

Марсов Вадим Израилевич

Московский автомобильно-дорожный
государственный технический университет (МАДИ)
Доктор технических наук, профессор кафедры АПП
Marsov V. Izrailevich
Moscow automobile and road state technical university (MADI)
Professor of APP chair
E-Mail: madi-app@bk.ru

Колбасин Александр Маркович

Московский автомобильно-дорожный
государственный технический университет (МАДИ)
Кандидат технических наук, доцент кафедры АПП
Kolbasin M. Alexander
Moscow automobile and road state technical university (MADI)
Associate professor of APP
E-Mail: alex123456789.a@yandex.ru

Сарычев Игорь Юрьевич

Московский автомобильно-дорожный
государственный технический университет (МАДИ)
Аспирант кафедры АПП
Sarychev U. Igor
Moscow automobile and road state technical university (MADI)
Graduate student APP
E-Mail: madi-app@bk.ru

Курилин Андрей Валентинович

Московский автомобильно-дорожный
государственный технический университет (МАДИ)
Аспирант кафедры АПП
Kurilin V. Andrei
Moscow automobile and road state technical university (MADI)
Graduate student APP
E-Mail: madi-app@bk.ru

05.13.06 Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами

**Особенности автоматизации процессов тепловой обработки минеральной
части строительных смесей**

Automation of the cooking process mineral mixture of construction

Аннотация: Рассмотрены особенности тепловой обработки минеральной части строительных смесей в сушильных агрегатах смесительных установок, которые могут быть положены в основу принципов разработки систем автоматического управления процессами в сушильных агрегатах.

Abstract: The characteristics of the heat treatment of the mineral mixes in drying units mixing plants, which can be the basis for the design principles of automatic control of processes in the drying units.

Ключевые слова: Строительная смесь; смесительная установка; сушильный агрегат; системы автоматического управления.

Keywords: Mortar; mixing plant; drying unit; the automatic control system.

Сушильные агрегаты предназначены для полного удаления поверхностной, гигроскопической влаги из песка, щебня и нагрева их в зависимости от видаготавливаемых смесей до температуры 180°C.

До настоящего времени в качестве режимных параметров теплоносителя при управлении процессами сушки используются: его температура, температура и влажность, психрометрическая разность температур и т.д. Чаще всего выходным параметром объекта, используемым в главном контуре регулирования, является температура воздуха. При современном состоянии техники это наиболее доступная для измерений величина, ее можно регулировать путем изменения расхода горючего, подаваемого в топку, либо количества воздуха, которым разбавляются продукты сгорания (в том и другом случаях достигается изменение расхода тепла), либо количества материала, подвергаемого сушке. Так как технологическая схема сушилки на практике чаще всего сводится к схеме, приведенной на рис.1 (где Φ – форсунка, работающая на жидком или газообразном топливе; Т – топка для смеси продуктов сгорания с некоторым количеством воздуха; С – сушилка), то этим трем возможным вариантам соответствуют три варианта главного контура регулирования (рис.2).

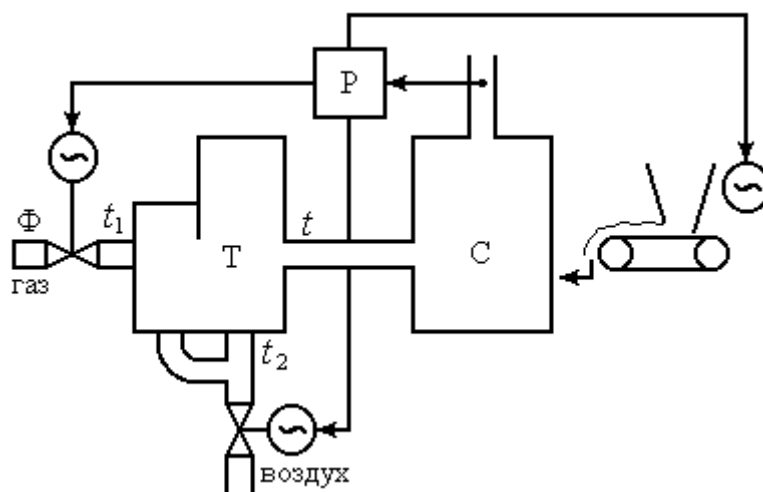


Рис. 1. Комплекс «топка - сушилка»

