

**А. И. Доценко, д-р техн. наук, проф.**

ГОУ ВПО «МОСКОВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ  
КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА И СТРОИТЕЛЬСТВА»

Москва, Россия

## **КОНЦЕПЦИЯ КОМПЛЕКСНОГО УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ АСФАЛЬТОБЕТОНА В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

Разработана концепция комплексного управления производством асфальтобетонной смеси, базирующаяся на её автоматизированном контроле качества по всему технологическому циклу, начиная от завода-изготовителя, далее в процессе транспортировки и непосредственно на объекте строительства.

Строительство является одной из наиболее материало- и энергоёмких отраслей промышленности, потребляющей огромные объёмы строительных материалов и изделий. Затраты на материалы составляют более 50 % от сметной стоимости.

Ресурсосбережение при решении технических вопросов в области строительства и ремонта автомобильных дорог с асфальтобетонными покрытиями предусматривает разработку наиболее эффективных конструкций и технологий, обеспечивающих рациональное и экономное использование дорожно-строительных материалов, экономию энергетических ресурсов при их производстве и применении.

Большое влияние на состояние и долговечность покрытия автомобильных дорог оказывает качество асфальтобетонных смесей.

Исследованиями проведёнными в Московской государственной академии коммунального хозяйства и строительства установлено, что низкий срок службы асфальтобетонных покрытий связан с высокой вариацией качества асфальтобетона. Это происходит из-за нестабильности характеристик компонентов, неконтролируемых изменений свойств смеси при её транспортировке, нестабильности параметров её укладки и уплотнения. Особо остро эта проблема встает при использовании местных материалов. Большинство разработанных ранее методик определения параметров смеси и технологического процесса основаны на вычислении средних значений, что не может гарантировать производство асфальтобетона со стабильными значениями параметров. В условиях асфальтобетонного завода (АБЗ) реальным направлением решения данной проблемы является создание систем управления, компенсирующих нестабильность характеристик и стабилизирующих качество готовой асфальтобетонной смеси.

Разработанная концепция комплексной автоматизации управления контролем качества асфальтобетонных смесей базируется на следующих основных принципах:

1) главной задачей комплексной системы управления является стабилизация на заданном уровне качества готового асфальтобетонного покрытия на объекте, а не стабилизация качества асфальтобетонной смеси на выходе из АБЗ, как было ранее;

2) системы управления производством асфальтобетонной смеси на АБЗ охватывают задачи от управления оборудованием до управления качеством продукции;

3) границы объекта управления качеством расширены за счёт добавления к производственной структуре процессов связанных с транспортировкой, укладкой и уплотнением асфальтобетонных смесей.

Производство асфальтобетонной смеси, как объект управления, характеризуется многими факторами, из которых основным является технологический процесс, включающий в себя:

- процессы перемещения минеральных материалов и их накопление в различных бункерах;

- операции дозирования минеральных компонентов и битума;

- операция смешивания;

- тепловые процессы;

- операция разделения минеральных компонентов на фракции;

- операции контроля: качество компонентов; режим технологического процесса; качество готовой продукции (асфальтобетонное покрытие).

На рис. 1 представлена обобщённая структурно-комплексная система управления производством асфальтобетонной смеси, состоящей из пяти иерархических уровней.

**Уровень 1.** На нижнем уровне иерархии находится система локального управления (ЛСАУ) собственно технологическим оборудованием, агрегатами и механизмами. Источником информации на этом уровне являются сигналы от первичных преобразователей и органов управления.

Достижение требуемых параметров осуществляют настройкой дозирующих устройств минеральных материалов и вяжущего, контролем количества составляющих компонентов асфальтобетонной смеси и температуры минеральных материалов после сушки в сушильном барабане, вяжущего в резервуаре, готовой асфальтобетонной смеси, испытаниями образцов на соответствие физико-механическим свойствам асфальтобетона нормативным требованиям.

**Уровень 2.** На этом уровне проводится согласование работы отдельных элементов технологического процесса. Так, например, ЛСАУ обеспечивает согласование производительности питателей дозаторов предварительного дозирочного с уровнями компонентов в расходных бункерах дозирочного отделения.

