

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ЗАВОДОВ

Канд. техн. наук **В.В. Силкин**,
д-р техн. наук **А.П. Лупанов**,
канд. техн. наук **В.В. Рудакова**,
студент **С.С. Горохов**

(Московский автомобильно-дорожный
государственный технический университет (МАДИ)),

инженер **А.В. Силкин**
(АО «АБЗ КАПОТНЯ»)

Контактная информация: alesilkin@yandex.ru

Определены основные направления обеспечения экологической безопасности при производстве асфальтобетонных смесей на асфальтобетонных заводах. Приведены результаты анализа систем улавливания пыли и очистки газов на асфальтобетонных заводах (АБЗ) дорожного хозяйства. Отмечается, что в целях обеспечения повышающихся экологических требований к АБЗ необходимо совершенствование систем улавливания и очистки газов. Приведены практические рекомендации по снижению выбросов загрязняющих веществ при производстве асфальтобетонных смесей на асфальтобетонных заводах.

Ключевые слова: АБЗ (асфальтобетонный завод), асфальтобетонные смеси, загрязняющие вещества, мазут, природный газ, теплые смеси, тканевый фильтр, экологические требования.

Производство асфальтобетонных смесей сопровождается выделением опасных загрязняющих веществ в атмосферу. Эти выбросы могут быть твердыми, к которым относятся пыль каменных материалов, зола и сажа, образованные в результате сжигания топлива, и газообразными, которые образуются в результате работы асфальтосмесительных установок (АСУ) – это окислы серы, азота, углерода, углекислого газа и др. При этом не только теряется значительная часть дефицитного сырья, но и возникают условия для нарушения экологических требований и санитарно-технических норм. Классификация выбросов АБЗ в атмосферу представлена в **табл. 1**.

Выполненными ООО «Дорэксперт» на базе АО «АБЗ КАПОТНЯ» (Москва) исследованиями установлено, что основными направлениями обеспечения экологической безопасности на АБЗ могут быть:

- использование применяемого экологического топлива для нагрева каменных материалов при производстве асфальтобетонных смесей;
- совершенствование систем пылеулавливания и очистки газов на асфальтосмесительных установках;
- внедрение экологически чистых технологий производства асфальтобетонных смесей.

Таблица 1

Классификация выбросов АБЗ в атмосферу

№ n/n по ГН	Наименование вещества	№ NCAS	Формула	Предельно допустимая концентрация, мг/м ³		Класс опас- ности
				макси- мально разовая	средне- суточная	
4	<i>Азота оксид</i>	10102-44-0	NO ₂	0,2	0,04	3
6	<i>Азот (II)оксид</i>	10102-43-9	NO	0,4	0,06	3
48	<i>Бенз(а)пирен</i>	50-32-8	C ₂₀ H ₁₂	-	1·10 ⁻⁶	1
110	<i>диВанадий пентоксид (пыль)</i>	1314-62-1	O ₅ V ₂	-	0,002	1
490	<i>Сера диоксид</i>	7446-09-5	O ₂ S	0,5	0,05	3
552	<i>Углерода оксид</i>	630-08-0	CO	5,0	3,0	4
551	<i>Углерод</i>	13333-86-4	C	0,15	0,05	3
470	<i>Пыль неоргани- ческая, содер- жащая двуокись кремния</i>	-	-	0,15	0,05	3

Особое значение по количеству и качеству загрязняющих веществ имеет вид применяемого топлива для нагрева каменных материалов при производстве горячих асфальтобетонных смесей. В основном в России применяют в качестве топлива мазут различных марок и другое жидкое топливо. Известно, что в России предпринималась попытка создания каталитического фильтра для очистки образующихся на АБЗ технологических выбросов при использовании мазута, однако до практического применения этой разработки дело так и не дошло.

Обследование АБЗ, работающих на природном газе, выявило низкий уровень загрязнения атмосферы всеми видами окислов и углеродов, а также снижение капитальных затрат асфальтобетонного завода. Поэтому переход на природный газ приобретает все большую актуальность.

В табл. 2 и табл. 3 приведены данные АО «АБЗ КАПОТНЯ» (Москва) по выбросам и размерам платы в пересчете на 1 т асфальтобе-

тонной смеси для асфальтосмесительных установок компаний «Amomatic» и «Ammann» при применении природного газа и мазута [1].

Из приведенных данных следует, что применение природного газа позволяет уменьшить выбросы по некоторым загрязняющим веществам в 5-6 раз по сравнению с использованием мазута. Кроме того, при работе на мазуте дополнительно образуются загрязняющие вещества, которые практически отсутствуют при использовании природного газа. Речь идет о мазутной золе, дигидросульфате и диоксиде серы. Указанные выбросы наиболее токсичны, нормативы оплаты по ним самые высокие.

Перевод на природный газ только одного АБЗ позволяет сократить выбросы загрязняющих веществ в атмосферу до 60 т в год [2].

В перспективе следует рассмотреть в качестве альтернативных видов топлива применение на АБЗ сжиженных природных газов (СПГ), опыт использования которых как за рубежом так и в РФ, при газификации населенных пунктов, предприятий коммунального сектора, промышленных предприятий показал ряд преимуществ, в сравнении с традиционной газификацией [3]. Экспертная оценка специалистов показала, что к концу десятилетия в России возможен рост производства СПГ более 50 млн т в год.

Сжиженный природный газ – газ, сжиженный путем резкого охлаждения по специальной технологии до температуры минус 160 °С для облегчения хранения и транспортировки. При сжижении объем природного газа уменьшается примерно в 600 раз.

