и контроль качества выполняется в сроки, установленные графиком,

8.2. Регистрация принятых на испытания образцов продукции производится в специальном журнале по форме Приложения Б. Для приемки и регистрации образцов продукции назначается ответственное лицо из персонала испытательной лаборатории.

Заказчику выдается расписка о приемке образцов продукции на испытания.

При выезде специалистов к заказчику, сведения об испытываемой продукции заносятся в журнал по форме Приложения В. При выезде специалистов также ведется учет выданных средств испытаний и измерений в журнале по Приложению А, условий испытаний и выданных бланком протоколов по форме Приложения Г

8.3. Сохранность принятых на испытания образцов обеспечивает испытательная лаборатория.

Учет прохождения заказов на контроль, испытания и обследования и выданных протоколов ведет начальник лаборатории по форме Приложений Г и Д.

Руководитель лаборатории также хранит в течении не менее 3-х лет все договорные и отчетные документы, протоколы и заключения.

## 9. ПОРЯДОК ПОДГОТОВКИ И ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ, ОБСЛЕДОВАНИЯ И КОНТРОЛЯ

9.1. При поступлении заявки на проведение испытаний, контроля или обследования, руководитель лаборатории назначает ответственного исполнителя за проведение этих работ.

9.2. Ответственный исполнитель составляет программу (схему) проведения испытаний, контроля или обследования (в случае необходимости), в которой указывается последовательность проведения работ и утверждает (согласовывает) у руководителя испытательной лаборатории.

9.3. В зависимости от видов испытаний, контроля и обследований продукции (объектов), методы испытаний определяются государственными и отраслевыми стандартами, СНИП, утвержденными в установленном порядке рекомендациями на методики выполнения измерений (испытаний), техническими условиями на конкретные виды (типы) продукции и проектами на объекты.

9.4. Значения параметров, измеряемых при испытаниях и обследованиях, регистрируют в журналах наблюдений.

## 10. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЯ, ИСПЫТАНИЙ, ИЗМЕРЕНИЙ И ОБСЛЕДОВАНИЙ

10.1. Результаты контроля испытаний, измерений и обследований заносят в протокол установленной формы, если они выполняются для сторонних организаций и в журнал установленной формы, если они выполняются для организации, подразделением которой является испытательная лаборатория

10.2. Протокол и журнал контроля и испытаний являются основой для внесения установленных показателей качества продукции в ее паспорт или дефектную ведомость.

По результатам обследований, отраженным в протоколе, составляется заключение установленной формы.

Продолжение прил. 1

11. КОНТРОЛЬ ЗА КАЧЕСТВОМ ВЫПОЛНЯЕМЫХ РАБОТ

11.1. Руководитель испытательной лаборатории не реже одного раза в месяц осуществляет контроль за качеством контроля, испытаний и обследований путем выборочного повторного их выполнения, о чем делается отметка в разделе «особые отметки» журнала учета протоколов контроля, испытаний и обследований.

11.2. В спорных и конфликтных случаях повторные испытания и обследования выполняются в присутствии заказчика или с привлечением независимой испытательной лаборатории.

11.3. Руководитель испытательной лаборатории ведет журнал претензий заказчиков и замечаний инспекторских проверок.

Форма А

Журнал учета средств измерений, испытаний, контроля

№ п/п	Наименование и тип средств	Основные метрологические характеристики	Дата ввода в эксплуатацию	Сроки ремонта, технического обслуживания	Кому, когда выдано; от кого, когда принято, состояние.
1	2	3	4	5	6

Форма Б

Журнал регистрации продукции, принимаемой на испытания

№ п/п	Организация-заказчик, от кого принято, дата приёмки	Наименование продукции	Поставщик, изготовитель, номер партии.	Кому передано на испытания, дата передачи.	Результат испытаний, №№ протоколов, дата	Кому выдан результат, дата выдачи
1	2	3	4	5	6	7

Форма В

Журнал регистрации обследуемых объектов с выездом специалистов

№ п/п	Организация-заказчик, адрес, телефон	Состав бригады специалистов, дата выезда	Наименование объекта, № карты, привязка к осям.	Производитель работ, сроки производства работ	Результат обследований, №№ протоколов, дата	Условия испытаний
1	2	3	4	5	6	7

