

**В.К. Жданюк, В.П. Шевченко,
Марек Ковальчик,
А.В. Масолитин, Ю.А. Масюк**

О ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЯХ ПРОИЗВОДСТВА БИТУМОВ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОЛИМЕРАМИ

Одним из направлений повышения долговечности асфальтобетонных покрытий является использование для их устройства асфальтобетонных смесей на основе битумополимерных вяжущих, характеризующихся высоким сопротивлением механическим нагрузкам, меньшей чувствительностью к температуре, широким интервалом пластичности по сравнению с обычными битумами [1-3].

Согласно данным европейской ассоциации производителей асфальтобетона (ЕАРА) объем применения органических вяжущих для производства асфальтобетонных смесей в Европе в 2004 году составил 16 млн. тонн. Из всего объема потребляемых вяжущих 10 % составляют нефтяные дорожные битумы, модифицированные полимерами (рис. 1). Для производства битумополимерных вяжущих (БПВ) и асфальтобетонных смесей на их основе наибольшее распространение получили полимеры, относящиеся к классу термопластичных эластомеров. При этом, более 70 % битумополимерных вяжущих производится на основе полимеров типа стирол-бутадиен-стирол (SBS).

Производство битумополимерных вяжущих осуществляется при высоких температурах и интенсивном перемешивании. Для их приготовления требуется специальное технологическое оборудование, обеспечивающее получение однородного вяжущего. Известно, что эффективность производства БПВ возрастает при объединении полимера с маловязкими нефтяными дорожными битумами, характеризующимися значительным содержанием мальтенов, которые способствуют растворению полимера при высоких температурах приготовления.

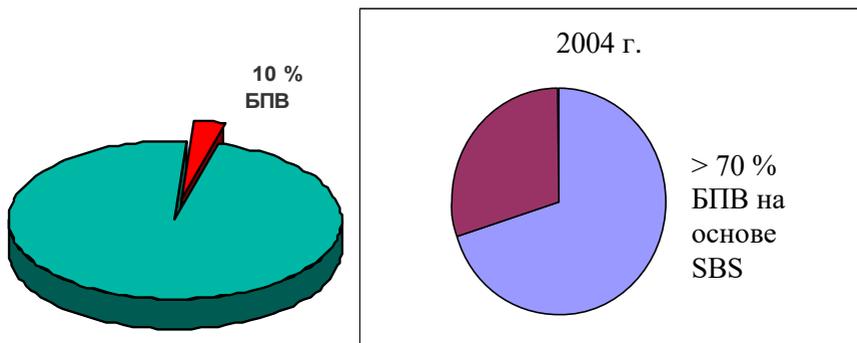


Рисунок 1 - Объем битумополимерных вяжущих, используемых в Европе в дорожном строительстве

Производство битумополимерных вяжущих осуществляется при высоких температурах и интенсивном перемешивании. Для их приготовления требуется специальное технологическое оборудование, обеспечивающее получение однородного вяжущего. Известно, что эффективность производства БПВ возрастает при объединении полимера с маловязкими нефтяными дорожными битумами, характеризующимися значительным содержанием мальтенов, которые способствуют растворению полимера при высоких температурах приготовления.

В Украине для производства битумополимерных вяжущих в различных дорожных организациях находят применение несколько видов технологического оборудования, позволяющего осуществлять перемешивание полимера с битумом при высоких температурах.

Наличие старых бескомпрессорных окислительных установок побудило руководителей отдельных дорожных организациях применить их в качестве технологического оборудования для приготовления битумополимерных вяжущих. Технологическая схема производства битумополимерных вяжущих с помощью бескомпрессорной окислительной установки (рис. 2) предусматривает: нагрев нефтяного дорожного битума в отдельном битумоплавильном котле до рабочей температуры (190-200 °С) и закачивание его в окислительную установку,

