



УКРАЇНА

(19) UA (11) 41416 (13) C2

(51) 7 F23N5/18, G05D23/13

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

## (54) СПОСІБ ТА СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ГОРІННЯМ В ПЕЧІ

(21) 97031475

(22) 28.03.1997

(24) 17.09.2001

(31) P.313600

(32) 01.04.1996

(33) PL

(46) 17.09.2001, Бюл. № 8, 2001 р.

(72) Гінтер Груча, PL, Генріх Тімовські, PL, Себастьян Пейм, PL, Януш Тхуж, PL, Пьотр Вецец, PL, Станіслав Грушка, PL, Марек Буні, PL, Барбара Шенджелож, PL, Анджей Цьвьоро, PL, Еугенюш Барон, PL, Тадеуш Козіна, PL, Антоній Петрашек, PL, Анджей Люпа, PL, Богдан Крук, PL, Хенрік Булянда, PL

(73) ЕЛЕКТРОВНЯ "ЛАЗІСКА" С.А., PL, ЗАКЛАДИ ПОМЯРОВО-БАДАВЧЕ ЕНЕРГЕТИКІ ЕНЕРГО-ПОМЯР С.П. З О.О., PL

(56) Патент Польши № 156836, кл. F23N5/18, опубл. 1992

(57) 1. Способ автоматического управления горением в печи по отношению измеренного содержания свободного кислорода и окиси углерода в отработанных газах к определенной концентрации свободного кислорода в отработанных газах, которую определяют на основе измеренной и заданной предельно допустимой концентрации окиси углерода, **отличающийся** тем, что определенное значение концентрации свободного кислорода ( $O_{2z}$ ) в отработанных газах автоматически уменьшают до достижения концентрации окиси углерода в отработанных газах, равной заданной предельно допустимой концентрации окиси углерода ( $CO_z$ ), и в этот момент определенное значение концентрации свободного кислорода в отработанных газах ( $O_{2z}$ ) изменяют скачком на динамическое и статическое значение ( $\Delta O_{2zd} + \Delta O_{2zs}$ ), которое по истечении определенного периода (Т) уменьшают до величины статического значения ( $\Delta O_{2zs}$ ) концентрации свободного кислорода, и это статическое значение ( $\Delta O_{2zs}$ ) концентрации свободного кислорода поддерживают до конца определенного периода (Т), начиная с момента достижения концентрацией окиси углерода в отработанных газах значения, равного заданной предельно допустимой концентрации окиси углерода ( $CO_z$ ), и если по истечении определенного времени (Т) концентрация окиси углерода в отработанных газах ниже, чем заданная допустимая концентрация ( $CO_z$ ), то определенное значение концентрации свободного кислорода ( $O_{2z}$ ) в отработанных

ных газах автоматически уменьшают до достижения заданной допустимой концентрации окиси углерода ( $CO_z$ ), а если по истечении определенного времени (Т) концентрация окиси углерода в отработанных газах больше, чем заданная допустимая концентрация ( $CO_z$ ), то определенное значение концентрации свободного кислорода ( $O_{2z}$ ) в отработанных газах увеличивают на величину статического значения концентрации кислорода ( $\Delta O_{2zs}$ ) и поддерживают эту концентрацию свободного кислорода в течение следующего определенного периода (Т), и после его окончания автоматически снижают определенное значение концентрации свободного кислорода ( $O_{2z}$ ).

2. Способ по п. 1, **отличающийся** тем, что автоматическое уменьшение определенного значения концентрации свободного кислорода ( $O_{2z}$ ) в отработанных газах осуществляют линейно.

3. Способ по п. 1, **отличающийся** тем, что автоматическое уменьшение определенного значения концентрации свободного кислорода ( $O_{2z}$ ) в отработанных газах осуществляют экспоненциально.