Продолжение прил. 1

Форма Г

Журнал учета протоколов измерений, испытаний и обследований

№ п/п	Организация-заказчик, адрес, телефон	Специалисты, проводившие работы	Сроки выполнения работ	№№ протоколов, дата	Результат работ	Особые отметки
1	2	3	4	5	6	7

Форма Д

Журнал учета прохождения заказов на измерения, испытания и обследования

№ п/п	Организация-заказчик, адрес, телефон, Ф.И.О. ответственного лица	№№ и даты договоров и гарантийный писем	№№ и даты выдачи актов сдачи-приёмки	Стоимость работ, руб.	Сведения о завершении работ и поступления оформленных актов	Сведения об оплате работ
1	2	3	4	5	6	7

Форма Е

Журнал претензий и замечаний

№ п/п	Организация, предъявившая претензию, адрес, телефон	Содержание претензий	Меры по ликвидации недостатков работы, лицо ответственное за их выполнение	Результаты принятых мер
1	2	3	4	5

Окончание прил. 1

Форма Ж  
«УТВЕРЖДАЮ»  
Руководитель предприятия  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

ПРОТОКОЛ  
аттестации персонала испытательной лаборатории

№ п/п	Ф.И.О. специалиста	Специализация	Оценка знаний в областях:		Заключение комиссии, дата
			Основы из- мерений и теории по- грешностей	Выполнение конкретных видов изме- рений, ис- пытаний и обследова- ний	
1	2	3	4	5	6

Председатель комиссии \_\_\_\_\_ (Ф.И.О.)

Члены комиссии: \_\_\_\_\_ (Ф.И.О.)

\_\_\_\_\_ (Ф.И.О.)

\_\_\_\_\_ (Ф.И.О.)

## Приложение 2

### ПЕРЕЧЕНЬ ОБЯЗАТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ, ИСПЫТАНИЙ И КОНТРОЛЯ ДЛЯ ОСНАЩЕНИЯ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

№ п/п	Контролируемый показатель	Средство контроля	НТД
1	2	3	4

#### Заводы ЖБИ, КСМ, БСУ, ДОК

#### 1. ПРОДУКЦИЯ БСУ (товарный бетон и раствор)

1.1	Класс бетона (раствора) по прочности на сжатие	Набор форм-кубов с ребрами 7, 10, 15 см. Вибростол г/п не менее 50 кг с амплитудой вибрации 0,5 мм при частоте 50 1/с. Термовлажная камера на (20–80) °С. Прессы сжатия на 500, 1000 и 1250 кН с ц.д. не более 1 кН. Мерительный инструмент.	ГОСТ 22685 ГОСТ 5802 ГОСТ 10180 ГОСТ 22783 ГОСТ 8905
1.2	Класс бетона по прочности на растяжение	Приспособление для изгиба или раскалывания. Пресс сжатия на 50 кН с ц.д. 0,1 кН.	ГОСТ 10180 ГОСТ 8905
1.3	Марка бетона по морозостойкости	Морозильная камера на минус (18–20) °С. Камера оттаивания. Прессы по п. 1.1.	ГОСТ 10060.1–4
1.4	Класс бетона по водонепроницаемости	Фильтрационная установка на 3–6 ячеек.	ГОСТ 12730.5
1.5	Ускоренное определение морозостойкости	Морозильная камера или бытовой холодильник. Сушильный шкаф (100–110) °С. Весы на 2–3 кг с ц.д. не более 1 г. Контракциометр КД-07	ГОСТ 10060.4
1.6	Ускоренное определение водонепроницаемости	Измеритель поверхностной воздухопроницаемости типа «Агама-3М»	ГОСТ 12730.5
1.7	Ускоренное определение активности цемента	Контракциометр КД-07	ГОСТ 24004 МИ 2487

#### 2. ПРОДУКЦИЯ КСМ (кирпич, стеновой камень, плитка)

2.1	Марка камня по прочности на сжатие	Прессы сжатия на 500, 1000 или 1250 кН с ц.д. не более 0,1 кН.	ГОСТ 8462 ГОСТ 27180 ГОСТ 8905
2.2	Марка камня по прочности на растяжение при изгибе	Приспособление для изгтба. Пресс сжатия на 50 кН с ц.д. не более 0,1 кН	ГОСТ 8462

