УДК 665.775.03:625.85

СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ АСФАЛЬТОСМЕСИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Д-р техн. наук, профессор **А.П. Лупанов**,
инженер **А.В. Силкин**
(АО «АБЗ КАПОТНЯ»),
канд. техн. наук, профессор **В.В. Силкин**,
магистр **К.М. Гуляев**
(Московский автомобильно-дорожный
государственный технический университет (МАДИ))
Конт. информация: alesilkin@yandex.ru

В статье выполнен анализ отечественного и зарубежного опыта производства асфальтобетонных смесей в асфальтосмесительных установках циклического и непрерывного действия. Определены основные тенденции развития асфальтосмесительного оборудования с целью повышения качества и снижения себестоимости производства асфальтобетонных смесей при обеспечении требований экологического законодательства.

***Ключевые слова**: асфальтобетонный завод, теплые асфальтобетонные смеси, асфальтосмесительная установка, асфальтовый гранулят, экологические требования.*

ВВЕДЕНИЕ

Основным видом дорожных покрытий в России являются асфальтобетонные покрытия. При этом протяженность таких покрытий ежегодно увеличивается.

Согласно паспорту национального проекта «Безопасные качественные дороги» в 2024 г., доля автомобильных дорог регионального значения, соответствующих нормативным требованиям, должна быть увеличена с 43,1 до 50,9 %, а доля дорожной сети городских агломераций, находящихся в нормативном состоянии – с 42 % до 85 % **[1]**.

Реализация намеченных планов потребует значительного увеличения выпуска асфальтобетонных смесей и ввода в эксплуатацию нового асфальтосмесительного оборудования, которое в настоящее время преимущественно поставляется зарубежными производителями.

В структуре парка асфальтосмесительного оборудования преобладают установки зарубежного производства, в том числе ПАО «Кредмаш»

(Украина), которые традиционно являлись поставщиком данного оборудования в Россию, а также установки известных зарубежных компаний Ammann (Швейцария-Германия), Benninghoven (Германия), Astec (США), Marini (Италия) и др. **[2]**.

До недавнего времени асфальтосмесительные установки в Китае выпускались на базе совместных предприятий с Германией и Италией. В настоящее время, используя технологии и комплектующее оборудование европейских стран, китайские производители поставляют асфальтосмесительные установки собственного производства на экспорт в другие страны, в том числе и в Россию.

На современном этапе зарубежными компаниями выпускается широкая номенклатура асфальтосмесительных установок по производительности и типам производимого технологического оборудования **(табл. 1)**. Их доля в структуре парка асфальтосмесительных установок постоянно увеличивается.

Таблица 1

Страны и компании, поставляющие асфальтосмесительные установки в РФ

№ п/п	*Страна*	*Компания*	*Количество моделей*	*Производительность установок, т/ч*
1	***Германия***	***Ammann***	18	от 90 до 340
		Benninghoven	24	от 90 до 400
		Lintec	8	от 120 до 400
2	***Италия***	***Marini***	17	от 60 до 330
		Bernardi	24	от 50 до 400
3	***Испания***	***Intrame***	31	от 80 до 400
4	***США***	***Astec***	27	от 50 до 600
		Almix	35	от 90 до 550

№ п/п	Страна	Компания	Количество моделей	Производительность установок, т/ч
		Celenter prises	4	от 70 до 160
		Dilma equipment	15	от 180 до 540
		Terex	10	от 100 до 500
5	Китай	Machinery	9	от 100 до 320
		Ca-Long	12	от 60 до 600
		XRMC	14	от 80 до 400
		NFLG	25	от 80 до 600
6	Франция	Ermont	9	от 160 до 360
7	Турция	Cesan	6	от 60 до 200
		E-Mak simge	4	от 120 до 180
8	Финляндия	Amomatic	4	от 100 до 280
9	Турция	E-Mak Sigma Gesan	9	от 120 до 280
10	Украина	Кредмаш	11	от 48 до 160
11	Россия	Колокшанский агрегатный завод	3	от 90 до 160
		Ротор	4	от 60 до 160

В России асфальтосмесительные установки выпускаются компаниями ООО «Самарский завод Ротор» и ООО «Колокшанский агрегатный завод». Их доля в структуре парка асфальтосмесительного оборудования России не превышает 10 %.

Важной тенденцией в развитии технологического оборудования является расширение автоматизации технологических процессов на основе увеличения мест оперативного контроля параметров промежуточных процессов и использования компьютеров для хранения информации, ускорения изменения рецептов смесей и настройке системы обеспечения качества (температуры, дозирования и др.).