4. Способ по п. 1, **отличающийся** тем, что определенное значение свободного кислорода ( $O_{2z}$ ), измененное скачкообразно на статическое ( $\Delta O_{2zs}$ ) и динамическое ( $\Delta O_{2zd}$ ) значения, поддерживают в течение выбранного времени ( $T_D$ ), по истечении этого времени его уменьшают на динамическое значение ( $\Delta O_{2zd}$ ) свободного кислорода.

5. Система автоматического управления горением в печи по отношению измеренного содержания свободного кислорода и окиси углерода в отработанных газах к определенной концентрации свободного кислорода, содержащая сумматор сигналов вращений угольного транспортера, датчики концентрации свободного кислорода в отработанных газах, датчик концентрации окиси углерода в отработанных газах, и линии передачи сигналов, **отличающаяся** тем, что к линии ( $D_{22}$ ) передачи сигнала определенной концентрации свободного кислорода ( $O_{2z}$ ) в отработанных газах присоединена линия ( $D_{222}$ ) передачи сигнала переменного значения определенной концентрации свободного кислорода ( $O_{2z}$ ) через коммутационную систему, причем линия ( $D_{222}$ ) передачи сигнала переменного значения определенной концентрации свободного кислорода ( $O_{2z}$ ) включает в себя программатор,

(19) UA (11) 41416 (13) C2

выход которого соединен с входом коммутационной системы, один вход соединен с датчиком окиси углерода в отработанных газах, другой вход

соединен с пультом заданной концентрации окиси углерода ( $\text{CO}_2$ ).

Предметом изобретения являются способ и система автоматического управления горением в печи по отношению к измеренному содержанию свободного кислорода и окиси углерода в отработанных (дымовых) газах, к определенной концентрации свободного кислорода в отработанных газах, которая определяется на основе измеренной и заданной предельно допустимой концентрации окиси углерода с компенсацией возмущений, вызванных изменениями в потоке топлива. Способ и система предназначены для промышленных печей, главным образом на электростанциях, питаемых топливной воздушной смесью, главным образом каменным углем, размолотым в угольной мельнице и подаваемым в печь в потоке воздуха.

В качестве прототипа предлагаемого изобретения принят способ автоматического управления горением в печи по отношению измеренного содержания свободного кислорода и окиси углерода в отработанных газах к определенной концентрации свободного кислорода в отработанных газах, которую определяют на основе измеренной и заданной предельно допустимой концентрации окиси углерода (Патент Польши № 156836, кл. F23N5/18, опубл. 30.04.1992 г., WUP 04/92). Согласно этому изобретению система автоматической оптимизации процесса горения в тепловом объекте содержит датчики концентрации свободного кислорода в отработанных газах, соединенные со входом регулятора, выход которого соединяется с вентилятором вторичного (регенерированного) воздуха, подаваемого в печь.

За прототип предлагаемого изобретения принята также система автоматического управления горением в печи по отношению измеренного содержания свободного кислорода и окиси углерода в отработанных газах к определенной концентрации свободного кислорода, содержащая сумматор сигналов вращения угольного транспортера, датчики концентрации свободного кислорода в отработанных газах, датчик концентрации окиси углерода в отработанных газах, и линии передачи сигналов (Патент Польши № 156836, кл. F23N5/18, опубл. 30.04.1992 г., WUP 04/92).

Недостатком известного способа является то, что для его осуществления требуется чрезмерно большое количество воздуха, подаваемого в печь для сведения к минимуму содержания окиси углерода в отработанных газах. Это, в свою очередь, ведет к существенным дымоходным потерям и наличию окиси углерода в отработанном газовом потоке.

Недостаток известного устройства заключается в несовершенстве системы автоматического управления процессом горения в печи, не обеспечивающей оперативного реагирования на изменение допустимых концентраций свободного кислорода и окиси углерода в дымовом газе.