Продолжение прил. 2

2.3	Марка камня по морозостойкости	Морозильная камера на минус (15–18) °С. Камера оттаивания. Прессы по п.2.1.	ГОСТ 7025
2.4	Водопоглощение, плотность	Весы на 3–5 кг с ц.д. не более 1 г. Сушильный шкаф на плюс (100–110) °С	ГОСТ 24104
2.5	Водостойкость	Камера водонасыщения. Прессы по п.2.1	ГОСТ 8462
2.6	Геометрические параметры	Мерительный инструмент	ГОСТ 26423.1

3. ПРОДУКЦИЯ ДОК

3.1	Геометрические параметры	Измерительный инструмент	ГОСТ 26433.1
3.2	Влажность	Влагомер резистивный или делькометрический	ГОСТ 21718
3.3	Огнестойкость пропитанной древесины	Огневая труба или накальная петля	ГОСТ 27483

4. ПРОДУКЦИЯ КАРЬЕРОВ И ЗАВОДОВ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ  
(щебень, гравий, песок, минеральные добавки)

4.1	Гранулометрический состав	Набор сит КСИ или КП-109 с вибростолом	ГОСТ 8735 ГОСТ 8269
4.2	Марка по прочности	Пресс на 50 кН с ц.д. 0,1 кН или пресс на 500 кН с ц.д. с приспособлением для испытаний на дробимость	ГОСТ 8269
4.3	Содержание илистых, глинистых и пылевидных частиц	Весы на 2–3 кг с ц.д. не более 1 г. Сосуд для отмучивания или прибор КЗМ-4	ГОСТ 8735 ГОСТ 8269 ГОСТ 24104
4.4	Марка по морозостойкости	Морозильная камера на минус (18–20) °С Камера оттаивания. Весы на 3–5 кг с ц.д. не более 1 г	ГОСТ 8269

5. ПРОДУКЦИЯ ЗАВОДОВ ЖБИ, ЖБК (блоки, панели, балки)

5.1	Геометрические параметры	Мерительный инструмент	ГОСТ 13015.1 ГОСТ 26433.1
5.2	Жесткость, трещиностойкость, предел несущей способности	Испытательный стенд. Домкраты измерительные на 50 кН с ц.д. 0,1 кН. Прогибомер с ц.д. не более 0,01 мм. Лупа измерительная с ц.д. не более 0,05 мм	ГОСТ 8829 ГОСТ 13838
5.3	Класс бетона по прочности	Набор по п. 1.1	ГОСТ 10180

Продолжение прил. 2

5.4	Марка бетона по морозостойкости	Наборы по п. 1.3, 1.5	ГОСТ 10060.1–4 МИ 2489
5.5	Класс бетона по водонепроницаемости	Установка по п. 1.4. Весы по п. 1.6 Сушильный шкаф по п. 1.6	ГОСТ 12730.5
5.6	Расположение арматуры	Индикатор положения арматуры	ГОСТ 22904
5.7	Класс арматуры	Разрывная машина на 500 кН с ц. д. не более 1 кН	ГОСТ 12004
5.8	Прочность монтажных петель	Измерительный домкрат на 50 кН с ц. д. не более 1 кН	ГОСТ 10922

## СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫЕ РАБОТЫ

### 6. МОНОЛИТНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

6.1	Класс бетона по прочности	Набор по п. 1.1	ГОСТ 10180
6.2	Фактическая прочность бетона в конструкции	Пресс на 30–50 кН с анкерными элементами. Механические или ультразвуковые средства неразрушающего контроля.	МС 300.6
6.3	Геометрические параметры, точность монтажа	Мерительный инструмент, шаблоны, отвесы, угольники.	ГОСТ 26433.1
6.4	Положение арматуры	Индикатор положения арматуры	ГОСТ 22904
6.5	Температура твердеющего бетона	Термометр электрический до 100 °С	СНиП 3.03.01

