

УДК 625.7

Нечеткое управление потенциально опасным технологическим процессом разогрева битума при производстве асфальтобетонных смесей

И.Н. Волков✉, В.Л. Бурковский

Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Россия

Изготовление асфальтобетонных смесей – это очень важный этап при строительстве дороги. Все процессы изготовления смесей взаимосвязаны между собой. Один из основных процессов – это разогрев битума, который является потенциально опасным из-за высоких температур. В статье предлагается использовать аппарат нечеткой логики, для предотвращения взрывов и пожаров, при разогреве битума. Данный подход позволит предотвратить чрезвычайные ситуации и обеспечить стабильную работу на асфальтобетонном заводе.

Ключевые слова: битум, асфальтобетонная смесь, нечеткая логика, электрический нагреватель.

Fuzzy control of potentially hazardous technological process of heating bitumen in production of asphalt concrete mixtures

I.N. Volkov✉, V.L. Burkovsky

Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia

The production of asphalt concrete mixtures is a very important stage in road construction. All processes of mixture production are interconnected. One of the main processes is heating of bitumen, which is potentially dangerous due to high temperatures. The article proposes to use the device of fuzzy logic to prevent explosions and fires when heating bitumen. This approach will prevent emergency situations and ensure stable operation at the asphalt concrete plant.

Keywords: bitumen, asphalt concrete mixture, fuzzy logic, electric heater.

Введение

Самой важной задачей при изготовлении смеси является соблюдение ее качества в соответствие с ГОСТ. Производство асфальтобетонных смесей включает в себя некоторые технологические операции и происходит в несколько стадий:

- 1) подготовительная: разработка состава, сортировка материала;
- 2) просушка компонентов, транспортировка их в бункер и смешивание;
- 3) транспортировка к месту укладки.

Сушка материалов, разогрев битума и их смешивание является главной технологической операцией процесса производства асфальтобетонной смеси. Данные процессы являются потенциально опасными из-за высоких температур – около 180°C. Данная температура лишь немного уменьшается уже непосредственно при укладке покрытия, до 140–170°C [1]. Разогрев битума – одна из самых важных и опасных операций, поэтому для стабильной работы асфальтобетонного завода (АБЗ) рассмотрим ее в терминах нечеткой логики.

Структура производства асфальтобетонных смесей

Асфальтобетонная смесь состоит из разных компонентов, таких как: песок, щебень, битум и минеральный порошок. Первым этапом при изготовлении асфальтобетонной смеси являются подготовительные работы [2].

Формируется правильный состав смеси и осуществляется сортировка компонентов.

Одним из процессов подготовки минеральных материалов является их доставка к сушильным устройствам, а также распределение по разным фракциям. К этому этапу еще относят просушку всех компонентов и подогрев до нужной температуры [3].

В момент подачи в мешалку щебень и песок должны быть полностью высушены и иметь немного большую температуру, чем битум. В дальнейшем их температура падает к моменту перемещения в дозаторы. Дополнительный компонент – минеральный порошок, в большинстве случаев подается без подогрева. Агрегат для сушки имеет компоненты: сушильный барабан с топкой и форсунками, а также сборник для топлива. Подогрев песка и щебня происходит за счет горячих газов, которые проявляются в следствии сжигания топлива. Чем выше влажность песка и щебня, тем дольше будет сушка и наоборот. Затем происходит дозировка этих материалов перед подачей в мешалку. Точность дозирования данных компонентов должна составлять не более нескольких процентов. В смесительной установке есть дозатор для щебня, песка, минерального порошка. Также в нем есть смеситель, бункеры, а также некоторые другие механизмы.

Из дозирующего устройства подается битум, который может разогреваться разными способами. Из-за того, что процесс разогрева осуществляется до большой температуры, то всегда существует опасность пожара или взрыва, поэтому требуется постоянный контроль. Среднее время перемешивания крупнозернистой, среднезернистой и песчаной смеси массой 1 т составляет 28 с, 62 с, 84 с соответственно. Время можно сократить, добавив ПАВ (поверхностно-активные вещества). Но при маленьком содержании битума или большом содержании минерального порошка время перемешивания может увеличиться. В конце смесь должна быть хорошо перемешанной и однородной. Также на качество готовой смеси влияет порядок смешивания компонентов, при стандартной технологии все ингредиенты смешиваются одновременно. Итоговая температура асфальтобетонной смеси должна составлять от 140 до 170°C.