Сжиженным нефтяным газом называют пропан, бутан или смесь этих газов. При его использовании не остается запаха или иных загрязнений, а после сгорания – токсичных или твердых отходов. Сопоставление СПГ с замещающими энергосмесителями показывает, что калорийность пропан-бутана составляет 46,36 кДж/кг, а дизельного топлива – 43,7 кДж/кг.

Следует отметить, что АБЗ дорожного хозяйства во многих случаях располагаются вдали от основных магистралей природного газа. Вместе с тем высокая теплотворная способность, экологичность сгорания, удобство хранения и транспортировки в сжиженном виде под давлением СПГ позволяют рассматривать также его применение для замены жидкого топлива при эксплуатации АБЗ.

Таблица 2

Выбросы веществ и размеры платы при применении природного газа

<i>№ п/п</i>	<i>Наименование вещества</i>	<i>Количество выбросов на 1 т смеси</i>	<i>Плата за загрязнение на 1 т смеси, руб.</i>	<i>Плата при сверхнор- мативных выбросах на 1 т смеси, руб.</i>
<i>1</i>	<i>Азот (II)оксид</i>	$7,2 \cdot 10^{-6}$	$18,7 \cdot 10^{-4}$	$4,7 \cdot 10^{-2}$
<i>2</i>	<i>Азота оксид</i>	$1,1 \cdot 10^{-6}$	$2,0 \cdot 10^{-4}$	$0,5 \cdot 10^{-2}$
<i>3</i>	<i>Углерода оксид</i>	$58,6 \cdot 10^{-6}$	$1,7 \cdot 10^{-4}$	$0,5 \cdot 10^{-2}$
<i>4</i>	<i>Углерода предельные (C12-C19)</i>	$5,7 \cdot 10^{-6}$	-	-
<i>5</i>	<i>Пыль неорганическая</i>	$54,3 \cdot 10^{-6}$	$46,5 \cdot 10^{-4}$	$11,7 \cdot 10^{-2}$
<i>6</i>	<i>Кальций карбонат</i>	$0,02 \cdot 10^{-6}$	-	-
<i>7</i>	<i>Углерод (сажа)</i>	$0,4 \cdot 10^{-6}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$0,4 \cdot 10^{-2}$
<i>8</i>	<i>Сера диоксид</i>	$0,6 \cdot 10^{-6}$	$0,2 \cdot 10^{-4}$	$0,1 \cdot 10^{-2}$
		$127,923 \cdot 10^{-6}$	$0,007 \cdot 10^{-4}$	$0,12 \cdot 10^{-2}$

Таблица 3

Выбросы веществ и размеры платы при применении мазута

<i>№ п/п</i>	<i>Наименование веществ</i>	<i>Количество выбросов на 1 т смеси</i>	<i>Плата за загрязнение на 1 т смеси, руб.</i>	<i>Плата при сверх нор- мативных выбросах на 1 т смеси, руб.</i>
1	<i>Азот (II)оксид</i>	$35,2 \cdot 10^{-6}$	$91,9 \cdot 10^{-4}$	0,23
2	<i>Азота оксид</i>	$5,7 \cdot 10^{-6}$	$10,0 \cdot 10^{-4}$	0,03
3	<i>Углерода оксид</i>	$179,0 \cdot 10^{-6}$	$5,4 \cdot 10^{-4}$	0,01
4	<i>Углерода предельные (C12-C19)</i>	$137,1 \cdot 10^{-6}$	-	-
5	<i>Пыль неорганическая</i>	$72,6 \cdot 10^{-6}$	$62,2 \cdot 10^{-4}$	0,16
6	<i>Кальций карбонат</i>	$278,3 \cdot 10^{-6}$	$238,5 \cdot 10^{-4}$	0,60
7	<i>Углерод (сажа)</i>	$3,2 \cdot 10^{-6}$	$132,0 \cdot 10^{-4}$	0,33
8	<i>Сера диоксид</i>	$0,04 \cdot 10^{-6}$	$0,5 \cdot 10^{-4}$	0,02
		$708,4 \cdot 10^{-6}$	$0,054 \cdot 10^{-4}$	1,36

В настоящее время ряд АБЗ дорожного хозяйства рассматривают вопросы перспективного использования СПГ при производстве асфальтобетонных смесей. Следует отметить, что рядом организаций России и Украины предлагаются интересные решения систем автономного снабжения промышленных объектов, которые могут быть пригодны для АБЗ.

Для мобильных АБЗ установки сжиженного газа производятся в виде модульной конструкции. При необходимости их можно перевозить вместе с заводом. Монтаж оборудования выполняется в короткие сроки.

Использование СПГ в качестве топлива при производстве асфальтобетонной смеси находит применение за рубежом, в частности в Украине и Турции при эксплуатации АБЗ на базе асфальтосмесительной установки компании «Чезан».

Анализ отечественного и зарубежного опыта использования СПГ, показывает, что в настоящее время существуют реальные предпосылки для его широкого применения в качестве альтернативы мазуту и другим видам топлива в целях значительного улучшения экологической обстановки на АБЗ дорожного хозяйства.

Широкое внедрение сжиженного природного газа сдерживает высокая стоимость выпускаемого в настоящее время газового оборудования (до 30 % от стоимости АБЗ).

В связи с тем, что применение СПГ обеспечивает сокращение загрязняющих веществ и улучшение экологической обстановки на АБЗ, необходима государственная поддержка и стимулирование использования СПГ в части льготного кредитования для приобретения необходимого оборудования при оснащении АБЗ.