В последнее время наблюдается быстрое распространение достижений отдельных компаний в обеспечении:

- точности дозирования составляющих на базе тензометрического взвешивания компонентов;
- использования универсальных горелок сушильных барабанов, работающих на газе, дизтопливе, мазуте и пылевидном угле;
- утилизации отходящих газов при работе в городских условиях;
- использования рукавных фильтров, обеспечивающих высокую степень очистки отходящих газов и возврат пыли в смесь для замены части минерального порошка;
- использования более эффективной теплоизоляции сушильных барабанов и накопительных бункеров.

До недавнего времени в линейке асфальтосмесительных установок ведущих компаний-производителей преобладали установки стационарного типа, как правило, это установки башенного типа с высокой производительностью до 600 т/ч. Увеличение производительности асфальтосмесительных установок стационарного типа способствует повышению производительности труда, снижению себестоимости производства асфальтобетонных смесей и экономии материальных затрат.

Установки данного типа характеризуются высоким уровнем автоматизации в соответствии с технологическими и экологическими требованиями к асфальтобетонным смесям.

В России накоплен опыт использования стационарных асфальтосмесительных установок циклического действия компаний Ammann (Швейцария-Германия) и Benninghoven (Германия).

Из асфальтосмесительного оборудования компании Ammann в России наиболее известны стационарные асфальтосмесительные установки серии Global **(рис. 1)**.

Рис. 1. Асфальтосмесительная установка серии GLOBAL 160-240 компании Аттапп (Швейцария-Германия)

Отличительной особенностью асфальтосмесительных установок серии Global является оснащение их следующим технологическим оборудованием:

- универсальной мультитопливной горелкой мощностью 20 МВт;
- высокопроизводительным фильтром AFA 57 с пресепаратором и площадью фильтрации 884 м^2.

Следует отметить, что установки серии Global производительностью 160 и 240 т/ч в настоящее время производятся в России (г. Тверь). На данное время выпущено семь установок. Однако основные узлы установки, смеситель, сушильный барабан, горелка, грохот и система управления поставляются с заводов Германии и Швейцарии.

Стационарные асфальтосмесительные установки циклического действия серии BA компании Benninghoven представлены моделями: BA 3000 производительностью 240 т/ч; BA 4000 производительностью 320 т/ч; BA 5000 производительностью 400 т/ч.

Рис. 2. Стационарная асфальтосмесительная установка серии BA компании Benninghoven (Германия)

Базовая модель BA 4000 производительностью 320 т/ч **(рис. 2)** оснащена системой грохотов, позволяющих разделить материалы на 6 фракций, что совместно с другими техническими решениями, в том числе с высокой точностью дозирования, дает возможность гарантировать высокое качество асфальтобетонных смесей.

По заказу потребителей устанавливаются универсальные горелки мощностью 23,7 МВт для работы на мазуте, дизельном топливе, природном или сжиженном газе, а также на угольной пыли. Максимальная вместимость бункера-накопителя в семи отделениях составляет при параллельной установке 880 т, при рядной – 660 т.

В конструкции стационарных асфальтосмесительных установок компаний Ammann, Astec, Benninghoven, Marini и др. предусмотрено оборудование для контроля загрязнения и шумоподавления, включающее разгрузочные тоннели системы управления газовыми выбросами. Использование этого оборудования направлено на исключение претензий к работе АБЗ по шуму и выбросам со стороны населения.

Следует отметить, что в последние годы падает спрос на стационарные асфальтосмесительные установки. Эти установки больше применяются в городских условиях.

Расширение типов и моделей асфальтосмесительных установок сопровождается увеличением выпуска транспортабельных (модульных) и мобильных асфальтосмесительных установок.

Модульный вариант асфальтосмесительного оборудования предусмотрен в линейке асфальтосмесительных установок практически всех ведущих производителей Европы, Китая и США. Следует отметить, что модульные асфальтосмесительные установки могут эксплуатироваться стационарно, обеспечивая высокое качество приготовления АБС, присущее стационарным моделям, но при этом могут обеспечить оперативную смену места нахождения и передислокацию. Для сокращения сроков транспортировки таких асфальтосмесительных-установок соответствующие модули устанавливаются на прицепах, с последующим быстрым присоединением к тягачам.

Особо следует отметить поставляемые зарубежными производителями асфальтосмесительные установки мобильного типа.

