

БЕЗБИТУМНЫЕ ВЯЖУЩИЕ ДЛЯ ЯМОЧНОГО РЕМОНТА АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ

Песецкий С.С., д-р техн. наук, профессор,

Ковалев Я.Н., д-р техн. наук, профессор,

Яглов В.Н., д-р хим. наук, профессор,

Медведев Д.И., канд. техн. наук, доцент

Белорусский национальный технический университет,

(г. Минск, Республика Беларусь)

Дорожно-эксплуатационная служба ежегодно выполняет значительный объем работ по текущему ремонту покрытий автомобильных дорог, основным видом которого является ликвидация ямочности. Хотя ямочность на дорогах возникает практически круглогодично (особенно при неблагоприятных погодных условиях), ее устраняют в основном в теплое время года. Несвоевременность выполнения текущего ремонта вызывает в дальнейшем существенное увеличение объема ремонтных работ и снижает безопасность движения. В связи с этим возникает задача устранения ямочности в короткий промежуток времени. Повысить качества ремонта асфальтобетонных покрытий позволяет использование безбитумного вяжущего, полученного путем пиролиза полиуретановых отходов.

Полиуретаны относятся к одному из новых видов полимерных вяжущих, имеющих большое промышленное значение. Они представляют собой высокомолекулярные соединения, содержащие значительное количество уретановых групп, независимо от строения остальной части молекул. Обычно эти полимеры получают при взаимодействии полиизоцианатов с веществами, имеющими несколько гидроксильных групп, например с гликолями.

Уретановые эластомеры обычно получают из диолов с длинной цепью (например, из линейных простых или сложных полиэфиров с молекулярным весом от 1000 до 2000), диизоцианатов и низкомолекулярных «удлинителей цепи» (гликоль или диамин).

Уретановые эластомеры можно считать блоксополимерами, в которых величину и строение любого блока можно изменять в широком диапазоне, поскольку обычный эластомер состоит

из элементарного звена сложного или простого эфира, остатка ароматического диизоцианата, уретановой группы, остатка низкомолекулярного гликоля («удлинителя») и аллофанатного узла разветвления. Таким образом, этот полимер содержит умеренно гибкие, длинные, линейные сегменты полиэфира и сравнительно жесткие сегменты (в основном это ароматические и уретановые группы). Разветвление может происходить только по этим жестким сегментам если сложный или простой полиэфир был линейным). Количество узлов разветвления и среднюю длину такого жесткого ароматического уретанового сегмента можно варьировать, изменяя, таким образом, в широких пределах свойства получающегося материала.

Полиуретаны можно использовать в качестве адгезива для заполнения пор и выбоин дорожных покрытий, обеспечивая оптимальное сцепление с бетонными, металлическими и деревянными поверхностями. Они стойки к воздействию кислот, щелочей, растворителей, масел, моющих средств, бензина. Жизнеспособность при 20 °С составляет от 40 до 130 мин. Время отверждения может быть значительно сокращено за счет температуры или добавления ускорителей. Окончательная прочность достигается через 2–3 дня.

Объектом исследования являлись быстротвердеющие композиты, полученные на основе полиуретанового аддукта, отвердителя и наполнителя, в качестве которого использовали мытый песок Заславского месторождения.

Методика приготовления композиций заключалась в следующем.

Рассчитанные количества аддукта и отвердителя в массовом соотношении от 6:1 до 4:1 тщательно смешивали с наполнителем (песком) до получения однородной массы. Приготовленную таким образом смесь укладывали в формы размером 40x40x160 и путем штапования формовали образцы-балочки. После выдерживания в формах в течение различного времени, образцы извлекали их форм и исследовали их физико-механические свойства.

Исследование механической прочности на сжатие ($R_{сж}$) проводили на стотонном прессе, относя нагрузку на единицу поверхности образца. За предел прочности принимали среднеарифметическое шести величин $R_{сж}$ испытанных образцов.

Испытания на изгиб ($R_{изг}$) осуществляли на разрывной машине МИИ-100. Изучение морозостойкости проводили по стандартной методике.

При исследовании открытой пористости и водопоглощения образцов использовали метод насыщения водой.

Проведенный эксперимент показал, что свойства композитов зависят от состава вяжущего. Поэтому в работе поставлена серия опытов по определению оптимального соотношения аддукта и отвердителя. Экспериментальные данные представлены в таблице 1.

Таблица 1

Зависимость прочностных свойств композитов от количества
отвердителя в составе вяжущего

№ пп	Состав композитов			Соотношение		Механические свойства	
	Песок, г	ад- дукт, г	отверд., г	Вяжущее/песок, %	Отвердитель/аддукт, %	$R_{сж}$, МПа	$R_{изг}$, МПа
1	1500	70	12	5,4	17,1	5,4	1,8
2	1420	94	20	7,3	21,2	12,7	4,6
3	1500	60	16	5,0	26,7	13,1	6,0
4	1500	65	10	5,0	15,3	2,9	1,2

Из приведенных в табл. 1 данных следует, что увеличение количества отвердителя в составе вяжущего с 15,3 % до 26,7 % приводит к возрастанию прочностных свойств композитов с 2,9 до 13,1 МПа ($R_{сж}$) и с 1,2 до 6,0 МПа ($R_{изг}$). Однако, руководствуясь экономическими соображениями (стоимость отвердителя в 1,5 раза выше стоимости полиуретанового аддукта), соотношение в вяжущем аддукта и отвердителя при получении композиций стабилизировали на уровне 6:1 (16 – 17 % отвердителя).