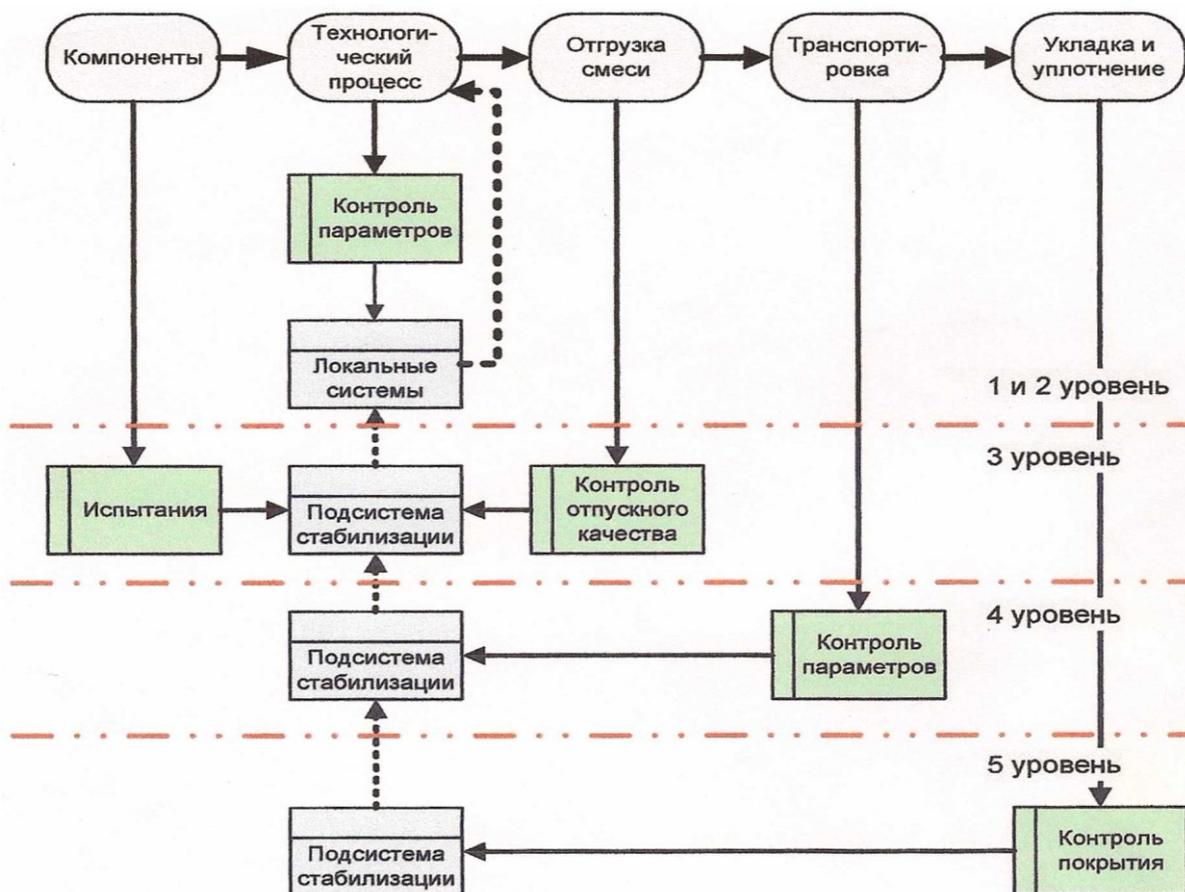


Рис. 1. Структура комплексной системы управления качеством асфальтобетонной смеси

**Уровень 3.** На этом уровне обеспечивается решение задачи стабилизации качества асфальтобетонной смеси на выходе из АБЗ. Этот уровень управления базируется на информации, поставляемой лабораторией завода:

- информация о параметрах компонентов асфальтобетонной смеси. Например, гранулометрический состав минерального порошка;
- информация о параметрах технологического процесса. Например, информация о рецептуре асфальтобетонной смеси;
- информация о качестве готовой продукции. Например, информация о прочности асфальтобетона, полученная в ходе испытаний для аттестации партии готовой асфальтобетонной смеси.

**Уровень 4.** На этом уровне управления анализируется информация о транспортировке асфальтобетонной смеси от АБЗ до места её укладки. Эта информация может быть получена внешней, относительно АБЗ, лабораторией. Например, фактическая температура асфальтобетонной смеси в момент её доставки к месту укладки, которая зависит как от температуры смеси при её отгрузке на АБЗ, так и от времени транспортировки и температуры окружающей среды. Анализ этой информации позволяет настроить технологический процесс АБЗ, чтобы минимизировать отклонение температуры смеси от заданного уровня в

момент её укладки. В результате реализации этой подсистемы формируется новое знание о среде.

**Уровень 5.** На этом уровне анализируется информация о результатах укладки и уплотнения асфальтобетонной смеси. Также используется информация о результатах контроля качества изготовленного асфальтобетонного покрытия. Эти данные поставляются на АБЗ внешней лабораторией. Анализ этих данных позволяет уточнить модель формирования показателей качества асфальтобетона и повысить эффективность управления производством асфальтобетонной смеси.

