



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

## (12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2004100050/22, 05.01.2004

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
05.01.2004

(46) Опубликовано: 10.09.2004

Адрес для переписки:

350072, г.Краснодар, ул. Московская, 2,  
КубГТУ, пат.пов. Л.В. Ломакиной рег.№ 109

(72) Автор(ы):

Гапоненко А.М. (RU),  
Добробаба Ю.П. (RU),  
Нестеров С.В. (RU),  
Ничепуренко С.В. (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Кубанский государственный  
технологический университет (RU)

## (54) СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ РАЗРЕЖЕНИЯ В ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ТОПКИ БАРАБАННОГО КОТЛА

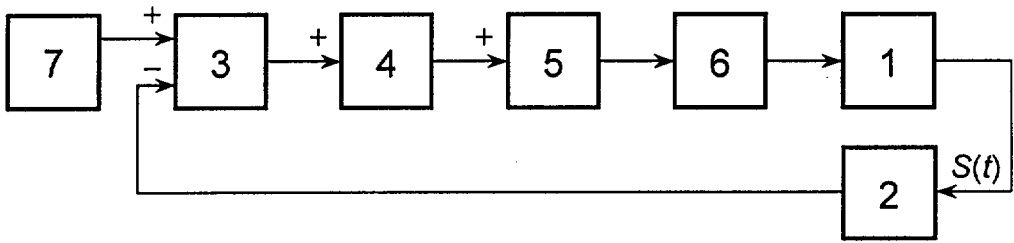
## Формула полезной модели

Система автоматического регулирования разрежения в верхней части топки барабанного котла, содержащая барабанный паровой котел, датчик разрежения, установленный в верхней части его топки, последовательно соединенные регулятор разрежения, выполненный в виде пропорционально-интегрирующего блока, регулирующий блок и дымосос, всасывающим патрубком присоединенный к газоходу барабанного парового котла и удаляющий дымовые газы из его топки, задатчик разрежения, выходом подключенный к первому входу регулятора разрежения, к второму входу которого подключен выход датчика разрежения, отличающаяся тем, что в систему введен корректирующий блок, включенный между выходом регулятора разрежения и входом регулирующего блока и имеющий передаточную функцию

$$W_k(p) = \frac{5\sqrt{5}-11T_{\mu}^5 p^5 + \frac{\sqrt{5}-2}{8}T_{\mu}^4 p^4 + \frac{\sqrt{5}-1}{8}T_{\mu}^3 p^3 + \frac{1}{2}T_{\mu}^2 p^2 + T_{\mu} p + 1}{T_{k5}^5 p^5 + T_{k4}^4 p^4 + T_{k3}^3 p^3 + T_{k2}^2 p^2 + T_{k1} p + 1},$$

где  $p$  - оператор Лапласа; $T_{\mu}$  - некомпенсированная постоянная времени; $T_{k1}$  - первая постоянная времени корректирующего блока; $T_{k2}$  - вторая постоянная времени корректирующего блока; $T_{k3}$  - третья постоянная времени корректирующего блока; $T_{k4}$  - четвертая постоянная времени корректирующего блока; $T_{k5}$  - пятая постоянная времени корректирующего блока.

RU 40437 U1



RU 40437 U1

Полезная модель относится к теплоэнергетике и может использоваться для улучшения качества регулирования разрежения в верхней части топки барабанных котлов.

5 Наиболее близкой к заявляемой является система автоматического регулирования (САР) разрежения в верхней части топки барабанного котла (см. Клюев А.С., Товарнов А.Г. Наладка систем автоматического регулирования котлоагрегатов. - М.: Энергия, 1970. - С.107-111), которая принимается за прототип.

10 Прототип содержит барабанный паровой котел, датчик разрежения, установленный в верхней части его топки, последовательно соединенные, регулятор разрежения, выполненный в виде пропорционально-интегрирующего блока, регулирующий блок и дымосос, всасывающим патрубком присоединенный к газоходу барабанного парового котла и удаляющий дымовые газы из его топки, задатчик разрежения, выходом подключенный к первому входу регулятора разрежения, к  
15 второму входу которого подключен выход датчика разрежения.

При эксплуатации прототипа обнаружены следующие недостатки:

- статическая ошибка регулирования разрежения;
- динамическая ошибка регулирования разрежения при отработке управляющего  
20 воздействия;
- динамическая ошибка регулирования разрежения при ступенчатом изменении расходов топлива и воздуха, поступающих в топку барабанного котла;
- низкое быстродействие при регулировании разрежения.

