



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2010150074/05, 06.12.2010

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
06.12.2010

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 06.12.2010

(43) Дата публикации заявки: 20.06.2012 Бюл. № 17

(45) Опубликовано: 27.01.2013 Бюл. № 3

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2366925 C1, 10.09.2009. RU 2349898 C1, 20.03.2009. CN 2010211971 U, 05.02.2010. RU 96660 U1, 10.08.2010. JP 59015837 A, 26.01.1984. SU 1543299 A1, 15.02.1990.

Адрес для переписки:

620002, г.Екатеринбург, ул. Мира, 19, УрФУ,
Центр интеллектуальной собственности, Т.В.
Маркс

(72) Автор(ы):

**Поводатор Аркадий Моисеевич (RU),
Вьюхин Владимир Викторович (RU),
Цепелев Владимир Степанович (RU),
Конашков Виктор Васильевич (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Уральский федеральный университет имени
первого Президента России Б.Н. Ельцина"
(RU)****(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ БЕСКОНТАКТНОГО ФОТОМЕТРИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ХАРАКТЕРИСТИК МЕТАЛЛИЧЕСКИХ РАСПЛАВОВ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к устройству для определения, контроля и измерения физических параметров веществ и предназначено для бесконтактного фотометрического определения характеристик металлических расплавов, в частности кинематической вязкости и электропроводности. Устройство содержит тигель с исследуемым образцом, коаксиально подвешенный в зоне нагрева вакуумной электропечи на закручиваемой электромагнитным узлом упругой нити, с закрепленным на этой нити зеркалом. Также устройство включает источник света, компьютер и фотоприемное устройство, состоящее из полупрозрачной измерительной

линейки и двух фотосенсоров, выходная шина которых соединена с одним из портов управляющего компьютера. В устройство введены по меньшей мере две дополнительные пары фотосенсоров, причем расстояние между парами фотосенсоров одинаковое и в 5-20 раз превышает межцентровое расстояние фотосенсоров внутри пары. Достижимый при этом технический результат заключается в обеспечении точности, стабильности и непрерывности хода экспериментов, сокращении времени экспериментов, уменьшении угара компонентов расплава, устранении субъективного влияния на эксперимент, а также снижении квалификационных требований к экспериментатору. 1 з.п. ф-лы, 3 ил.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2010150074/05, 06.12.2010**

(24) Effective date for property rights:
06.12.2010

Priority:

(22) Date of filing: **06.12.2010**

(43) Application published: **20.06.2012 Bull. 17**

(45) Date of publication: **27.01.2013 Bull. 3**

Mail address:

**620002, g.Ekaterinburg, ul. Mira, 19, UrFU,
Tsentr intellektual'noj sobstvennosti, T.V. Marks**

(72) Inventor(s):

**Povodator Arkadij Moiseevich (RU),
V'jukhin Vladimir Viktorovich (RU),
Tsepelev Vladimir Stepanovich (RU),
Konashkov Viktor Vasil'evich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federal'noe gosudarstvennoe avtonomnoe
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego
professional'nogo obrazovaniya "Ural'skij
federal'nyj universitet imeni pervogo Prezidenta
Rossii B.N. El'tsina" (RU)**

(54) **APPARATUS FOR CONTACTLESS PHOTOMETRIC DETERMINATION OF CHARACTERISTICS OF
MOLTEN METAL**

(57) Abstract:

FIELD: physics.

SUBSTANCE: apparatus has a crucible with the analysed sample which is coaxially suspended in the heating zone of a vacuum electric furnace on an elastic thread twisted by an electromagnetic unit, with a mirror tied to said thread. The apparatus also has a light source, a computer and a photodetector which consists of a semitransparent measuring scale and two photosensors whose output bus is connected to one of the ports of the control computer. The

apparatus has at least two additional pairs of photosensors, wherein the distance between pairs of photosensors is equal and is 5-20 times greater than the centre distance of photosensors inside a pair.

EFFECT: providing accuracy, stability and continuous conduction of experiments, cutting duration of experiments, reduced loss of melt components, eliminating subjective influence on the experiment, lowering qualification requirements for the experimenter.

2 cl, 8 dwg

RU 2 4 7 3 8 8 3 C 2

RU 2 4 7 3 8 8 3 C 2

Изобретение относится к технической физике, а именно к устройствам для определения, контроля и измерения физических параметров веществ, и предназначено для бесконтактного измерения нескольких параметров, в частности кинематической вязкости и электропроводности высокотемпературных металлических расплавов, выполненных, например, на основе железа, путем фотометрической регистрации колебательной траектории отраженного светового луча и последующего определения параметров затухания крутильных колебаний цилиндрического тигля с расплавом. Дополнительной сферой применения являются металлургические процессы и обучающие процедуры.

Измерение физико-химических параметров металлических жидкостей, прежде всего определение вязкости и электропроводности высокотемпературных расплавов, в объеме нескольких кубических см, позволяет проводить прогностический анализ материалов и давать рекомендации для получения сплавов с заданными характеристиками. В частности, политермы (термозависимости) кинематической вязкости и электропроводности позволяют выделять характерные критические температурные точки и гистерезисные характеристики цикла «нагрева - охлаждения». Для высокотемпературных исследований металлических расплавов с температурой плавления выше 1000°С лишь немногие устройства для измерения кинематической вязкости и электропроводности могут быть использованы на практике. К ним относятся устройства для осуществления бесконтактного фотометрического способа определения кинематической вязкости и определения электропроводности методом вращающегося магнитного поля, которые регистрируют параметры траектории отраженного от зеркала светового луча, а в конечном итоге амплитудно-временные параметры процесса свободного затухания крутильных колебаний цилиндрического тигля с расплавом, подвешенного на упругой нити, происходящих после выключения процесса закручивания этой нити на определенный угол φ в одном из направлений, осуществляемого посредством включения электромагнитного поля (см. Г.В.Тягунов и др. «Измерение удельного электросопротивления методом вращающегося магнитного поля», журн. «Заводская лаборатория. Диагностика материалов», М., 2003, №2, том 69, 35-37). Такая многократно повторенная за один эксперимент, в каждой температурной точке, процедура - закручивание в произвольном направлении, посредством электромагнитного узла, из состояния покоя тигля с расплавом, подвешенного на упругой нити, - отключение этого узла - измерение параметров свободных крутильных колебаний с затуханием - повторное закручивание - является типовым режимом измерений.

