



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2004108835/11, 26.03.2004

(24) Дата начала действия патента: 26.03.2004

(45) Опубликовано: 20.09.2005 Бюл. № 26

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2126754 С1, 27.02.1999.
WO 02097738 А1, 05.12.2002.
EP 0604389 А1, 29.06.1994.

Адрес для переписки:

125047, Москва, Оружейный пер., 3, стр.1,
а/я 143, А.О. Ковалеву

(72) Автор(ы):

Кузнецов А.Е. (RU),
Калюжный В.И. (RU),
Ковалев А.О. (RU),
Ефремов И.Ф. (RU),
Гектин Ю.М. (RU)

(73) Патентообладатель(ли):

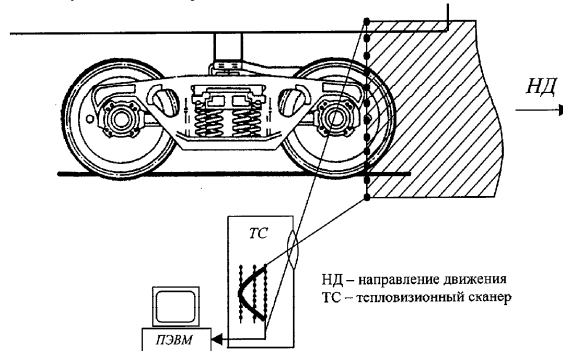
ЗАО "Центр перспективных наукоемких технологий" (RU)

(54) СПОСОБ ДИАГНОСТИКИ НЕИСПРАВНОСТЕЙ КОЛЕСНЫХ ТЕЛЕЖЕК ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ВАГОНОВ

(57) Реферат:

Изобретение относится к вспомогательному железнодорожному оборудованию, в частности к способам обнаружения и индикации перегрева частей или узлов тележек подвижного состава. С помощью тепловизионного сканера осуществляют съемку колес, букс и рам тележек проходящего состава. Анализируют степень нагрева буксы и принимают решение об ее работоспособности. Анализируют степень нагрева рамы и колес и принимают решение о наличии на колесе или раме трещины. Технический результат заключается в повышении точности и достоверности диагностики

неисправностей узлов колесной тележки. 2 ил.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: **2004108835/11, 26.03.2004**

(24) Effective date for property rights: **26.03.2004**

(45) Date of publication: **20.09.2005 Bull. 26**

Mail address:

**125047, Moskva, Oruzhejnyj per., 3, str.1,
a/ja 143, A.O. Kovalevu**

(72) Inventor(s):

**Kuznetsov A.E. (RU),
Kaljuzhnyj V.I. (RU),
Kovalev A.O. (RU),
Efremov I.F. (RU),
Gektin Ju.M. (RU)**

(73) Proprietor(s):

**ZAO "Tsentr perspektivnykh naukoemkikh
tekhnologij" (RU)**

(54) **METHOD OF DIAGNOSING FAULTS IN RAILWAY CAR WHEEL BOGIES**

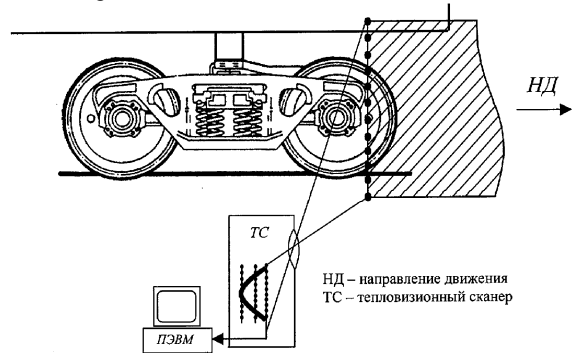
(57) Abstract:

FIELD: railway transport.

SUBSTANCE: invention relates to auxiliary railway equipment, particularly, to method of revealing and indicating overheating of parts and units of railway vehicle bogies. Using infra-red scanner shots of wheels, axle boxes and frames of bogies of passing train are taken. Degree of axle box heating is analyzed and decision is taken whether it is in serviceable condition or not. Degree of heating of frame and wheel is analyzed and decision is taken whether wheel or frame is cracked or not.