25 Указанные недостатки обуславливают невысокое качество регулирования разрежения в верхней части топки барабанного котла, что снижает экономичность процесса горения топлива в топке барабанного котла.

30 Задача, решаемая полезной моделью, заключается в устранении статической ошибки регулирования разрежения, снижении динамической ошибки регулирования разрежения при отработке управляющего воздействия, снижении динамической ошибки регулирования разрежения при ступенчатом изменении расходов топлива и воздуха, поступающих в топку барабанного котла, повышении быстродействия при регулировании разрежения.

35 Техническим результатом от использования полезной модели является улучшение качества регулирования разрежения в верхней части топки барабанного котла, что выражается в повышении экономичности процесса горения топлива в топке барабанного котла.

40 Указанный технический результат достигается тем, что в известную систему введен корректирующий блок, включенный между выходом регулятора разрежения и входом регулирующего блока и имеющий передаточную функцию

$$W_x(p) = \frac{\frac{5\sqrt{5}-11}{64} T_{\mu 5} p^5 + \frac{\sqrt{5}-2}{8} T_{\mu 4} p^4 + \frac{\sqrt{5}-1}{8} T_{\mu 3} p^3 + \frac{1}{2} T_{\mu 2} p^2 + T_{\mu} p + 1}{T_{\kappa 5} p^5 + T_{\kappa 4} p^4 + T_{\kappa 3} p^3 + T_{\kappa 2} p^2 + T_{\kappa 1} p + 1},$$

45 где  $p$  - оператор Лапласа;

$T_{\mu}$  - некомпенсированная постоянная времени;

$T_{\kappa 1}$  - первая постоянная времени корректирующего блока;

$T_{\kappa 2}$  - вторая постоянная времени корректирующего блока;

50  $T_{\kappa 3}$  - третья постоянная времени корректирующего блока;

$T_{\kappa 4}$  - четвертая постоянная времени корректирующего блока;

$T_{\kappa 5}$  - пятая постоянная времени корректирующего блока.

Введение корректирующего блока, позволило получить передаточные функции САР разрежения в верхней части топки барабанного котла по управляющему  $W_U(p)$  и возмущающим воздействиям  $W_D(p)$ ,  $W_V(p)$  соответственно в виде:

$$5 \quad W_U(p) = \frac{S(p)}{U_{зр}(p)} = \frac{1}{K_{op}} \cdot \frac{1}{\frac{26-15\sqrt{3}}{64} T_{\mu}^6 p^6 + \frac{7-4\sqrt{3}}{16} T_{\mu}^5 p^5 + \frac{2-\sqrt{3}}{8} T_{\mu}^4 p^4 + \frac{3-\sqrt{3}}{8} T_{\mu}^3 p^3 + \frac{1}{2} T_{\mu}^3 p^3 + T_{\mu} p + 1}$$

$$10 \quad W_U(p) = \frac{S(p)}{U_{зр}(p)} = - \frac{\frac{26-15\sqrt{3}}{64} T_{\mu}^6 p^6 + \frac{7-4\sqrt{3}}{16} T_{\mu}^5 p^5 + \frac{2-\sqrt{3}}{8} T_{\mu}^4 p^4 + \frac{3-\sqrt{3}}{8} T_{\mu}^3 p^3 + \frac{1}{2} T_{\mu}^3 p^3 + T_{\mu} p}{\frac{26-15\sqrt{3}}{64} T_{\mu}^6 p^6 + \frac{7-4\sqrt{3}}{16} T_{\mu}^5 p^5 + \frac{2-\sqrt{3}}{8} T_{\mu}^4 p^4 + \frac{3-\sqrt{3}}{8} T_{\mu}^3 p^3 + \frac{1}{2} T_{\mu}^3 p^3 + T_{\mu} p + 1} \cdot \frac{K_{p1}}{T_{p1} + 1},$$

$$15 \quad W_V(p) = \frac{S(p)}{V_{зв}(p)} = - \frac{\frac{26-15\sqrt{3}}{64} T_{\mu}^6 p^6 + \frac{7-4\sqrt{3}}{16} T_{\mu}^5 p^5 + \frac{2-\sqrt{3}}{8} T_{\mu}^4 p^4 + \frac{3-\sqrt{3}}{8} T_{\mu}^3 p^3 + \frac{1}{2} T_{\mu}^3 p^3 + T_{\mu} p}{\frac{26-15\sqrt{3}}{64} T_{\mu}^6 p^6 + \frac{7-4\sqrt{3}}{16} T_{\mu}^5 p^5 + \frac{2-\sqrt{3}}{8} T_{\mu}^4 p^4 + \frac{3-\sqrt{3}}{8} T_{\mu}^3 p^3 + \frac{1}{2} T_{\mu}^3 p^3 + T_{\mu} p + 1} \cdot \frac{K_{p2}}{T_{p2} + 1}$$