В основу изобретения поставлена задача создания высокоэкономичного и экологически чистого способа автоматического управления горением в

печи путем автоматической корректировки величины концентраций свободного кислорода и окиси углерода в отработанном газе для соответствия предельно допустимым концентрациям их в составе газа, что позволяет достичь средней концентрации окиси углерода в отработанных газах, не превышающей заданной предельной концентрации, и таким образом минимизировать избыток воздуха, подаваемого в печь, а также уменьшить потери дымохода и концентрацию окиси азота, выделяемой в атмосферу в отработанных газах.

В основу изобретения поставлена также задача оптимизации системы автоматического управления горением в печи путем оснащения ее линиями передачи сигналов изменения концентрации свободного кислорода в отработанном газе и программатором, а также путем установления оптимальной связи программатора с основными управляющими элементами системы, что обеспечивает выдачу программы для изменения определенной концентрации свободного кислорода в отработанном газе в зависимости от концентрации окиси углерода относительно значения заданной (допустимой) концентрации окиси углерода.

Поставленная задача достигается тем, что в способе автоматического управления горением в печи по отношению измеренного содержания свободного кислорода и окиси углерода в отработанных газах к определенной концентрации свободного кислорода в отработанных газах, которую определяют на основе измеренной и заданной предельно допустимой концентрации окиси углерода, согласно изобретения, определенное значение концентрации свободного кислорода ( $\text{O}_{2z}$ ) в отработанных газах автоматически уменьшают до достижения концентрации окиси углерода в отработанных газах, равной заданной предельно допустимой концентрации окиси углерода ( $\text{CO}_{2z}$ ), и в этот момент определенное значение концентрации свободного кислорода в отработанных газах ( $\text{O}_{2z}$ ) изменяют скачком на динамическое и статическое значение ( $\Delta\text{O}_{2zd} + \Delta\text{O}_{2zs}$ ), которое, в свою очередь, по истечении определенного периода (Т), уменьшают до величины статического значения ( $\Delta\text{O}_{2zs}$ ) концентрации свободного кислорода, и это статическое значение ( $\Delta\text{O}_{2zs}$ ) концентрации свободного кислорода поддерживают до конца определенного периода (Т), начиная с момента достижения концентрацией окиси углерода в отработанных газах значения, равного заданной предельно допустимой концентрации окиси углерода ( $\text{CO}_{2z}$ ), и если по истечении определенного времени (Т) концентрация окиси углерода в отработанных газах ниже, чем заданная допустимая концентрация ( $\text{CO}_2$ ), то определенное значение концентрации свободного кислорода ( $\text{O}_{2z}$ ) в отработанных газах автоматически уменьшают до тех пор, пока не будет достигнута заданная допустимая концентрация окиси углерода ( $\text{CO}_2$ ), а если по истечении определенного времени (Т) концентрация окиси углерода в отработанных газах больше,

чем заданная допустимая концентрация ( $\text{CO}_z$ ), то определенное значение концентрации свободного кислорода ( $\text{O}_{2z}$ ) в отработанных газах увеличивают на величину статического значения концентрации кислорода ( $\Delta\text{O}_{2zs}$ ) и поддерживают эту концентрацию свободного кислорода в течение следующего определенного периода ( $T$ ), и после его окончания автоматически снижают определенное значение концентрации свободного кислорода ( $\text{O}_{2z}$ ).

При этом автоматическое уменьшение определенного значения концентрации свободного кислорода ( $\text{O}_{2z}$ ) в отработанных газах осуществляют линейно либо экспоненциально.

Кроме того, определенное значение свободного кислорода ( $\text{O}_{2z}$ ), измененное скачкообразно на статическое ( $\Delta\text{O}_{2zs}$ ) и динамическое ( $\Delta\text{O}_{2zd}$ ) значения, поддерживают в течение выбранного времени ( $T_D$ ), по истечении этого времени его уменьшают на динамическое значение ( $\Delta\text{O}_{2zd}$ ) свободного кислорода.