EFFECT: improved accuracy and reliability of

diagnosing condition of units of wheel bogie.
2 dwg



Изобретение относится к области технической кибернетики и предназначено для использования на железнодорожном транспорте при контроле и оценке технического состояния колесных тележек грузовых железнодорожных вагонов и цистерн.

В ходе эксплуатации у четырехосных железнодорожных тележек могут возникать труднодиагностируемые неисправности, приводящие к транспортным авариям. Это трещины на колесных дисках и раме, а также разрушения подшипников буксы колеса. На практике для диагностики таких неисправностей используют визуально-экспертную оценку состояния тележки, а также ее стендовое обследование. Экспертное заключение о наличии трещины делается на основе изменения резонансной частоты звука, возникающего при ударе по колесу или раме молотком. Работоспособность буксы оценивается по степени ее нагрева и состоянию смазки. Во время стендовых обследований присутствие трещины устанавливается с помощью методов магнетизма, а неисправности в буксе оцениваются по результатам ее разборки.

Субъективность экспертных оценок и низкий уровень автоматизации делают актуальным разработку дистанционных способов диагностики неисправностей колесных тележек грузовых железнодорожных вагонов. Основная идея здесь заключается в том, что во время движения участок колеса или рамы с трещиной по отношению к другим частям испытывает повышенные микродеформации, приводящие к локальному нагреву. Место нагрева выявляется на тепловизионном изображении и тем самым устанавливается факт наличия на колесе или раме трещины. К повышенному нагреву приводят различного рода неисправности в буксе колеса. Оценивая температуру буксы по тепловизионному снимку и сравнивая ее с допустимыми значениями, можно оперативно контролировать работоспособность этого узла тележки.

Известны способ и устройство дистанционного измерения температуры букс колесных тележек движущихся железнодорожных вагонов (ЕР 0263896 В1, 20.04.1988, МПК 4 В 61 К 9/06). В соответствии с этим способом одноэлементным ИК-сканером, строчная развертка которого осуществляется за счет колебаний отклоняющего зеркала, формируется тепловизионное изображение центральной части тележки. Причем запуск процесса сканирования инициируется с помощью специального устройства активации в момент прохождения поезда. Полученное тепловизионное изображение обрабатывается с помощью компьютерной программы. Эта программа позволяет выделить те буксы железнодорожного состава, температура которых отличается от среднестатистических на заданную величину.

К недостаткам данного способа следует отнести:

- невозможность комплексной диагностики всех узлов колесной тележки (рамы, буксы и колесного диска);
- низкая надежность, сложность и высокая стоимость сканирующего устройства, вызванные наличием контактного устройства запуска процесса съемки и механическим приводом управления отклоняющего зеркала и др.;
- низкая точность дешифрирования материалов съемки и невозможность документирования результатов диагностики из-за использования изображений, имеющих геометрические искажения в строчном и кадровом направлениях.

Для исключения контактного устройства и повышения точности диагностики используется другой способ, в котором предлагается выявлять неисправности буксы и колесного диска на основе анализа структуры изображения теплового поля колеса (RU 2126754 С1, 27.02.1999, МПК 6 В 61 К 9/06). С этой целью осуществляют с перекрытием покадровую ИК-съемку движущегося железнодорожного состава. Анализ тепловой структуры колеса выполняется по серии разновременных кадров в интерактивном режиме с помощью математических процедур обработки изображений. Узкими местами, ограничивающими практическое использование данного способа, являются:

- отсутствие дифференциальной диагностики отдельных узлов тележки, включающей выявление микротрещин на колесе и раме, определение неисправности буксы;
- интеллектуально сложный интерактивный анализ различных тепловизионных кадров,

содержащих разновременные изображения одного и того же колеса;

- невысокая точность диагностики неисправностей и невозможность документирования результатов, поскольку исключается из рассмотрения критерий, связанный с определением степени нагрева работающего узла, и использование для дешифрирования геометрически ненормализованных изображений.

