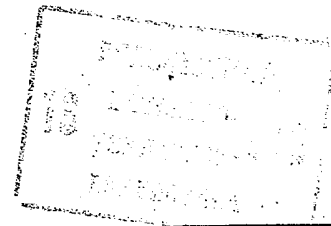




ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ



(21) 3309645/22-02

(22) 10.04.81

(46) 23.03.83. Бюл. № 11.

(72) Т.С. Намазбаев, А.К. Шоканов,
А.Я. Гуммель, В.В. Хлащев, Д.И. Тур-
кевич, П.И. Югов, Ю.А. Романов
и М.А. Акбиев

(71) Особое проектно-конструкторское
бюро Научно-производственного объе-
динения "Черметавтоматика"

(53) 669.184.136(088.8)

(56) 1. Патент Франции № 2185687,
кл. С 21 С 5/30, 1973.

2. Патент Франции № 2289893,
кл. С 21 С 5/28, 1975.

(54)(57) 1. УСТРОЙСТВО ДЛЯ КОНТРОЛЯ
УРОВНЯ ВАННЫ В КОНВЕРТЕРЕ, содержащее
датчик звукового давления, связанный
с входом широкополосного усилителя,
частотно-избирательный усилитель, вы-
ход которого связан с входом детек-
тора, а выход последнего соединен
с входом блока унификации, регистри-
рующий прибор, отличающе-
ся тем, что, с целью повышения дос-
товерности контроля уровня ванны кон-
вертера, в него введены блок автома-
тического регулирования усиления, блок
определения температуры отходящих
газов, блок определения содержания
двуокси углерода в отходящих га-
зах, вычислительный блок определения
скорости распространения звука в от-
ходящих газах, блок определения поло-
жения кислородной фурмы, блок опре-
деления веса чугуна, заливаемого в
конвертер, блок определения веса
лома, загружаемого в конвертер, вто-
рой вычислительный блок определения
текущего внутреннего радиуса конвер-
тера, третий вычислительный блок опре-
деления уровня ванны в конвертере,
при этом выход широкополосного уси-
лителя подключен к входу блока автома-
тического регулирования усилителя,
выход которого подключен к входу час-

точно-избирательного усилителя, а выход
последнего соединен с первым входом
третьего вычислительного блока, выход
блока определения температуры отхо-
дящих газов подключен к первому
входу вычислительного блока опреде-
ления скорости распространения звука
в отходящих газах, второй вход кото-
рого подключен к выходу блока опре-
деления содержания двуокси углерода
в отходящих газах, причем выход вы-
числительного блока определения ско-
рости распространения звука в отходя-
щих газах соединен с вторым входом
третьего вычислительного блока опре-
деления уровня ванны в конвертере,
выход блока определения положения
кислородной фурмы подключен к входу
второго вычислительного блока опре-
деления текущего внутреннего радиу-
са конвертера, второй вход которого
соединен с выходом блока определе-
ния веса чугуна, а третий вход под-
ключен к выходу блока определения
веса лома, причем выход второго вы-
числительного блока определения
текущего внутреннего радиуса кон-
вертера подключен к третьему входу
третьего вычислительного блока опре-
деления уровня ванны в конвертере, вы-
ход последнего соединен с входом
регистрирующего прибора.

2. Устройство по п.1, отлича-
ющееся тем, что вычислитель-
ный блок определения скорости распро-
странения звука в отходящих газах
содержит блок умножения, задатчик
величины молекулярного веса двуокси
углерода, задатчик величины молеку-
лярного веса окиси углерода, сумма-
тор, задатчик единицы, второй блок
умножения, третий блок умножения, за-
датчик величины удельной изобарной
теплоемкости углерода, второй сум-
матор, третий сумматор, блок деле-
ния, задатчик величины удельной изо-
барной теплоемкости окиси углерода,

четвертый блок умножения, пятый блок умножения, задатчик величины удельной изохорной теплоемкости двуокиси углерода, четвертый сумматор, второй задатчик единицы, шестой блок умножения, задатчик величины удельной изохорной теплоемкости окиси углерода, пятый сумматор, седьмой блок умножения, задатчик величины универсальной газовой постоянной, восьмой блок умножения, второй блок деления, при этом выход блока определения содержания двуокиси углерода в отходящих газах подключен соответственно к первым входам блока умножения, сумматора, четвертого блока умножения, пятого блока умножения и четвертого сумматора, а выходы задатчика величины молекулярного веса окиси углерода, задатчика единицы, задатчика величины удельной изобарной теплоемкости окиси углерода, задатчика величины удельной изохорной теплоемкости двуокиси углерода и второго задатчика единицы подключены соответственно к вторым входам блока умножения, сумматора, четвертого блока умножения, пятого блока умножения и четвертого сумматора, выход сумматора подключен соответственно к первым входам второго блока умножения и третьего блока умножения, вторые входы двух последних блоков подключены соответственно к выходам задатчика величины молекулярного веса окиси углерода и задатчика величины удельной изобарной теплоемкости двуокиси углерода, выходы блока умножения и второго блока умножения подключены соответственно к первому и второму входам третьего сумматора, выходы третьего блока умножения и четвертого блока умножения подключены соответственно к первому и второму входам второго сумматора, выходы задатчика величины удельной изохорной теплоемкости окиси углерода и четвертого сумматора подключены соответственно к первому и второму входам шестого блока умножения, выходы пятого блока умножения и шестого блока умножения подключены соответственно к первому и второму входам пятого сумматора, выходы блока определения температуры отходящих газов и задатчика величины универсальной газовой постоянной подключены соответственно к первому и второму входам седьмого блока умножения, выходы третьего сумматора и второго сумматора подключены соответственно к первому и второму входам блока деления, выходы седьмого блока умножения и блока деления подключены соответственно к первому и второму входам восьмого блока умножения, выход которого подключен к первому входу второго блока деления, а

второй вход второго блока деления подключен к выходу пятого сумматора.

