

**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.

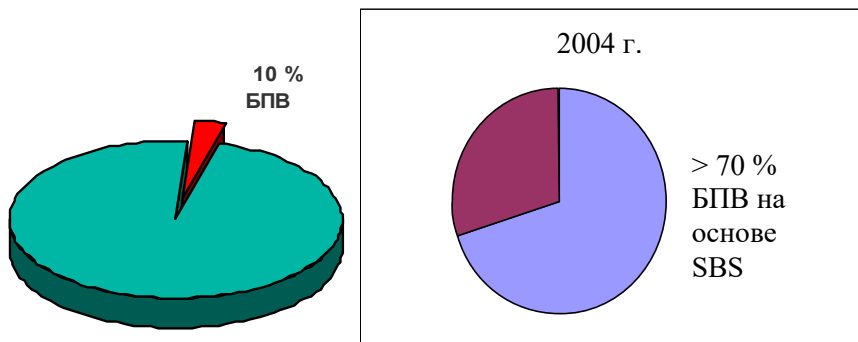


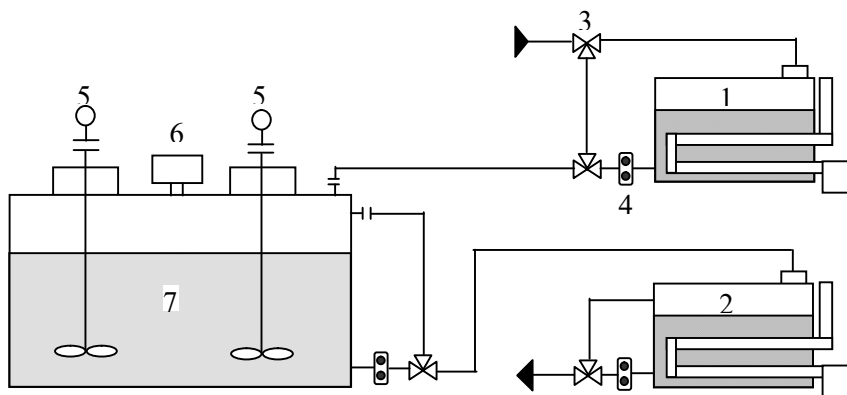
Рисунок 1 - Объем битумополимерных вяжущих, используемых в Европе в дорожном строительстве

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 м<sup>3</sup> 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 м<sup>3</sup> 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 м<sup>3</sup> 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).

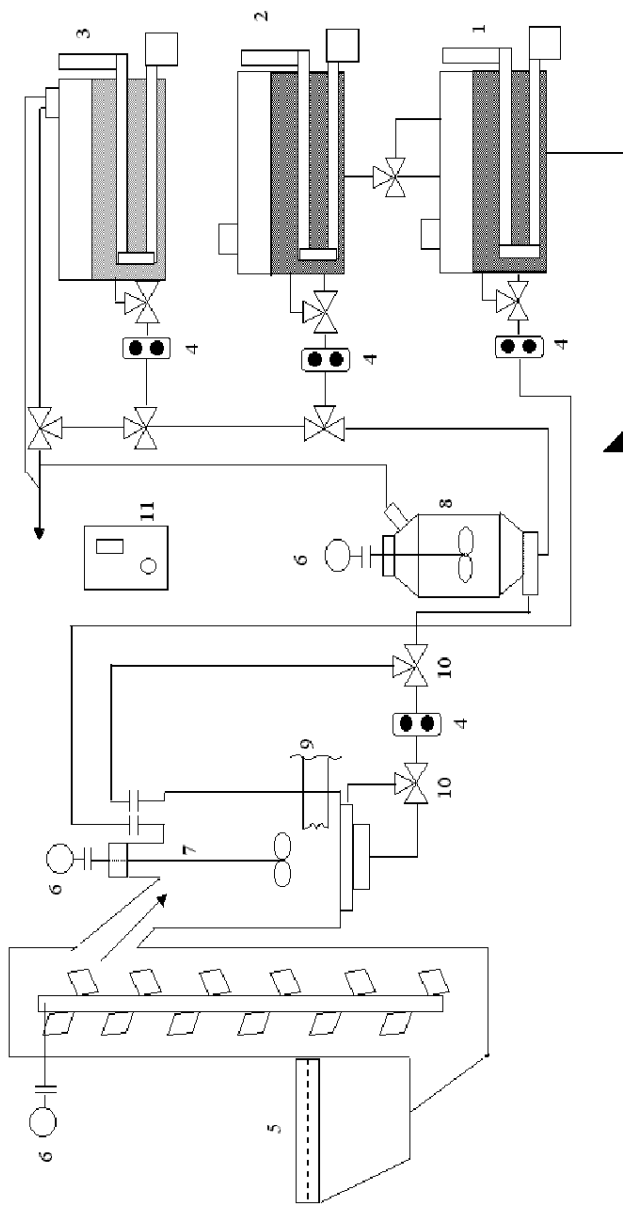
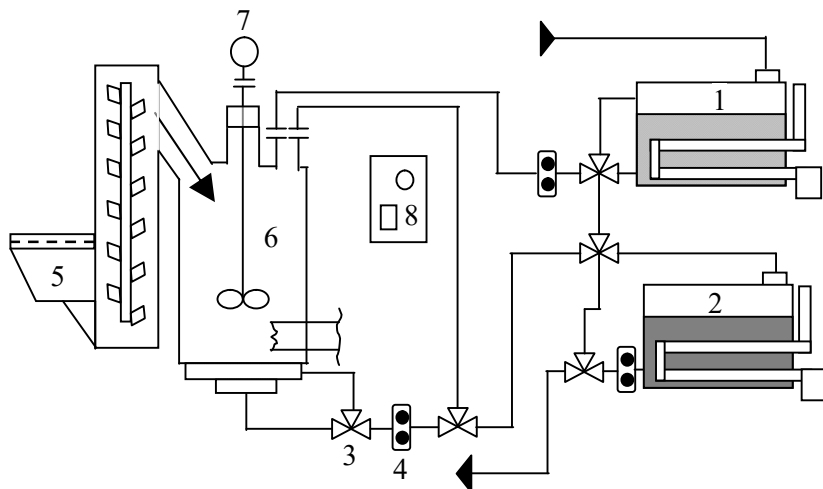