### 7. СБОРНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

7.1	Геометрические параметры	Мерительный инструмент	ГОСТ 26443.1
7.2	Количество сварных стыков	Набор шаблонов. Ультразвуковой дефектоскоп типа УЗД или Арматура-1.	ГОСТ 10922 ГОСТ 23858
7.3	Марка раствора (бетона) омоноличивания	Набор по п.1.1.	ГОСТ 5802
7.4	Фактическая прочность раствора (бетона) в стыках	Пресс на 30–50 кН с ц. д. не более 0,1 кН	ГОСТ 22690
7.5	Тепловая герметичность стыков	Измеритель теплового потока. Измеритель разности температур. Объект-нагреватель.	ГОСТ 26254

## 8. КАМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ

8.1	Геометрические параметры	Мерительный инструмент	ГОСТ 26433.1
8.2	Марка раствора по прочности	Набор по п. 1.1	ГОСТ 5802
8.3	Фактическая прочность раствора	Набор по п.7.4	ГОСТ 24992
8.4	Прочность сцепления камня с раствором	Измерительный домкрат на 30 кН с ц. д. не более 0,3 Н со специальным захватом	ГОСТ 24992

## 9. ГРУНТОВЫЕ ОСНОВАНИЯ

9.1	Степень уплотнения грунта	Грунтовой набор (пробоотборник, ударный пенетrometer) Устройство стандартного уплотнения ДорНИИ Весы на 2–3 кг с ц. д. не более 0,2 г	ГОСТ 5180 ГОСТ 22733 ГОСТ 5180
9.2	Влажность отсыпаемого грунта	Сушильный шкаф на (100–110) °С. Весы на 1 кг с ц. д. не более 0,1 г	ГОСТ 5180
9.3	Геометрические параметры	Мерительный инструмент. Нивелир НЮ	ГОСТ 26433.1 ГОСТ 10528

## 10. ОТДЕЛОЧНЫЕ РАБОТЫ

10.1	Геометрические параметры	Мерительный инструмент.	ГОСТ 26433.1
10.2	Прочность раствора (бетона)	Набор по п. 7.4	ГОСТ 24992
10.3	Прочность сцепления плитки	Устройство нагружения на 30 кН с ц. д. не более 0,1 кН со штампом 0 80 мм	ГОСТ 27180
10.4	Влажность основания	Влагомер электрический или набор по п.9.2	ГОСТ 21718

## 11. ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ РАБОТЫ

11.1	Марка битума	Термостат на (20–80) °С. Пенетrometer. Прибор «Кольцо-шар»	ГОСТ 11501 ГОСТ 2440 ГОСТ 11506
11.2	Сплошность гидроизоляции	Измеритель сопротивления изоляции	ГОСТ 9015
11.3	Адгезия гидроизоляции	Набор по п. 10.3	ГОСТ 2678
11.4	Марка бетона или раствора по водонепроницаемости	Установка по п. 1.4. Весы по п. 1.6	ГОСТ 12730.5

## 12. ПРОДУКЦИЯ АБЗ

12.1	Марка асфальтобетона	Пресс сжатия на 350–500 кН с диапазоном до 50 кН и ц.д. не более 0,1 кН. Формы-цилиндры Ø 101; 71,4 и 50,4 мм. Вибростол лабораторный г/п не менее 50 кг с амплитудой вибрации 0,4 мм при частоте 50 1/с с комплектом пригрузов. Термостат на температуру до +170 °С с точностью поддержания ±2 °С	ГОСТ 12801
12.2	Относительная плотность	Весы 4-го класса с приспособлением для гидростатического взвешивания	ГОСТ 24104
12.3	Водопоглощение	Вакуум-камера. Весы по п. 12.2	ГОСТ 12801

## 13. АСФАЛЬТОУКЛАДОЧНЫЕ РАБОТЫ

13.1	Температура асфальта	Термометр погружной до +170 °С с ц.д. 1 °С	ГОСТ 12801
13.2	Плотность (степень уплотнения)	Керноотборочная машина. Пресс по п. 12.1 Термостат по п. 12.1. Весы по п.12.2	ГОСТ 12801
13.3	Геометрические параметры	Контрольная 3-метровая рейка	ГОСТ 30412