где S - разрежение в верхней части топки;

p - оператор Лапласа;

$U_{зр}$  - задающее напряжение контура регулирования разрежения (управляющее воздействие);

20  $K_{op}$  - коэффициент обратной связи по разрежению;

$T_{\mu}$  - некомпенсированная постоянная времени;

$V_T$  - расход топлива;

25  $K_{p1}$ ,  $T_{p1}$  - соответственно коэффициент передачи и постоянная времени

барабанного котла по каналу "расход топлива - разрежение в верхней части топки;

$V_B$  - расход воздуха;

$K_{p2}$ ,  $T_{p2}$  - соответственно коэффициент передачи и постоянная времени

30 барабанного котла по каналу "расход воздуха - разрежение в верхней части топки".

Передаточная функция САР разрежения в верхней части топки по управляющему воздействию  $W_U(p)$  имеет эталонный вид.

35 Следовательно, достигнуты нулевая статическая ошибка регулирования разрежения, минимально возможная динамическая ошибка регулирования разрежения при отработке управляющего воздействия,

минимально возможная динамическая ошибка регулирования разрежения при ступенчатом изменении расходов топлива и воздуха, поступающих в топку барабанного котла, предельно возможное быстродействие при регулировании разрежения.

40 Таким образом, заявляемая САР обеспечивает улучшение качества регулирования разрежения в верхней части топки барабанного котла.

На фиг.1 представлена структурная схема САР разрежения в верхней части топки барабанного котла.

45 САР разрежения в верхней части топки барабанного котла содержит барабанный котел 1, датчик 2 разрежения, установленный в верхней части его топки, последовательно соединенные, регулятор 3 разрежения, выполненный в виде пропорционально-интегрирующего блока, корректирующий блок 4, регулирующий блок 5 и дымосос 6, всасывающим патрубком присоединенный к газоходу барабанного котла 1 и удаляющий дымовые газы из его топки, задатчик 7 разрежения, выходом подключенный к первому входу регулятора 3 разрежения, к второму входу которого подключен выход датчика 2 разрежения. Регулирующий блок 5 обеспечивает

изменение частоты вращения рабочего колеса дымососа 5, изменяя таким образом его производительность, и может быть выполнен, например, в виде устройства управления электродвигателем постоянного тока (см. Пат. 2158467 РФ, 7 Н 02 Р 5/06. Устройство управления электродвигателем постоянного тока/ Ю.П.Добробаба, С.В.Нестеров, А.Ю.Чумак, Д.В.Дорофеев (РФ). Опубл. 27.10.2000, Бюл. №30).

САР разрежения в верхней части топки барабанного котла работает следующим образом.

Сигнал с выхода датчика 7 разрежения, поступает на первый вход регулятора 3 разрежения, на второй вход которого поступает сигнал отрицательной обратной связи по разрежению в верхней части топки барабанного котла 1 с выхода датчика 2 разрежения. С выхода регулятора 3 разрежения сигнал, проходя через корректирующий блок 4, поступает на вход регулирующего блока 5, который изменяет производительность дымососа 6, отсасывающего из топки барабанного котла 1 дымовые газы, для поддержания заданного разрежения в топке. Количество дымовых газов, отсасываемых дымососом 6 при регулировании разрежения в верхней части топки барабанного котла 1, определяется значением сигнала на выходе корректирующего блока 4.

Таким образом, достигается высокое качество регулирования разрежения в верхней части топки барабанного котла 1, которое определяется настройками регулятора 3 разрежения, корректирующего блока 4 и регулирующего блока 5.