Постоянно повышающиеся экологические требования к АБЗ предопределяют совершенствование систем пылеулавливания и очистки газов на асфальтосмесительных установках (АСУ).

Основной причиной пылевыделения при работе АСУ является превышение давления в их агрегатах над атмосферным, вследствие негерметичности соединительных узлов установок, повышение давления в момент загрузки материала в бункеры, пульсирующий режим работы топочных установок сушильных барабанов.

Для очистки технологических газов, с целью их обезвреживания, применяют следующее оборудование и технологические приемы [4]:

- механические «сухие» пылеуловители, принцип работы которых основан на действии гравитационной силы (пылеосадительные камеры), силы инерции (инерционные пылеуловители) или центробежной силы (циклоны, батарейные циклоны, вращающиеся пылеуловители и т.д.);

- пористые фильтры (рукавные, плоские, клиновые, зернистые и др.), степень очистки газов в которых при соблюдении правил технической эксплуатации достигает 99,9 %;
- электрофильтры, принцип действия которых основан на методе электроосаждения (улавливание пыли в электрическом поле), применяются там, где необходимо очищать очень большие объемы газа и отсутствует опасность взрыва;
- аппараты «мокрого» пылеулавливания капельного, пленочного или барботажного типов (ротоклоны, трубы Вентури и другие инжекторы). Процесс улавливания пыли в них представляется как перенос твердой фазы из газовой среды в жидкую и удаление последней из аппарата вместе с твердой фазой.

Пылеосадительные камеры просты по конструкции, но имеют значительные габаритные размеры. Эффективность улавливания пыли в них размером менее 5 мкм практически нулевая. Пылеосадительные камеры используются на первой ступени очистки газов и устанавливаются перед циклонами и водными пылеуловителями и фильтрами, обеспечивая повышение общей эффективности очистки и увеличение срока службы основных пылеуловителей.

Широкое применение для сухой очистки получили циклоны различных типов.

Циклоны занимают промежуточное положение между аппаратами грубой (предварительной) и тонкой очистки газов. К преимуществам циклонов следует отнести: надежность работы при температуре газов до 500 °С; улавливание пыли в сухом виде; эффективность работы при высоких давлениях газов; простоту изготовления. При небольших капитальных затратах и эксплуатационных расходах степень очистки в циклоне от частиц пыли более 10 мкм составляет 80-90 %. Однако циклоны имеют ряд недостатков: высокое гидравлическое сопротивление 1200-1500 Па; невозможность использования для очистки газов от мелких частиц; недостаточно эффективное улавливание частиц размером менее 5 мкм.

Водные пылеуловители для мокрой очистки работают по принципу осаждения частиц пыли на поверхность либо капель жидкости, либо пленки. Наиболее эффективные аппараты мокрой очистки газов: **скрубберы «Вентури»**. Они имеют различные варианты конструктивного исполнения и в отдельных случаях обеспечивают высокую эффективность аэрозолей (до 99,8 %) со средним размером частиц 1-2 мкм при начальной концентрации до 100 г/м³. Принцип действия скруббера «Вентури» основан на дроблении воды газовым потоком, захвате каплями воды частиц пыли, последующей их коагуляции и осаждения в

пылеуловителе инерционного типа. В каплеуловителе под действием центробежных сил осуществляется сепарация капель жидкости, осаждения на стенку и отвод жидкости в виде шлама через гидрозатвор.

Основные преимущества мокрых пылеуловителей – сравнительно небольшая стоимость и более высокая эффективность улавливания частиц по сравнению с циклонами. Их можно применить для очистки газов от частиц размером до 0,1 мкм. Однако мокрые пылеуловители обладают рядом недостатков, ограничивающих область их применения: образование в процессе очистки шлама, что требует специальных систем для его переработки; вынос влаги в атмосферу и вероятность забивания газоходов и оборудования пылью и потери жидкости вследствие брызгоуноса; большой расход воды и необходимость создания оборотных систем подачи воды в пылеуловитель.

На асфальтосмесительных установках зарубежного производства на второй ступени очистки запыленных газов для осаждения мелкой пыли применяются *тканевые фильтры*. Такие фильтры обладают высокой эффективностью, независимо от изменения количества поступающих газов.

Создание тканевых фильтров является основным направлением усовершенствования пылеулавливающих систем асфальтосмесительных установок. Для успешного и широкого применения тканевых фильтров необходимо обеспечить надежное управление температурой газов, выходящих из сушильного агрегата.

Материал фильтра, тканевый или валяный, должен иметь достаточную плотность, чтобы задержать частицы размером менее 1 мкм, не создавая при этом препятствия для прохождения самих дымовых газов. Однако, если температура проходящих через пылеуловитель газов долгое время превышает 200 °С, ткань фильтров начнет разрушаться.

Применение тканевых фильтров обеспечивает: более высокую степень очистки газов от взвешенных частиц, чем в газоочистных аппаратах других типов; возможность улавливания частиц при любом давлении газов; использование химически стойких материалов; возможность полного улавливания пыли всех размеров, включая субмикронные.

К недостаткам тканевых фильтров следует отнести необходимость периодической замены некоторых фильтрующих перегородок и сравнительно высокий расход энергии при использовании отдельных видов пористых фильтров.

При осаждении пыли на волокнах ткани уменьшается размер пор между ними, что приводит к увеличению эффективности фильтрации. Однако при этом уменьшается пропускная способность фильтра. Поэтому необходимо периодически удалять образовавшийся слой пыли.