В отличие от рассмотренных решений технический результат заявленного изобретения заключается в:

- повышении точности и достоверности диагностики неисправностей узлов колесной тележки на основе дешифрирования геометрически нормализованных снимков и использовании комплексного критерия, учитывающего структуру теплового поля и степень нагрева обследуемого узла;

- обеспечении отдельного диагностирования неисправностей рамы, буксы и колесного диска тележки;

- снижении трудозатрат и повышении оперативности послесеансного обследования за счет высокоавтоматизированной обработки материалов съемки.

Поставленная цель достигается тем, что с помощью тепловизионного сканера, состоящего из нескольких расположенных вертикально и сдвинутых друг относительно друга в горизонтальном направлении линеек теплочувствительных элементов, осуществляют съемку всех тележек перемещающегося относительно тепловизионного сканера железнодорожного состава, полученные изображения от каждой линейки вводят в компьютер и сохраняют их в памяти компьютера с помощью компьютерных средств: каждое сохраненное изображение разбивают на фрагменты, каждый из которых содержит тепловизионное изображение одной тележки, включающее вращающиеся и невращающиеся части, осуществляют геометрическое масштабирование вращающихся и невращающихся частей тележки каждого фрагмента изображения, формируют изображение вращающихся частей тележки путем объединения всех фрагментов изображений, полученных от всех линеек теплочувствительных элементов, формируют изображение невращающихся частей тележки путем объединения всех фрагментов изображений, полученных от всех линеек теплочувствительных элементов, формируют новое многослойное изображение путем объединения сформированного изображения невращающихся частей тележки с сформированным изображением вращающихся частей тележки, сформированное новое изображение последовательно совмещают с хранящимися в памяти указанного компьютера бинарными изображениями шаблонов обследуемых частей тележки, в результате совмещения на равномасштабном тепловизионном снимке выделяют участки, принадлежащие раме, буксам и колесам, в пределах границ выделенных участков анализируют степень нагрева каждой буксы и в случае превышения заданной температуры нагрева каждой буксы принимают решение о ее неработоспособности, в пределах границ выделенных участков анализируют степень нагрева рамы и каждого колеса и при обнаружении локальной области, имеющей повышенную относительно остальных частей рамы и/или колеса температуру, принимают решение о наличии на колесе или раме механической трещины.

Изобретение поясняется чертежами

Фиг.1 - поясняющая фигура способа диагностики неисправностей колесных тележек железнодорожных вагонов.

Фиг.2 - алгоритм реализации заявленного способа.

Способ основан на том, что для выявления трещин на дисках и раме колесной тележки, а также для определения работоспособности букс с двух сторон железнодорожного полотна устанавливают два однотипных тепловизионных сканера. Каждый из сканеров содержит несколько расположенных вертикально, на некотором расстоянии друг от друга, линеек теплочувствительных приемников с целью получения незакрытого колесной рамой полного изображения колеса.

Оптическая система сканера настроена таким образом, что позволяет наблюдать по высоте всю колесную тележку с постоянным масштабом μ_c . Строки сканерного

изображения от каждой линейки формируются за счет считывания информации с линейки теплоприемников с периодичностью $T_{сч}=t_m+\Delta t$, где t_m - время опроса всех элементов линейки, Δt - время межстрочной паузы. Формируемое от каждой линейки тепловизионное изображение $B = \{b(m, n), m = \overline{1, M}, n = \overline{1, N}\}$, где m - номер строки, n - номер

5

элемента в строке, b - яркость пиксела, регистрируется на жестком диске подключенного к тепловизору компьютера (фиг.1).
Выявление тепловых аномалий происходит на этапе послесенансной компьютерной обработки тепловизионного изображения. Для этого непрерывный поток видеoinформации B разбивается на

10

фрагменты $B_i = \{b(m_i, n), m_i = \overline{1, M_i}, n = \overline{1, N}\}$, $i = 1, 2, \dots$, каждый из которых содержит тепловизионное изображение одной колесной тележки, включающее вращающиеся (колесо) и невращающиеся (рама, буксы) части.