Известно устройство - вискозиметр Шенка, основными узлами которого являются тигель с расплавом, подвешенный на упругой стальной нити - подвесе, печь с нейтральной атмосферой и молибденовым нагревателем, зеркало, укрепленное на вращающемся узле, лампа - осветитель, расположенная на некотором расстоянии от печи, шкала в виде оптической линейки, по которой движется отраженный от зеркала световой луч - «зайчик», произвольно коммутируемый в одном из направлений закручивания исследователем, электромагнит для закручивания упругой нити (см. С.И.Филиппов и др. «Физико-химические методы исследования металлургических процессов», М., Металлургия, 1968, с.254-255, рис.107 - аналог).

Недостатком устройства является отсутствие возможности осуществления автоматизации процесса измерений и необходимость постоянного наблюдения экспериментатором за колебаниями светового «зайчика» на шкале оптической линейки и отсчета амплитуды колебаний по этой шкале. В конечном итоге, это

усложняет процедуру измерений, не обеспечивает дальнейшего повышения точности, вносит элемент субъективности в полученные результаты и требует наличия у экспериментатора высокой квалификации.

5 Прототипом изобретения является устройство для бесконтактного измерения вязкости металлических расплавов путем регистрации параметров колебательной траектории отраженного светового луча, содержащее тигель с исследуемым образцом, коаксиально подвешенный в зоне нагрева вакуумной электропечи на закручиваемой электромагнитным узлом упругой нити, с закрепленным на этой нити зеркалом, источник света, компьютер, фотоприемное устройство, содержащее контрольную измерительную шкалу - линейку и два фотосенсора, расположенных посреди нее, выходная шина фотоприемного устройства соединена с одним из портов управляющего компьютера (см. пат. РФ №2366925).

15 Недостатком устройства является то, что при определении электропроводности расплава методом вращающегося магнитного поля колебания траектории светового луча относительно невелики по амплитуде, при этом конечное отклонение угла φ поворота тигля с расплавом, наблюдаемое в виде установившегося значения, может выйти из зоны действия обоих фотосенсоров фотоприемного устройства, несмотря на то, что траектория светового луча будет наблюдаема экспериментатором на шкале - линейке в области, близкой к краю контрольной измерительной шкалы - линейки. При этом становится невозможно осуществить автоматическое функционирование и управление устройством посредством использования компьютера, поскольку исчезают сигналы фотосенсоров. Это усложняет процедуру измерений, не

25 обеспечивает повышения точности, вносит элемент субъективности в полученные результаты и требует наличия у экспериментатора высокой квалификации. Приходится осуществлять ручное управление устройством высококвалифицированным персоналом, вследствие чего отсутствует непрерывность эксперимента, возрастает время реагирования и снижается стабильность хода эксперимента, появляется угар компонентов расплава. Это ограничивает возможность использования устройства при определении параметров расплава и накладывает высокие квалификационные требования к обслуживающему персоналу.

30 Задачей предлагаемого устройства для бесконтактного фотометрического определения характеристик металлических расплавов является обеспечение точности, стабильности и непрерывности хода экспериментов, сокращение времени экспериментов, уменьшение угара компонентов расплава, устранение субъективного влияния на эксперимент, снижение квалификационных требований к экспериментатору.

40 Для решения поставленной задачи предлагается устройство для бесконтактного фотометрического определения характеристик металлических расплавов.

В устройство для бесконтактного фотометрического определения характеристик металлических расплавов, содержащее тигель с исследуемым образцом, коаксиально подвешенный в зоне нагрева вакуумной электропечи на закручиваемой электромагнитным узлом упругой нити, с закрепленным на этой нити зеркалом, источник света, компьютер, фотоприемное устройство, состоящее из полупрозрачной измерительной линейки и двух фотосенсоров, выходная шина которых соединена с одним из портов управляющего компьютера, введены по меньшей мере две дополнительные пары фотосенсоров, причем расстояние между парами фотосенсоров одинаковое и в 5-20 раз превышает межцентровое расстояние фотосенсоров внутри пары.

Кроме того, фотосенсоры центральной пары расположены симметрично относительно центра полупрозрачной измерительной линейки, а дополнительные пары фотосенсоров расположены симметрично относительно центра полупрозрачной измерительной линейки.

Отличительные признаки предложенного изобретения обеспечивают точность, стабильность и непрерывность хода экспериментов, сокращение времени экспериментов, уменьшение угара компонентов расплава, устранение субъективного влияния на эксперимент, снижение квалификационных требований к экспериментатору.

Предлагаемое изобретение поясняется чертежами:

фиг.1 - блок-схема измерительного комплекса;

фиг.2 - осциллограмма траектории отраженного светового луча, отражающая угол закручивания подвески с образцом;

фиг.3 - алгоритм определения номера M ($1 \leq M \leq n$) пары фотосенсоров.

Устройство для бесконтактного фотометрического определения характеристик металлических расплавов содержит вакуумную печь 1, в высокотемпературной зоне нагрева которой на упругой нити 2 коаксиально подвешен тигель 3 с размещенным в нем исследуемым образцом, соединенный с упругой нитью 2 с помощью керамического стержня 4. Вне высокотемпературной зоны нагрева печи 1 расположен электромагнитный узел 5, предназначенный для закручивания упругой нити 2.

Высокотемпературную зону создает коаксиальный цилиндрический нагреватель 6,

питающийся от трехфазной силовой сети (на фиг.1 не показано). На верхнем конце керамического стержня 4 жестко зафиксирован магнитный элемент 7, выполненный в

виде диска. Источник 8 электромагнитного поля (катушки) совместно с магнитным элементом 7 являются составными частями электромагнитного узла 5. Зеркало 9

закреплено на верхнем конце керамического стержня 4. Его освещает источник

света 10. Контрольная измерительная шкала - линейка 11, а также собственно

фотоприемное устройства 12, содержащее оптически изолированные друг от друга фотодиодные интегральные схемы (фотосенсоры) 13, образуют единый блок.