В целях снижения стоимости тканевых фильтров следует обеспечить широкое внедрение отечественных тканей взамен дорогостоящих аналогов импортного производства.

Электрофильтры обладают высокой степенью очистки (до 99,9 %), улавливают твердые и жидкие частицы в широком диапазоне размеров (от 0,1 до 100 мкм), имеют невысокое гидравлическое сопротивление (150...200 Па), характеризуются низкими энергозатратами, могут быть полностью автоматизированы.

Несмотря на высокую эффективность очистки загрязняющих веществ, применение электрофильтров ограничено по следующим причинам: сложность в работе при изменении подачи и температуры газов в течение рабочего цикла; наличие в газах сернистых соединений; большие габариты; высокая стоимость изготовления, монтажа и эксплуатации; потребность специально обученного квалифицированного персонала.

Выбросы пыли на АБЗ происходят на следующих этапах производства: во время загрузки дозирующих устройств каменными материалами; во время дозирования материалов на транспортировочные конвейеры; во время просушивания материалов в сушильном барабане, и его дальнейшей транспортировке в элеватор и сортировке в узле грохочения; при подаче сухих материалов в смеситель. Также значительное выделение пыли может происходить в результате загрузки и разгрузки силосов минерального порошка и дозировании порошка в смеситель.

Выделение газообразных загрязняющих веществ происходит в основном: в процессе нагрева каменных материалов в сушильном барабане, в процессе сжигания топлива, а также в смесителе АСУ во время перемешивания материалов с битумом и непосредственно в момент выгрузки готовой асфальтобетонной смеси из смесителя или накопителя готовой смеси.

Устройства из рассмотренных выше групп, как в отдельности, так и в комплексе друг с другом, используются в системах для улавливания пыли и очистки газов, которые производят в России и за рубежом.

В России Колокшанским агрегатным заводом выпускается АСУ с пылеулавливающей установкой – комбинированным рукавным фильтром (фильтровальные рукава собственного производства, материал – «Акрофил-145»).

В асфальтосмесительных установках ПАО «Кредмаш» (Украина) используется преимущественно трехступенчатая система очистки, в которой в качестве последней применяется мокрый пылеулавливатель – скруббер «Вентури». В настоящее время часть асфальтосмесительных установок может поставляться ПАО «Кредмаш» и с тканевым фильтром в модификации для эксплуатации на природном газе.

Для сокращения пылевых и газообразных выбросов на современных асфальтосмесительных установках преимущественно применяют систему фильтрации, которая состоит из циклонного пылеуловителя для улавливания крупных частиц пыли (более 5 мкм) и рукавных фильтров, которые должны обеспечивать высокую эффективность работы, при которой не менее 99 % пыли, содержащейся в газодымовом потоке, должно оставаться в пылеуловителе.

Применяемые в настоящее время на АБЗ в России системы обеспечивают достаточно эффективную очистку газов от пылевых примесей. Однако наряду с очисткой пылегазовых потоков не менее важной задачей является обезвреживание или снижение выбросов загрязненных газов.

В связи с тем, что в РФ вопросам негативного воздействия на окружающую среду будет уделяться все большее внимание пылеулавливание пыли и очистка газов по-прежнему остается актуальной проблемой и требует поиска новых наилучших эффективных способов ее решения для выполнения ужесточающихся экологических требований к АБЗ.

Постоянный поиск новых более эффективных способов пылеулавливания и очистки газов находится в центре внимания производителей АСУ в США, Западной Европе и Китае.

Выпускаемые Компанией Чезан (Турция) АСУ могут комплектоваться системой дробления, грохочения и питания АСУ чистым и сухим щебнем гарантированного гранулированного состава. Такая система может быть встроена в АСУ. Она обеспечивает значительное снижение влажности, поступающих в сушильный барабан материалов, а также уменьшение расхода топлива при сушке и нагрева щебня в 1,5-2 раза. Для устранения пыли из отходящих газов используется двойная система пылеочистки из сепараторов и рукавных фильтров на базе ткани NOMEX.

Следует отметить, что наиболее активно работы по изучению негативного воздействия на окружающую среду при производстве асфальтобетонных смесей проводятся в Китае. По результатам выполненных исследований компанией CCCC XRMС (Китай) предложены АСУ с системой Super Green (SG) различной производительности (**рис. 1**). Установка оснащена закрытой конструкцией и отдельной системой фильтрации для группы дозаторов холодного инертного материала и ленточных питателей. Все узлы асфальтосмесительной установки оснащены системой вентиляции воздуха, пылеочистки и всасывания дыма на каждом этапе производства асфальтобетонной смеси, а также системой для дополнительной фильтрации и очистки отработавших газов.



Рис. 1. Асфальтосмесительная установка компании CCCC XRMC (производства Китая) в комплектации с системой экологичного производства асфальтобетонной смеси

Система SG для очистки газов (**рис. 2**) состоит из башни с системой орошения (1), центробежного влагоотделителя (2), электростатического пылеуловителя (3), плазменного каталитического конвертора (4) и выхлопной системы (5). Данная технология позволяет эффективно использовать установки серии SG в черте мегаполисов и максимально снизить загрязнение окружающей среды при производстве асфальтобетонных смесей [5].