Компанией Marini-Ermont (Франция) поставляются сверхмобильные установки циклического действия серии Roadbatch, устанавливаемые на новом месте без помощи крана за 2 дня **(рис. 3)**. Все блоки сверхмобильной установки монтируются на стандартных прицепах.

а)

б)

Рис. 3. Сверхмобильная установка Roadbatch компании Marini-Ermont (Франция):
а) – монтаж установки; б) – в рабочем положении

Следует отметить, что доля асфальтосмесительных установок мобильного типа занимает значительное место в линейке технологического оборудования у компаний Европы, США и Китая.

К достоинствам установок мобильного типа можно отнести возможность их монтажа на объекте с помощью малых грузоподъемных средств без закладки бетонных фундаментов.

Следует отметить, что мобильные установки компании Astec (США) оснащаются пневмоподвеской, защищающей оборудование от повреждений, возникающих при транспортировке. Использование пневмоподушки для предварительного выравнивания основания перед сборкой технологического оборудования обеспечивает повышенную скорость монтажа на производственной площадке.

В последнее время зарубежными компаниями осуществляется выпуск асфальтосмесительных установок в контейнерном исполнении. Впервые изготовление асфальтосмесительных установок в контейнерном исполнении и расположение блоков в стандартных морских контейнерах было реализовано компанией Lintec(Германия). Это позволяет сократить сроки монтажа и исключить устройство бетонных фундаментов **(рис. 4)**.

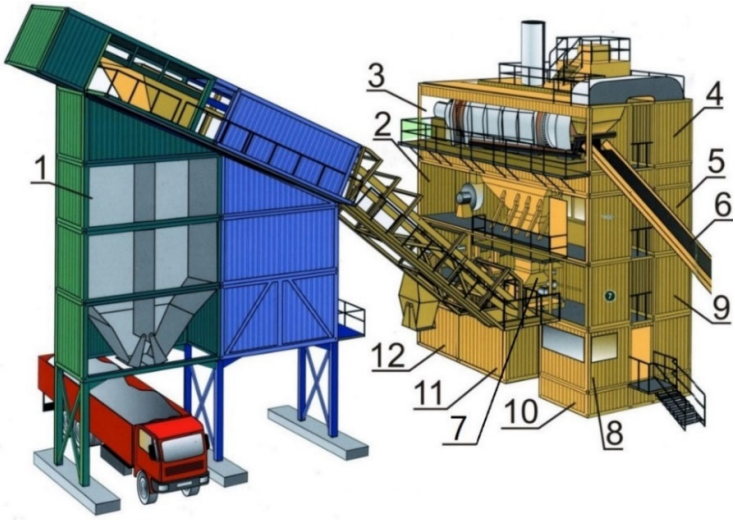

Рис. 4. Асфальтосмесительная установка компании Lintec (Германия):

1 – бункер готовой смеси; 2 – контейнер горячего материала; 3 – контейнер сушильного барабана; 4 – контейнер фильтра; 5 – контейнер силоса собственного заполнителя; 6 – транспортер подачи каменных материалов в сушильный барабан; 7 – контейнер-смеситель; 8 – контейнер-кабина управления; 9 – контейнер-мастерская; 10 – контейнер-нижняя конструкция башни; 11 – контейнер-насосная станция; 12 – контейнер-цистерна битума

Контейнерное исполнение асфальтосмесительных установок обеспечивает их защиту от непогоды, загазованности и шума. Однако наличие контейнеров иногда осложняет ремонт и замену крупных узлов.

Продолжается совершенствование конструкции асфальтосмесительных установок циклического и непрерывного действия с обеспечением возможности введения в смесь добавок гранулята старого асфальтобетона. В асфальтосмесительных установках, поставляемых компаниями-производителями за рубежом, предусмотрена реализация технологии подачи асфальтового гранулята (полученного при фрезеровании асфальтобетонных покрытий) в асфальтосмесительную установку различными способами **[3, 4]:**

- через горячий элеватор – до 25 %;
- в смеситель – до 20 %;
- в сушильный барабан через среднее кольцо – до 35 %;
- в параллельный сушильный барабан – до 50 %.

Практически все зарубежные компании-производители имеют в своем арсенале асфальтосмесительные установки, оснащенные вторым параллельным барабаном для нагрева асфальтового гранулята.