Поставленная задача решается также тем, что в системе автоматического управления горением в печи по отношению измеренного содержания свободного кислорода и окиси углерода в отработанных газах к определенной концентрации свободного кислорода, содержащей сумматор сигналов вращений угольного транспортера, датчики концентрации свободного кислорода в отработанных газах, датчик концентрации окиси углерода в отработанных газах, и линии передачи сигналов, согласно изобретения, к линии ( $D_{22}$ ) передачи сигнала определенной концентрации свободного кислорода ( $\text{O}_{2z}$ ) в отработанных газах присоединена линия ( $D_{222}$ ) передачи сигнала переменного значения определенной концентрации свободного кислорода ( $\text{O}_{2z}$ ) через коммутационную систему, причем линия ( $D_{222}$ ) передачи сигнала переменного значения определенной концентрации свободного кислорода ( $\text{O}_{2z}$ ) включает в себя программатор, выход которого соединен с входом коммутационной системы, один вход соединен с датчиком окиси углерода в отработанных газах, другой вход соединен с пультом заданной концентрации окиси углерода ( $\text{CO}_z$ ).

Упомянутый программатор содержит программу для реализации способа автоматического управления горением.

В дальнейшем изобретение поясняется описанием конкретного варианта его воплощения со ссылкой на сопроводительные чертежи, на которых:

фиг. 1 иллюстрирует пример применения способа,

фиг. 2 изображает пример системы в соответствии с изобретением.

Пример. Для выбранного объекта минимальная экспериментально заданная концентрация свободного кислорода в отработанных газах принимается равной  $\text{O}_{2z}=1,8\%$ , а максимальная экспериментально заданная концентрация окиси углерода в отработанных газах принимается равной  $\text{CO}_z=24 \text{ мг/м}^3$ . Было обнаружено, что при заданной концентрации окиси углерода  $\text{CO}_z=24 \text{ мг/м}^3$ , содержание окислов азота не превышает допустимый уровень  $460 \text{ мг/м}^3$  по всей области управления объекта. Определенное время было принято

равным  $T=260 \text{ с}$ . Кроме того, на основе эксперимента были приняты: динамическое значение определенной концентрации свободного кислорода  $\Delta\text{O}_{2zd}=0,2\%$ , и статическое значение определенной концентрации свободного кислорода –  $\Delta\text{O}_{2zs}=0,23\%$ . Было принято допущение, что линейное уменьшение определенной концентрации свободного кислорода  $\text{O}_{2z}$  происходит со скоростью, равной  $d\text{O}_{2z}/dt=0,25\% \text{ O}_2/\text{час}$ . В момент времени 0, фиг. 1, концентрация окиси углерода в отработанных газах намного ниже, чем заданная концентрация  $\text{CO}_z$ . Определенная концентрация свободного кислорода  $\text{O}_{2z}$  в отработанных газах уменьшается линейно со скоростью  $d\text{O}_{2z}/dt=0,25\% \text{ O}_2/\text{час}$ , в результате чего концентрация окиси углерода в отработанных газах повышается, и в момент 1 достигает значения, равного заданной концентрации  $\text{CO}_z$ . В этот момент определенная концентрация свободного кислорода увеличивается со значения, которое было в момент 1, на значение концентрации  $\Delta\text{O}_{2zd}+\Delta\text{O}_{2zs}=(0,23+0,2)\%$ . Из-за инерции объекта концентрация окиси углерода в отработанных газах все еще повышается. В течение времени выпрямления  $T_D$  определенная концентрация свободного кислорода поддерживается постоянной, и по истечении времени  $T_D$  это значение уменьшается до значения, которое было в момент 1, увеличенного на статическое значение  $\Delta\text{O}_{2zs}=0,23\%$ , и поддерживается без изменений до момента 11, то есть до тех пор, пока не закончится определенный период  $T$ . Однако, если в момент 11 концентрация окиси углерода в отработанных газах все еще остается больше, чем заданная концентрация  $\text{CO}_z$ , то определенная концентрация свободного кислорода в отработанных газах возрастает на приращение  $\Delta\text{O}_{2zs}=0,23\%$ . Одновременно измеряется определенный период  $T$ . По истечении времени  $T$ , в момент 111, концентрация окиси углерода меньше, чем заданная концентрация  $\text{CO}_z$ . Таким образом, начинается линейное уменьшение определенной концентрации свободного кислорода  $\text{O}_{2z}$ . Если оказалось, что в момент 111 концентрация окиси углерода не уменьшилась относительно заданной концентрации  $\text{CO}_z$ , то в момент 111 должно наблюдаться увеличение определенной концентрации свободного кислорода  $\text{O}_{2z}$  на следующее приращение, равное статическому значению  $\Delta\text{O}_{2zs}=0,23\%$ . Представленное в этом примере состояние концентрации окиси углерода, будучи ниже заданной концентрации  $\text{CO}_z$ , вызывает уменьшение определенной концентрации свободного кислорода до момента IV, в котором концентрация окиси углерода снова достигает значения заданной концентрации  $\text{CO}_z$ . Таким образом, происходит действие, аналогичное тому, что происходит между моментом 1 и 11. Однако, по истечении времени  $T$ , в момент V, концентрация окиси углерода меньше, чем заданная –  $\text{CO}_z$ , и все еще проявляет тенденцию к снижению. Таким образом, начинается линейное уменьшение определенной концентрации свободного кислорода в отработанных газах. Течение горения, в соответствии со способом, вызывает специфическое волнообразное движение концентрации окиси углерода в отработанных газах вокруг заданной концентрации  $\text{CO}_z$ . Однако, принятые параметры для данного объекта выбра-