Управляющий компьютер 14, соединенный с измерительным комплексом, например, через LPT или USB-порт и производящий, в том числе, обработку результатов

экспериментов, соединен с фотоприемным устройством 12.

В качестве упругой части подвески 2 используют нихромовую нить длиной 650 и диаметром 0,15 мм. Объем исследуемого металлического расплава в тигле 3

составляет около 2-8 см. куб. Масса магнитного элемента 7, выполненного из

ферромагнетика в виде диска, меньше или равна массе тигля 3 с размещенным в нем образцом. Магнитная система электромагнитного узла 5 - источника 8 магнитного

поля выполнена в виде статора однофазного электродвигателя постоянного тока с потребляемой мощностью примерно 70 мВт. Магнитную систему (на схеме не

показано), которую используют для создания постоянного вращающегося магнитного поля и представляющую собой статор 3-фазного асинхронного

электродвигателя, помещенный в области нагрева тигля 3 снаружи корпуса электропечи 1, включают при определении электропроводности. Коаксиальный

цилиндрический нагреватель 6, выполненный из молибдена и обеспечивающий

изотермическую зону, включен постоянно в течение всего эксперимента. Зеркало 9

имеет площадь 1 см кв., свет попадает на него от постоянно включенного источника света 10, например сверхъяркого светодиода L7113SEC-H фирмы Kingbright (см.

каталог Kingbright, 2005-2006) или лампы накаливания, например автомобильной на 12

В, через окно - иллюминатор (на схеме не показано) и отражается на полупрозрачную контрольную оптическую шкалу - линейку 11 с ценой деления 1 мм и размером 500 мм (с нулем шкалы посередине). На линейке 11 зафиксировано собственно фотоприемное устройство 12, содержащее оптически изолированные фотодиодные интегральные схемы (фотосенсоры) 13, например, в виде интегральных микросхем - фотосенсоров TSL250 фирмы TAOS (см. каталог ELFA - 55, 2007, р.812, 11). В центре линейки 11 симметрично нулевой отметке шкалы находится центральная пара фотосенсоров 13, остальные пары фотосенсоров 13 расположены на линейке 11 симметрично центральной паре фотосенсоров 13 на расстоянии друг от друга в 5-20 раз больше, чем межцентровое расстояние ($L=5-6$ мм) внутри пары фотосенсоров 13. В качестве управляющего компьютера 14 используется персональный компьютер уровня Pentium 3.

Фотометрическое измерение вязкости металлических расплавов осуществляется следующим образом. Подготавливается изучаемый образец, у которого определяется масса, затем он в тигле 3 подвешивается в вакуумную печь 1 в район высокотемпературной изотермической зоны, включается источник света 10, отраженный от зеркала 9 световой луч устанавливается котировочным механизмом на середину оптической шкалы 11. Затем создается вакуум до 0,01 Па, включают коаксиальный цилиндрический нагреватель 6 для нагрева изотермической зоны до температуры, при которой начинают процесс измерений. Например, при исследовании авторами чугуна, легированного никелем, редкоземельными металлами, марганцем и др. (С - 3%, Si - 2%, Mn - 2%, Ni - 15%, Cu - 6%), проходит около 2,5 часов для достижения одной из требуемых по целям эксперимента температуры +1270°C. После нагрева до нужной температуры исследователь включает электромагнитный узел 5, который начинает закручивать упругую нить 2. После этого примерно через 50 мс - 2 с (в момент времени t_1 , на фиг.1 не показано) движущийся отраженный световой луч попадает на один из n -парных фотосенсоров 13 фотоприемного устройства 12, на выходе фотоприемного устройства 12 появляется соответствующий сигнал U_1 , который через выходную шину фотоприемного устройства 12 вводится в компьютер 14, например, в один из портов. Сигнал является стартовым для управляющего компьютера 14, который начинает, в соответствии с алгоритмом, процесс управления измерительным комплексом, в том числе и коммутацией электромагнитного узла 5. Сигналы U_1 , U_2 оптосенсоров 13, расположенных посреди контрольной измерительной шкалы - линейки 11, по которой экспериментатор осуществляет визуальный контроль эксперимента, появляются последовательно, в момент засветки каждого оптосенсора 13 отраженным световым лучом. Траектория луча при этом находится в наиболее линейной (околонулевой) области. Динамика прохождения отраженным световым лучом оптосенсоров 13 (t_1 , t_2) и появление на управляющем компьютере 14 (на одном из его портов) сигналов оптосенсоров 13 U_1 , U_2 обеспечивает появление на выходе управляющего компьютера 14 сигнала (импульса), который управляет динамикой закручивания упругой нити 2 и тигля 3 с размещенным в нем исследуемым образцом.

В случае определения электропроводности образца расплава вместо электромагнитного узла 5 включают источник постоянного вращающегося магнитного поля, которое закручивает упругую нить 2 и тигель 3 с размещенным в нем исследуемым образцом на угол φ , пропорциональный электропроводности расплава. Процедура измерения практически аналогична измерению кинематической вязкости. Временная динамика траектории отраженного светового луча, в том числе

положение экстремальных точек и установившегося угла φ , проиллюстрированы на фиг.2.

В случае небольших, по сравнению с измерениями при кинематической вязкости, колебательных амплитуд отраженного светового луча, а также поворота на угол φ , величина которого может достигать одного или другого конца полупрозрачной контрольной оптической шкалы - линейки 11, освещаются другие не центральные фотосенсоры 13. Сигналы U_1, U_2 от них, аналогично вышеописанной процедуре для центральной пары фотосенсоров 13, через выходную шину фотоприемного устройства 12 вводятся в компьютер 14. Компьютер 14, в соответствии с алгоритмом, приведенным на фиг.3, определяет номер n засвеченной пары фотосенсоров 13 и начинает вычисление значений углов φ закручивания упругой нити 2 и тигля 3 с размещенным в нем исследуемым образцом.