3. Устройство по п.1, отличающееся тем, что второй вычислительный блок определения текущего внутреннего радиуса конвертера содержит управляемый ключ, блок памяти, второй управляемый ключ, второй блок памяти, третий управляемый ключ, третий блок памяти, задатчик коэффициента K_6 , сумматор, задатчик величины высоты внутренней части конвертера, второй сумматор, задатчик величины высоты от горловины конвертера до верхней точки положения фурмы, задатчик величины высоты нижней части полости конвертера, блок умножения, задатчик величины ρH , блок деления, блок извлечения квадратного корня, четвертый блок памяти, при этом выход блока определения веса чугуна, заливаемого в конвертер, подключен через последовательно соединенные управляемый ключ, блок памяти к второму входу сумматора, первый вход которого подключен к выходу задатчика коэффициента K_6 , выход блока определения веса лома, загружаемого в конвертер, подключен через последовательно соединенные второй управляемый ключ, второй блок памяти к третьему входу сумматора, выход блока определения положения кислородной фурмы подключен через последовательно соединенные третий управляемый ключ, третий блок памяти к второму входу второго сумматора, первый вход которого подключен к выходу задатчика величины высоты внутренней части конвертера, выходы задатчика величины высоты от горловины конвертера до верхней части положения фурмы и задатчика величины высоты нижней части полости конвертера подключены соответственно к третьему и четвертому входам второго сумматора, выход задатчика величины ρH и второго сумматора подключены соответственно к первому и второму входам блока умножения, выходы сумматора и блока умножения подключены соответственно к первому и второму входам блока деления, выход последнего через блок извлечения квадратного корня подключен к входу четвертого блока памяти.

4. Устройство по п.1, отличающееся тем, что третий вычислительный блок определения уровня ванны в конвертере содержит блок возведения во вторую степень, блок деления, задатчик коэффициента K_2 , блок умножения, второй блок деления, задатчик коэффициента K_1 , сумматор, второй блок умножения, третий блок умножения, задатчик коэффициента K_3 , второй сумматор, задатчик коэффициента K_4 , блок извлечения

кубического корня, третий сумматор, задатчик коэффициента K_5 , задатчик величины h_2 , блок сравнения, задатчик величины N_K , четвертый сумматор, при этом выход блока унификации подключен через блок возведения во вторую степень к первому входу блока деления, второй вход которого подключен к выходу вычислительного блока определения скорости распространения звука в отходящих газах, выход блока деления подключен соответственно к первым входам блока умножения и второго блока умножения, второй вход блока умножения подключен к выходу задатчика коэффициента K_2 , выход второго вычислительного блока определения текущего внутреннего радиуса конвертера подключен соответственно к вторым входам блока второго блока умножения и второго блока деления, первый вход которого подключен к выходу блока умножения, выходы задатчика коэффициента K_1 , второ-

го блока деления подключены соответственно к первому и второму входам сумматора, выходы первого блока умножения и задатчика коэффициента K_3 подключены соответственно к первому и второму входам третьего блока умножения, выходы задатчика коэффициента K_4 и третьего блока умножения подключены соответственно к первому и второму входам второго сумматора, выход которого через блок извлечения кубического корня подключен к первому входу третьего сумматора, а второй вход последнего подключен к выходу задатчика коэффициента K_5 , выходы сумматора, задатчика величины h_2 и третьего сумматора подключены соответственно к первому, второму и третьему входам блока сравнения, выходы задатчика величины N_K и блока сравнения подключены соответственно к первому и второму входам четвертого сумматора.

1

Изобретение относится к черной металлургии, а именно к контролю и регулированию процессов кислородно-конвертерной плавки, и может быть использовано в кислородно-конвертерном производстве стали.

Известно устройство для контроля шлакообразования в ванне конвертера, содержащее датчик вибрации, выход которого через усилитель и полосовой фильтр подключен к детектору. Выход детектора подключен к самопишущему прибору. Причем между детектором и самопишущим прибором установлен регулятор уровня выходного сигнала.

Устройство работает следующим образом. Датчик вибрации, установленный на корпусе конвертера, преобразует механические колебания корпуса в электрический сигнал, который усиливается и передается в полосовой фильтр, настроенный на диапазон частот, чувствительный к динамике процесса шлакообразования. Выделенный сигнал детектируется и подается на вход самопишущего прибора. Показания прибора характеризуют уровень и физическое состояние шлака в конвертере [1].

Недостатком этого устройства является недостоверность его показаний вследствие влияния износа кладки футеровки на величину амплитуды вибрации конвертера.

В существующих условиях первые 5-10% плавов от общего числа в кам-

2

пании (в зависимости от стойкости футеровки конвертера) являются неконтролируемыми по шлакообразованию, так как по мере спекания футеровки жесткость последней увеличивается и амплитуда колебаний конвертера уменьшается. В дальнейшем по мере износа футеровки в течение одной кампании, продолжающейся в среднем один месяц, амплитуда вибрации конвертера, соответствующая нормальному состоянию и объему шлака, уменьшается в два раза.

Наиболее близким к изобретению является устройство для определения уровня ванны в конвертере, содержащее датчик звукового давления, который связан с широкополосным усилителем, выход которого связан с входом низкочастотного фильтра. Выход низкочастотного фильтра подключен к входу смесителя, который преобразует входной сигнал, пропорциональный резонансной частоте свободного объема рабочего пространства конвертера, в сигнал с промежуточной частотой по принципу супергетеродина. К второму входу смесителя подключен генератор колебаний (гетеродин), частота которого позволяет изменять в определенных пределах для выбора рабочей частоты из входного сигнала. Выход смесителя подключен к входу полосового фильтра, который связан с входом усилителя, выход которого соединен с входом детектора. Детектор соединен

с преобразователем напряжение - ток, на выходе которого получают унифицированный сигнал, пропорциональный резонансной частоте свободного объема конвертера, которая функционально зависит от уровня шлака в ванне конвертера [2].

Устройство работает следующим образом.

Датчик звукового давления преобразует акустический сигнал о ходе шлакообразования в электрический сигнал, который усиливается широкополосным усилителем и передается в низкочастотный фильтр, настроенный на диапазон частот, чувствительных к резонансной частоте свободного объема рабочего пространства конвертера, с выхода которого поступает на первый вход смесителя сигнал, пропорциональный резонансной частоте свободного объема рабочего пространства конвертера, а к второму входу поступает сигнал, выработанный гетеродином. Разность частот этих сигналов проходит через полосовой фильтр. Изменяя частоту гетеродина, можно настроить таким образом, что резонансная частота полосового фильтра будет совпадать с разностью частоты выходного сигнала гетеродина и резонансной частоты свободного объема рабочего пространства конвертера при минимальном уровне ванны. Сигнал с выхода полосового фильтра усиливается усилителем и выпрямляется детектором. Детектор соединен с преобразователем напряжение-ток, на выходе которого получают унифицированный сигнал, пропорциональный резонансной частоте свободного объема рабочего пространства конвертера, которая характеризует уровень ванны в конвертере.