Рисунок 3 - Технологическая схема производства биополимерных вяжущих с помпью комплекта оборудования ДС-163 производства АО "Кредмаш"



*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 %.

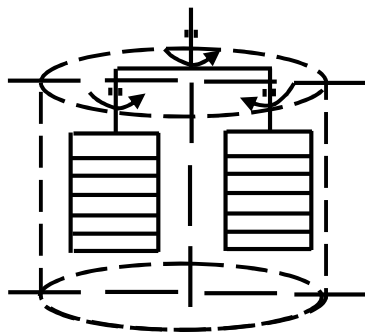


Рисунок 5 - Схема смесителя планетарного типа

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.

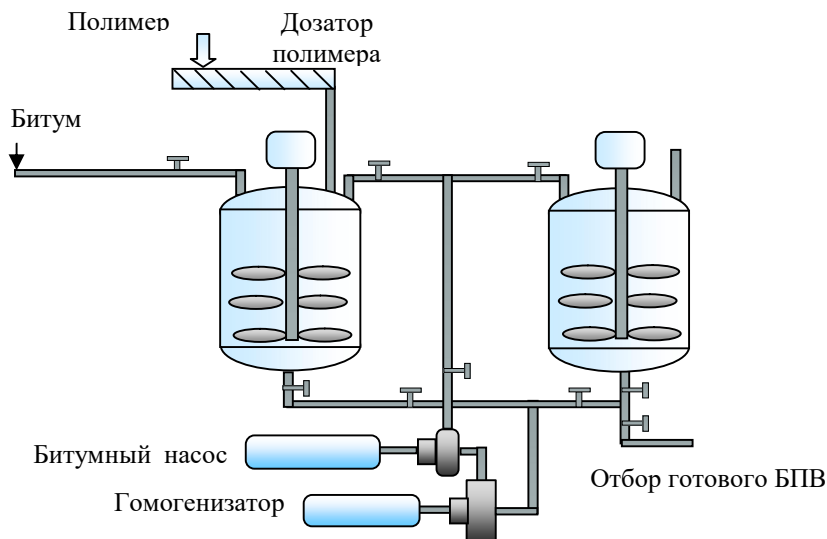


Рисунок 6 - Технологическая схема приготовления БПВ с помощью гомогенизатора

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.

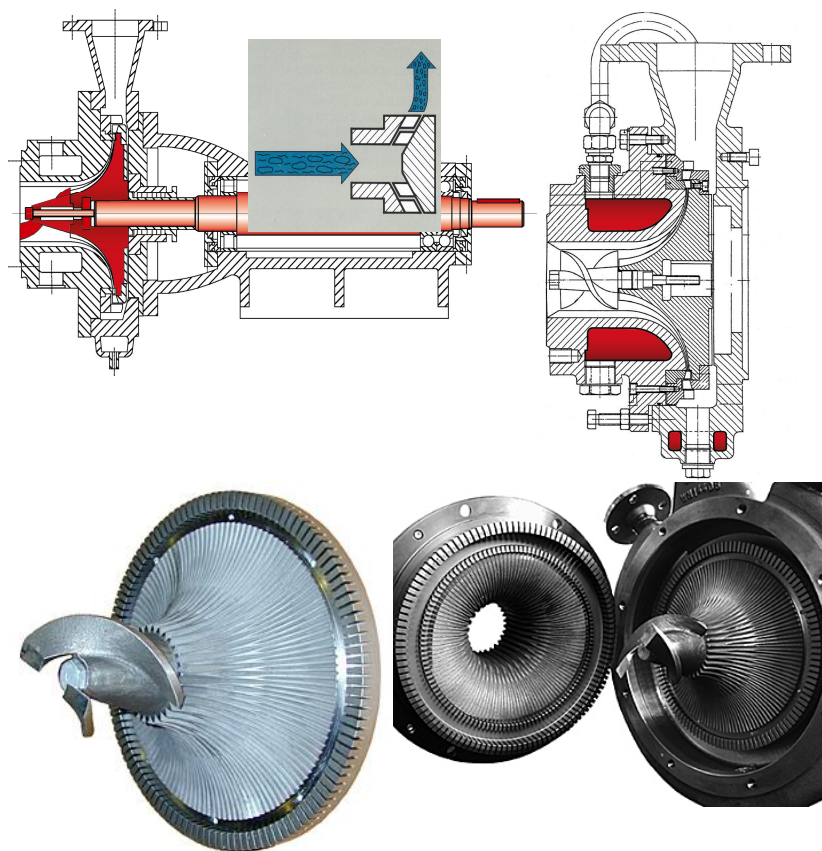


Рисунок 7 - Ротор и статор гомогенизатора «SUPRATON»

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.