#### (57) Реферат

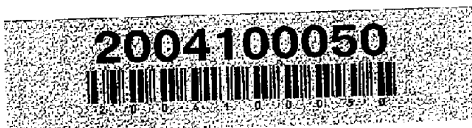
Полезная модель относится к теплоэнергетике и может использоваться для улучшения качества регулирования разрежения в верхней части топки барабанных котлов. В известную систему автоматического регулирования разрежения в верхней части топки барабанного котла, содержащую барабанный паровой котел, датчик разрежения, установленный в верхней части его топки, последовательно соединенные, регулятор разрежения, выполненный в виде пропорционально-интегрирующего блока, регулирующей блок и дымосос, всасывающим патрубком присоединенный к газоходу барабанного котла и удаляющий дымовые газы из его топки, датчик разрежения, выходом подключенный к первому входу регулятора разрежения, к второму входу которого подключен выход датчика разрежения, введен корректирующий блок, включенный между выходом регулятора разрежения и входом регулирующего блока

Технический результат: улучшение качества регулирования разрежения в верхней части топки барабанного котла, которое выражается в том, что достигнуты нулевая статическая ошибка регулирования разрежения, минимально возможная динамическая ошибка регулирования разрежения при отработке управляющего воздействия, минимально возможная динамическая ошибка регулирования разрежения при ступенчатом изменении расходов топлива и воздуха, поступающих в топку барабанного котла, предельно возможное быстродействие при регулировании разрежения. Улучшение качества регулирования разрежения в верхней части топки барабанного котла обеспечивает повышение экономичности процесса горения топлива в его топке.

## РЕФЕРАТ

Полезная модель относится к теплоэнергетике и может использоваться для улучшения качества регулирования разрежения в верхней части топки барабанных котлов. В известную систему автоматического регулирования разрежения в верхней части топки барабанного котла, содержащую барабанный паровой котел, датчик разрежения, установленный в верхней части его топки, последовательно соединенные, регулятор разрежения, выполненный в виде пропорционально-интегрирующего блока, регулирующий блок и дымосос, всасывающим патрубком присоединенный к газоходу барабанного котла и удаляющий дымовые газы из его топки, задатчик разрежения, выходом подключенный к первому входу регулятора разрежения, к второму входу которого подключен выход датчика разрежения, введен корректирующий блок, включенный между выходом регулятора разрежения и входом регулирующего блока

Технический результат: улучшение качества регулирования разрежения в верхней части топки барабанного котла, которое выражается в том, что достигнуты нулевая статическая ошибка регулирования разрежения, минимально возможная динамическая ошибка регулирования разрежения при отработке управляющего воздействия, минимально возможная динамическая ошибка регулирования разрежения при ступенчатом изменении расходов топлива и воздуха, поступающих в топку барабанного котла, предельно возможное быстродействие при регулировании разрежения. Улучшение качества регулирования разрежения в верхней части топки барабанного котла обеспечивает повышение экономичности процесса горения топлива в его топке. 1 ил.



F 22 B 35/00

## **СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ РАЗРЕЖЕНИЯ В ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ТОПКИ БАРАБАННОГО КОТЛА**

Полезная модель относится к теплоэнергетике и может использоваться для улучшения качества регулирования разрежения в верхней части топки барабанных котлов.

Наиболее близкой к заявляемой является система автоматического регулирования (САР) разрежения в верхней части топки барабанного котла (см. Ключев А.С., Товарнов А.Г. Наладка систем автоматического регулирования котлоагрегатов.– М.: Энергия, 1970.– С. 107 – 111), которая принимается за прототип.

Прототип содержит барабанный паровой котел, датчик разрежения, установленный в верхней части его топки, последовательно соединенные, регулятор разрежения, выполненный в виде пропорционально-интегрирующего блока, регулирующий блок и дымосос, всасывающим патрубком присоединенный к газоходу барабанного парового котла и удаляющий дымовые газы из его топки, задатчик разрежения, выходом подключенный к первому входу регулятора разрежения, к второму входу которого подключен выход датчика разрежения.

При эксплуатации прототипа обнаружены следующие недостатки:

- статическая ошибка регулирования разрежения;
- динамическая ошибка регулирования разрежения при отработке управляющего воздействия;
- динамическая ошибка регулирования разрежения при ступенчатом изменении расходов топлива и воздуха, поступающих в топку барабанного котла;
- низкое быстродействие при регулировании разрежения.

Указанные недостатки обуславливают невысокое качество регулирования разрежения в верхней части топки барабанного котла, что снижает экономичность процесса горения топлива в топке барабанного котла.

Задача, решаемая полезной моделью, заключается в устранении статической ошибки регулирования разрежения, снижении динамической

ошибки регулирования разрежения при обработке управляющего воздействия, снижении динамической ошибки регулирования разрежения при ступенчатом изменении расходов топлива и воздуха, поступающих в топку барабанного котла, повышении быстродействия при регулировании разрежения.