Недостатком известного устройства является низкая точность контроля шлакового режима, а именно уровня ванны конвертера, вследствие того, что одному и тому же уровню ванны могут соответствовать различные резонансные частоты свободного объема рабочего пространства конвертера, поскольку изменяется текущий внутренний радиус конвертера из-за износа футеровки в ходе кампании, что приводит к увеличению свободного объема рабочего пространства конвертера, причем свободный объем рабочего пространства состоит из цилиндрической и верхней части конвертера, представляющей собой усеченный конус, вследствие этого площадь поперечного сечения в цилиндрической и верхней части различна, поэтому в случае подъема уровня ванны до верхней части полости конвертера зависимость вы-

соты свободного объема рабочего пространства от величины резонансной частоты свободного объема конвертера носит нелинейный характер.

- Кроме того, изменение расхода кислорода дутья и положения фурмы приводит к изменению амплитуды низкочастотной составляющей акустического сигнала процесса о ходе шлакообразования соответствующей резонансной частоте свободного объема рабочего пространства конвертера, что, однако, не свидетельствует об изменении уровня ванны в конвертере. При этом низкочастотная составляющая акустического сигнала процесса о ходе шлакообразования, соответствующая резонансной частоте свободного объема рабочего пространства конвертера, в режиме открытой и заглубленной струи имеет различную амплитуду вследствие того, что коэффициент поглощения акустического сигнала процесса шлаком на 4-5 порядков больше коэффициента поглощения акустического сигнала процесса в отходящих газах. Вследствие этого при использовании известного устройства при данной резонансной частоте свободного объема рабочего пространства, характеризующей уровень ванны в конвертере, низкочастотная составляющая акустического сигнала процесса о ходе шлакообразования изменяет величину своей амплитуды при одном и том же уровне ванны, что и приводит к указанным погрешностям.

Целью изобретения является повышение достоверности контроля уровня ванны конвертера.

- Поставленная цель достигается тем, что в устройство для контроля уровня ванны в конвертере, содержащее датчик звукового давления, связанный с входом широкополосного усилителя, частотно-избирательный усилитель, выход которого связан с входом детектора, а выход последнего соединен с входом блока унификации и регистрирующий прибор, введены блок автоматического регулирования усиления, блок определения температуры отходящих газов, блок определения содержания двуокиси углерода в отходящих газах, вычислительный блок определения скорости распространения звука в отходящих газах, блок положения кислородной фурмы, блок определения веса чугуна, заливаемого в конвертер, блок определения веса лома, загружаемого в конвертер, второй вычислительный блок определения текущего внутреннего радиуса конвертера, третий вычислительный блок определения уровня ванны в конвертере, при этом выход

широкополосного усилителя подключен к входу блока автоматического регулирования усиления, выход которого подключен к входу частотно-избирательного усилителя, а выход последнего соединен с первым входом третьего вычислительного блока, выход блока определения температуры отходящих газов подключен к первому входу вычислительного блока определения скорости распространения звука в отходящих газах, второй вход которого подключен к выходу блока определения содержания двуокиси углерода в отходящих газах, причем выход вычислительного блока определения скорости распространения звука в отходящих газах соединен с вторым входом третьего вычислительного блока определения уровня ванны в конвертере, выход блока определения положения кислородной фурмы подключен к входу второго вычислительного блока определения текущего внутреннего радиуса конвертера, второй вход которого соединен с выходом блока определения веса чугуна, а третий вход подключен к выходу блока определения веса лома, причем выход второго вычислительного блока определения текущего внутреннего радиуса конвертера подключен к третьему входу третьего вычислительного блока определения уровня ванны в конвертере, выход последнего соединен с входом регистрирующего прибора.

При этом вычислительный блок определения скорости распространения звука в отходящих газах содержит блок умножения, задатчик величины молекулярного веса окиси углерода, сумматор, задатчик единицы, второй блок умножения, третий блок умножения, задатчик величины удельной изобарной теплоемкости окиси углерода, четвертый блок умножения, пятый блок умножения, задатчик величины удельной изохорной теплоемкости двуокиси углерода, четвертый сумматор, второй задатчик единицы, шестой блок умножения, задатчик величины удельной изохорной теплоемкости окиси углерода, пятый сумматор, седьмой блок умножения, задатчик величины универсальной газовой постоянной, восьмой блок умножения, второй блок деления, при этом выход блока определения содержания двуокиси углерода в отходящих газах подключен соответственно к первым входам блока умножения, сумматора, четвертого блока умножения, пятого блока умножения и четвертого сумматора, а выходы задатчика величины удельной изобарной теплоемкости окиси углерода, задатчика величины удельной изохорной теплоемкости двуокиси углерода и вто-

рого задатчика единицы подключены соответственно к вторым входам блока умножения, сумматора, четвертого блока умножения, пятого блока умножения и четвертого сумматора, выход сумматора подключен соответственно к первым входам второго блока умножения и третьего блока умножения, вторые входы двух последних блоков подключены соответственно к выходам задатчика величины молекулярного веса окиси углерода и задатчика величины удельной изобарной теплоемкости двуокиси углерода, выходы блока умножения и второго блока умножения подключены соответственно к первому и второму входам третьего сумматора, выходы третьего блока умножения и четвертого блока умножения подключены соответственно к первому и второму входам второго сумматора, выходы задатчика величины удельной изохорной теплоемкости окиси углерода и четвертого сумматора подключены соответственно к первому и второму входам шестого блока умножения, выходы пятого блока умножения и шестого блока умножения подключены соответственно к первому и второму входам пятого сумматора, выход блока определения температуры отходящих газов и задатчик величины универсальной газовой постоянной подключены соответственно к первому и второму входам седьмого блока умножения, выходы третьего сумматора и второго сумматора подключены соответственно к первому и второму входам блока деления, выходы седьмого блока умножения и блока деления подключены соответственно к первому и второму входам восьмого блока умножения, выход которого подключен к первому входу второго блока деления, а второй вход второго блока деления подключен к выходу пятого сумматора.

Кроме того, второй вычислительный блок определения текущего внутреннего радиуса конвертера содержит управляемый ключ, блок памяти, второй управляемый ключ, второй блок памяти, третий управляемый ключ, третий блок памяти, задатчик коэффициента K_6 , сумматор, задатчик величины высоты внутренней части конвертера, второй сумматор, задатчик величины высоты от горловины конвертера до верхней точки положения фурмы, задатчик величины высоты нижней части полости конвертера, блок умножения, задатчик величины ρH , блок деления, блок извлечения квадратного корня, четвертый блок памяти, при этом выход блока определения веса чугуна, заливаемого в конвертер, подключен через последовательно соединенные управляемый ключ и блок памяти

к второму входу сумматора, первый вход которого подключен к выходу задатчика коэффициента K , выход блока определения веса лома, загружаемого в конвертер, подключен через последовательно соединенные второй управляемый ключ и второй блок памяти к третьему входу сумматора, выход блока определения положения кислородной фурмы подключен через последовательно соединенные третий управляемый ключ и третий блок памяти к второму входу второго сумматора, первый вход которого подключен к выходу задатчика величины высоты внутренней части конвертера, выходы задатчика величины высоты от внутренней части конвертера, выходы задатчика величины высоты от горловины конвертера до верхней точки положения фурмы и задатчика величины высоты нижней части полости конвертера подключены соответственно к третьему и четвертому входам второго сумматора, выходы задатчика величины $p_{\text{н}}$ и второго сумматора подключены соответственно к первому и второму входам блока умножения, выходы сумматора и блока умножения подключены соответственно к первому и второму входам блока деления, выход последнего через блок извлечения квадратного корня подключен к входу четвертого блока памяти.