В целях повышения количества подаваемого асфальтового гранулята в асфальтосмесительную установку компанией Ammann разработана технология горячей переработки асфальтового гранулята с использованием генератора горячего газа **(рис. 5).**

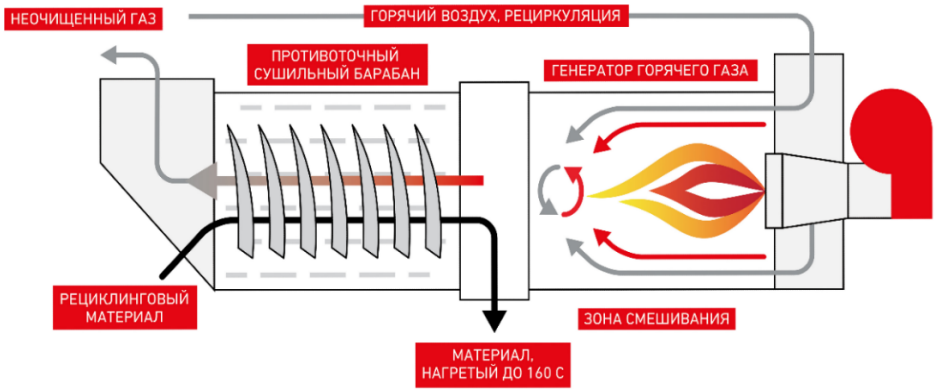

Рис. 5. Технология переработки асфальтового гранулята в параллельном барабане в противотоке с генератором газа компании Ammann (Швейцария-Германия)

Разработанная технология реализована компанией Ammann в выпускаемых асфальтосмесительных установках серии ABP 240-400 HRT **(рис. 6)**.

По данным компании Ammann доля подаваемого асфальтового гранулята при приготовлении асфальтобетонных смесей в установках ABP 240-400 HRT может составлять до 100 %.

Рис. 6. Асфальтосмесительная установка ABP 240-400 HRT компании Amann (Швейцария-Германия)

В настоящее время расширяется производство тёплых асфальтобетонных смесей в Европе и США. По данным Европейской ассоциации асфальтобетонных покрытий в США в 2017 г. было произведено 147,4 млн тонн теплой смеси, что составляет 39 % от общего объёма производства асфальтобетонных смесей **[5]**.

В связи с увеличением объемов производства теплых асфальтобетонных смесей ведущие производители асфальтосмесительного оборудования (Amman, Benninghoven, Astec, Amomatic, Intrame и др.) уделяют большое внимание выпуску и реализации оборудования для вспенивания битума.

В настоящее время в России при приготовлении теплых смесей широкое применение находит способ вспенивания битума, получаемого в специальных аппаратах.

Компанией Astec (США) предлагается вспенивающий аппарат третьего поколения **(рис. 7)**, обеспечивающий более эффективное вспенивание битума благодаря более высокому давлению воды **[5]**. Вода впрыскивается в битумное вяжущее через две нагнетательные форсунки, которые используются для непрерывного впрыска воды под высоким давлением в камеру вспенивания. При впрыске воды в битумное вяжущее капли воды быстро испаряются, образуя микроскопические пузыри пара, позволяющие увеличить объём и снизить вязкость битумного вяжущего.

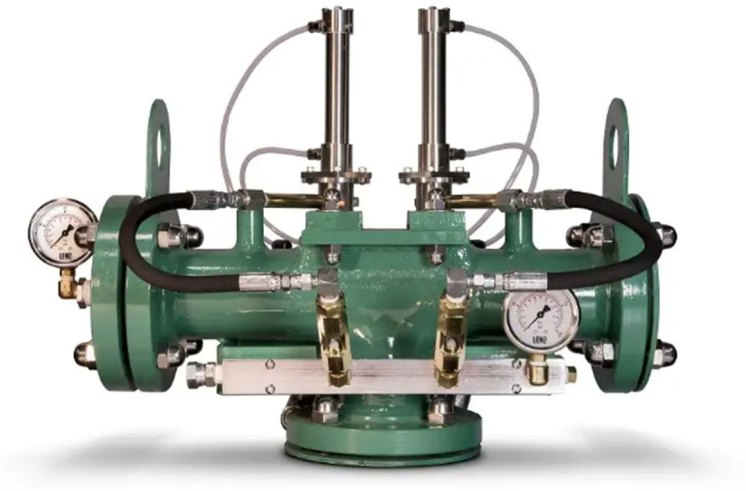

Рис. 7. Вспениватель Green System третьего поколения компании Astec (США)

В центре постоянного внимания зарубежных производителей асфальтосмесительного оборудования находятся задачи улучшения его экологических показателей, обеспечивающих требования законодательства по защите окружающей среды. Практически все выпускаемые асфальтосмесительные установки оснащаются тканевыми фильтрами для улавливания пыли и очистки газов **[6]**.