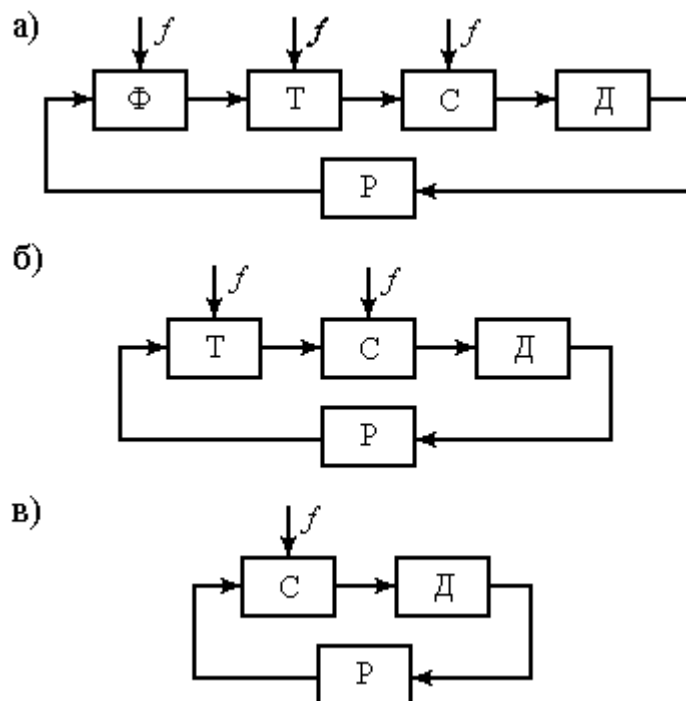


Рис. 2. Варианты регулирования сушилки: а – по расходу топлива, б – по расходу воздуха в камеру смешения; в – по расходу материала

Проанализируем варианты цепи прохождения регулирующего воздействия, которая состоит из следующих элементов:

- форсунка, топка, сушилка, датчик, регулирующая величина, расход топлива в топке (рис.2а);
- топка, сушилка, датчик, регулирующая величина, расход воздуха для смеси с продуктами сгорания (рис.2б);
- сушилка, датчик, регулирующая величина, расход материала (рис.2в).

Инерционность отдельных элементов цепи управления (см.рис.2) приводит к запаздыванию изменения параметров процесса, которые увеличиваются от варианта а к варианту в при изменении регулирующего воздействия.

Поскольку датчик системы регулирования целесообразнее размещать ближе к точке приложения возмущений в системе, то из рис.2 видно, насколько вариант в предпочтительнее варианта б и, тем более, варианта а. Таким образом, при регулировании схема а не является лучшей, тем не менее, она чаще других применяется на практике по довольно веским эксплуатационным соображениям.

Вариант в, безусловно представляет собой контур регулирования с максимальным быстродействием, однако, выбор этого метода управления приводит к тому, что регулятором не компенсируются некоторые возмущения.

Таким образом, хотя на практике, обычно стремятся управлять процессом сушки, воздействуя на приток топлива, с точки зрения регулирования, рациональнее изменять скорость подачи материала при поддержании расхода топлива на определенном уровне с помощью вторичного контура регулирования.

Для создания требуемого температурного режима на входе в барабан прямоточной вращающейся печи используют передачу тепловой энергии, образующейся в результате

смешения в специальной камере потоков дымовых газов и холодного воздуха, т.е. двух материальных потоков с разными теплосодержаниями. Температура теплоносителя должна поддерживаться в соответствии с технологическим регламентом, а повышение качества управления тепловым процессом подготовки теплоносителя в смесительной камере является актуальной задачей.

В смесительную камеру поступают дымовые газы из топки и наружный холодный воздух, соответственно с расходами Q_1 и Q_2 температурами t_1 и t_2 и удельными теплоемкостями C_1 и C_2 (рис.3)

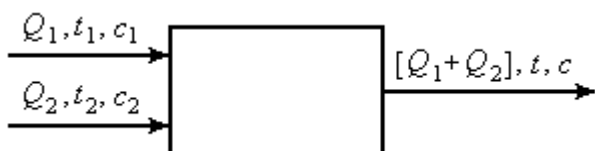


Рис. 3. Структура смесительной камеры

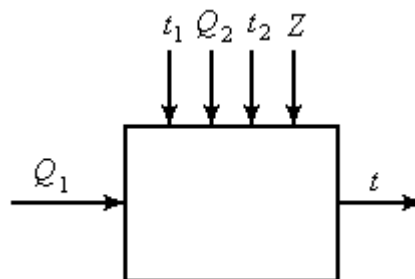


Рис. 4. Параметры смесительной камеры

Основная задача регулирования состоит в поддержании заданного значения температуры t теплоносителя на выходе камеры (выходе в барабан) путем изменения расхода газа Q_1 при условии, что основными источниками возмущений являются расход Q_2 и температура t_2 холодного воздуха, а температура t_1 и теплоемкости C_1 и C_2 смешиваемых потоков сохраняются неизменными.