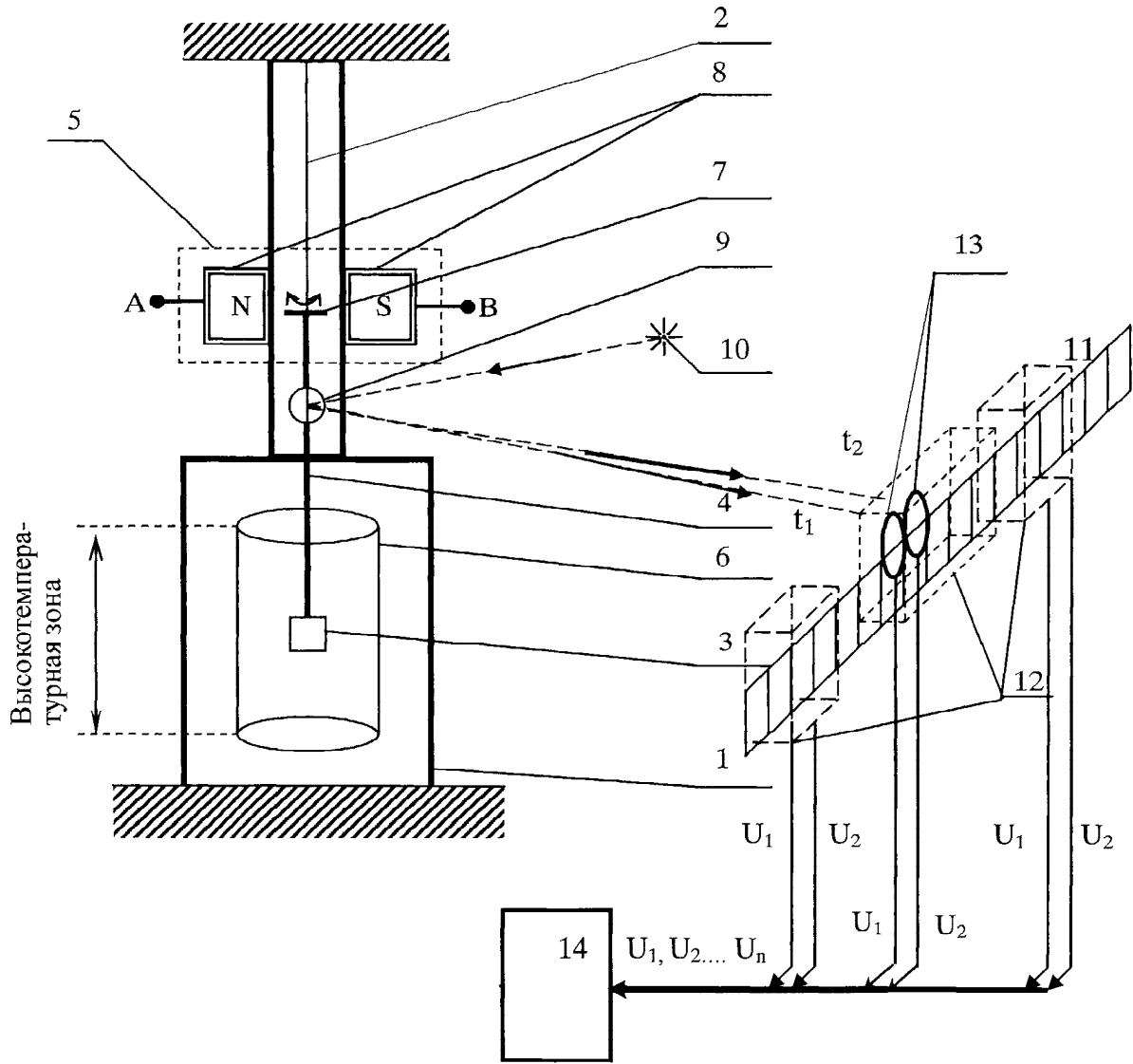
Алгоритм определения номера M ($1 \leq M \leq n$) пары фотосенсоров, оптимального для дальнейших измерений, который приведен на фиг.3, описывает один из вариантов, при котором направление возрастания номера фотосенсоров внутри пары от первого ко второму совпадает с направлением возрастания номера пары от 1 до n , например, слева направо.

Технический результат достигается тем, что устройство для бесконтактного фотометрического определения характеристик металлических расплавов обеспечивает точность, стабильность и непрерывность хода экспериментов, сокращение времени экспериментов, уменьшение угара компонентов расплава, устранение субъективного влияния на эксперимент, снижение квалификационных требований к экспериментатору.