15

Разделение изображения B по фрагментам, определение параметра M_i , а также скорости движения поезда v_i происходит путем подсчета числа строк за время двукратного пересечения колесами тележки оптической линии сканирования прибора. Иными словами, при четырехкратном изменении условия

20

$$\forall_{m = \overline{1, M}} b(m, n) = b_{\#}(n), \text{ где } B_{\#} = \{b_{\#}(n), n = \overline{1, N}\}$$
 - постоянное изображение

одной строки, формируемое сканером при отсутствии железнодорожного состава. На основе известного радиуса колеса R , общей длины колесной пары L и соответствующего ей числа строк M_i рассчитывается масштаб изображения B_i в кадровом направлении μ_{ki} .

25

После этого каждый фрагмент B_i геометрически масштабируется в кадровом направлении. Причем геометрическое масштабирование изображения колеса осуществляется отдельно с учетом его поступательно-вращательного движения относительно линейки теплоприемников, которое для центра буксы описывается уравнениями

30

$$\begin{cases} x' = x \cos \frac{v_i t}{R} - y \sin \frac{v_i t}{R} + v_i t, \\ y' = x \sin \frac{v_i t}{R} + y \cos \frac{v_i t}{R}, \end{cases}$$

где (x', y') - координаты точки колеса, представленные на снимке B_i , (x, y) - восстановленные координаты точки колеса; t - время съемки точки колеса с координатами (x, y) . Координаты центров колес $(m_{1i}, n_{ц})$ и $(m_{2i}, n_{ц})$ рассчитываются по формулам $m_{1i} = \mu_{ki} R$, $m_{2i} = m_{1i} + \mu_{ki} l$, где $n_{ц}$ - априорно известный параметр, l - расстояние между центрами колес.

35

Затем для получения полных, не закрытых рессорной балкой, изображений колес формируют изображение вращающихся частей путем объединения всех фрагментов изображений, полученных от всех линеек, а так же формируют изображение невращающихся частей тележки путем объединения всех фрагментов изображений, полученных от всех линеек.

40

Формируют новое многослойное изображение

45

$B_i^0 = \{b^0(m^0, n), m^0 = \overline{1, M^0}, n = \overline{1, N}\}$, где $M^0 = \mu_{ki} M_i / \mu_c$, который имеет равное пространственное разрешение в строчном и кадровом направлениях путем объединения сформированного изображения невращающихся частей тележки с сформированным изображением вращающихся частей тележки.

50

Для выделения участков изображения, принадлежащих раме, буксам или открытым частям первого и второго колес, выполняется совмещение нового изображения B_i^0 с бинарными шаблонами этих объектов H_j , $j = \overline{1, 4}$. Например, для изображения рамы шаблон задается упорядоченным множеством пикселов $H_1 = \{h_1(m^0, n)\}$, где

$$h_1(m^0, n) = \begin{cases} 1 & \text{для изображения рамы} \\ 0 & \text{для остальных частей снимка} \end{cases}$$

Изображение анализируемого участка тепловизионного

5 снимка $\hat{B}_j = \{\hat{b}_j(m^0, n)\}$ формируется путем поэлементного умножения элементов множеств B_i^0 и H_j , т.е. $\forall_{m^0, n} \hat{b}_j(m^0, n) = b^0(m^0, n) h_j(m^0, n)$.

10 На заключительном шаге обработки выполняется температурный анализ изображений колесных дисков, букс и рамы. Решение о неисправности буксы принимается на основе критерия $f\{\Phi[\hat{b}_j(m^0, n)]\} > t^A$, где f - температурная характеристика сканера, обеспечивающая пересчет яркости пикселей в температуру; Φ - оператор низкочастотной
15 фильтрации в окне 3×3 ; t^A - допустимое значение температуры нагрева буксы. Участки локального нагрева, вызванные трещинами, на раме или колесных дисках выявляются с помощью критерия $f[d(m^0, n)] > \gamma \bar{t}$, где $d(m^0, n)$ - яркость изображения, рассчитанная по некоторой области A с центром (m^0, n) , \bar{t} - средняя температура анализируемого
20 объекта в окрестности области A ; γ - коэффициент допустимого превышения температуры. Для утверждения окончательного решения о наличии неисправности и протоколирования результатов диагностики изображения колесной тележки B_i^0 , \hat{B}_j полученное каждым сканером, визуализируется на экране монитора, а аномальные участки дополнительно подсвечиваются и подкрашиваются.