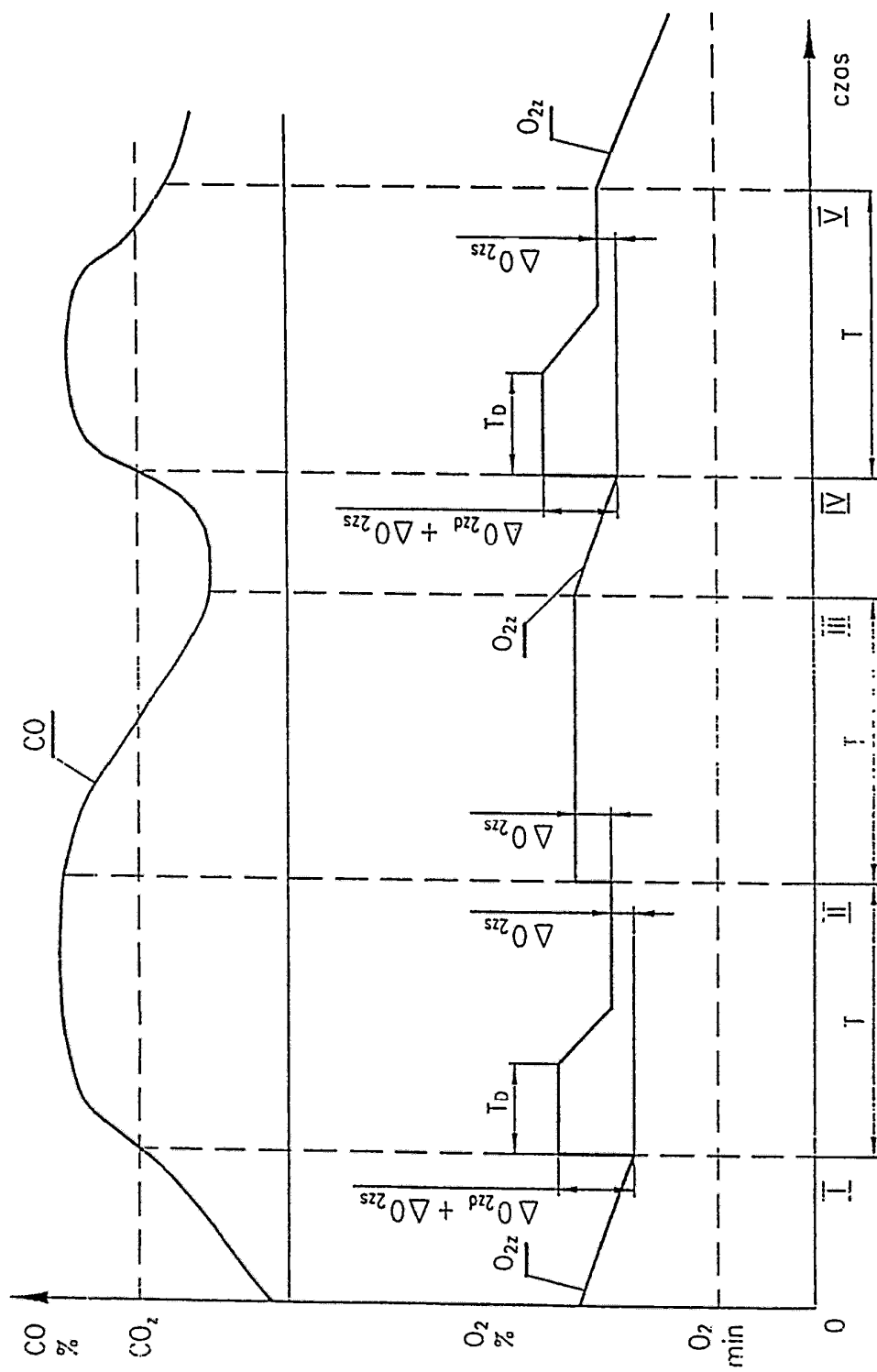
ны таким образом, что средняя концентрация окиси углерода не превышает заданную концентрацию  $\text{CO}_2$  в более длительном периоде времени. Но количество воздуха, поданного в печь за это время, меньше, чем в случае, когда определенная концентрация свободного кислорода в отработанных газах поддерживается неизменной, настроенной на заданную концентрацию  $\text{CO}_2$ . Как уже упоминалось, практически концентрация окислов азота поддерживалась на уровне, не превышающем  $460 \text{ мг/м}^3$  отработанных газов.