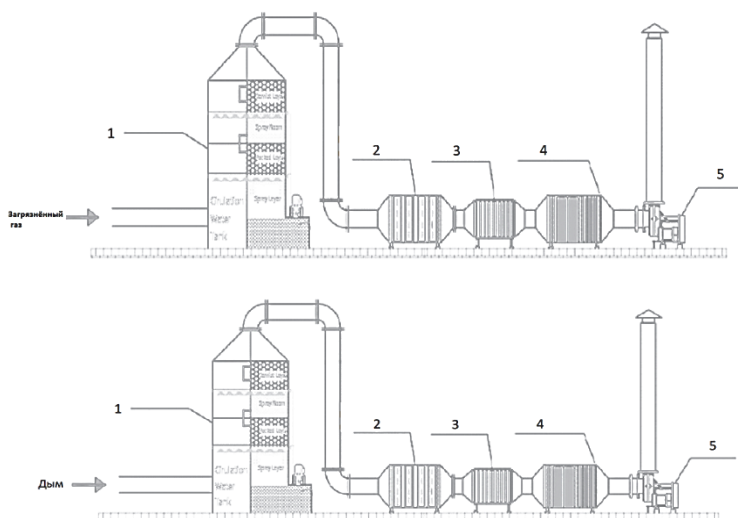


Рис. 2. Система для очистки газов компании CCCC XRMC (Китай)

В последнее время ведущими зарубежными компаниями Lintec, BENNINGHOVEN (Германия), D&G MACHINERI (Китай) поставляются АСУ контейнерного типа. Главное отличие этих установок в том, что они состоят из блоков в стандартных ISO-контейнерах. Изготовление модулей АСУ в стандартных ISO-контейнерах обеспечивает не только быстрый их монтаж и низкие транспортные затраты, но и защиту от непогоды, пыли, загазованности и шума.

Определенный интерес представляет опыт Китая, направленный на организацию более экологичного производства асфальтобетонных смесей путем размещения всего комплекса АБЗ под укрытием (в закрытом помещении) (рис. 3). При этом обеспечивается защита каменных материалов от влаги и ветра при сокращении любых выбросов вредных загрязняющих веществ до минимума.



Рис. 3. Асфальтобетонный завод закрытого типа в Китае

Безусловно, организация работы АБЗ в закрытом помещении требует значительных капитальных затрат и большого объема работ. Однако, в связи с постоянным ужесточением экологических требований к АБЗ, проблема размещения всего комплекса оборудования в закрытом помещении может стать актуальной и для крупных городов России.

Совершенствование систем улавливания пыли и очистки газов АСУ для обеспечения ужесточающихся требований к АБЗ отразится на увеличении их стоимости. Повышение стоимости АБЗ будет обусловлено также и организацией производства в закрытых помещениях.

В связи с этим снижение стоимости производства асфальтобетонных смесей и повышение экологической безопасности на АБЗ может быть достигнуто путем использования экологически чистых технологий.

Основным фактором, влияющим на расход топлива и объем загрязняющих веществ является температура производства горячих асфальтобетонных смесей (140-160 °С).

Из-за роста цен на топливо и ужесточения экологических требований к АБЗ, согласно последним документам экологического законодательства РФ, предопределяется снижение температуры приготовления и укладки асфальтобетонных смесей при обеспечении качества асфальтобетона в соответствии с нормативными требованиями. Асфальтобетонные смеси, приготавливаемые при более низких температурах (100-125 °С), получили название теплые асфальтобетонные смеси (англ. *Warm Asphalt Mixture, WAM*).

По результатам выполненных исследований и практики применения теплых смесей в России и за рубежом, установлено, что их использование обеспечивает ряд существенных преимуществ по сравнению со смесями, приготавливаемыми по традиционной горячей технологии, к числу которых в первую очередь следует отнести: снижение потребления топлива, уменьшение вредного влияния на окружающую среду, возможность продления строительного сезона при укладке асфальтобетонных смесей при более низких температурах и т.д. [7-9].

В последние годы отмечается значительный прогресс в использовании теплых смесей в США и Западной Европе. В США в 2017 г. было произведено 147,4 млн т теплой асфальтобетонной смеси, что составляет приблизительно 38 % от общего объема асфальтобетонных смесей за год. Из европейских стран по количеству произведенного теплого асфальтобетона лидирует Франция. В 2017 г. в этой стране было произведено 4 млн т теплых смесей, что составляет 12,7 от общего объема произведенного асфальтобетона [9].

В России к настоящему времени широкого внедрения таких смесей не произошло. Вместе с тем, на ряде объектов дорожного хозяйства России (в Московской, Брянской, Смоленской, Орловской областях, Республики Татарстан и др.) осуществлена опытная укладка теплых смесей при строительстве и ремонте автомобильных дорог.

Росавтодором уже утвержден отраслевой документ ОДМ 218.2.042-2014 [11], в котором даны практические рекомендации по осуществлению процессов вспенивания битума, последовательность подачи исходных материалов в асфальтосмесительные установки циклического и непрерывного действия.

В настоящее время разработано большое количество различных технологий производства и укладки теплых смесей без ухудшения характеристик асфальтобетонного покрытия. При этом можно выделить 2 основных способа производства теплых смесей за счет применения различных добавок или вспененного битума в специальных установках.

Добавки зарубежного производства имеют высокую стоимость. Наиболее известная и широко применяемая добавка «Evotherm», стоимость которой составляет 1300 тыс. руб. за 1 т [7].

Испытания, проведенные в США, показали, что добавка «Evotherm» в количестве 0,3 % от массы битума обеспечивает приготовление теплых смесей, не уступающим по своим характеристикам горячим асфальтобетонным смесям. Применение добавки «Evotherm» обеспечивает снижение температуры на 50 °С, экономию ресурсов до 55 %, позволяет использовать до 45 % асфальтового гранулята в смеси [8].