## 14. МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ

14.1	Прочность металла на растяжение	Разрывная машина на 50–100 кН с ц.д. не более 1 кН и 0,02 мм	ГОСТ 12004
14.2	Качество сварных стыков	Дефектоскопы ультразвуковые типа УЗД или Арматура-1	ГОСТ 23885 ГОСТ 10922
14.3	Геометрические параметры	Мерительный инструмент, шаблоны	ГОСТ 10922

**Виды и периодичность работ, удостоверяющих соответствие метрологических и технических характеристик средств измерений и испытательных строительных производственных испытательных лабораторий**

Вид оборудования		Вид удостоверяющих работ	Периодичность
1.	Испытательные прессы	Калибровка, поверка	Ежегодно
2.	Разрывные машины	Калибровка, поверка	Ежегодно
3.	Специальные испытательные прессы и машины строительного назначения	Калибровка, поверка	Ежегодно
4.	Средства неразрушаемого контроля прочности и напряжения	Калибровка	Ежегодно
5.	Средства ускоренного контроля прочности, морозостойкости, водонепроницаемости, влажности	Калибровка	Ежегодно
6.	Весы, весоизмерительные устройства	Калибровка, поверка	Ежегодно
7.	Средства измерения температуры, давления вакуума, содержащие их приборы и установки	Калибровка	Ежегодно
8.	Приборы и установки специального строительного назначения пенетрометры, вискозиметры, контрактометры, dilatометры и пр.	Калибровка	Раз в два года
9.	Камеры и установки для создания вакуума и компрессии.	Аттестация	Раз в два года
10.	Термокамеры и установки: морозильники, термостаты, сушильные шкафы, пропарочные камеры	Аттестация	Раз в два года
11.	Лабораторные вибростолы, встряхивающиеся столики	Аттестация	Раз в два года
12.	Линейно-угловые, в том числе специальный мерительный инструмент	Калибровка, поверка	Раз в два года
13.	Специальные испытательные стенды, приспособления и оснастка с нормированными параметрами	Аттестация	Раз в два года
14.	Сита, специальные шаблоны	Аттестация	Раз в два года
15.	Дефектоскопы, образцы дефектов	Аттестация	Ежегодно

**П р и м е ч а н и е .** Средства измерений показателей безопасности для жизни, здоровья людей, имущества и окружающей среды, геодезических и гидрометеорологических характеристик, а также средства измерений, используемых при выполнении госзаказов, взаиморасчетах обязательных сертификационных и арбитражных испытаниях, обеспечении обороны государства и по поручению судов, подлежат поверке. В остальных случаях применение средств измерений допускается их калибровка.

Поверку осуществляют органы Государственной метрологической службы или аккредитованные на это право метрологические службы юридических лиц.

Калибровку осуществляют аккредитованные в соответствующей области метрологические службы юридических лиц.

Аттестацию испытательного оборудования могут выполнять сами лаборатории при наличии у них средств измерений и методик аттестации, условий и подготовленного для этих целей персонала.

**Форма заявки**

Руководителю

\_\_\_\_\_  
(аттестующая организация)

№ \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

**ЗАЯВКА**

\_\_\_\_\_  
(организация, предприятие)

Просит аттестовать испытательную лабораторию предприятия, выполняющую контроль качества выпускаемой продукции:

\_\_\_\_\_  
(вид продукции или работ)

на техническую компетентность при проведении испытаний, измерений и работ согласно заявленной области деятельности.

Испытательная лаборатория обязуется:

- выполнять все требования, предъявляемые к аттестованной испытательной лаборатории;
- оплатить все расходы, связанные с проведением аттестации и регистрацией.

Реквизиты предприятия \_\_\_\_\_

Приложение:

1. Положение об испытательной лаборатории.
2. Паспорт испытательной лаборатории.
3. Руководство по качеству.
4. Проект области аттестации.

Руководитель предприятия \_\_\_\_\_

Приложение к свидетельству об аттестации испытательной лаборатории  
№ \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 2005 г.

**ОБЛАСТЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ  
(пример)**

---

(организация, предприятие)

---

(адрес)

**1. Направления деятельности  
(пример)**

- 1.1 . Испытания строительных материалов и конструкций.
- 1.2 . Контроль качества строительно-монтажных работ.
- 1.3 . Контроль качества производства строительных материалов.
- 1.4 . Обследование технического состояния строительных конструкций, зданий и сооружений.

**2. Виды испытаний, измерений и контроля  
(пример)**

- 2.1 . Механические испытания цементного бетона, раствора и стеновых камней по контрольным и натурным образцам (ГОСТ 10180, ГОСТ 5802, ГОСТ 8905).
- 2.2 . Контроль плотности, влажности, водопоглощения и водонепроницаемости строительных материалов (ГОСТ 12730, ГОСТ 7025, ГОСТ 24104).
- 2.3 . Натурные испытания бетона в конструкциях (ГОСТ 22690).
- 2.4 . Определение строительно-технических характеристик инертных заполнителей бетона и раствора (ГОСТ 8735, ГОСТ 8269, ГОСТ 24104).
- 2.5 . Определение морозостойкости бетона и раствора (ГОСТ 10060).
- 2.6 . Определение плотности, влажности и степени поверхностного уплотнения фунтов (ГОСТ 5180).
- 2.7 . Определение активности минеральных вяжущих материалов (ГОСТ 310).
- 2.8 . Определение строительно-технических показателей кровельных и гидроизоляционных материалов (ГОСТ 11501, ГОСТ 11506, ГОСТ 2440).

2.9. Определение прочности сцепления плитки и раствора с основой (ГОСТ 2678, ГОСТ 27180).

2.10. Контроль расположения арматуры и закладных деталей (ГОСТ 22904).

2.11. Контроль геометрических параметров строительных конструкций и точности монтажа (ГОСТ 26433.1).

2.12. Контроль температуры твердения бетона (СНиП 3.03.01).

2.13. Механические испытания стальной арматуры и сварных соединений (ГОСТ 10922, ГОСТ 12004).

2.14. Ультразвуковая и радиационная дефектоскопия сварных соединений (ГОСТ 23835, ГОСТ 7512).

---

наименование аттестующей организации

**АКТ ПРОВЕРКИ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ  
НА ТЕХНИЧЕСКУЮ КОМПЕТЕНТНОСТЬ**

---

наименование юридического лица

В период с \_\_\_\_\_ по \_\_\_\_\_ на основании договора от  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г. № \_\_\_\_\_

---

наименование аттестующей организации

КОМИССИЯ В СОСТАВЕ:

Председатель

---

должность

---

инициалы, фамилия

Члены комиссии:

---

должность

---

инициалы, фамилия

---

должность

---

инициалы, фамилия

провела проверку испытательной лаборатории \_\_\_\_\_  
наименование юридического лица

с целью подтверждения соответствия ее технической компетентности и требованиям, предъявляемым к испытательным лабораториям согласно ГОСТ Р ИСО 9001–2001 и ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025–2000.

Продолжение прил. 6

При проверке установлено:

№ п/п	Проверяемые характеристики испытательной лаборатории	Заключение комиссии
1	Обеспеченность средствами измерений и испытаний	
2	Состояние средств измерений и испы- таний	
3	Обеспечение НД на методы испытаний и измерений	
4	Состояние производственных помеще- ний	
5	Квалификация и опыт работы персонала в заявленной области деятельности	
6	Наличие и правильность ведения жур- налов и протоколов испытаний.	
7	Контроль за качеством испытаний и из- мерений	
8	Организация технического и метрологи- ческого обслуживания средств измере- ний и испытаний	

**Вывод:**

Варианты выводов:

1. В испытательной лаборатории \_\_\_\_\_  
имеются все необходимые условия для выполнения испытаний и измерений во всей заявленной области деятельности.

2. В испытательной лаборатории \_\_\_\_\_  
имеются необходимые условия для выполнения испытаний и измерений в заявленной области деятельности, за исключением: \_\_\_\_\_  
Замечания \_\_\_\_\_

Результаты устранения замечаний (если имеются): \_\_\_\_\_

**Заключение комиссии:**

Варианты заключений:

1. Испытательной лаборатории \_\_\_\_\_ может быть  
выдано свидетельство об аттестации.