Система автоматического управления горением (фиг. 2) имеет линию D передачи сигнала для изменения полного количества воздуха, поскольку упомянутая линия передачи D соединяется с системами, управляющими выходами вентиляторов воздуха, не показанными на фиг. 2. Линия передачи D соединяется с выходом сумматора 1, один вход которого соединяется с сумматором 2 сигналов с датчиков 3 вращения транспортеров ко всем мельницам, также не показанных на чертеже. Вторым выходом сумматора 1 соединяется с линией D<sub>2</sub> передачи сигнала изменения полного количества воздуха, в зависимости от концентрации свободного кислорода и окиси углерода в отработанных газах. Линия передачи D<sub>2</sub> соединяется с выходом старшего элемента управления (регулятора) 4. Один из входов старшего элемента управления 4 соединяется с линией D<sub>21</sub> передачи сигнала свободного кислорода в отработанных газах, поскольку упомянутая линия передачи D<sub>21</sub> соединяется через коммутационную систему 5 с датчиками 6 свободного кислорода в отработанных газах, расположенными в потоке отработанных газов. Вторым входом старшего элемента управления 4 соединяется с линией передачи D<sub>22</sub> сигнала определенной концентрации  $\text{O}_{2z}$  кислорода в отработанных газах. Линия передачи D<sub>22</sub> соединяется с системой 7 минимальной определенной концентрации свободного кислорода в отработанных газах. Вход системы 7 соединяется с выходом коммутационной системы 8, координированной с коммутационным пультом 9. Один из входов коммутационной системы 8 соединяется посредством линии передачи D<sub>222</sub> с пультом 10, предназначенным для задания постоянной заданной концентрации  $\text{O}_{2z}$  свободного кислорода в отработанных газах. Вторым входом коммутационной системы 8 соединяется посредством линии передачи D<sub>222</sub> с программатором 11, содержащим программу для изменения определенной концентрации  $\text{O}_{2z}$  свободного кислорода в отработанных газах в зависимости от концентрации окиси углерода в отработанных газах относительно значения концентрации заданного для окиси углерода. Один из входов программатора 11 соединяется с датчиком 12 концентрации окиси в отработанных газах, второй - с пультом 13 заданного значения концентрации  $\text{CO}_2$ .