25 Предложенный способ реализуется в соответствии с алгоритмом, представленным на фиг.2, где 1 - данные сканерного изображения B , полученные одной из тепловизионных линеек; 2 - разбиение исходного снимка на фрагменты (оператор F); 3 - сохранение изображений всех колесных пар железнодорожного состава; 4 - расчет скорости кадрового масштаба и координат центров осей колес; 5 - известные параметры колесной тележки и
30 сканера; 6 - геометрическое растяжение невращающихся частей тележки до масштаба, μ_{Kj} ; 7 - эталонные изображения невращающихся частей тележки H_p ; 8 - выделение незакрытой части колеса B_K (оператор F); 9 - геометрическое восстановление изображения вращающегося колеса (оператор G); 10 - геометрическое масштабирование изображения B_i (оператор Γ); 11 - формирование изображений вращающихся и
35 невращающихся частей тележки и формирование многослойного нового изображения B_i^0 путем объединения изображений вращающихся и невращающихся частей; 12 - выделение участков изображений анализируемых узлов колесной тележки; 13 - известный набор шаблонов H_j узлов колесной тележки; 14 - выявление температурных аномалий на изображении колеса и раме и принятие решения о наличии механических
40 трещин; 15 - анализ температуры буксы колеса и принятие решения о ее работоспособности; 16 - визуализация изображения колесной тележки.

Заявленный способ реализуется с помощью любого тепловизионного сканера, например EAGLE. В сканере могут использоваться, например, линейки, состоящие из 256 элементов
45 и изготавливаемые Российской фирмой «Орион». Сканер регистрирует ИК-излучение в спектральном диапазоне 8-12 мкм и за счет предварительной калибровки обеспечивает измерение температуры обследуемых объектов с точностью 0,1°. Обработка полученных изображений осуществляется при помощи компьютерных средств состоящих, например, из IBM/PC совместимого компьютера необходимым периферийным оборудованием, а также
50 программного обеспечения, алгоритм функционирования которого приведен в описании.

Формула изобретения

Способ диагностики неисправностей колесных тележек железнодорожных вагонов,

закрывающийся в том, что с помощью тепловизионного сканера, состоящего из нескольких расположенных вертикально и сдвинутых друг относительно друга в горизонтальном направлении линеек теплочувствительных элементов, осуществляют съемку всех тележек перемещающегося относительно тепловизионного сканера железнодорожного состава, полученные изображения от каждой линейки вводят в компьютер и сохраняют их в памяти компьютера, с помощью компьютерных средств каждое сохраненное изображение разбивают на фрагменты, каждый из которых содержит тепловизионное изображение одной тележки, включающее вращающиеся и невращающиеся части, осуществляют геометрическое масштабирование вращающихся и невращающихся частей тележки каждого фрагмента изображения, формируют изображение вращающихся частей тележки путем объединения всех фрагментов изображений, полученных от всех линеек теплочувствительных элементов, формируют изображение невращающихся частей тележки путем объединения всех фрагментов изображений, полученных от всех линеек теплочувствительных элементов, формируют новое многослойное изображение путем объединения сформированного изображения невращающихся частей тележки с сформированным изображением вращающихся частей тележки, сформированное новое изображение последовательно совмещают с хранящимися в памяти указанного компьютера бинарными изображениями шаблонов обследуемых частей тележки, в результате совмещения на равномасштабном тепловизионном снимке выделяют участки, принадлежащие раме, буксам и колесам, в пределах границ выделенных участков анализируют степень нагрева каждой буксы и в случае превышения заданной температуры нагрева каждой буксы принимают решение о ее неработоспособности, в пределах границ выделенных участков анализируют степень нагрева рамы и каждого колеса и при обнаружении локальной области, имеющей повышенную относительно остальных частей рамы и/или колеса температуру, принимают решение о наличии на колесе или раме механической трещины.