Технологический процесс разогрева битума, как потенциально опасный

Битум – это продукт выветривания нефти со сложным химическим составом. Он обладает определенными свойствами, хорошо пригодными для строительства автомобильных дорог. Битум является важным компонентом при производстве асфальтобетонной смеси и разогревается на АБЗ до 140–170°C, а потом смешивается с щебнем, песком и минеральным порошком. Битум разогревается разными способами:

1. С помощью горячего масла в качестве теплоносителя.

Горячее масло проходит по системе труб теплообменников, которые располагаются внутри сборника. Тепло передается от теплоносителя к самому битуму. Вязкость нагретого битума уменьшается, и он уходит вверх, а более слабо нагретый битум соприкасается с поверхностью труб теплоносителя.

2. С использованием горелок.

В емкость монтируют несколько труб, входящих через противоположные стороны емкости. С одной стороны следует огонь от горелки, а с другой стороны отводятся продукты горения.

3. При помощи специальных врезных и погружных электрических нагревателей.

Эти нагреватели состоят из корпуса, к которым присоединены одна или несколько труб, у которых заварен конец. В эти трубы вставлен электронагреватель, который выделяет тепло в процессе прохождения по ним электрического тока. Это тепло отдается битуму, в результате чего он нагревается.

Разогрев битума происходит при большой температуре, поэтому существует вероятность пожаров и взрывов. Этот процесс является потенциально опасным.

Дополнительную опасность вносят другие операции данного технологического процесса, а также особенности эксплуатации оборудования. Существуют и другие факторы опасности.

Физические факторы:

- движущиеся механизмы;
- подвижные части производственного оборудования (шнеки);
- передвигающиеся по трубопроводам материалы;
- повышенная запыленность воздуха;
- повышенная температура поверхностей оборудования.

Химические факторы:

- раздражающее воздействие пыли на органы дыхания.

Психофизиологические факторы:

- физические перегрузки;
- нервно-психические перегрузки (монотонность труда).

Процесс производства асфальтобетонной смеси обладает рядом сложностей и неопределенностей. Все эти факторы оператор обязан заранее просчитать и в случае чего изменить технологические параметры, для этого нужно создать математическую модель. А для более лучшего функционирования АБЗ и предотвращения потенциально опасных ситуаций, следует рассмотреть процесс разогрева битума в терминах нечеткой логики.

Описание процесса разогрева битума в терминах нечеткой логики

Как уже отмечено в предыдущем разделе, битум может разогреваться с помощью врезного нагревателя. Температура готового битума должна быть 140–170°C [4]. Механизм вывода в нечетких системах управления (fuzzy inference system, FIS) является ключевым компонентом, который преобразует входные данные в выходные с использованием нечетких правил. Структурная схема системы автоматического регулирования на базе нечеткой логики приведена на рисунке. В контексте подогрева битума в производстве асфальтобетонных смесей механизм вывода может быть реализован следующим образом:

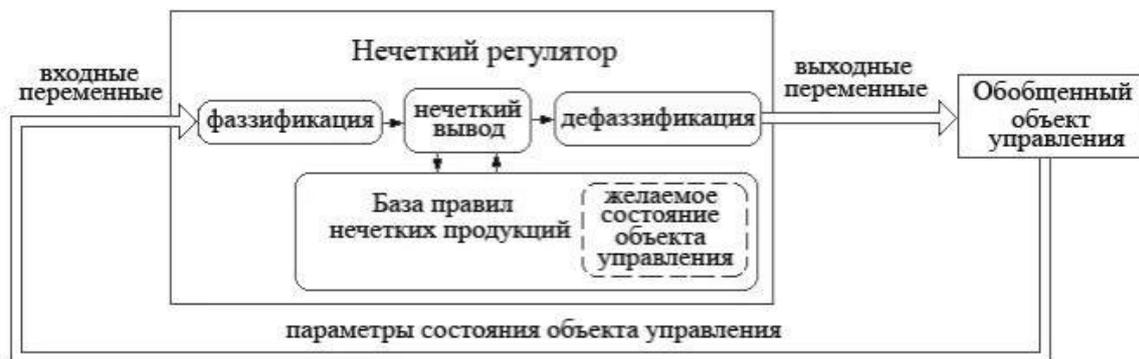


Рисунок. Структурная схема системы автоматического регулирования на базе нечеткой логики

Определение входных и выходных переменных.