дозирование и введение полимера в окислительную установку на поверхность битума, перемешивание полимера с битумом до готовности битумополимерного вяжущего и последующее перекачивание готового вяжущего в расходный битумный котел. Процесс перемешивания полимера с битумом в окислительной установке обеспечивается, как правило, двумя диспергаторами и рециркуляцией. В тоже время, следует отметить, что работа диспергаторов приводит к нагнетанию воздуха в битумополимерное вяжущее в процессе его приготовления и, следовательно, окислению нефтяного битума. Кроме этого, кислород и высокая температура способствуют интенсивной термоокислительной деструкции полимера в БПВ (сначала происходит временное структурирование, за которым следует деструкция макромолекул полимера, постепенно разрушающая надмолекулярную структуру, образованную макромолекулами полимера в битумополимерной композиции), что, как правило, приводит к получению вяжущих нестабильного качества.

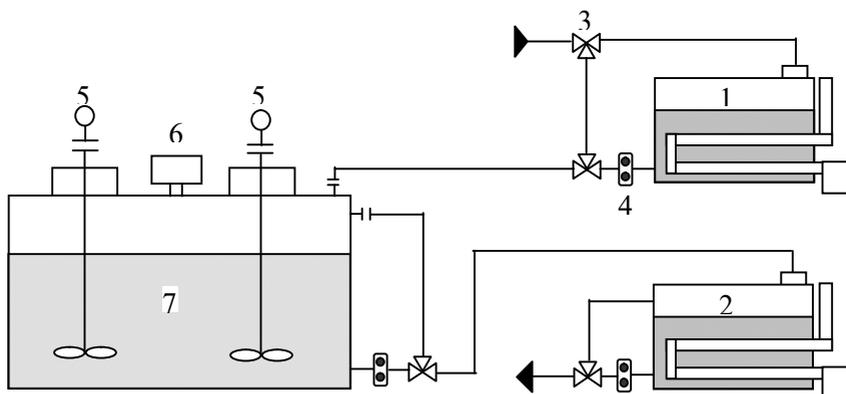


Рисунок 2 - Технологическая схема производства битумополимерных вяжущих в двухдиспергаторной бескомпрессорной окислительной установке:

- 1 - битумоплавильный котел; 2 - котел для готового битумополимерного вяжущего; 3 - трехходовой битумный кран; 4 - битумный насос;
- 5 - электродвигатель; 6 - дозатор полимера; 7 - бескомпрессорная окислительная установка

Одно из ведущих предприятий машиностроительной отрасли Украины (АО «Кредмаш», г. Кременчуг) производит специальное технологическое оборудование для приготовления битумополимерных вяжущих. В базовый комплект технологического оборудования (комплектация ДС-163), предназначенного для приготовления БПВ (рис. 3), входит:

Котел для нагревания растворителя полимера (1). В качестве растворителя полимера рекомендуется использовать нефтяной гудрон или жидкие нефтяные битумы марок МГО 70/130 и МГО 130/200. Спецификацией производителя указанного оборудования запрещается использовать такие легкие нефтепродукты, как керосин, дизельное топливо и др., в качестве органического сырья, предназначенного для растворения полимера. Котел емкостью 30 м³ предназначен для нагревания растворителя полимера до рабочей температуры. Он оборудован жаровыми трубами, поплавковым указателем уровня с конечным выключателем верхнего уровня объема, терморегулирующим устройством, управляющим работой автоматизированной горелки в зависимости от температуры растворителя и термометром для визуального наблюдения за температурой.

Битумный котел (2). Предназначен для приема обезвоженного битума и его нагрева до рабочей температуры. Устройство битумного котла и принцип его работы аналогичен котлу для нагревания растворителя полимера.

Котел для готового битумополимерного вяжущего (3). Предназначен для приема, хранения и выдачи готового битумополимерного вяжущего. Обогрев термоизолированного котла емкостью 30 м³ производится теплоносителем, циркулирующим по змеевику. Котел оборудован поплавком указателя уровня, термометром, заборным фильтром и трехходовым краном.

Битумные насосные установки (4). Предназначены для приема и выдачи растворителя полимера, битума, маточного раствора полимера и битумополимерного вяжущего.