При этом третий вычислительный блок определения уровня ванны в конвертере содержит блок возведения во вторую степень, блок деления, задатчик коэффициента K_2 , блок умножения, второй блок деления, задатчик коэффициента K_1 , сумматор, второй блок умножения, третий блок умножения, задатчик коэффициента K_3 , второй сумматор, задатчик коэффициента K_4 , блок извлечения кубического корня, третий сумматор, задатчик коэффициента K_5 , задатчик величины h_2 , блок сравнения, задатчик величины N_k , четвертый сумматор, при этом выход блока унификации подключен через блок возведения во вторую степень к первому входу блока деления, второй вход которого подключен к выходу вычислительного блока определения скорости распространения звука в отходящих газах, выход блока деления подключен соответственно к первым входам блока умножения и второго блока умножения, второй вход блока умножения подключен к выходу задатчика коэффициента K_2 , выход второго вычислительного блока определения текущего внутреннего радиуса конвертера подключен соответственно к вторым входам блока второго блока умножения и второго блока деления, первый вход которого подключен к выходу блока умножения, выходы задатчика коэффициента K_1 и второго блока деления под-

ключены соответственно к первому и второму входам сумматора, выходы второго блока умножения и задатчика коэффициента K_3 подключены соответственно к первому и второму входам третьего блока умножения, выходы задатчика коэффициента K_4 и третьего блока умножения подключены соответственно к первому и второму входам второго сумматора, выход которого через блок извлечения кубического корня подключен к первому входу третьего сумматора, а второй вход последнего подключен к выходу задатчика коэффициента K_5 , выходы сумматора, задатчика величины h_2 и третьего сумматора подключены соответственно к первому, второму и третьему входам блока сравнения, выходы задатчика величины N_k и блока сравнения подключены соответственно к первому и второму входам четвертого сумматора.

На фиг. 1 изображена блок-схема одного из вариантов предлагаемого устройства; на фиг. 2 - геометрические размеры конвертера; на фиг. 3 график сравнения определяемого уровня ванны при использовании предлагаемого и известного устройств с истинным значением уровня ванны конвертера.

Устройство содержит датчик 1 звукового давления, широкополосный усилитель 2, блок 3 автоматического регулирования усиления, частотно-избирательный усилитель 4, детектор 5, блок 6 унификации, третий вычислительный блок 7 определения уровня ванны в кислородном конвертере, регистрирующий прибор 8, блок 9 определения температуры отходящих газов, вычислительный блок 10 определения скорости распространения звука в отходящих газах, блок 11 определения содержания двуокиси углерода в отходящих газах, блок 12 определения положения кислородной фурмы, второй вычислительный блок 13 определения текущего внутреннего радиуса конвертера, блок 14 определения веса чугуна, заливаемого в конвертер, блок 15 определения веса лома, загружаемого в конвертер.

Датчик 1 звукового давления может быть выполнен в виде микрофона. Широкополосный усилитель 2 представляет собой усилитель, рабочий диапазон которого ограничен сигналами, имеющими частоты $f_{\text{н}} = 15$ Гц и $f_{\text{г}} = 1700$ Гц, где $f_{\text{н}}$ - нижняя граничная частота; $f_{\text{г}}$ - верхняя граничная частота.

Блок 3 автоматического регулирования усиления может быть выполнен, например в виде усилителя с переменным коэффициентом усиления,

изменяющимся автоматически, и служит для поддержания на выходе блока 3 заданной величины амплитуды сигнала акустического процесса, усиленного широкополосным услителем 2. Благодаря переменному коэффициенту усиления блока 3 амплитуда акустического сигнала процесса о ходе шлакообразования на выходе блока 3 автоматически поддерживается на заданном уровне без искажения спектра частот, соответствующих резонансной частоте свободного объема рабочего пространства конвертера. Величина выходного сигнала блока 3 поддерживается на заданном уровне независимо от изменения величины амплитуды входного сигнала, зависящая в свою очередь от положения кислородной фурмы и расхода кислорода дутья.

При заглублении фурмы более 2 м, который соответствует периоду плавки, когда скорость обезуглероживания достигает максимальной величины, уровень кавитационных шумов процесса обезуглероживания перекрывает уровень аэродинамического шума кислородной струи, причем спектр частот кавитационных шумов процесса обезуглероживания находится ниже 100 Гц, спектр резонансных частот свободного объема рабочего пространства конвертера при изменении уровня ванны от минимального до максимального значения также находится ниже 100 Гц, а частотный спектр помех находится выше 100 Гц. Таким образом, при заглублении фурмы более 2 м уровень полезного сигнала значительно выше уровня помех в диапазоне частот до 100 Гц.

Частотно-избирательный усилитель 4 представляет собой соединение усилителя с полосовым фильтром, например, со средней частотой порядка 70 Гц, причем эта резонансная частота фильтра пропорциональна резонансной частоте свободного объема рабочего пространства конвертера, соответствующая моменту, когда уровень ванны конвертера находится на отметке, соответствующей 0,8 м от горловины конвертера.

Выпрямленное напряжение с детектора 5 преобразуется в пропорциональный ток в диапазоне 0-5 Ма.

Вычислительные блоки 7, 10 и 13, могут быть представлены, например, в виде ЭВМ автоматизированной системы управления технологическим процессом конвертерной плавки (АСУ, ТП). Блок 9 определения температуры отходящих газов представляет собой термометр сопротивлений ТСМ-5071. Блок 11 определения содержания двуокиси углерода в отходящих газах представляет собой газоанализатор типа урас-2.

Блок 12 определения положения фурмы представляет датчик типа КПФ-7367.

Блок 14 определения веса чугуна, заливаемого в конвертер, может быть представлен в виде автоматизированной системы измерения веса чугуна, типа АИРИ-1.

Блок 15 определения веса лома, загружаемого в конвертер, может быть представлен в виде автоматизированной системы взвешивания скрапа типа УВС-1 разработки Карагандинского ОПКБ.