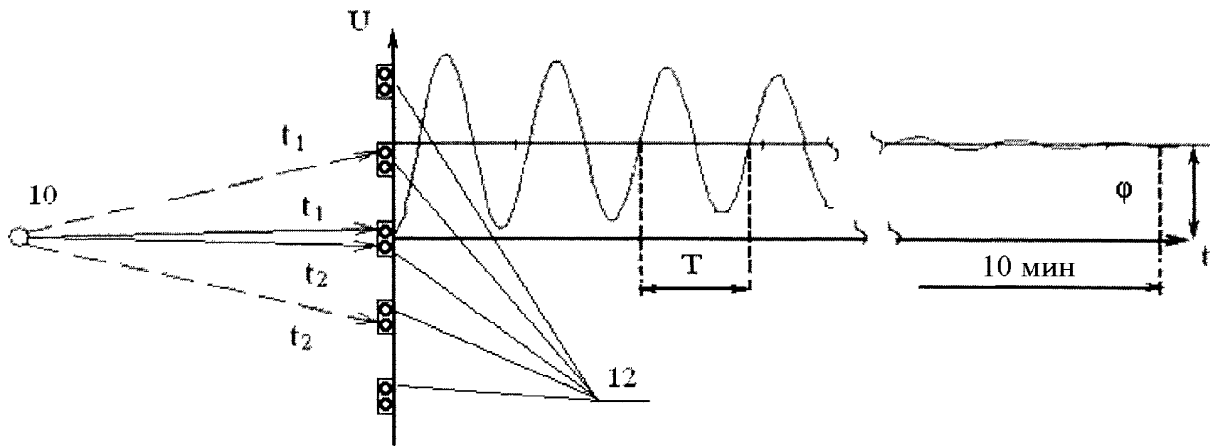
Формула изобретения

1. Устройство для бесконтактного фотометрического определения характеристик металлических расплавов, содержащее тигель с исследуемым образцом, коаксиально подвешенный в зоне нагрева вакуумной электропечи на закручиваемой электромагнитным узлом упругой нити, с закрепленным на этой нити зеркалом, источник света, компьютер, фотоприемное устройство, состоящее из полупрозрачной измерительной линейки и двух фотосенсоров, выходная шина которых соединена с одним из портов управляющего компьютера, отличающееся тем, что в него введены по меньшей мере две дополнительные пары фотосенсоров, причем расстояние между парами фотосенсоров одинаковое и в 5-20 раз превышает межцентровое расстояние фотосенсоров внутри пары.

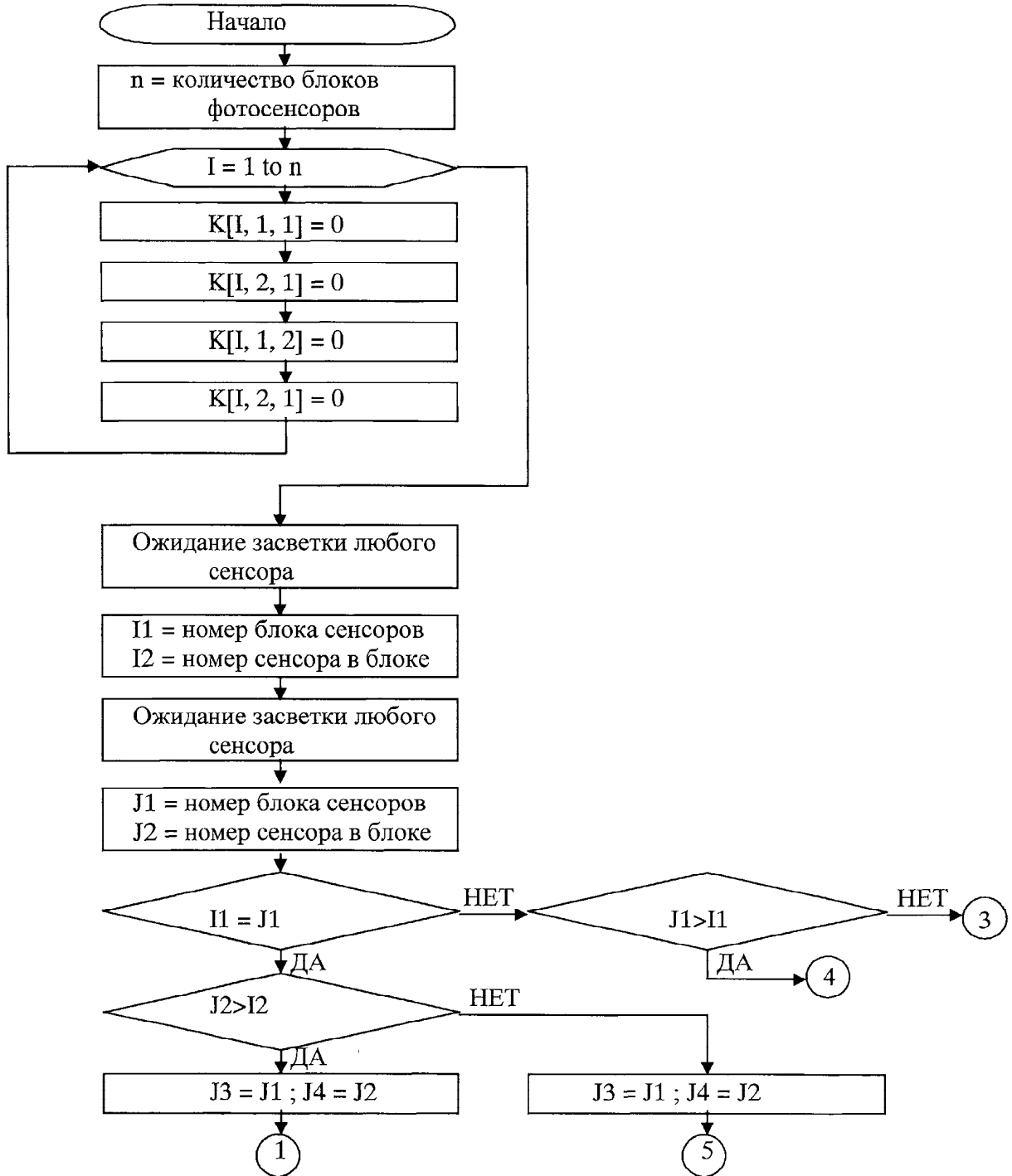
2. Устройство по п.1, отличающееся тем, что все пары фотосенсоров, кроме центральной, расположены симметрично относительно центра полупрозрачной измерительной линейки, а центральная пара фотосенсоров расположена симметрично относительно центра полупрозрачной измерительной линейки.