Элеватор цепной (5). Элеватор предназначен для загрузки полимера в установку, предназначенную для перемешивания растворителя с полимером. Производительность элеватора - 0,9 т/ч. Ковшами элеватора полимер перемещается вертикально

вверх и по сыпному лотку высыпается в смесительную установку. Рабочий орган элеватора приводится в движение электроприводом (6). На элеваторе предусмотрена площадка для удобства обслуживания привода и верхней части элеватора, вход на которую предусмотрен по лестнице с площадки обслуживания смесительной установки.

Смеситель растворителя с полимером (7). Предназначен для объединения полимера с растворителем и получения маточного раствора. Смесительная установка состоит из теплоизолированной вертикальной емкости объемом 5,25 м³ и мешалки с электроприводом (6). Смесительная установка оборудована указателем уровня с мерной шкалой и змеевиком для циркуляции теплоносителя (9). Заполнение смесительной установки растворителем производится через патрубок расположенный в верхней части, а выдача маточного раствора через патрубок и съемный фильтр, расположенный в боковой нижней части установки. В смесительной установке происходит многократное движение раствора через внутренний цилиндр, за счет вращения вала мешалки турбинного типа с числом оборотов равным 1500 об/мин., расположенной в нем. Для нормальной работы битумного насоса, работающего на выкачку готового маточного раствора, производители оборудования рекомендуют поддерживать вязкость композиции не выше 40 Па·с (условная вязкость 120 с при истечении вязжущего через отверстие 5 мм при 60 °С).

Смеситель битума с маточным раствором (8). Смеситель предназначен для перемешивания маточного раствора с нефтяным битумом и получения битумополимерного вязжущего. Он состоит из теплоизолированного корпуса, мешалки с электроприводом (6) и трехходового крана (10). В корпусе смесителя предусмотрена рубашка для обогрева с помощью теплоносителя. Процесс перемешивания проходящих потоков маточного раствора и битума в смесителе происходит с помощью мешалки. При этом, непрерывная подача компонентов в смеситель обеспечивается напором подающих битумных насосов.

Пульт управления (11). Пульт управления технологическим процессом и сигнализацией размещен в двух электрошкафах в кабине оператора.

Технологический процесс приготовления битумополимерного вяжущего на указанном оборудовании состоит из двух стадий - приготовление концентрированного маточного раствора полимера и его последующее смешение в соотношении 1:3 с нефтяным битумом. Растворение полимера в растворителе (например, нефтяной гудрон) при температуре 180 - 200 °С сопровождается возрастанием вязкости раствора. Поэтому, для обеспечения бесперебойной работы оборудования, прежде всего битумного насоса, перекачивающего маточный раствор, допускается максимальная концентрация полимера (стирол-бутадиен-стирол) в маточном растворе не более 12,5 %. Это позволяет приготовить битумополимерное вяжущее с содержанием полимера в количестве 3 % от массы битума. Технология приготовления битумополимерных вяжущих на указанном оборудовании впервые была реализована в г. Харькове при научно-технологическом сопровождении работ ХНАДУ.

Со временем данная технология модернизировалась. Производители оборудования стали допускать возможность одностадийного приготовления битумополимерного вяжущего с 3 % полимера типа SBS. В результате некоторые дорожные организации стали реализовывать технологию приготовления битумополимерных вяжущих по упрощенной схеме, предусматривающей использование только основных узлов оборудования, производимого АО «Кредмаш» (рис. 4).