Устройство работает следующим образом.

Перед началом плавки с выхода блока 14 определения веса чугуна, заливаемого в конвертер, сигнал, пропорциональный весу чугуна, поступает на вход вычислительного блока 13 и запоминается. С выхода блока 15 определения веса лома, загружаемого в конвертер, сигнал, пропорциональный весу лома, поступает на вход вычислительного блока 13 и запоминается. Перед каждой сменой определяют расстояние $H_{\text{вн}}$ от уровня спокойной ванны до верхнего конического положения фурмы (при поднятой фурме) посредством блока 12 определения положения фурмы. Сигнал с выхода блока 12, пропорциональный $H_{\text{вн}}$, поступает на вход вычислительного блока 13 и также запоминается. В вычислительном блоке 13 перед плавкой рассчитывается текущий внутренний радиус конвертера R и запоминается.

Во время плавки датчик звукового давления преобразует акустический сигнал кислородно-конвертерного процесса в электрический сигнал, который усиливается широкополосным услителем и передается в блок 3 автоматического регулирования усиления. На выходе блока 3 получается сигнал постоянной амплитуды со спектром частот, соответствующих резонансной частоте свободного объема рабочего пространства конвертера. С выхода блока 3 сигнал поступает на вход частотно-избирательного усилителя 4, при настройке которого минимальная величина выходного сигнала 4 соответствует минимальному уровню ванны в конвертере и наоборот.

Усиленный сигнал выпрямляется детектором 5. Выпрямленное напряжение в блоке 6 унификации преобразуется в пропорциональный ток в диапазоне 0-5 мА. Сигнал с выхода блока 6 унификации, пропорциональный резонансной частоте свободного объема рабочего пространства конвертера, поступает на вход вычислительного блока 7 определения уровня ванны в кислородном конвертере. На другие два входа 7 поступает с вычислительного блока 10 сигнал, пропорциональный скорости распрост-

ранения звука в отходящих газах, а также сигнал с выхода вычислительного блока 13, пропорциональный текущему внутреннему радиусу конвертера.

На первый вход вычислительного блока 10 поступает сигнал, пропорциональный температуре отходящих газов с выхода блока 9 определения температуры отходящих газов, а также сигнал, пропорциональный содержанию двуокиси углерода в отходящих газах с выхода блока 11 определения содержания двуокиси углерода в отходящих газах.

В вычислительном блоке 10 определяется скорость распространения звука в отходящих газах по зависимости,

$$C^2 = \frac{\bar{R} [C_p' x + C_p'' (1-x)] \cdot T_{ог}}{[M' x + M'' (1-x)] [C_v' x + C_v'' (1-x)]},$$

где C - скорость распространения звука в отходящих газах, м/с;

$\bar{R}$ - универсальная газовая постоянная, Дж/моль·К;

$T_{ог}$ - температура отходящих газов, К;

x - доля содержания CO_2 в отходящих газах;

$(1-x)$ - доля содержания CO в отходящих газах;

C_p', C_p'', C_v', C_v'' - соответственно удельные изобарные и изохорные теплоемкости двуокиси и окиси углерода, Дж/кг·К;

M', M'' - соответственно молекулярные веса двуокиси и окиси углерода.

Ввиду того, что вследствие износа кладки футеровки внутренний радиус конвертера увеличивается, а высота свободного объема рабочего пространства также увеличивается, необходимо учитывать изменение величины R и $H_{обш}$. Текущий внутренний радиус конвертера по данной плавке определяется в вычислительном блоке 13 по зависимости

$$R = \sqrt{\frac{G_{ч} + G_{л} - K_6}{\rho_{л} \cdot (H_{к} - H_{обш} + H^* - h_{н.ч})}},$$

где R - текущий внутренний радиус конвертера, м;

$G_{ч}$ - вес чугуна, т;

$G_{л}$ - вес лома, т;

$\rho_{л}$ - плотность металлошихты, т/м³;

$H_{к}$ - высота внутренней части конвертера, м;

$H_{обш}$ - измеряемое значение высоты от уровня металла до верхней точки положения фурмы, м;

H^* - высота от горловины конвертера до верхней точки положения фурмы, м;

$h_{н.ч.}$ - высота нижней части полости конвертера, м;

K_6 - коэффициент, зависящий от геометрических размеров конвертера.

Для большегрузных конвертеров КарМК $K_6 = 78,6$; $h_{н.ч.} = 0,5$; $H^* = 9,7$ м и $H_{к} = 10$ м.

Текущий уровень ванны конвертера определяется в вычислительном блоке 7 определения ванны в кислородном конвертере по зависимости

$$H_b = H_k \begin{cases} \left[K_1 + \frac{K_2}{R} \cdot \frac{C^2}{f_0^2} \right], \text{ при } \left[K_1 + \frac{K_2}{R} \cdot \frac{C^2}{f_0^2} \right] \geq h_2 \\ \left[\sqrt{K_3 \cdot R \cdot \frac{C^2}{f_0^2} + K_4 - K_5} \right], \text{ при } \left[K_1 + \frac{K_2}{R} \cdot \frac{C^2}{f_0^2} \right] < h_2, \end{cases}$$

где H_b - уровень ванны конвертера, м;

H_k - высота конвертера, м;

R - внутренний радиус конвертера, м;

C - скорость распространения звука в отходящих газах, м/с;

f_0 - резонансная частота свободного объема конвертера, Гц;

h_2 - высота конической части конвертера, м;

K_1, K_5 - коэффициенты, зависящие от геометрических размеров конвертера.

Для большегрузных конвертеров КарМК $K_1 = 0,92$; $K_2 = 0,0081$;

$K_3 = 0,0494$; $K_4 = 10,54$ и $K_5 = 2,23$.

Определение уровня ванны конвертера с помощью предлагаемого устройства основано на следующих теоретических предположениях.

Свободную от металла и шлака полость груши конвертера в первом приближении рассматривают как резонатор Гельмгольца. Собственная частота такого резонатора определяется его размерами и скоростью звука в газе, заполняющем полость конвертера.

Частота может быть определена из уравнения

$$f_0 = \frac{C}{2\pi} \sqrt{\frac{S_1}{\ell_e \cdot V}}, \quad (1)$$

где f_0 - частота собственных колебаний свободного объема конвертера, Гц;

S_1 - сечение горловины конвертера, м²;

C - скорость звука в полости конвертера, м/с;

$\ell_e = \frac{\pi}{2} r$ - эффективная длина горловины конвертера, м;

r - радиус горловины конвертера, м.