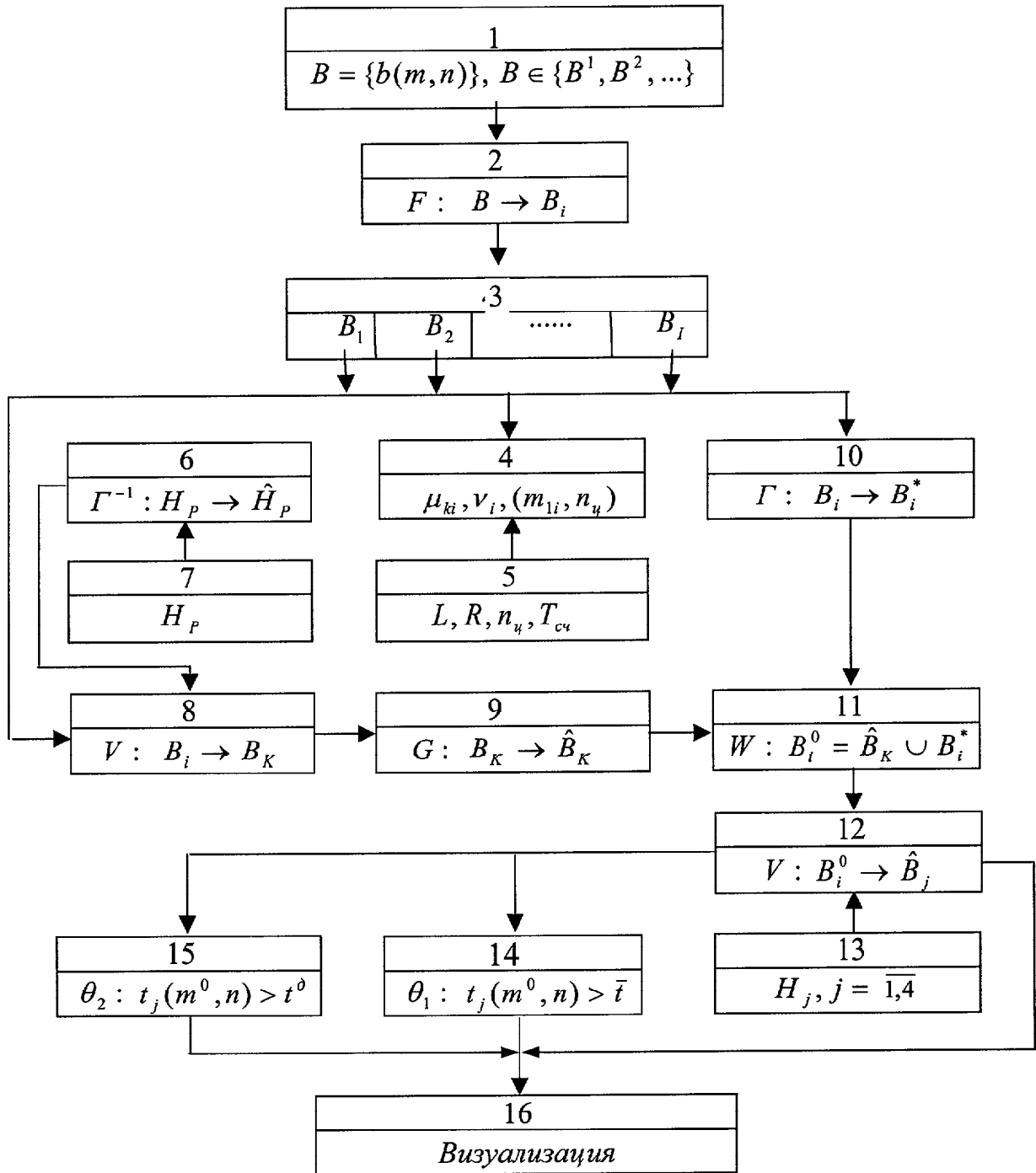
30

35

40

45

50



Фиг. 2