С целью определения оптимального количества вяжущего в составе композита были приготовлены образцы-балочки, механические свойства которых после суточного твердения, представлены в таблице 2.

Таблица 2

Зависимость механической прочности образцов от состава.
(Соотношение полиуретановая аддукт/отвердитель = 6:1)

№ пп	Состав композитов			Соотношение вяжущее/песок, % масс.	Механические свойства	
	песок, г	аддукт, г	отверд., г		$R_{сж}$, МПа	$R_{изг}$, МПа
1	1500	62	10	5	3,9	1,25
2	1420	96	16	7	8,8	3,3
3	1500	120	20	9	15,8	5,9
4	1500	144	24	11	15,5	6,31

Как следует из приведенных в таблице 2 данных, увеличение соотношения вяжущее/песок с 5 до 9 % сопровождается возрастанием прочностных характеристик полученных композитов: $R_{сж}$ возрастает с 3,9 до 15,8 МПа, а $R_{изг}$ с 1,25 до 5,9 МПа. Дальнейшее увеличение соотношения вяжущее/песок сопровождается небольшим снижением $R_{сж}$ до 15,5 МПа. Следует, однако, отметить, что предел прочности на изгиб с увеличением количества вяжущего в смеси непрерывно возрастает. Это свидетельствует о том, что возрастание количества полиуретана в смеси приводит к улучшению эластичных свойств композитов, которые приобретают гибкость и, как следствие имеют лучшую сопротивляемость на изгиб. Следовательно, содержание в составе композитов вяжущего должно быть не менее 7 %. С целью оптимизации количества вяжущего поставлена серия опытов, результаты которой представлены в таблице 3. Как следует из приведенных результатов, оптимальным следует считать соотношение вяжущее/песок от 8 до 10 %. При увеличении этого соотношения прочностные свойства композитов несколько улучшаются. Однако следует отметить, что при этом происходит увеличение расхода относительно дорогостоящего вяжущего состоящего из полиуретановой смолы и отвердителя.

Таблица 3

Свойства композитов

№ пп	Состав композитов			Соотношение вязущее/песок , % масс.	Механические свойства	
	песок, г	аддукт, г	отверд., г		R _{сж} , МПа	R _{изг} , МПа
1	1500	96	16	7,0	8,8	3,3
2	1500	108	18	8,0	14,1	4,9
3	1500	120	20	9,0	15,8	5,85
4	1500	132	22	10,0	16,0	6,1
5	1500	144	24	11,0	15,5	6,31

Поэтому в каждом конкретном случае при выборе состава композита необходимо руководствоваться вышеуказанными соображениями.

С целью изучения кинетики твердения полимерных композитов и определения сроков их возможного использования была поставлена серия опытов, результаты которой представлены в таблице 4.

Таблица 4

Зависимость прочностных характеристик композитов от времени твердения. Соотношение вязущее/песок = 8 %.

Состав композитов: песок – 1500 г, аддукт – 108 г, отвердитель – 18 г

№ пп	Время твердения, час	Механические свойства, МПа	
		R _{сж}	R _{изг}
1	3	5,0	1,3
2	6	8,3	2,9
3	15	10,1	3,6
4	18	11,9	4,2
5	24	13,0	4,5
6	72	14,6	5,1

Как следует из представленных данных, через 6 часов композиты набирают более 55 % своей конечной прочности, через 15 часов – 65–70 %, а через сутки – 85–90 %. Окончательную прочность образцы набирают через 3 суток. Таким образом, при использовании полимерных композитов в качестве, например, полимербетонов

для ямочного ремонта автомобильных дорог, последние могут быть введены в эксплуатацию через 3–4 часа.

При исследовании других свойств композитов было установлено, что увеличение количества вяжущего сопровождается снижением водопоглощения с 2,1 до 0,9 %. Полученные композиты фактически не меняют своего объема после отверждения и обеспечивают хорошее сцепление с различными поверхностями (бетон, асфальтобетон).

Указанные составы хорошо сопротивляются воздействию как высоких, так и низких температур.

Специально проведенными исследованиями морозостойкости установлено, что составы выдерживают без изменения свойств более 100 циклов замораживания и оттаивания.

УДК 625.7

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОЦЕНКИ УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТОВ ЛЕГКИМ ПРИБОРОМ С ПАДАЮЩИМ ГРУЗОМ

**Павлюк Д.А., д-р техн. наук, профессор,
Лебедев А.С., Булах Е.А., Глуховец В.М.,
Шурьяков М.В., Сокольчук С.И.**

*Национальный транспортный университет
(г. Киев, Украина)*

Введение

Ровность покрытия и прочность дорожной одежды во многом зависят от степени уплотнения грунта земляного полотна и слоев оснований. Недостаточное уплотнение приводит к образованию колеи, просадок, смещений, трещин. Существующие методы контроля уплотнения ориентированы, в основном на определении фактических показателей уплотнения и сравнения их с нормативными значениями. Контроль производится после окончания технологических операций по уплотнению слоёв дорожных одежд.