Из уравнения (1) найдем свободный объем конвертера

$$V = \frac{S_1}{4\pi^2 \ell_e} \cdot \frac{C^2}{f_0^2} = \frac{k \cdot R}{2\pi^2} \cdot \frac{C^2}{f_0^2} \quad (2)$$

Свободный объем конвертера из геометрических размеров (фиг. 2)

$$V = \pi R^2 \cdot h_1 + \frac{1}{3} \pi h_2 (r^2 + r \cdot R + R^2), \quad (3)$$

где R - радиус цилиндрической части конвертера, м;
 r - радиус горловины конвертера, м;
 h_2 - высота конической части конвертера, м;
 h_1 - высота цилиндрической части свободного объема конвертера, м;
 V - свободный объем конвертера, м.
 Примем, что

$$\frac{r}{R} = k \quad (4)$$

и Высота цилиндрической части конвертера по зависимости

$$h_1 = h_{св.об} - h_2 \quad (5)$$

Подставив выражения (4) и (5) в уравнение (3), получим

$$V = \pi R^2 \cdot h_{св.об} - \pi R^2 \cdot h_2 + \frac{1}{3} \pi R^2 (k^2 + k + 1) \cdot h_2 \quad (6)$$

Подставив выражение (6) и разрешив относительно $h_{св.об}$, получим

$$h_{св.об} = \left(\frac{2}{3} - \frac{1}{3} k^2 - \frac{1}{3} k \right) \cdot h_2 + \frac{k}{2\pi^2 \cdot R} \cdot \frac{C^2}{f_o^2} \quad (7)$$

Обозначим

$$K_1 = \left(\frac{2}{3} - \frac{1}{3} k^2 - \frac{1}{3} k \right), \quad (8)$$

$$K_2 = \frac{k}{2\pi^2} \quad (9)$$

Подставив выражения (8) и (9) в уравнение (7), получим

$$h_{св.об} = K_1 + \frac{K_2}{R} \cdot \frac{C^2}{f_o^2} \quad (10)$$

Уравнение (10) позволяет определить высоту свободного объема конвертера, когда уровень ванны находится ниже конической части конвертера.

В случае, когда уровень ванны конвертера находится выше цилиндрической части, свободный объем конвертера представляет усеченный конус (фиг. 2).

Из подобия конусов O_1O_2 и O_1O_3 имеем

$$\frac{V_{O_1O_2}}{V_{O_1O_3}} = \frac{(O_1O_2)^3}{[(O_1O_2)^3 + (O_3O_4)^3]} \quad (11)$$

где $V_{O_1O_2}$ - объем конуса O_1O_2 ;
 $V_{O_1O_3}$ - объем конуса O_1O_3 ;
 (O_1O_2) - высота конуса O_1O_2 ;
 (O_1O_4) - высота конуса O_1O_4 ;
 O_3O_4 - высота усеченного конуса O_3O_4 .

Высоту конуса O_1O_2 найдем по зависимости

$$O_1O_2 = R \cdot \operatorname{ctg} \alpha, \quad (12)$$

$$\text{где } \operatorname{ctg} \alpha = \frac{(O_1O_4)}{R-r} = \frac{h_2}{R-r}$$

Объем конуса O_1O_2 найдем по зависимости

$$V_{O_1O_2} = \frac{1}{3} \pi R^2 \cdot (O_1O_2) = \frac{1}{3} \pi R^2 \cdot R \cdot \operatorname{ctg} \alpha = \frac{1}{3} \pi R^3 \cdot \frac{h_2}{R-r} \quad (13)$$

Объем конуса O_1O_3 найдем по зависимости

$$V_{O_1O_3} = V + V_{O_1O_4} \quad (14)$$

где $V_{O_1O_4}$ - объем усеченного конуса O_3O_4 .

Объем конуса O_1O_4 найдем по зависимости

$$V_{O_1O_4} = \frac{1}{3} \pi r^2 \cdot (O_1O_4), \quad (15)$$

$$\text{где } (O_1O_4) = (O_1O_2) - (O_2O_4) = \frac{R \cdot h_2}{R-r} - h_2 = h_2 \left(\frac{R}{R-r} - 1 \right). \quad (16)$$

Подставляя выражение (15) в (14), а затем в (14) найдем

$$V_{O_1O_3} = V + \frac{1}{3} \pi r^2 \cdot h_2 \left(\frac{R}{R-r} - 1 \right). \quad (17)$$

Обозначим (O_4O_3) через $h_{св.об}$, подставив выражения (12), (13), (16) и (17) в уравнение (11) получим

$$\frac{\frac{1}{3} \pi R^3 \cdot \frac{h_2}{R-r}}{V + \frac{1}{3} \pi r^2 h_2 \left(\frac{R}{R-r} - 1 \right)} = \frac{(R \cdot \operatorname{ctg} \alpha)^3}{\left[h_2 \left(\frac{R}{R-r} - 1 \right) + h_{св.об} \right]^3}. \quad (18)$$

Примем, что

$$\frac{1}{3} \pi R^3 \cdot \frac{h_2}{R-r} = \alpha_1; \quad (19)$$

$$\frac{1}{3} \pi r^2 h_2 \left(\frac{R}{R-r} - 1 \right) = \alpha_2; \quad (20)$$

$$(R \cdot \operatorname{ctg} \alpha)^3 = \alpha_3; \quad (21)$$

$$h_2 \cdot \left(\frac{R}{R-r} - 1 \right) = \alpha_4. \quad (22)$$

Подставив выражения (19) - (22) в уравнение (18) получим

$$\frac{\alpha_1}{V + \alpha_2} = \frac{\alpha_3}{(\alpha_4 + h_{св.об})^3}, \quad (23)$$

Подставив уравнение (2) в уравнение (23) получим

$$\frac{\alpha_1}{\frac{h \cdot R}{2\pi^2} - \frac{C^2}{f_o^2} + \alpha_2} = \frac{\alpha_3}{\alpha_4 + h_{св.об}} \quad (24)$$

65

Из уравнения (24) найдем высоту свободного объема конвертера

$$h_{св.об} = \sqrt[3]{\frac{\alpha_3}{\alpha_1} \cdot \frac{k \cdot R}{2f_0^2} - \frac{C^2}{f_0^2} + \frac{\alpha_2 \alpha_3}{\alpha_1}} - \alpha_4 \quad (25)$$

Обозначим

$$K_3 = \frac{k \cdot \alpha_3}{\alpha_1 \cdot 2f_0^2}; \quad (26)$$

$$K_4 = -\frac{\alpha_2 \cdot \alpha_3}{\alpha_1}; \quad (27)$$

$$K_5 = \alpha_4 \quad (28)$$

Подставив выражения (26) - (28) в уравнение (25) получим

$$h_{св.об} = \sqrt[3]{K_3 \cdot R \cdot \frac{C^2}{f_0^2} + K_4 - K_5} \quad (29)$$