Техническим результатом от использования полезной модели является улучшение качества регулирования разрежения в верхней части топки барабанного котла, что выражается в повышении экономичности процесса горения топлива в топке барабанного котла.

Указанный технический результат достигается тем, что в известную систему введен корректирующий блок, включенный между выходом регулятора разрежения и входом регулирующего блока и имеющий передаточную функцию

$$W_K(p) = \frac{\frac{5\sqrt{5}-11}{64} T_{\mu}^5 p^5 + \frac{\sqrt{5}-2}{8} T_{\mu}^4 p^4 + \frac{\sqrt{5}-1}{8} T_{\mu}^3 p^3 + \frac{1}{2} T_{\mu}^2 p^2 + T_{\mu} p + 1}{T_{k5}^5 p^5 + T_{k4}^4 p^4 + T_{k3}^3 p^3 + T_{k2}^2 p^2 + T_{k1} p + 1},$$

где  $p$  – оператор Лапласа;

$T_{\mu}$  – некомпенсированная постоянная времени;

$T_{k1}$  – первая постоянная времени корректирующего блока;

$T_{k2}$  – вторая постоянная времени корректирующего блока;

$T_{k3}$  – третья постоянная времени корректирующего блока;

$T_{k4}$  – четвертая постоянная времени корректирующего блока;

$T_{k5}$  – пятая постоянная времени корректирующего блока.

Введение корректирующего блока, позволило получить передаточные функции САР разрежения в верхней части топки барабанного котла по управляющему  $W_U(p)$  и возмущающим воздействиям  $W_B(p)$ ,  $W_V(p)$  соответственно в виде:

$$W_U(p) = \frac{S(p)}{U_{зр}(p)} = \frac{1}{K_{op}} \cdot \frac{1}{\frac{26-15\sqrt{3}}{64} T_{\mu}^6 p^6 + \frac{7-4\sqrt{3}}{16} T_{\mu}^5 p^5 + \frac{2-\sqrt{3}}{8} T_{\mu}^4 p^4 + \frac{3-\sqrt{3}}{8} T_{\mu}^3 p^3 + \frac{1}{2} T_{\mu}^2 p^2 + T_{\mu} p + 1} \rightarrow$$



$$\begin{aligned}
 W_B(p) = \frac{S(p)}{B_T(p)} &= - \frac{\frac{26-15\sqrt{3}}{64} T_\mu^6 p^6 + \frac{7-4\sqrt{3}}{16} T_\mu^5 p^5 + \frac{2-\sqrt{3}}{8} T_\mu^4 p^4 +}{\frac{26-15\sqrt{3}}{64} T_\mu^6 p^6 + \frac{7-4\sqrt{3}}{16} T_\mu^5 p^5 + \frac{2-\sqrt{3}}{8} T_\mu^4 p^4 +} \rightarrow \\
 &\rightarrow \frac{+\frac{3-\sqrt{3}}{8} T_\mu^3 p^3 + \frac{1}{2} T_\mu^2 p^2 + T_\mu p}{+\frac{3-\sqrt{3}}{8} T_\mu^3 p^3 + \frac{1}{2} T_\mu^2 p^2 + T_\mu p + 1} \cdot \frac{K_{p1}}{T_{p1} + 1}; \\
 \\
 W_V(p) = \frac{S(p)}{V_B(p)} &= - \frac{\frac{26-15\sqrt{3}}{64} T_\mu^6 p^6 + \frac{7-4\sqrt{3}}{16} T_\mu^5 p^5 + \frac{2-\sqrt{3}}{8} T_\mu^4 p^4 +}{\frac{26-15\sqrt{3}}{64} T_\mu^6 p^6 + \frac{7-4\sqrt{3}}{16} T_\mu^5 p^5 + \frac{2-\sqrt{3}}{8} T_\mu^4 p^4 +} \rightarrow \\
 &\rightarrow \frac{+\frac{3-\sqrt{3}}{8} T_\mu^3 p^3 + \frac{1}{2} T_\mu^2 p^2 + T_\mu p}{+\frac{3-\sqrt{3}}{8} T_\mu^3 p^3 + \frac{1}{2} T_\mu^2 p^2 + T_\mu p + 1} \cdot \frac{K_{p2}}{T_{p2} + 1};
 \end{aligned}$$