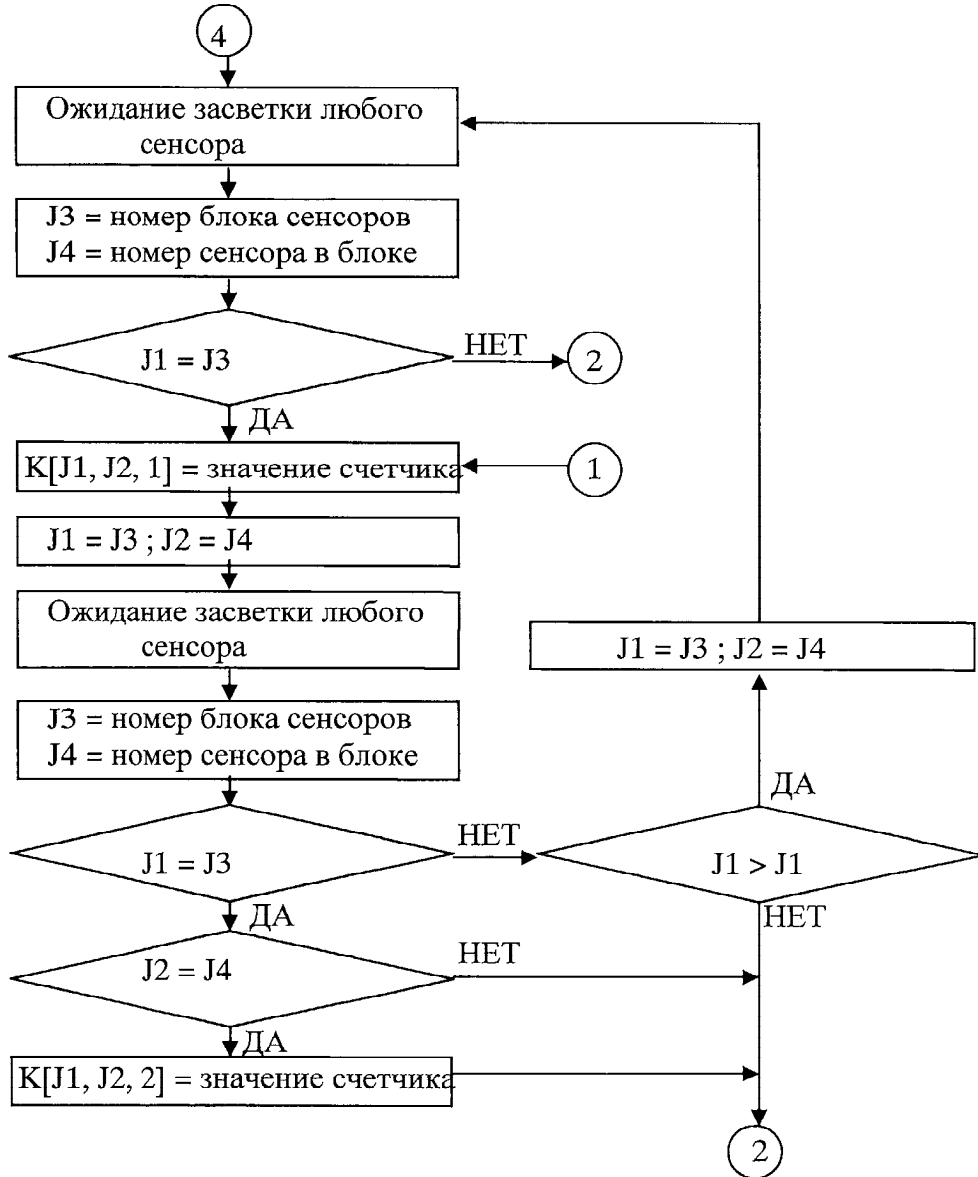
Фиг. 1



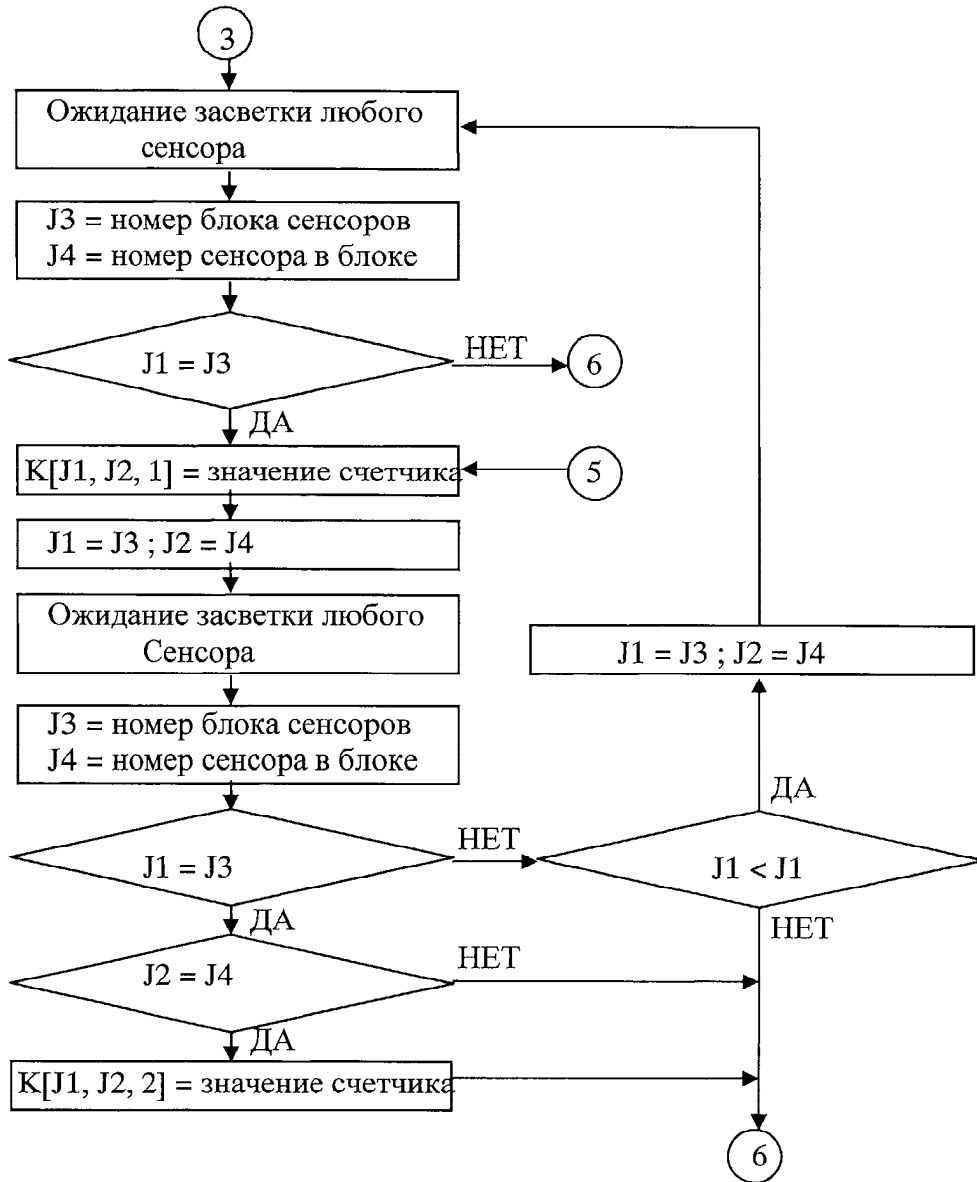
Фиг. 2