Объединяя формулы (10) и (29) получим зависимость для определения уровня ванны в конвертерах

$$H_0 = H_k - \begin{cases} \left[K_1 + \frac{K_2 \cdot C^2}{f_0^2} \right], \text{ при } \left[K_1 + \frac{K_2 \cdot C^2}{f_0^2} \right] \geq h_2 \\ \left[\sqrt[3]{K_3 \cdot R \cdot \frac{C^2}{f_0^2} + K_4 - K_5} \right], \text{ при } \left[K_1 + \frac{K_2 \cdot C^2}{f_0^2} \right] < h_2 \end{cases}$$

где H_0 - уровень ванны в конвертере, м;

H_k - высота внутренней части конвертера, м;

K_1, K_2, K_3, K_4 и K_5 - коэффициенты, зависящие от геометрических размеров конвертера;

h_2 - высота конической части конвертера, м;

C - скорость распространения звука в отходящих газах, м/с;

f_0 - измеряемое значение резонансной частоты свободного объема рабочего пространства конвертера, Гц;

R - текущий внутренний радиус конвертера, м.

Текущий внутренний радиус конвертера можно определить путем преобразования следующего уравнения:

$$G_{мет} = \rho \cdot V, \quad (31)$$

где $G_{мет}$ - вес металла шихты, т;

ρ - плотность металла шихты, т/м³;

V - объем металла шихты, м³.

Металлошихта в ванне конвертера занимает объем, состоящий из объема цилиндрической части и объема нижней части полости конвертера, поэтому уравнение (31) можно переписать в следующем виде;

$$G_{мет} = \rho \cdot (V_{ц.ч} + V_{н.ч}), \quad (32)$$

где $V_{ц.ч}$ - объем металлошихты в цилиндрической части полости конвертера, м³;

$V_{н.ч}$ - объем металлошихты в нижней части полости конвертера, м³.

Объем цилиндрической части полости конвертера определим из следующего уравнения

$$V_{ц.ч} = \pi \cdot R^2 \cdot h_{ц.ч}, \quad (33)$$

где R - внутренний диаметр конвертера, м;

$h_{ц.ч}$ - высота цилиндрической части полости конвертера, м.

Высоту цилиндрической части конвертера определим по уравнению (фиг.2)

$$h_{ц.ч} = H_k - h_{св.об} - h_{н.ч}, \quad (34)$$

где H_k - высота внутренней полости конвертера, м;

$h_{св.об}$ - высота свободного объема конвертера, м.

Высоту свободного объема конвертера определим по следующему уравнению;

$$h_{св.об} = H_{общ} - H^*, \quad (35)$$

где $H_{общ}$ - измеряемое значение высоты от уровня металла до верхней точки положения фурмы, м;

H^* - высота от горловины конвертера до верхней точки положения фурмы, м.

Подставив (35) в (34) получим уравнение для определения цилиндрической части объема металлошихты в полости конвертера

$$h_{ц.ч} = H_k - H_{общ} + H^* - h_{н.ч} \quad (36)$$

Подставив (36) в (33) получим

$$V_{ц.ч} = \pi \cdot R^2 \cdot (H_k - H_{общ} + H^* - h_{н.ч}) \quad (37)$$

Подставив (37) в (32) получим

$$G_{мет} = \rho \cdot [\pi R^2 (H_k - H_{общ} + H^* - h_{н.ч}) + V_{н.ч}] = \rho \cdot \pi R^2 (H_k - H_{общ} + H^* - h_{н.ч}) + \rho \cdot V_{н.ч} \quad (38)$$

Обозначим

$$K_6 = \rho \cdot V_{н.ч} \quad (39)$$

Подставив (39) в (38) получим

$$G_{мет} = \rho \pi R^2 (H_k - H_{общ} + H^* - h_{н.ч}) + K_6 \quad (40)$$

Решив уравнение (40) относительно R получим

$$R = \sqrt{\frac{G_{мет} - K_6}{\rho \pi (H_k - H_{общ} + H^* - h_{н.ч})}}$$

Вес металлошихты определим из следующего уравнения:

$$G_{мет} = G_ч + G_л \quad (42)$$

Подставив (42) в (41) получим уравнение для определения текущего внутреннего радиуса конвертера

$$R = \sqrt{\frac{G_{\text{ч}} + G_{\text{л}} - K_{\text{с}}}{\rho \pi (H_{\text{к}} - H_{\text{обл}} + H^* - h_{\text{н.ч}})}} \quad (43)$$