Входные переменные:

- температура битума (T_b): температура на входе в систему подогрева;
- скорость потока битума (V_b): скорость, с которой битум поступает в систему подогрева;
- влажность окружающей среды (H): влияет на теплоотдачу и эффективность подогрева.

Выходные переменные:

- уровень нагрева (H_r): необходимый уровень подогрева битума для достижения желаемой температуры;
- время подогрева (T_h): время, необходимое для достижения заданной температуры.

Для каждой входной и выходной переменной определяются нечеткие множества:

- температура битума (T_b): низкая, нормальная, высокая;
- скорость потока битума (V_b): медленная, нормальная, быстрая;
- влажность окружающей среды (H): низкая, средняя, высокая;
- уровень нагрева (H_r): низкий, средний, высокий;
- время подогрева (T_h): короткое, нормальное, долгое.

Нечеткие правила формулируются на основе экспертных знаний и могут выглядеть следующим образом:

- если (T_b низкая) и (V_b медленная) и (H высокая), то (H_r высокий) и (T_h долгое);
- если (T_b нормальная) и (V_b нормальная) и (H средняя), то (H_r средний) и (T_h нормальное);
- если (T_b высокая) и (V_b быстрая) и (H низкая), то (H_r низкий) и (T_h короткое).

На этом этапе происходит процесс вывода, который включает три основных шага:

1. Активация правил: каждое правило активируется на основе текущих значений входных переменных, и вычисляется степень его истинности (например, с помощью операции «И»).

2. Объединение выводов: результаты активации всех правил объединяются для получения нечетких выходных значений. Это может быть сделано с использованием метода максимума (max) или метода суммы (sum).

3. Дефазификация: нечеткие выходные значения преобразуются в четкие с помощью метода дефазификации, такого как метод центра тяжести (centroid) или метод максимума. Это позволяет получить конкретные значения для уровня нагрева и времени подогрева.

Моделирование системы нечеткого управления для подогрева битума позволяет эффективно контролировать процесс, учитывая множество неопределенностей. Это может привести к улучшению качества асфальтобетонных смесей и снижению потенциальных рисков в процессе производства.

Заключение

В статье приведен технологический процесс и структура производства асфальтобетонной смеси, рассмотрен процесс разогрева битума и проанализирован с точки зрения потенциально опасного производства. Этот же процесс описан в терминах нечеткой логики. Предполагаемый подход позволяет обеспечить стабильную работу асфальтобетонного завода и не допустить взрывов и пожаров.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Волков И.Н. Алгоритмизация управления технологическими процессами производства асфальтобетонных смесей / И.Н. Волков, В.Л. Бурковский // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2023. – Т. 19. – № 5. – С. 16-22.

2. Бурковский В.Л. Проблематика управления технологическими процессами в дорожном строительстве / В.Л. Бурковский, И.Н. Волков // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2023. – Т. 19. – № 2. – С. 15-20.

3. Технология приготовления асфальтобетона [Электронный ресурс]. – URL: <https://edst24.ru/materials/%d0%95%d0%bc%d0%b5%d0%bb%d1%8c%d1%8f%d0%bd%0%be%d0%b2%d0%be/%d0%90%d1%80%d1%85%d0%b8%d0%b2/3-3/27.03.2020/%d0%a2%d0%b5%d1%85%d0%bd%d0%b8%d1%87%d0%b5%d1%81%d0%ba%d0%b0%d1%8f%20%d1%8d%d0%ba%d1%81%d0%bf%d0%bb%d1%83%d0%b0%d1%82%d0%b0%d1%86%d0%b8%d1%8f%20%d0%b4%d0%be%d1%80%d0%be%d0%b3/> (дата обращения: 15.09.2024).

4. Волков И.Н. Интеллектуализация принятия решений в системе управления технологическим процессом производства асфальтобетонной смеси / И.Н. Волков, В.Л. Бурковский, В.П. Шелякин // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2024. – Т. 20. – № 1. – С. 39-44.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Волков Иван Николаевич, аспирант кафедры электропривода, автоматике и управления в технических системах, Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Россия.

e-mail: ivan1900volkov@mail.ru

Бурковский Виктор Леонидович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой электропривода, автоматике и управления в технических системах, Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Россия.

e-mail: bvl@vorstu.ru