Применение тканевых фильтров обеспечивает более высокую степень очистки газов от взвешенных частиц, чем в газоочистных аппаратах других типов. Современные тканевые фильтры позволяют улавливать частицы при любом давлении газов; использование химически стойких материалов дает возможность полностью улавливать пыль всех размеров, включая субмикронные.

Вместе с тем во многих странах мира продолжаются работы, направленные на дальнейшее повышение эффективности использования тканевых фильтров в составе асфальтосмесительных установок.

Установки компании Astec оснащаются более эффективными тканевыми фильтрами с импульсной системой очистки газов в мобильном и перемещаемом исполнении.

В ряде установок компаний Marini, Astec, Ammann и др. предусмотрено расположение тканевого фильтра над сушильным барабаном **(рис. 8)**, что предполагает больше преимуществ для экономии энергии за счет короткого и теплоизолированного канала между сушильным барабаном и фильтром.

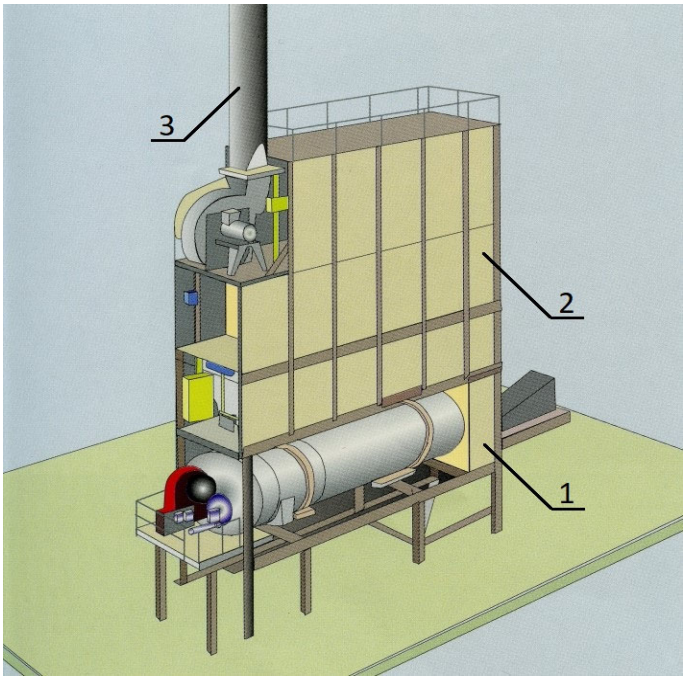

Рис. 8. Тканевый фильтр компании Marini (Италия)
1 – сушильный барабан; 2 – тканевый фильтр;3 – вытяжная труба

Расширение типов асфальтосмесительных установок сопровождается увеличением выпуска установок непрерывного действия. Стереотип, возникший в России, о неэффективности непрерывных технологий уходит в прошлое благодаря целенаправленной работе компании Astec по совершенствованию конструкций сушильно-смесительного барабана по технологии Double Barrel («двойной барабан») **(рис. 9)**.

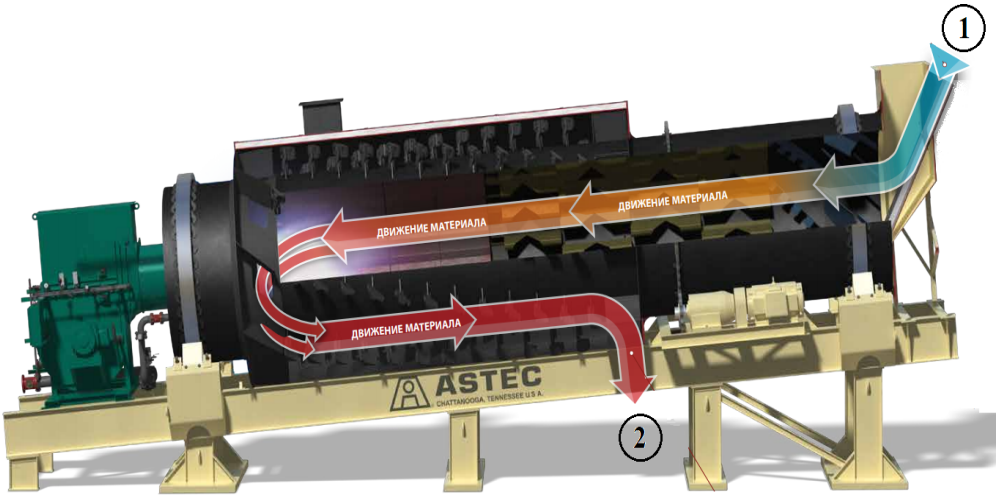

Рис. 9. Сушильно-смесительный барабан Double Barrel компании Astec (США):
1 – подача исходного материала; 2 – выход готовой смеси