2. Испытательной лаборатории \_\_\_\_\_ может  
быть выдано свидетельство об аттестации после устранения замечаний комиссии.

Председатель \_\_\_\_\_  
подпись инициалы, фамилия

Члены комиссии:

\_\_\_\_\_  
подпись инициалы, фамилия

\_\_\_\_\_  
подпись инициалы, фамилия

С актом ознакомлен и один экземпляр получил  
Руководитель лаборатории

\_\_\_\_\_  
подпись инициалы, фамилия

---

организация, выдавшая свидетельство об аттестации

**СВИДЕТЕЛЬСТВО ОБ АТТЕСТАЦИИ**

**СТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ  
ЛАБОРАТОРИИ**

**TESTIMONIAL ON COMPETENCE**

№ \_\_\_\_\_

Действительно до \_\_\_\_\_

Настоящее свидетельство об аттестации удостоверяет, что

---

название лаборатории

---

организация

соответствует основным требованиям ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025–2000 к испытательным лабораториям и аттестована на техническую компетентность при проведении испытаний и контроле качества строительной продукции в соответствии с областью ее деятельности.

Область деятельности определена приложением к настоящему свидетельству об аттестации.

Руководитель организации,  
выдавшей свидетельство об  
аттестации

М.П. «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 200\_\_ г

## КРИТЕРИИ ПРОВЕРОК НА ТЕХНИЧЕСКУЮ КОМПЕТЕНТНОСТЬ

1. Оснащенность лаборатории средствами испытаний и измерений оценивается по их достаточности для выполнения испытаний и измерений в заявленной области деятельности согласно обязательного перечня (приложение 2), исходя из основных требований стандартов.

Например:

– натурные испытания бетона обеспечиваются наличием средств испытаний бетона методом отрыва со скалыванием или сквозного УЗ-прозвучивания;

(другие средства допускаются при наличии согласования ведущих центров испытаний)

– контроль качества гидроизоляционных работ обеспечивается при наличии средств испытаний битума на пенетрацию и температуру размягчения, а также прочности сцепления изоляции с основой;

– контроль прочности стальной арматуры и сварных соединений обеспечивается наличием разрывной машины и средств У-дефектоскопии.

2. Состояние средств измерений и испытаний оценивается по их годности к эксплуатации, а также наличию действующих свидетельств о поверке или сертификатов о калибровке и аттестатов.

3. Наличие НТД на методы испытаний и измерений оценивается, исходя из указаний НТД на испытываемую продукцию.

4. Квалификация персонала оценивается по их техническому образованию, повышению квалификации в заявленной области деятельности и стажу работы по специальности.

5. Состояние помещений оценивается по обеспеченности в них нормированных условий хранения образцов продукции и условий испытаний и измерений, а также обеспечения техники безопасности и охраны окружающей среды.

6. Обеспеченность качества выполнения испытаний и измерений оценивается по организационным основам внутренних проверок и учета замечаний проверяющих органов и претензий заказчиков.

7. Качество ведения журналов и протоколов испытаний и измерений оценивается по их форме с учетом основных требований стандартов на методы испытаний и измерений.