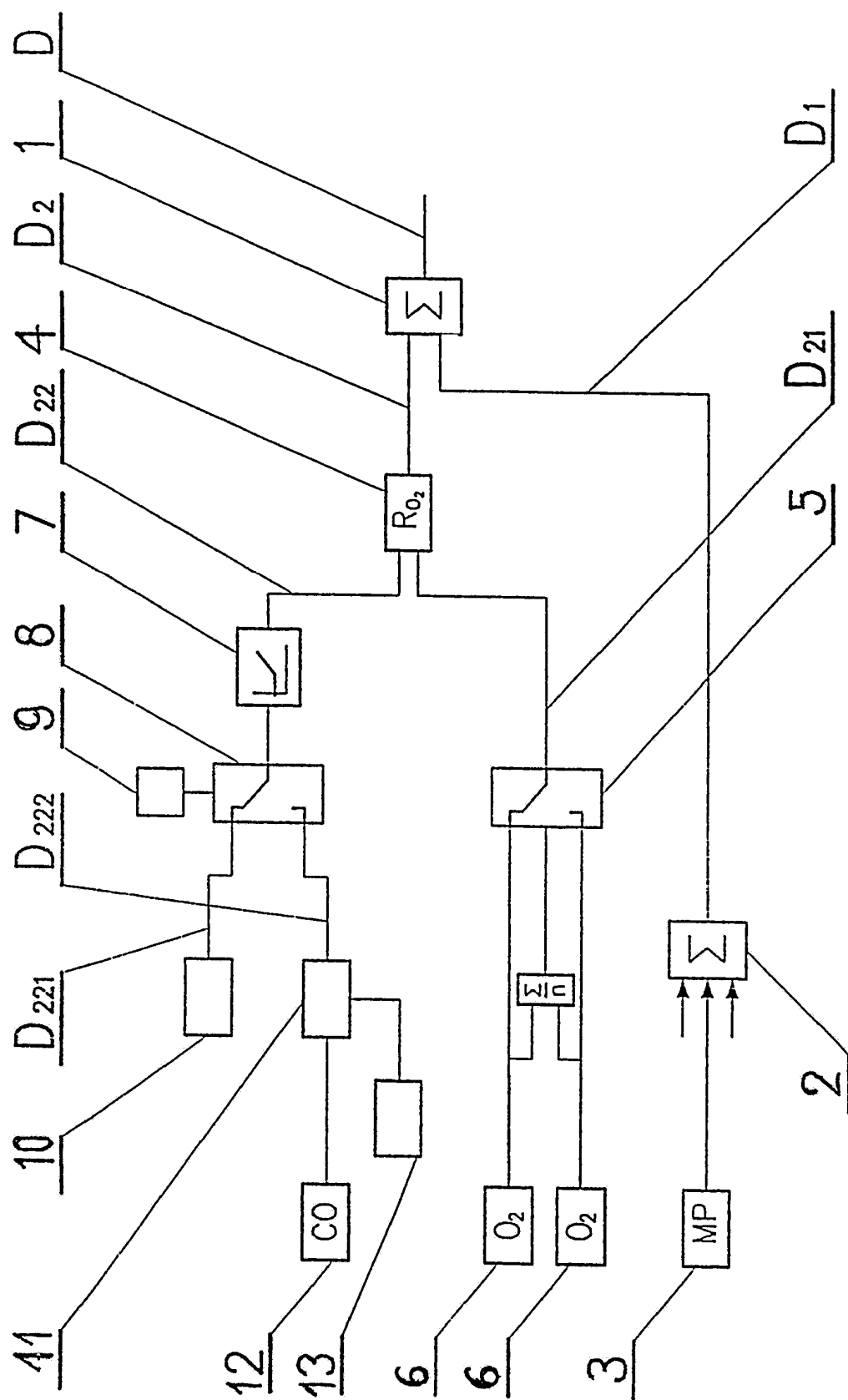
На пульте 10, предназначенном для задания значения концентрации свободного кислорода в отработанных газах, значение концентрации свободного кислорода было определено в качестве