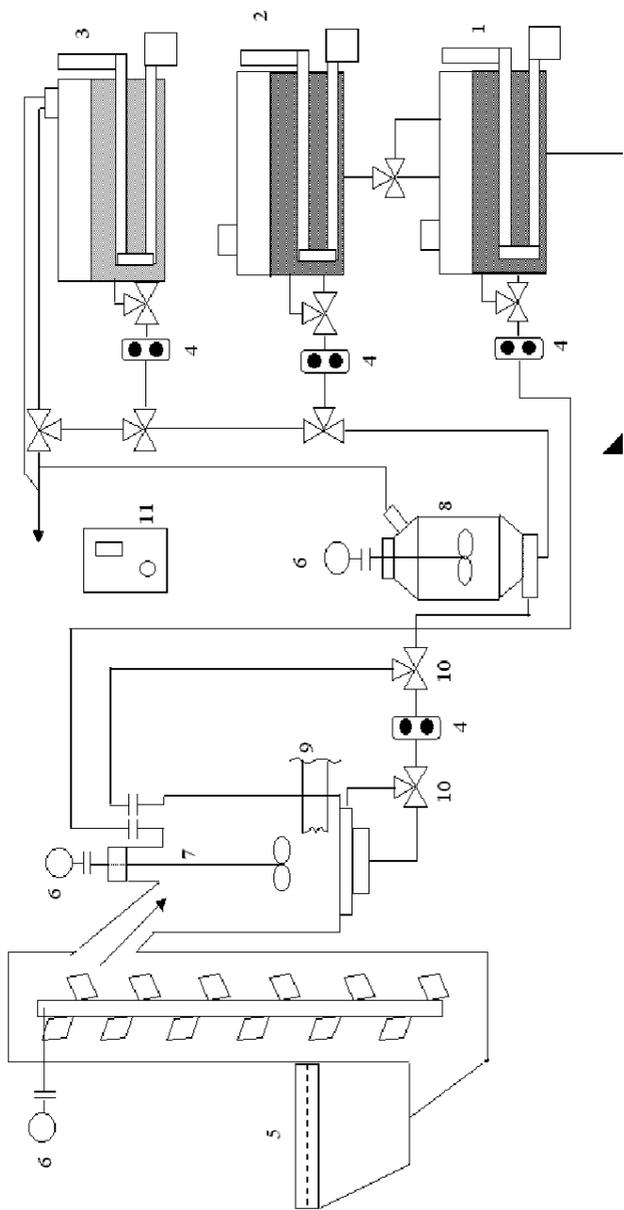


Рисунок 3 - Технологическая схема производства биополимерных вяжущих с помпью комплекта оборудования ДС-163 производства АО “Кредмаш”

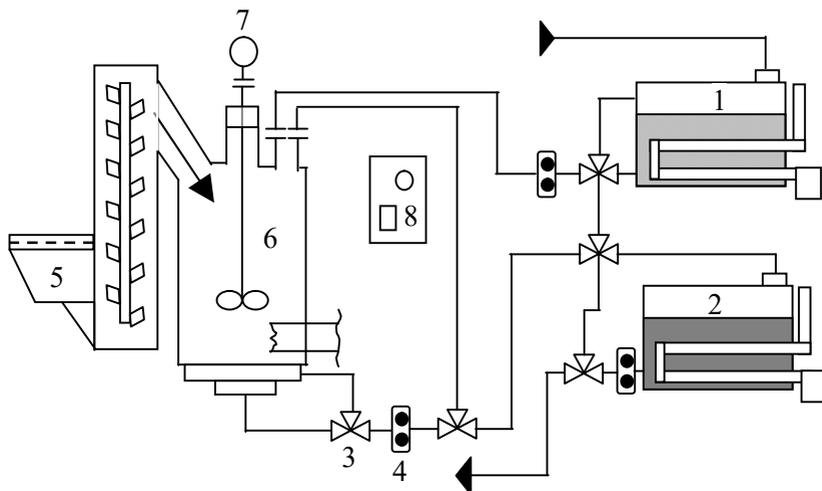


Рисунок 4 - Технологическая схема производства битумополимерных вяжущих при введении полимера непосредственно в битум с использованием оборудования АО “Кредмаш”: 1- битумоплавильный котел; 2- битумный котел для готового битумополимерного вяжущего; 3- битумные трехходовые краны; 4- битумный насос; 5- элеватор для подачи полимера; 6- мешалка для перемешивания битума с полимером; 7- электропривод; 8- кабина управления

На практике реализация этой технологии осуществляется путем смешения полимера непосредственно с нефтяным дорожным битумом. Однако, с технологической точки зрения следует учитывать, что это не является штатной операцией для указанного оборудования, поскольку существенно снижается его производительность. Продолжительность перемешивания одного замеса ($4,5 \text{ м}^3$) составляет около 3,0 часов. При этом, указанная технология может быть осуществлена только при полной загрузке мешалки сырьем.