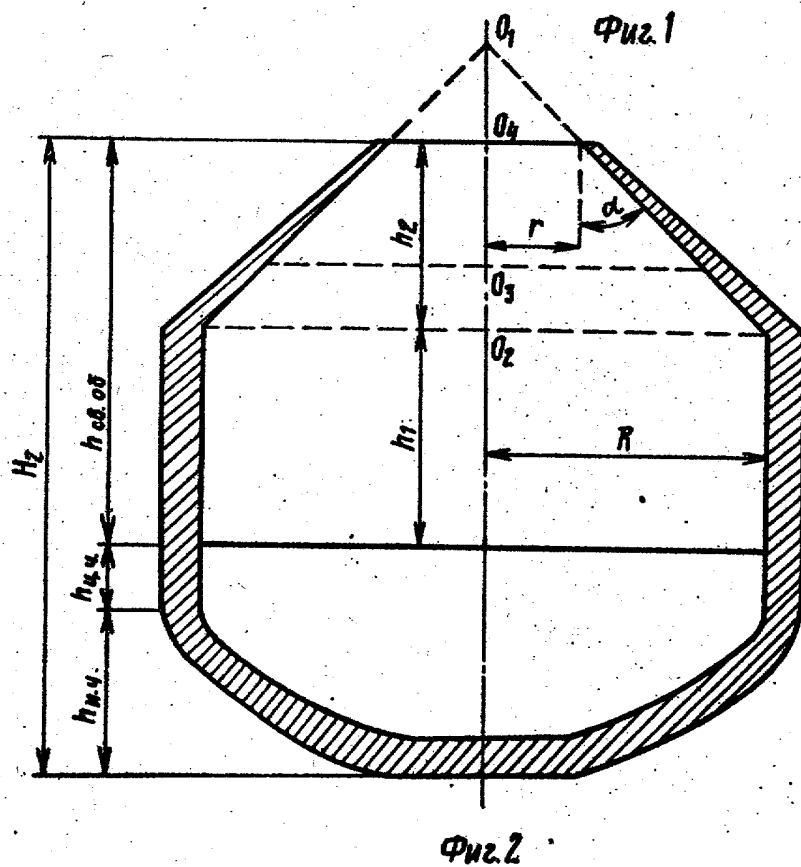
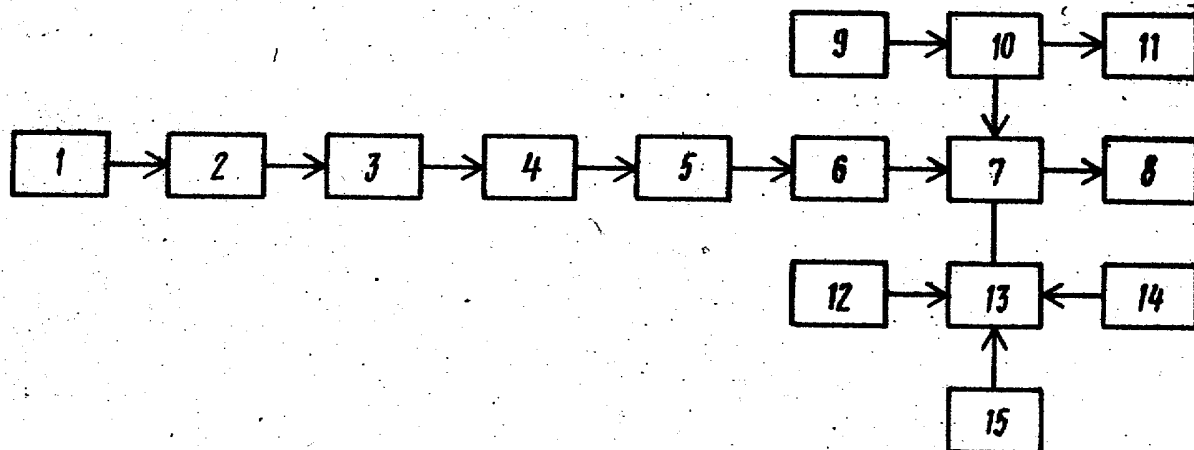
Таким образом, с учетом перечисленных факторов можно видеть на фиг. 3, что полученный на выходе устройства сигнал (кривая 2 на фиг. 3) позволяет определить уровень ванны конвертера наиболее близко к испытанному его значению (фиг. 3, кривая 3).

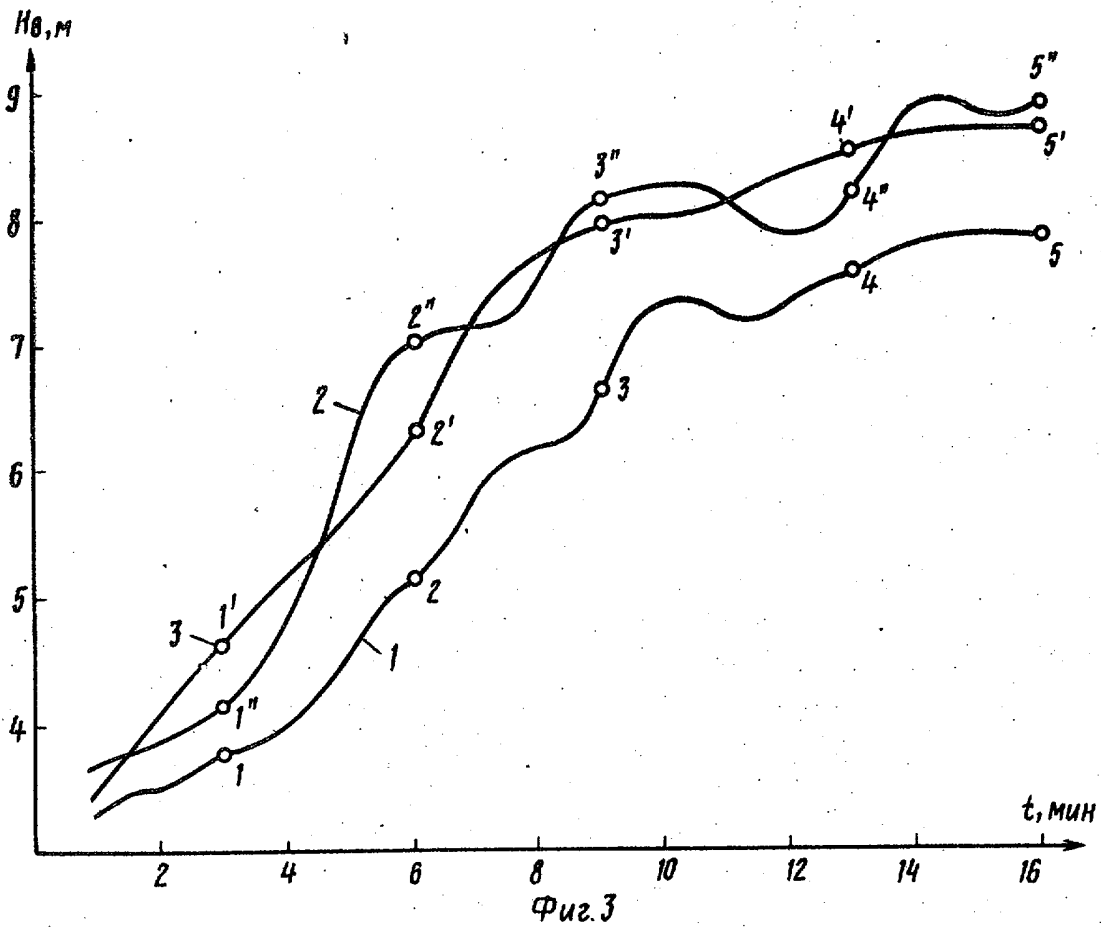
Полученные же значения уровня ванны конвертера посредством прототипа (фиг. 3, кривая 1) значительно отличаются от истинного.

Изобретение повышает точность устройства и позволяет добиться оптимального режима шлакообразования.

Согласно предварительному расчету экономической эффективности использования образца изобретения в конвертерном цехе Карагандинского металлургического комбината, при среднем весе плавки 273,1 т доля плавов, протекающих с выбросами, снизилась с 12,2 до 4,86%. Потери металла с выбросами составили в среднем 1,2% от веса плавки.

С учетом затрат на изготовление экономический эффект для одного устройства составит 55600 руб.





Составитель А. Абросимов

Редактор Г. Везвершенко Техред Т. Фанта

Корректор О. Билак

Заказ 2054/42

Тираж 566

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета СССР

по делам изобретений и открытий

113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Филиал ППП "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4