примера, равным  $\text{O}_{2z}=1,8\%$ . Сигнал с пульта 10 через коммутационную систему 8 достигает системы 7 минимальной концентрации свободного кислорода в отработанных газах. Если сигнал с пульта 10 задает значение концентрации свободного кислорода меньшее, чем минимальное значение, то система 7 по линии передачи D<sub>22</sub> посылает в старший элемент управления 4 сигнал упомянутого минимального значения. Если определенная концентрация свободного кислорода превышает минимальное значение концентрации свободного кислорода, то этот сигнал будет передаваться в полной мере в старший элемент управления 4. Эти два сигнала с линий передачи D<sub>21</sub> и D<sub>22</sub> сравниваются в старшем элементе управления 4. Если сигнал, поступающий с датчиков 6, устанавливает, что концентрация свободного кислорода в отработанных газах меньше, чем определенная концентрация  $\text{O}_{2z}$ , то старший элемент управления 4 передает его в сумматор 1 и далее передает сигнал к вентилятору, чтобы увеличить полное количество воздуха, подаваемого в печь, до такого значения, при котором сигналы выравниваются. Если сигнал, поступающий с датчиков 6, устанавливает, что концентрация свободного кислорода в отработанных газах больше, чем определенная концентрация  $\text{O}_{2z}$ , то старший элемент управления 4 пошлет к вентиляторам сигнал, чтобы уменьшить количество подаваемого воздуха до такого количества, при котором сигналы выравниваются, что означает, что концентрация свободного кислорода в отработанных газах уменьшается. Сигнал, поступающий из старшего элемента управления 4 в сумматор 1, складывается с сигналом, переданным по линии передачи D<sub>1</sub> из сумматора вращений угольных транспортеров (устройств подачи угля), поскольку сигнал пропорционален потоку топлива, поданного в печь. Когда будет отмечено изменение в размере потока топлива, в вентилятор будет послан сигнал, чтобы изменить полное количество подаваемого воздуха. При использовании пульта 9 система 8 может повторно переключаться, и линия передачи D<sub>22</sub> может соединяться с программатором 11 или с пультом для ручного задания  $\text{O}_{2z}$ . Программатор 11 изменяет определенную концентрацию свободного кислорода в соответствии с программой, осуществляющей способ автоматического управления в соответствии с изобретением. Сигнал, поступающий из программатора 11 в старший элемент управления 4, сравнивается с сигналом, достигающим элемента управления 4 с датчиков 6. Элемент управления 4 и сумматор 1 работает таким образом, как описано в случае системы, соединенной с пультом 10, что происходит при неизменной заданной концентрации свободного кислорода в отработанных газах.

Сумматор 1 позволяет управлять отношением полного объема воздуха к потоку топлива, поданного в печь, при переключении элемента управления 4 на ручное управление, когда, например, датчики 6 для измерения  $\text{O}_2$  выходят из строя.



Фиг. 1



**Фиг. 2**

---

ДП "Український інститут промислової власності" (Укрпатент)  
Україна, 01133, Київ-133, бульв. Лесі Українки, 26  
(044) 295-81-42, 295-61-97

---

Підписано до друку \_\_\_\_\_ 2001 р. Формат 60x84 1/8.  
Обсяг \_\_\_\_\_ обл.-вид. арк. Тираж 50 прим. Зам. \_\_\_\_\_

---

УкрІНТЕІ, 03680, Київ-39 МСП, вул. Горького, 180.  
(044) 268-25-22

---