Исследованиями, выполненными ООО «Дорэксперт» в АО «АБЗ КАПОТНЯ» (Москва), установлено, что при снижении температуры приготовляемой асфальтобетонной смеси на 30-40 °С обеспечивается снижение удельного расхода газа на 4-5 м³, что позволяет снизить себестоимость производства 1 т смеси. Однако снижение себестоимости приготовления асфальтобетонной смеси за счет сокращения затрат на топливо не компенсирует дополнительной стоимости добавки «Evotherm» при работе асфальтосмесительной установки как на газе, так и на мазуте [9].

Использование для приготовления теплых асфальтобетонных смесей специальных добавок отечественного производства позволит обеспечить экономический эффект от их применения. Однако необходимо проведение исследований по определению их оптимальной дозировки в состав используемого битума.

В настоящее время за рубежом при приготовлении теплых смесей широкое применение находит механическое вспенивание битума, получаемого в специальной установке.

При приготовлении теплых асфальтобетонных смесей важное значение имеет правильный выбор оборудования для вспенивания битума, от чего зависит производительность труда, качество и стоимость дорожно-строительных работ. В связи с увеличением объемов производства теплых асфальтобетонных смесей ведущие производители асфальтосмесительного оборудования: Ammann, Astec, Amomatic, Intrame и др., уделяют большое внимание выпуску и реализации оборудования для вспенивания битума.

Определенный интерес представляет оборудование для вспенивания битума компании Astec (США). Согласно результатам выполненных исследований, в настоящее время компания Astec (США) выпускает оборудование для вспенивания битума третьего поколения Green System [9], обеспечивающее более эффективное вспенивание битума благодаря более высокому давлению воды (от 520 кПа до 1500 кПа). Новая Green System оборудована индивидуально смоделированными

водными форсунками (инжекторами), которые поддерживают давление. Форсунки (инжекторы) открываются сразу после запуска насоса, что позволяет несколько повысить давление воды перед впрыскиванием, предотвращая попадание битумного вяжущего в форсунки (инжекторы) сразу после их открытия. Система снабжена предохранительным клапаном с датчиком потока, который уменьшает давление в случае засорения водопроводов, информируя пользователя о возникших проблемах для их незамедлительного решения. Green System исключает потребность применения дорогостоящих добавок за счет смешивания небольшого количества воды с битумным вяжущим и создания микроскопических пузырей, которые уменьшают вязкость битумного вяжущего при обволакивании каменных материалов, обеспечивая приготовление асфальтобетонных смесей при более низких температурах.

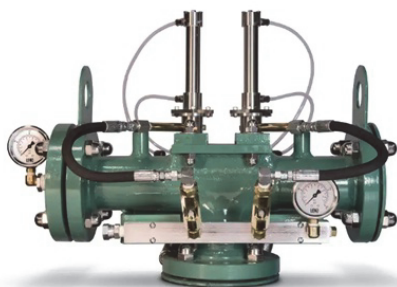


Рис. 4. Green System третьего поколения компании Astec (США)

АО «АБЗ КАПОТНЯ» имеет пятилетний опыт применения технологии вспененного битума с использованием оборудования компании Amomatic (Финляндия). Практика применения вспененного битума показала, что можно получить теплые асфальтобетонные смеси без существенного изменения их свойств при меньшем содержании битума. Экономия битума составляет 2,6 кг для пористых смесей и 1,8 кг – для плотных смесей. Стоимость оборудования зарубежных компаний для вспенивания битума находится в пределах от 4 до 7 млн руб. Расчетами установлено, что окупить его использование возможно при работе на мазуте при выпуске 20 тыс. т смеси, при работе на газе – 140 тыс. т [10].

Анализ отечественного и зарубежного опыта позволяет сделать вывод о том, что применение теплых смесей, произведенных путем механического вспенивания, обладает рядом неоспоримых преимуществ, главными из которых является снижение расходов топлива и сокращение выбросов в окружающую среду при исключении использования специальных дорогостоящих добавок, а также возможность укладки

теплых смесей при продлении строительного сезона. Следует особо отметить, что экологический фактор особенно важен в связи с последними указами Президента Российской Федерации и нормативными документами экологического законодательства Российской Федерации.

Для того чтобы применение теплого асфальтобетона получило широкое распространение в дорожной отрасли, необходимо по результатам НИОКР разработать соответствующие нормативно-технические документы (ГОСТ, технологические регламенты, методические рекомендации).

Действенной мерой по повышению экологической безопасности АБЗ может стать организация и проведение производственного экологического контроля на предприятии.

В соответствии со ст. 67 Федерального закона от 10.01.2002 №7-ФЗ (с изменениями на 29 июля 2018 г.) [12], предприятия, выполняющие хозяйственную и (или) иную деятельность на объектах I, II, III категорий опасности, обязаны разработать и утвердить программу производственного экологического контроля (ПЭК), проводить ПЭК в соответствии с установленными требованиями, документировать информацию и хранить данные, полученные по результатам ПЭК. В большинстве случаев АБЗ относятся к объектам III категории опасности.

В соответствии с приказом Минприроды России от 28.02.2018 г. № 74 [13], программа ПЭК должна содержать сведения:

- об инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух и их источников;
- об инвентаризации сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду и их источников;
- об инвентаризации отходов производства и потребления и объектов их размещения;
- о подразделениях и (или) должностных лицах, отвечающих за осуществление ПЭК;
- о собственных и (или) привлекаемых испытательных лабораториях (центрах), аккредитованных в соответствии с законодательством Российской Федерации об аккредитации в национальной системе аккредитации;
- о периодичности и методах осуществления ПЭК в местах отбора проб и методиках (методах) измерений.