Кроме этого, указанное технологическое оборудование способствует интенсивному вовлечению воздуха в объем битумополимерной композиции в процессе ее перемешивания (за счет образования воронки вокруг вала мешалки), что также как и в случае использования бескомпрессорной окислительной

установки для приготовления БПВ, способствует термоокислительной деструкции полимера.

В ОАО «ДРСУ-33» (г. Харьков) реализована более прогрессивная технология приготовления битумополимерных вяжущих с помощью смесительной установки планетарного типа. Использование смесителя планетарного типа исключает образование воронки и вовлечение воздуха в объем битумополимерной композиции в процессе ее перемешивания. Согласно этой технологии, приготовление БПВ осуществляется с помощью двухвальной вертикальной мешалки, которая приводится в движение через планетарный механизм (рис.5). Каждый вал мешалки оборудован специальной рамкой, обеспечивающей получение гомогенного БПВ. Поддержание рабочей температуры в процессе приготовления БПВ осуществляется с помощью системы маслоподогрева. Подача полимера в битум производится через щелевой дозатор со скоростью не более 10 кг/мин. Установка планетарного типа может быть адаптирована к технологическому оборудованию битумного цеха любого АБЗ.

При отладке в производственных условиях технологических режимов приготовления БПВ с помощью смесительной установки планетарного типа установлено [4,5], что оптимальная продолжительность перемешивания нефтяного дорожного битума марки БНД 90/130 с 3 % термопластичного эластомера марки «Кратон Д-1101 СМ» составляет 50-60 минут. При этом, по сравнению с исходным битумом, температура размягчения БПВ возрастает на 17 °С, интервал пластичности на 19 °С, а эластичность превышает 70 %.

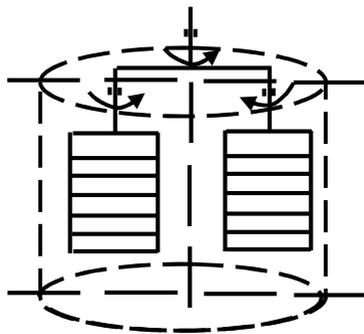


Рисунок 5 - Схема смесителя планетарного типа

Смесители планетарного типа относятся к универсальному оборудованию, позволяющему производить как вязкие, так и жидкие битумополимерные вяжущие, а также теплоустойчивые битумополимерные мастики, наполненные мелкодисперсными минеральными наполнителями.

В странах Западной Европы производство БПВ традиционно осуществляется по технологии, предусматривающей применение специальных гомогенизаторов, работающих по принципу роторно-пульсационных аппаратов. Одним из основных производителей таких машин в Германии является компания "BWS Technologie GmbH", изготавливающая гомогенизаторы «SUPRATON».

Технологическая схема приготовления БПВ с использованием гомогенизатора может состоять из одного или двух контуров и предусматривает введение добавки порошкообразного или гранулированного полимера на поверхность битума в процессе его предварительного перемешивания. На рис. 6 показана двухконтурная технологическая схема приготовления БПВ.