Определим статические характеристики смесительной камеры по одному каналу управления Q_1 - t и двум каналам регулирования: Q_2 - t и t_2 - t (рис.4), составив для этого уравнение теплового баланса смесительной камеры:

$$Q_1 t_1 C_1 + Q_2 t_2 C_2 = (Q_1 + Q_2) t C, \quad (1)$$

где $C = (Q_1 C_1 + Q_2 C_2) / (Q_1 + Q_2)$ – теплоемкость получаемого теплоносителя.

Отсюда:

$$t = Q_1 t_1 C_1 / (Q_1 C_1 + Q_2 C_2) + Q_2 t_2 C_2 / (Q_1 C_1 + Q_2 C_2) \quad (2)$$

Из уравнения (2) видно, что характерной особенностью смесительной камеры является нелинейность статических характеристик по каналам, связывающим расход любого потока с температурой теплоносителя t , и линейность характеристик по обоим температурным каналам $t_1 - t$, $t_2 - t$.

При условии малых отклонений координат рассматриваемого объекта от их заданных значений можно провести линеаризацию зависимости (2) и найти приближенные значения коэффициентов усиления объекта по каждому из отмеченных выше каналов. Обозначив заданные значения входных и выходных координат через $Q_1^0, Q_2^0, t_1^0, t_2^0, t^0$, разложим функцию (2) в ряд Тейлора на малой окрестности Q_1^0, Q_2^0, t_2^0 :

$$t = t^0 + (\partial t / \partial Q_1)^0 (Q_1 - Q_1^0) + (\partial t / \partial Q_2)^0 (Q_2 - Q_2^0) + (\partial t / \partial t_2)^0 (t_2 - t_2^0), \quad (3)$$

где

$$\begin{aligned}(\partial t / \partial Q_1)^0 &= Q_2^0 C_1 C_2 (t_1^0 - t_2^0) / (Q_1^0 C_1 + Q_2^0 C_2)^2, \\(\partial t / \partial Q_2)^0 &= Q_1^0 C_1 C_2 (t_2^0 - t_1^0) / (Q_1^0 C_1 + Q_2^0 C_2)^2, \\(\partial t / \partial t_2)^0 &= Q_2^0 C_2^0 / (Q_1^0 C_1 + Q_2^0 C_2).\end{aligned}\tag{4}$$

После перехода к отклонениям:

$$Y = (t - t^0), X_p = (Q_1 - Q_1^0), X_{B1} = (Q_2 - Q_2^0), X_{B2} = (t - t_2^0),$$

получим уравнение статической характеристики в виде:

$$Y = K_p X_p + K_1 X_{B1} + K_2 X_{B2},\tag{5}$$

$$\text{где } K_p = (\partial t / \partial Q_1)^0, K_1 = (\partial t / \partial Q_2)^0, K_2 = (\partial t / \partial t_2)^0.$$

Анализ зависимостей (3) и (5) показывает, что для обычных величин возмущающих воздействий, имеющих место при эксплуатации сушильных агрегатов, ошибка в результате линеаризации может оказаться значительной. Так, например, при увеличении расхода холодного воздуха Q_2 на 30% по сравнению с заданной величиной, коэффициент усиления K_p может измениться на 10-25 %, а K_1 - на 30-40% от расчетных значений. Величина этих отклонений зависит от соотношения расходов газа Q_1 и холодного воздуха Q_2 . Стабилизация отношения расходов $(Q_1 / Q_2) = \alpha^0$ дает возможность снизить влияние этой нелинейности, поскольку

$$\begin{aligned}t &= t_1 C_1 / [C_1 + C_2 (Q_2 / Q_1)] + t_2^0 C_2 / [(Q_1 / Q_2) C_1 + C_2] = \\&= t_1^0 C_1 / [C_1 + (1 / \alpha^0) C_2] + t_2^0 C_2 / (\alpha^0 C_1 + C_2)\end{aligned}\tag{6}$$

и при отсутствии каких-либо других возмущающих воздействий за исключением Q_2 , будет обеспечиваться стабильность температуры теплоносителя t .

При наличии других источников возмущений Z потребуются введение коррекции с помощью системы автоматического управления (САУ) величины соотношения расходов α^0 , например, в зависимости от температуры теплоносителя и окружающей среды, расхода воздуха и т.п.

Рассмотренные особенности тепловой обработки минеральной части асфальтобетонной смеси могут быть положены в основу принципов разработки САУ процессами в сушильных агрегатах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кальгин А.А., Манушакян К.Г., Белобородов А.Ф. Системы автоматизации асфальтосмесительных установок непрерывного действия // Сб. науч. тр. «Электронные системы автоматического управления на транспорте и в строительстве» - М., МАДИ, 2001, с. 47-51
2. Новиков А.Н. Асфальтосмесительные установки. – М.: Высш. шк., 1987. – 207 с.

Рецензент: Заведующий кафедрой «Автоматизация производственных процессов», МАДИ, д.т.н., профессор Илюхин Андрей Владимирович.