Производственный химико-аналитический контроль может проводиться предприятием или специализированной аккредитованной лабораторией; если имеется заводская лаборатория, осуществляющая ПЭК, ее аккредитация не требуется.

Разработка программы ПЭК, выполнение ее и других требований экологического законодательства РФ практически невозможны без наличия в штате АБЗ эколога и (или) экологической службы.

Включение в штат эколога и (или) экологической службы на АБЗ является в определенной степени гарантией повышения экологической безопасности на предприятии.

Большой круг обязанностей по ПЭК и других работ по обеспечению экологической безопасности на производственных предприятиях для инженера по охране окружающей среды (эколога) и начальника охраны окружающей среды утвержден постановлением Минтруда России [14].

ВЫВОДЫ

1. Необходимо расширение использования природного газа при производстве асфальтобетонных смесей. Использование газового топлива взамен мазута позволяет в 5-6 раз сократить выбросы загрязняющих веществ.
2. При невозможности газификации по традиционной технологии следует предусмотреть использование сжиженного природного газа.
3. Целесообразна разработка и внедрение новых эффективных способов, направленных на обезвреживание и снижение выбросов загрязненных газов.
4. Целесообразно широкое внедрение технологии приготовления теплых асфальтобетонных смесей для снижения расходов топлива и загрязняющих веществ на АБЗ при улучшении свойств асфальтобетона.
5. Предпочтительно использовать для приготовления теплых смесей механический способ вспенивания битума с использованием асфальтосмесительных установок, оснащенных специальным оборудованием.
6. Обязательным для АБЗ должна стать разработка программы производственного контроля, и осуществление его проведения в соответствии с принятыми в последнее время требованиями экологического законодательства.
7. Целесообразно включение в штат АБЗ эколога и (или) создание экологической службы на предприятии.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Лупанов А.П. Выбросы загрязняющих веществ при производстве асфальтобетонных смесей и пути их снижения / А.П. Лупанов, Н.Г. Моисеева, Н.В. Гладышев // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2013. – № 4. – С. 37-38.*

2. Солдатова В.А. Обеспечение экологической безопасности средствами прокурорского надзора / В.А. Солдатова, В.П. Виноградов. // Экологическая безопасность. Технология города. Управление отходами – 2006. – № 1. – С. 27-31.
3. Силкин В.В. Перспективы применения сжиженного газа / В.В. Силкин, А.П. Лупанов, М.А. Мухин. // Строительная техника и технологии. – 2013. – № 3. – С.64-68.
4. Охрана окружающей среды при проектировании, строительстве и эксплуатации производственных предприятий дорожного хозяйства: учеб. пособие для вузов / А.П. Лупанов [и др.] ; под общ. ред. А.П. Лупанова, В.В. Силкина ; Моск. автомобил.-дорож. гос. техн. ун-т. – М.: Экон-Информ, 2017. – 317 с.
5. Волков С. Транспортабельная асфальтосмесительная установка из Китая / С. Волков // Автомобильные дороги.– 2018. – № 12. – С. 131-132.
6. Гладышев Н.В. Совершенствование технологий приготовления и укладки асфальтобетонных смесей с добавлением гранюлята старого асфальтобетона / Гладышев Николай Викторович: автореф. дисс. канд. техн. наук: 05.23.11; Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ). – 2015. – 22 с.
7. ОДМ 218.2.042-2014. Методические рекомендации. Теплые смеси. Рекомендации по применению / Росавтодор. – М., 2013. – 20 с.
8. Траутвайн А.И. Влияние добавок EVOTHERM, АЗОЛ 1007 и АДГЕЗОЛ 3-ТД на свойства битума / А.И. Траутвайн, В.В. Языкина, Д.В. Землякова // Дороги и мосты. – 2014. – № 1. – С. 225-238.
9. Силкин В.В. Приготовление теплых асфальтобетонных смесей / В.В. Силкин, А.П. Лупанов, Ю.Э. Васильев [и др.] // Строительная техника и технологии. – 2013. – № 5. – С. 62-64.
10. Крупин Н.В. Теплый асфальтобетон и РАП сегодня / Н.В. Крупин // Автомобильные дороги. – 2018. – №10. – С. 45-47.
11. Лупанов А.П. / Эффективность производства асфальтобетонных смесей на вспененном битуме. / А.П. Лупанов, В.В. Силкин, А.С. Суханов, Н.В. Гладышев // Автомобильные дороги. – 2017. – № 9. – С. 89-91.
12. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ (ред. от 29.07.2018) «Об охране окружающей среды». – Электрон. данные. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/ (дата обращения: 08.04. 2019).
13. Приказ Минприроды России от 28.02.2018 № 74 «Об утверждении требований к содержанию программы производственного экологического контроля, порядка и сроков представления отчета об организации и о результатах осуществления производственного экологического контроля». – Электрон. данные. – URL:

<https://rg.ru/2018/04/05/minprirodi-prikaz74-site-dok.html> (дата обращения: 08.04. 2019).

14. *Постановление Минтруда России от 21.08.1998 № 37 «Об утверждении квалифицированного справочника должностей руководителей, специалистов и других служащих» (в ред. от 12.02.2014).* – Электрон. данные. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/58839553> (дата обращения: 08.04. 2019).