Анализ структуры энергозатрат при строительстве дорожных асфальтобетонных покрытий, а также затрат материальных ресурсов позволил выявить наиболее эффективное направление ресурсосбережения. А именно, на производство дорожно-строительных материалов расходуется порядка 15–20 % от общего объема энергозатрат (в среднем 130–195 ГДж на 1 км), на транспортирование материалов, включая погрузочно-разгрузочные работы, около 15–25 % от общего объема энергозатрат (в среднем 120–300 ГДж на 1 км), на приготовление асфальтобетонных смесей около 40–50 % от общего объема энергозатрат (в среднем 425–530 ГДж на 1 км), на транспортирование смеси к месту проведения работ, укладку и уплотнение около 15–20 % от общего объема энергозатрат (в среднем 145–195 ГДж на 1 км). Структура затрат материальных ресурсов и энергии при проведении ремонтных работ в целом такое же, что и при новом строительстве.

Анализ распределения энергозатрат показывает, что на транспортирование материалов расходуется 25–45 % от общей суммы энергозатрат.

Затраты энергии на технологические операции по приготовлению смесей складываются из затрат на нагрев материалов, подготовительные операции и перемешивание компонентов смеси. Значительных энергоресурсов требует сушка минеральных материалов.

Расход топлива при работе сушильного барабана составляет в среднем 250–300 кг/ч, а установленная мощность электродвигателей равна 60–110 кВт (при производительности 25–50 т/ч). При производительности 100 т/ч расход топлива составляет 1140 кг/ч, а мощность электродвигателей 153 кВт.

Ориентировочно можно принимать, что общий расход топлива на нагрев и сушку составляет 0,8–1,2 % от массы минерального материала. Таким образом, нагрев и сушка 1400 т щебня и песка, используемых при приготовлении асфальтобетонной смеси, потребует расхода 12–15 т условного топлива, т.е. затрат энергии в количества 350–400 ГДж.

Энергозатраты на перемешивание 1 т горячей асфальтобетонной смеси составляют в среднем 1,9–2,0 кВт·ч при производительности установок 25–30 т/ч или 4–4,5 кВт·ч для асфальтосмесительных установок производительностью 40–50 т/ч. При расчетах следует учитывать, что на выработку 1 кВт ч электроэнергии расходуется 170 г условного топлива, т.е. 1 т условного топлива (мазута) дает 6000 кВт·ч электроэнергии.

Таким образом, энергозатраты на перемешивание 1 т горячей асфальтобетонной смеси составляют 0,015–0,030 ГДж, а на перемешивание 1650 т – 25–50 ГДж.

Суммарные затраты энергии при производстве асфальтобетонной смеси на АБЗ складываются из затрат на хранение и подготовку битума (в среднем 0,007 ГДж/т), внутризаводского перемещения минеральных компонентов смеси (0,005 ГДж/т), работы сушильного барабана и газопылеуловителей (0,005 ГДж/т), работы смесителя (4,1 МДж/т) и составляют в среднем около 0,021 ГДж/т.

На приготовление 1650 т асфальтобетонной смеси на АБЗ требуется затратить 57–60 ГДж энергии.

Энергозатраты на транспортирование готовой асфальтобетонной смеси к месту устройства дорожного покрытия (при средней дальности возки 20–25 км) составляют около 0,07–0,1 ГДж/т. Транспортирование 1650 т готовой асфальтобетонной смеси к месту укладки потребует затрат энергии в размере 120–165 ГДж.

Принимая, что энергозатраты на укладку и уплотнение смеси составляют в среднем около 0,017 ГДж/т, выполнение этих работ при устройстве 1 км покрытия потребует ориентировочно 28–30 ГДж энергии. Суммарная энергоемкость строительства 1 км покрытия из горячего асфальтобетона слоем толщиной 10 см составляет 800–1200 ГДж.

Удельный расход энергии на устройство 1 м<sup>2</sup> асфальтобетонного покрытия равен 0,125–0,170 ГДж (в среднем около 0,15 ГДж).

Таким образом, анализ энергозатрат на устройство асфальтобетонных покрытий показывает, что затраты на транспортные операции составляют с учетом погрузо-разгрузочных работ в среднем около 25–45 % от общей суммы энергозатрат, в том числе непосредственно на транспортирование готовой горячей смеси к месту укладки – около 10–15 %.

Энергозатраты на приготовление асфальтобетонной смеси составляют около 40–50 % общего объема энергозатрат, а непосредственно укладка и уплотнение требуют около 5 % от общего объема энергозатрат.

Автоматизированная система управления производством асфальтобетонных смесей позволяет решить не только проблему, связанную с повышением качества возводимых дорожных покрытий, но и оптимизировать энергозатраты связанные с производством, транспортировкой, укладкой и уплотнением используемых материалов.

Ежегодный объем использования асфальтобетонных смесей для ремонта городской дорожной сети в г. Москве составляет в среднем около 1,17 млн т. Общая стоимость этого количества асфальтобетонных смесей составляет около 2,1 млрд р. При продлении сроков службы дорожных асфальтобетонных покрытий в 2 раза за счет повышения качества асфальтобетона объем ресурсосбережения вследствие сокращения объемов ремонтных работ составит около 580 тыс. т. асфальтобетонной смеси общей стоимостью порядка 1 млрд р. ежегодно.