8. Организация технического и метрологического обслуживания средств измерений и испытаний оценивается по наличию графиков технического и метрологического обслуживания и договоров на их проведение.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
1. СОВРЕМЕННАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ДОРОЖНОЙ РАЗМЕТКИ НА ПОЛИМЕРНОЙ ОСНОВЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К НИМ .....	4
1.1. Термопластики и холодные пластики .....	6
1.2. Спрей-пластики .....	9
1.3. Полимерные ленты.....	9
2. СОВРЕМЕННЫЕ ПЛАСТИЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ПОЛИМЕРНОЙ ОСНОВЕ .....	13
3. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕЦЕПТУР И ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ РАЗМЕТОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ .....	17
3.1. Наполнители в пластиках .....	19
3.2. Современные белые наполнители .....	23
3.3. Седиментационная устойчивость расплава термопластика .....	25
3.4. Видимость дорожной разметки в дневное время суток .....	29
3.5. Красящие пигменты .....	34
3.6. Загрязняемость дорожной разметки.....	37
3.7. Видимость дорожной разметки в темное время суток .....	38
3.8. Термопластики на основе полиэфирных смол.....	44
3.9. Термопластичные разметочные материалы на основе нефтеполимерных смол.....	57
3.10. Термопластики для дорожной разметки на основе эфиров канифоли.....	61
3.11. Линейные блок-сополимеры стирола и каучуков.....	63
3.12. Термопластики на основе других канифольных и нефтеполимерных смол.....	70
3.13. Выбор воска и его оптимальное содержание в термопластиках..	76
3.14. Повышение технологичности расплава термопластика и выбор его оптимальной рабочей температуры .....	82
3.15. Физико-механические характеристики термопластиков с точки зрения их эксплуатационной пригодности .....	88
3.16. Контрольно-полевые испытания и функциональная долговечность термопластиков .....	97
3.17. Технология производства термопластиков .....	100
4. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ РАЗМЕТОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПОВЕРХНОСТЬЮ АСФАЛЬТОБЕТОНА.....	111

4.1. Теоретические основы адгезионного взаимодействия в системе «термопластик – асфальтобетонное покрытие».....	111
4.2. Экспериментальное исследование адгезионного взаимодействия в системе «термопластик – асфальтобетонное покрытие» .....	117
5. ПЛАСТИКИ ГОРЯЧЕГО РАСПЫЛЕНИЯ (СПРЕЙ – ПЛАСТИКИ) ....	122
5.1. Область применения и технология нанесения спрей-пластиков..	122
5.2. Компоновка и свойства спрей-пластиков .....	123
6. ПЛАСТИКИ ХИМИЧЕСКОГО ОТВЕРДЕВАНИЯ .....	125
7. ПОЛИМЕРНЫЕ ЛЕНТЫ .....	129
8. ГОТОВЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ ФОРМЫ.....	132
9. ТЕХНОЛОГИЯ НАНЕСЕНИЯ РАЗМЕТОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ .....	135
10. ЛАБОРАТОРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ РАЗМЕТОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ .....	138
10.1. Отбор проб для испытаний .....	139
10.2. Оценка внешнего вида, наличия посторонних включений, стеклошариков и крупных нерасплавленных частиц.....	139
10.3. Оценка внешнего вида, наличия посторонних включений, стеклошариков и крупных нерасплавленных частиц.....	140
10.4. Определение растекаемости расплава.....	141
10.5. Определение скорости истечения расплава.....	141
10.6. Определение времени формирования разметочного материала	142
10.7. Определение белизны .....	143
10.8. Определение температуры размягчения термопластиков .....	143
10.9. Определение адгезии термопластика к асфальтобетону.....	144
10.10. Определение условной хрупкости материала .....	147
10.11. Определение физико-механических характеристик термопластика .....	147
10.12. Методика оценки слеживаемости порошкового термопластика .....	148
10.13. Методика оценки термоустойчивости расплава термопластика (живучести) методом Хит-Стэбилити .....	148
10.14. Крышечный тест (Deckel-Test) .....	149
10.15. Методика оценки содержания вяжущей части в термопластике .....	150
10.16. Коэффициент сцепления колес автотранспорта с дорожной разметкой .....	150
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	154
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	159

Научное издание

Бажанов Анатолий Павлович  
Евтеева Светлана Михайловна  
Возный Сергей Иванович  
Крылов Владимир Кузьмич  
Талалай Виктор Вячеславович

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕЦЕПТУР И ТЕХНОЛОГИИ  
ПРОИЗВОДСТВА ПЛАСТИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ  
ДЛЯ ДОРОЖНОЙ РАЗМЕТКИ НА ПОЛИМЕРНОЙ ОСНОВЕ

Монография

Под науч. ред. д-ра техн. наук, проф. А.В. Кочеткова

В авторской редакции  
Верстка Т.А. Лильп

---

Подписано в печать 5.06.15. Формат 60×84/16.  
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.  
Усл.печ.л. 11,63. Уч.-изд.л. 12,5,19. Тираж 500 экз. 1-й завод 100 экз.  
Заказ №206.

---

Издательство ПГУАС.  
440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28.