В целях дальнейшего повышения качества горячих и теплых асфальтобетонных смесей и возможности увеличения доли добавляемого асфальтового гранулята в их составе, при обеспечении постоянно повышающихся требований по степени очистки исходящих газов, компанией Astec освоены: сушильно-смесительный барабан с внешним смесительным барабаном Double Barrel X и сушильно-смесительный барабан Double Barrel XHR с высоким содержанием асфальтового гранулята – до 70 %.

Компании Ammann, Benninghoven и др., широко известные производители установок циклического действия, расширили ассортимент своей продукции выпуском нового технологического оборудования непрерывного действия в стационарном и мобильном исполнении.

Для непрерывной работы асфальтосмесительных установок и сокращения простоев автомобильного транспорта обеспечивается расширение типоразмерного ряда и вместимости бункеров-накопителей готовой смеси, что позволяет создать запас асфальтобетонной смеси до начала ее укладки и не останавливать работу асфальтосмесительной установки при неравномерном подходе автомобилей-самосвалов. При этом осуществляются различные мероприятия против сегрегации готовой смеси в бункере-накопителе.

Компаниями Astec, Benninghoven и Marini предлагаются силосы для длительного хранения готовой смеси с гарантией качества до нескольких суток.

Компанией Astec разработана конструкция бункеров длительного хранения готовой смеси, поставляемых в виде батарей из нескольких силосов. Вместимость силосов составляет от 100-600 т **(рис. 10)**.

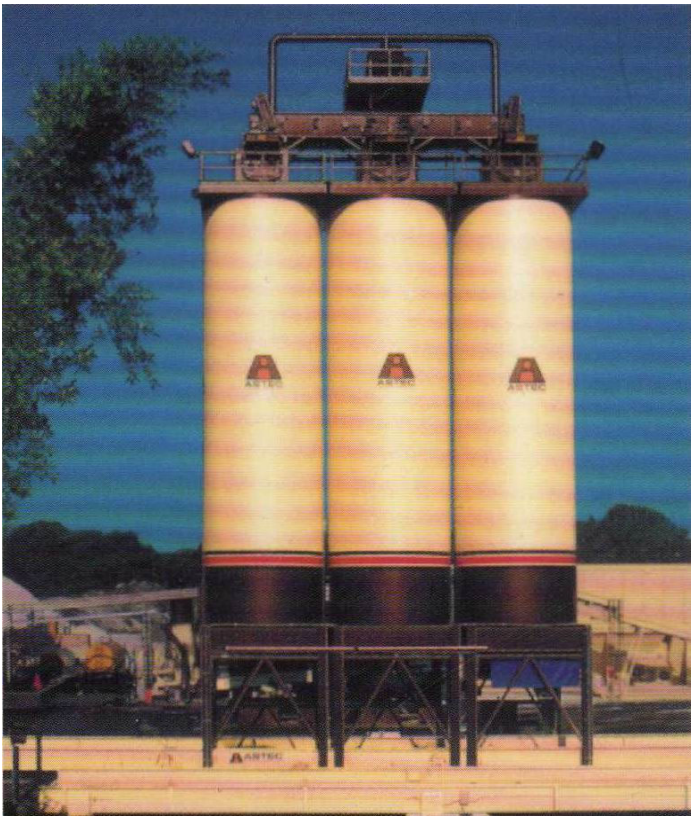

Рис. 10. Бункеры длительного хранения компании Astec

Компания Astec при поставке бункеров силосного типа гарантирует дорожным организациям хранение готовой асфальтобетонной смеси в течение четырех суток без снижения ее свойств и температуры за счет использования усиленной теплоизоляции. При этом температурные

теплопотери не превышают 1 °С в сутки. За счет полной герметизации бункеров исключается окисление вяжущего при длительном хранении.

Аналогичную конструкцию бункеров для длительного хранения смеси предлагает компания Marini **(рис 11)**. В них вовлеченный в состав воздух заменяется водяным паром.