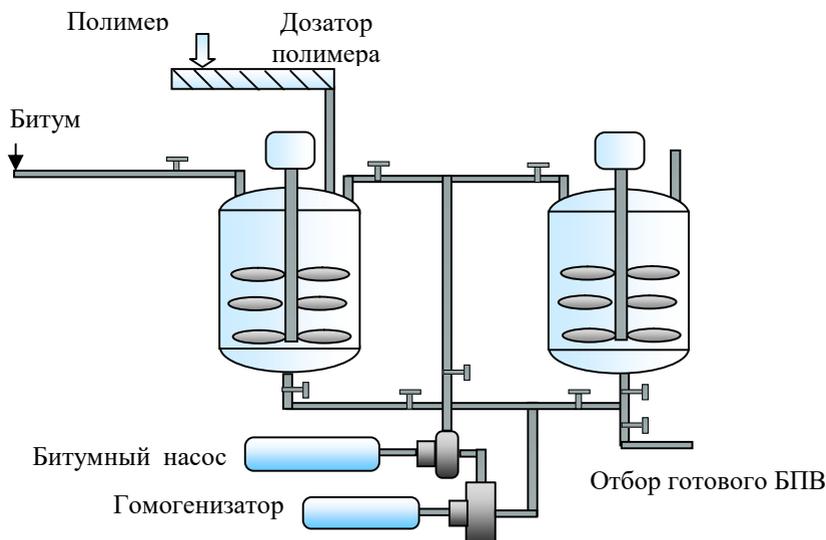


Рисунок 6 - Технологическая схема приготовления БПВ с помощью гомогенизатора

Предварительное объединение полимера с битумом осуществляется в емкости вертикального типа с малой скоростью вращения лопастной мешалки, что необходимо для равномерного вовлечения полимера в объем битума. После завершения указанной операции включается в работу гомогенизатор и процесс приготовления БПВ осуществляется при больших сдвиговых скоростях. Технологией предусмотрено как одноразовое так и многократное (процесс «Single-Pass») прохождение смеси битума с полимером через гомогенизатор.

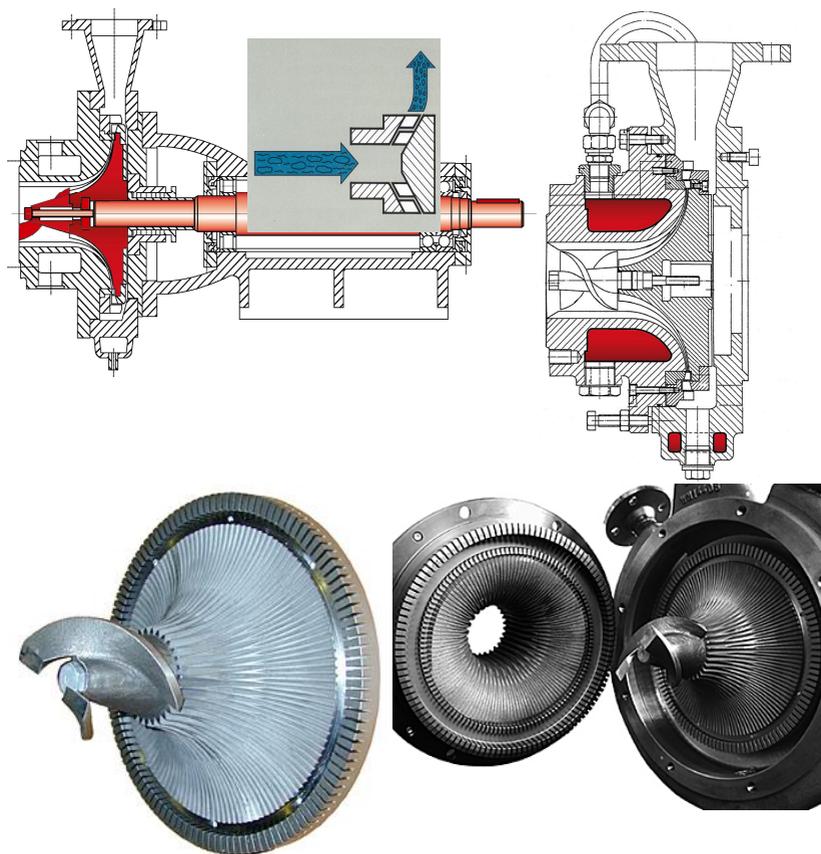


Рисунок 7 - Ротор и статор гомогенизатора «SUPRATON»