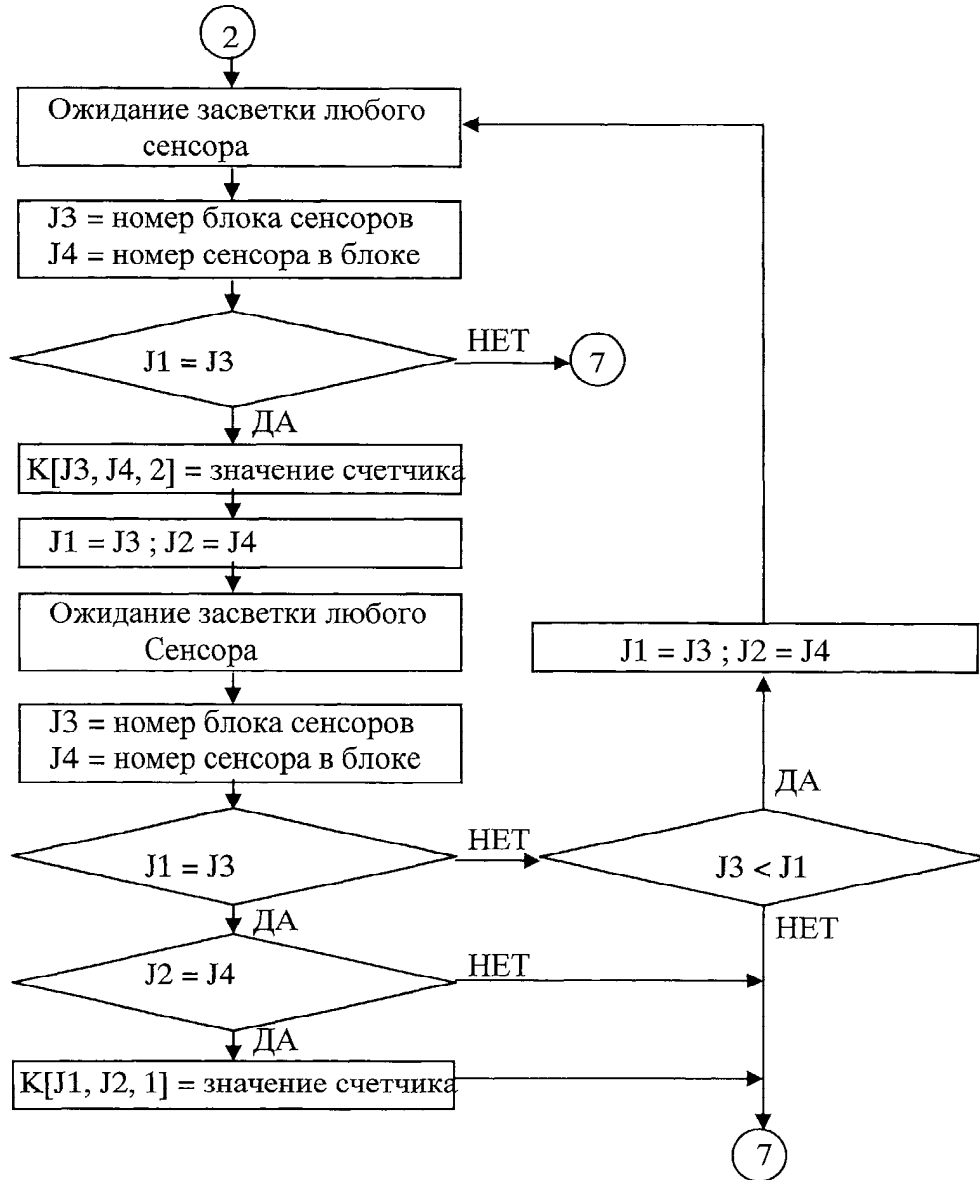
Фиг.3



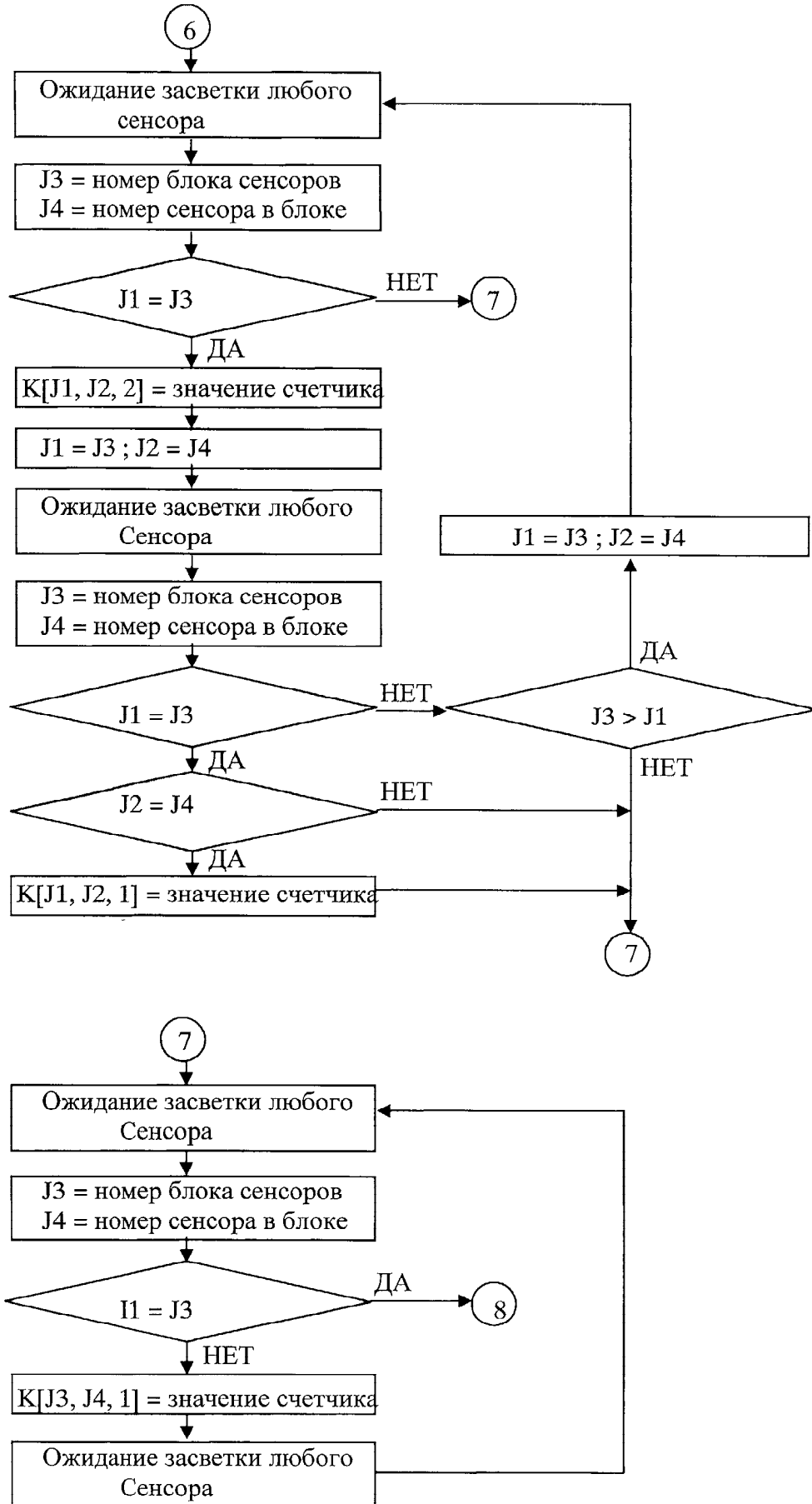
Фиг.3(продолжение)