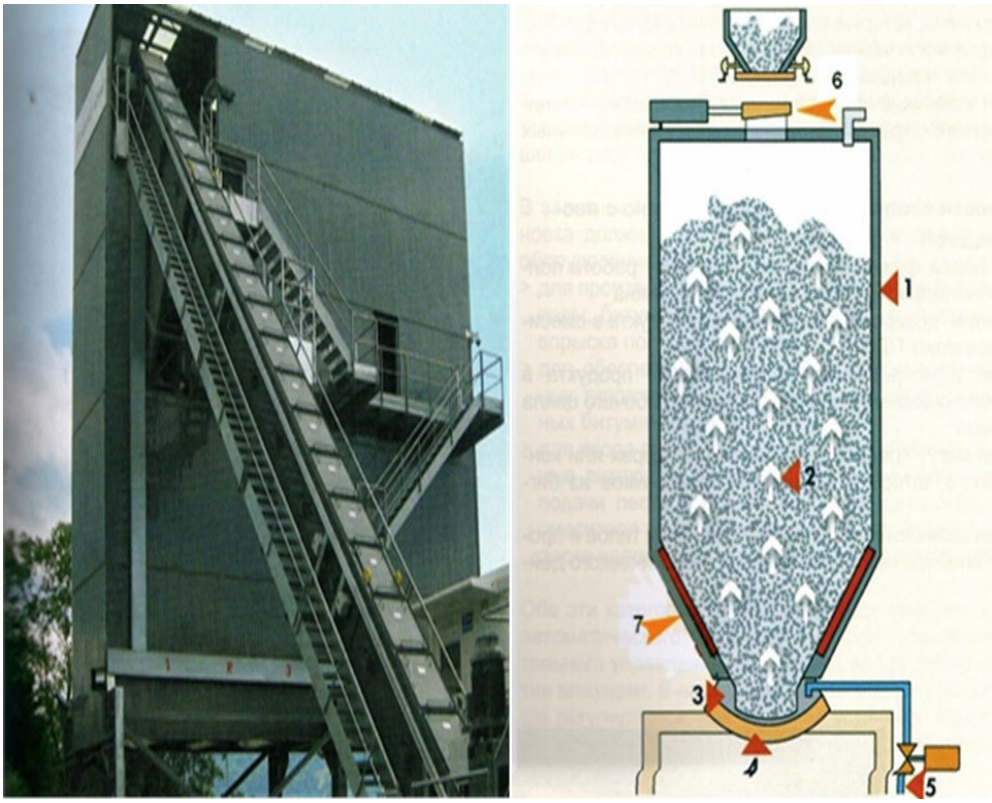

Рис. 11. Силос для долговременного хранения асфальтобетонной смеси компании Marini (Италия):
1 – усиленная теплоизоляция; 2 – пар;
3 – гидравлическое уплотнение;
4 – герметичный затвор; 5 – ввод воды;
6 – затвор загрузочного отверстия силоса;
7 – рубашка системы поддержания температуры

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненный анализ показывает, что основные направления развития асфальтосмесительного оборудования связаны с повышением мощности, мобильности и улучшением экологических показателей. Ведущие производители оборудования производят комбинированные горелки, работающие на разных видах топлива. Практически все современные установки оснащены узлами для переработки асфальтового гранулята. При этом возможности его применения в новых моделях постоянно расширяются.

Производители также стремятся увеличивать объем запаса асфальтобетонной смеси и время её хранения в накопительных бункерах без снижения качества. Это позволяет уменьшить энергозатраты, при дополнительных запусках установки и оптимизировать работу транспорта.

Проблемы эксплуатации асфальтосмесительных установок зарубежного производства в России связаны в первую очередь с его высокой стоимостью (2-2,5 млн евро), а также с высокой стоимостью и сроками поставки запасных частей (до 6 месяцев).