- где  $S$  – разрежение в верхней части топки;  
 $p$  – оператор Лапласа;  
 $U_{зр}$  – задающее напряжение контура регулирования разрежения (управляющее воздействие);  
 $K_{op}$  – коэффициент обратной связи по разрежению;  
 $T_\mu$  – некомпенсированная постоянная времени;  
 $B_T$  – расход топлива;  
 $K_{p1}; T_{p1}$  – соответственно коэффициент передачи и постоянная времени барабанного котла по каналу "расход топлива – разрежение в верхней части топки";  
 $V_B$  – расход воздуха;  
 $K_{p2}; T_{p2}$  – соответственно коэффициент передачи и постоянная времени барабанного котла по каналу "расход воздуха – разрежение в верхней части топки".

Передаточная функция САР разрежения в верхней части топки по управляющему воздействию  $W_U(p)$  имеет эталонный вид.

Следовательно, достигнуты нулевая статическая ошибка регулирования разрежения, минимально возможная динамическая ошибка регулирования разрежения при отработке управляющего воздействия,

минимально возможная динамическая ошибка регулирования разрежения при ступенчатом изменении расходов топлива и воздуха, поступающих в топку барабанного котла, предельно возможное быстродействие при регулировании разрежения.

Таким образом, заявляемая САР обеспечивает улучшение качества регулирования разрежения в верхней части топки барабанного котла.

На фиг. 1 представлена структурная схема САР разрежения в верхней части топки барабанного котла.

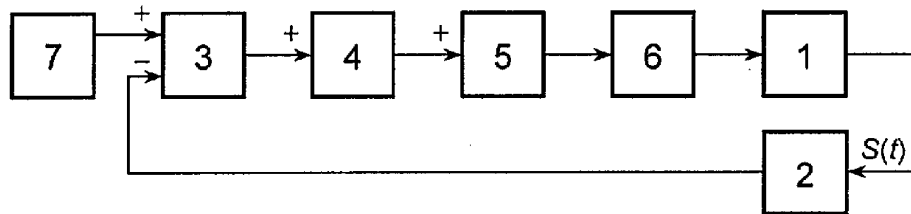
САР разрежения в верхней части топки барабанного котла содержит барабанный котел 1, датчик 2 разрежения, установленный в верхней части его топки, последовательно соединенные, регулятор 3 разрежения, выполненный в виде пропорционально-интегрирующего блока, корректирующий блок 4, регулирующий блок 5 и дымосос 6, всасывающим патрубком присоединенный к газоходу барабанного котла 1 и удаляющий дымовые газы из его топки, задатчик 7 разрежения, выходом подключенный к первому входу регулятора 3 разрежения, к второму входу которого подключен выход датчика 2 разрежения. Регулирующий блок 5 обеспечивает изменение частоты вращения рабочего колеса дымососа 5, изменяя таким образом его производительность, и может быть выполнен, например, в виде устройства управления электродвигателем постоянного тока (см. Пат. 2158467 РФ, 7 Н 02 Р 5/06. Устройство управления электродвигателем постоянного тока/ Ю.П.Добробаба, С.В.Нестеров, А.Ю.Чумак, Д.В.Дорофеев (РФ). Опубл. 27.10.2000, Бюл. № 30).

САР разрежения в верхней части топки барабанного котла работает следующим образом.

Сигнал с выхода задатчика 7 разрежения, поступает на первый вход регулятора 3 разрежения, на второй вход которого поступает сигнал отрицательной обратной связи по разрежению в верхней части топки барабанного котла 1 с выхода датчика 2 разрежения. С выхода регулятора 3 разрежения сигнал, проходя через корректирующий блок 4, поступает на вход регулирующего блока 5, который изменяет производительность дымососа 6, отсасывающего из топки барабанного котла 1 дымовые газы, для поддержания заданного разрежения в топке. Количество дымовых газов, отсасываемых дымососом 6 при регулировании разрежения в верхней части топки барабанного котла 1, определяется значением сигнала на выходе корректирующего блока 4.

Таким образом, достигается высокое качество регулирования разрежения в верхней части топки барабанного котла 1, которое определяется настройками регулятора 3 разрежения, корректирующего блока 4 и регулирующего блока 5.

**Система автоматического регулирования разрежения  
в верхней части топки барабанного котла**



Фиг. 1

А.М.Гапоненко  
Ю.П.Добробаба  
С.В.Нестеров  
С.В.Ничепуренко