L I T E R A T U R A

1. *Lupanov A.P. Vybrosy zagryaznyayushchih veshchestv pri proizvodstve asfal'tobetonyh smesey i puti ih snizheniya / A.P. Lupanov, N.G. Moiseeva, N.V. Gladyshev // Nauka i tekhnika v dorozhnoj otrasli. – 2013. – № 4. – S. 37-38.*
2. *Soldatova V.A. Obespechenie ekologicheskoy bezopasnosti sredstvami prokurorskogo nadzora / V.A. Soldatova, V.P. Vinogradov. // Ekologicheskaya bezopasnost'. Tekhnologiya goroda. Upravlenie ot-hodami – 2006. – № 1. – S. 27-31.*
3. *Silkin V.V. Perspektivy primeneniya szhizhennogo gaza / V.V. Silkin, A.P. Lupanov, M.A. Muhin. // Stroitel'naya tekhnika i tekhnologii. – 2013. – № 3. – S.64-68.*
4. *Ohrana okruzhayushchej sredy pri proektirovanii, stroitel'stve i ekspluatatsii proizvodstvennyh predpriyatij dorozhnogo hozyajstva: ucheb. posobie dlya vuzov / A.P. Lupanov [i dr.]; pod obshch. red. A.P. Lupanova, V.V. Silkina; Mosk. avtomobil.-dorozh. gos. tekhn. un-t. – M. : Ekon-Inform, 2017. – 317 s.*
5. *Volkov S. Transportabel'naya asfal'tosmesitel'naya ustanovka iz Kitaya / S. Volkov // Avtomobil'nye dorogi. – 2018. – № 12. – S. 131-132.*
6. *Gladyshev N.V. Sovershenstvovanie tekhnologij prigotovleniya i ukladki asfal'tobetonyh smesey s dobavleniem granulyata starogo asfal'tobetona / Gladyshev Nikolaj Viktorovich: avtoref. diss. kand. tekhn. nauk: 05.23.11; Moskovskij avtomobil'no-dorozhnyj gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet (MADI). – 2015. – 22 s.*
7. *ODM 218.2.042-2014. Metodicheskie rekomendacii. Teplye smesi. Rekomendacii po primeneniyu / Rosavtodor. – M., 2013. – 20 s.*
8. *Trautvain A.I. Vliyanie dobavok EVOTHERM, AZOL 1007 i ADGE-ZOL 3-TD na svoystva bituma / A.I. Trautvain, V.V. Yazykina, D.V. Zemlyakova // Dorogi i mosty. – 2014. – № 1. – S. 225-238.*
9. *Silkin V.V. Prigotovlenie teplyh asfal'tobetonyh smesey / V.V. Silkin, A.P. Lupanov, Yu.E. Vasil'ev [i dr.] // Stroitel'naya tekhnika i tekhnologii. – 2013. – № 5. – S.62-64.*
10. *Krupin N.V. Teplyj asfal'tobeton i RAP segodnya. / N.V. Krupin //Avtomobil'nye dorogi. – 2018. – № 10. – S. 45-47.*

11. Lupanov A.P. / *Effektivnost' proizvodstva asfal'tobetonnyh smesey na vspenennom bitume.* / A.P. Lupanov, V.V. Silkin, A.S. Suhanov, N.V. Gladyshev // *Avtomobil'nye dorogi.* – 2017. – № 9. – S. 89-91.
12. *Federal'nyj zakon ot 10.01.2002 № 7-FZ (red. ot 29.07.2018) «Ob ohrane okruzhayushchej sredy».* – *Elektron. dannye.* – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/ (data obrashcheniya: 08.04. 2019).
13. *Prikaz Minprirody Rossii ot 28.02.2018 № 74 «Ob utverzhdenii trebovanij k sodержaniyu programmy proizvodstvennogo ekologi-cheskogo kontrolya, poryadka i srokov predstavleniya otcheta ob or-ganizacii i o rezul'tatah osushchestvleniya proizvodstvennogo eko-logicheskogo kontrolya».* – *Elektron. dannye.* – URL: <https://rg.ru/2018/04/05/minprirodi-prikaz74-site-dok.html> (data obrashcheniya: 08.04. 2019).
14. *Postanovlenie Mintruda Rossii ot 21.08.1998 № 37 «Ob utverzhdenii kvalifitsirovannogo spravochnika dolzhnostej rukovoditelej, specialistov i drugih sluzhashchih»* (v red. ot 12.02.2014). – *Elektron. dannye.* – URL: <http://docs.cntd.ru/document/58839553> (data obrashcheniya: 08.04. 2019).

IMPROVING ASPHALT PLANT ENVIRONMENTAL SAFETY

*Ph. D. (Tech.) V.V. Silkin,
Doctor of Engineering A.P. Lupanov,
Ph. D. (Tech.) V.V. Rudacova,
Student S.S. Gorokhov
(Moscow State Automobile and Road
Technical University (MADI)),
engineer A.V. Silkin
(A.O. «Asphalt plant Kapotnya»)
Contact information: alesilkin@yandex.ru*

The main ways of providing environmental safety in the production of asphalt concrete at asphalt plants are determined. The results of the analysis of dust collection and gas purification systems at asphalt plants of the road sector are presented. It is noted that in order to ensure the increasing environmental requirements to the asphalt plant, it is necessary to improve the systems of gas capture and purification. Practical recommendations for reducing harmful emissions in the production of asphalt concrete mixes at asphalt plants are given.

Key words: *asphalt plant, asphalt concrete mixes, harmful emissions, fuel oil, natural gas, warm asphalt mixes, fabric filter, environmental requirements.*

Рецензент: канд. техн. наук А.В. Бобков (ФАУ «РОСДОРНИИ»).
Статья поступила в редакцию: 13.04.2019 г.