Гомогенизаторы «SUPRATON» моделей 349-5.03, производительностью до 12 т/час, 449-5.03 (до 30 т/час) и 549-5.03 (до 60 т/час) оснащены устройством гидравлического осевого перемещения вала с целью регулирования величины рабочего зазора между ротором и статором. Особая конфигурация ротора и статора (рис.7) обеспечивает возникновение высокочастотных срезающих усилий и микрокавитационных зон, способствующих созданию интенсивного эффекта гомогенизации битумополимерного вяжущего.

При запуске гомогенизатора, находящийся на валу ротор перемещается на 3 мм назад и открывает рабочий зазор между ротором и статором, разрывая при этом склеенные вяжущим рабочие поверхности. При достижении электродвигателем максимальных оборотов вал с ротором перемещается обратно на 3 мм. Оснащение механизма перемещения вала системой электронной регулировки позволяет во времени плавно устанавливать величину зазора между статором и ротором в пределах 0,3 - 3,0 мм. Следует учитывать, что с увеличением величины зазора между статором и ротором производительность гомогенизатора возрастает, а эффективность измельчения полимера снижается.

Выводы

Одним из факторов, оказывающих влияние на выбор технологического оборудования для приготовления битумополимерных вяжущих, является физическое состояние полимера (водная дисперсия, порошок, гранулы). Следует избегать применения оборудования, способствующего вовлечению воздуха в объем перемешиваемой битумополимерной композиции.

Модифицирование битумов водными дисперсиями полимеров а также порошкообразными полимерами можно осуществлять на технологическом оборудовании с относительно малым сдвигающим усилием (смесители планетарного типа). В случае гранулированных полимеров целесообразнее применять гомогенизаторы с высоким усилием сдвига с целью снижения продолжительности перемешивания и, следовательно, минимизации энергозатрат и негативного влияния термодеструктивных процессов на свойства битумополимерных вяжущих.

Временной цикл приготовления битумополимерного вяжущего зависит как от типа используемого оборудования и принятого температурного режима объединения битума с полимером, так и исходной марки битума. Полимеры в виде водной дисперсии типа «Butonal NS» растворяются в битумах быстрее, чем порошкообразные и, тем более, гранулированные полимеры.

Идеальный технологический процесс приготовления битумополимерных вяжущих предполагает минимальную продолжительность перемешивания составляющих при как можно более низкой температуре процесса.

Литература

1. Willem Vonk, Jan Korenstra The effect of KRATON™ Polymers modification on the thermal cracking behaviour of dense asphaltic mixes // VI International Conference "Durable and safe road pavements".- Kielce.- 2000.- p.251-256.

2. Stanislaw Styk, Renata Horodecka, Dariusz Sybilski, Zbigniew Ziajka Doswiadczenia w stosowaniu elastomeroasfaltu do cienkiej warstwy scieralnej na goraco // V International Conference "Durable and safe road pavements".- Kielce.- 1999.- p.163-170.

3. Ковальчек Марек, Масолитин А.В. Применение термопластичных эластомеров в дорожном строительстве / Опыт и проблемы современного развития дорожного комплекса Украины на этапе вхождения в европейское сообщество / Материалы международной научной конференции.- Харьков, ХНАДУ.- 2002.- С.69-61.

4. Шевченко В.П., Романенко С.М., Ребенок О.Є., Масюк Ю.А., Жданюк В.К. Властивості бітумополімерних вяжучих виготовлених у змішувачі планетарного типу // Автошляховик України.- 2001.- №4.- С.36-38.

5. Жданюк В.К., Ковальчек М., Шевченко В.П., Масолитин А.В. Об устройстве асфальтобетонных покрытий с применением асфальтобетонных смесей на основе битума, модифицированного термопластичным эластомером «Кратон Д-1101 СМ» // Коммунальное хозяйство городов. Серия: Технические науки.- 2002.- вып.42.- С.75-80.