С учетом существенного увеличения объёмов работ по программе национального проекта «Безопасные качественные дороги» очевидно, что назрела острая необходимость создания совместных производств асфальтосмесительных установок в России.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Паспорт национального проекта «Безопасные и качественные автомобильные дороги» Утв. Президиум Совета при Президенте РФ по стратегическому развитию и национальным проектам, протокол от 24.12.2018 № 15. – Электрон. данные. – URL: http://static.government.ru/media/files/rBdyoIr3S9IDP8Q87lXXYaktpKWGc0NY.pdf (дата обращения: 29.01.2021 г.).*
2. *Силкин В.В. Асфальтобетонные и цементобетонные заводы: Учебно-справочное пособие / В.В. Силкин, А.П. Лупанов и др.; под общ. ред. В.В. Силкина, А.П. Лупанова. – М.: Экон-Информ, 2014. – 266 с.*
3. *Карелин Д.Ю. Современные способы применения асфальтового гранулята / Д.Ю. Карелин // Тезисы докладов на международной конференции «Применение дорожного асфальтобетона в России», MAXconference. – 2015. – С. 141-146.*
4. *Лупанов А.П. Совершенствование производства на АБЗ асфальтобетонных смесей с добавлением асфальтового гранулята*

/ А.П. Лупанов, В.В. Силкин, А.С. Суханов, Н.В. Борисюк, М.М. Аль-Карагули // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2020.– № 4. – С. 12-18.
5. Крупин Н.В. Теплый асфальтобетон и RAP сегодня / Н.В. Крупин // Автомобильные дороги. – 2018. – № 30. – С. 89-91.
6. Силкин В.В. Повышение экологической безопасности асфальтобетонных заводов / В.В. Силкин, А.П. Лупанов, В.В. Рудакова, С.С. Горохов, А.В. Силкин // Дороги и мосты. – 2019. – № 41/1. – С. 273-292.

LITERATURA

1. Pasport nacional'nogo proekta «Bezopasnye i kachestvennye avtomobil'nye dorogi» Utv. Prezidium Soveta pri Prezidente RF po strategicheskomu razvitiyu i nacional'nym proektam, protokol ot 24.12.2018 № 15. – Elektron. dannye. – URL: http://static.government.ru/media/files/rBdyoIr3S9IDP8Q87lXXYaktpKWGc0NY.pdf (data obrashcheniya: 29.01.2021 g.).
2. Silkin V.V. Asfal'tobetonnye i cementobetonnye zavody: Uchebno-spravochnoe posobie / V.V. Silkin, A.P. Lupanov i dr.; pod obshch. red. V.V. Silkina, A.P. Lupanova. – M.: Ekon-Inform, 2014. – 266 s.
3. Karelin D.YU. Sovremennye sposoby primeneniya asfal'tovogo granulyata / D.Yu. Karelin // Tezisy dokladov na mezhdunarodnoj konferencii «Primenenie dorozhnogo asfal'tobetona v Rossii», MAXconference. – 2015. – S. 141-146.
4. Lupanov A.P. Sovershenstvovanie proizvodstva na ABZ asfal'tobetonnyh smesej s dobavleniem asfal'tovogo granulyata / A.P. Lupanov, V.V. Silkin, A.S. Suhanov, N.V. Borisyuk, M.M. Al'-Karaguli // Nauka i tekhnika v dorozhnoj otrasli. – 2020.– № 4. – S. 12-18.
5. Krupin N.V. Teplyj asfal'tobeton i RAP segodnya / N.V. Krupin // Avtomobil'nye dorogi. – 2018. – № 30. – S. 89-91.
6. Silkin V.V. Povyshenie ekologicheskoj bezopasnosti asfal'tobetonnyh zavodov / V.V. Silkin, A.P. Lupanov, V.V. Rudakova, S.S. Gorohov, A.V. Silkin // Dorogi i mosty. – 2019. – № 41/1. – S. 273-292.

CURRENT SITUATION AND DEVELOPMENT TRENDS OF ASPHALT MIXING EQUIPMENT

*Doctor of Engineering, Professor **A.P. Lupanov**,*
*Engineer **A.V. Silkin***
(JSC «AMP Kapotnya»),
*Ph. D. (Tech.), Professor **V.V. Silkin**,*
*Master Student **K.M. Gulyaev***
(Moscow State Automobile and Road Technical University (MADI))
Contact information: alesilkin@yandex.ru

The article analyzes domestic and foreign experience in the production of asphalt concrete mixes in cyclic and continuous asphalt mixing plants. The main trends in the development of asphalt mixing equipment aimed at improving the quality and reducing the cost of production of asphalt concrete mixes while meeting the requirements of environmental legislation are determined.
Key words: *asphalt concrete plant, warm asphalt concrete mixes, asphalt mixing plant, asphalt granulate, environmental requirements.*

Рецензент: канд. техн. наук С.В. Полякова (ФАУ «РОСДОРНИИ»).
Статья поступила в редакцию: 01.02.2021 г.