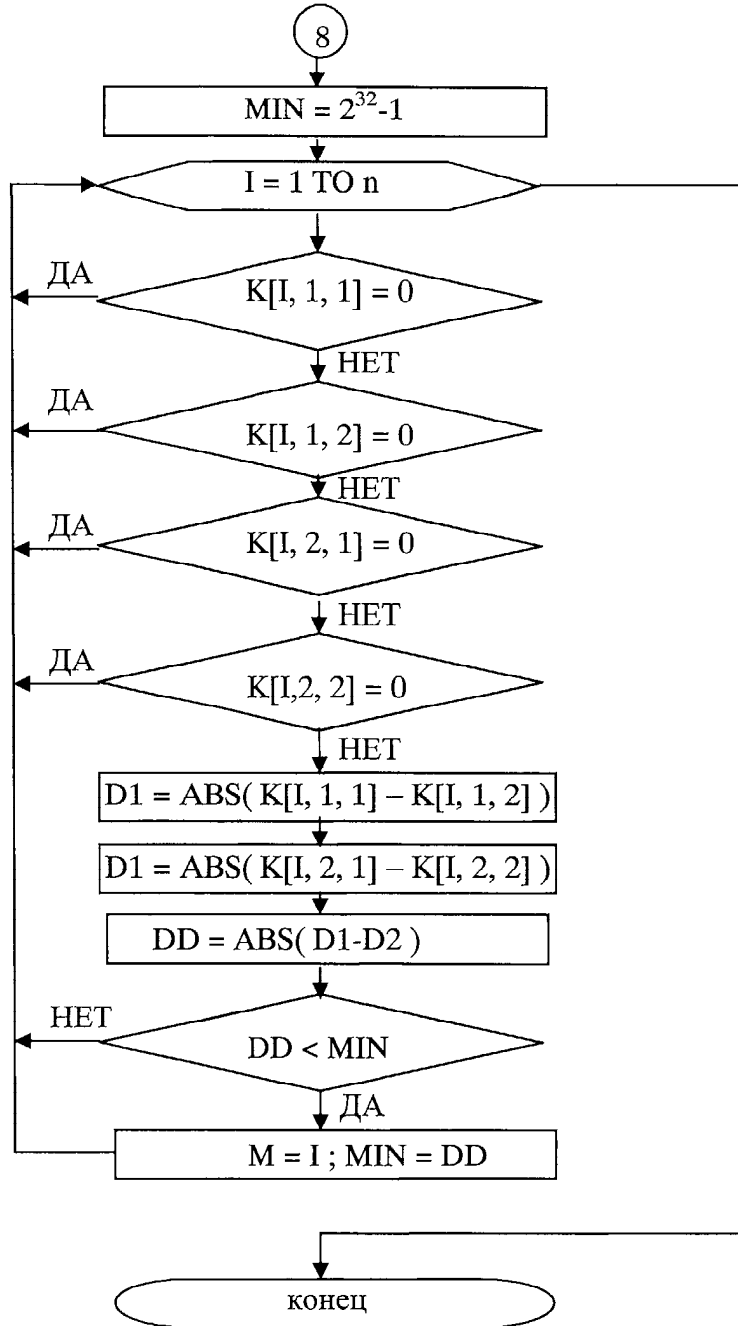
Фиг.3(продолжение)



Фиг.3(продолжение)



Фиг.3(продолжение)



Фиг.3(продолжение)