



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
B23Q 15/00 (2020.08); B23B 25/06 (2020.08)

(21)(22) Заявка: 2019133103, 18.10.2019

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
18.10.2019

Дата регистрации:
11.11.2020

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 18.10.2019

(45) Опубликовано: 11.11.2020 Бюл. № 32

Адрес для переписки:
620002, Свердловская обл., г. Екатеринбург, ул.
Мира, 19, Центр интеллектуальной
собственности, Маркс Т.В.

(72) Автор(ы):

Либерман Яков Львович (RU),
Мухлынина Екатерина Дмитриевна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
образования "Уральский федеральный
университет имени первого Президента
России Б.Н. Ельцина" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: ГРАНОВСКИЙ Г.И. и др., Резание
металлов, М., "Высшая школа", 1985, с. 154-
156. RU 2361701 C2, 20.07.2009. RU 2246124 C1,
10.02.2005. SU 1238893 A1, 23.06.1986. SU
1425043 A1, 23.09.1988. US 2016161936 A1,
09.06.2016. US 2012093603 A1, 19.04.2012.

(54) СПОСОБ ОБРАБОТКИ ЗАГОТОВКИ НА МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕМ СТАНКЕ

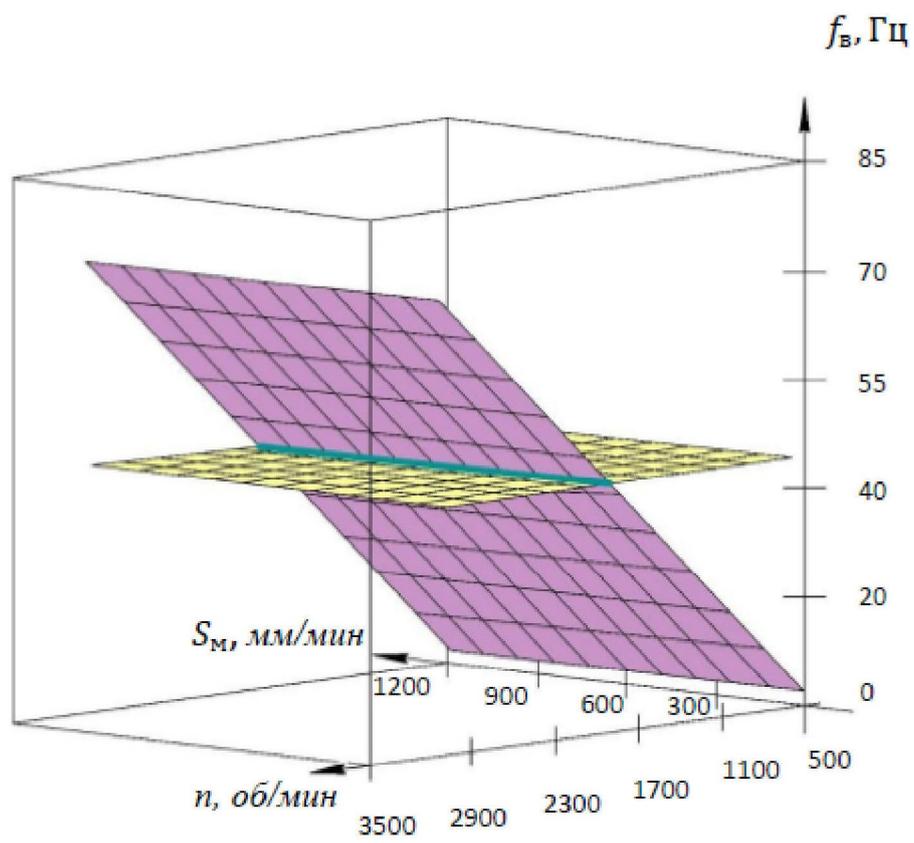
(57) Реферат:

Изобретение относится к области металлообработки и может быть использовано при настройке токарных, фрезерных и им подобных металлорежущих станков. Способ обработки включает придание исполнительному органу механизма подачи станка поступательного движения с заданной скоростью и шпинделю станка вращательного движения с заданной частотой вращения, при этом предварительно устанавливают численное значение частоты собственных колебаний технологической системы станка и численные значения частот вынужденных колебаний, действующих на технологическую систему при всех значениях скорости подачи и частоты вращения согласно

паспортным характеристикам станка. Скорость подачи и частоту вращения задают из области допустимых значений за исключением значений, совпадающих с координатами линии проекции, которую определяют на основании соответствующих графических построений в декартовых координатах функции частоты вынужденных колебаний и плоскости, с аппликацией, равной значению частоты собственных колебаний. Использование изобретения позволяет повысить точность и качество обработки, а также увеличить продолжительность безотказной работы станка. 3 ил.

RU 2 736 129 C1

RU 2 736 129 C1



Фиг. 2

RU 2736129 C1

RU 2736129 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
B23Q 15/00 (2006.01)
B23B 25/06 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
B23Q 15/00 (2020.08); B23B 25/06 (2020.08)

(21)(22) Application: **2019133103, 18.10.2019**

(24) Effective date for property rights:
18.10.2019

Registration date:
11.11.2020

Priority:

(22) Date of filing: **18.10.2019**

(45) Date of publication: **11.11.2020 Bull. № 32**

Mail address:

**620002, Sverdlovskaya obl., g. Ekaterinburg, ul.
Mira, 19, Tsentr intellektualnoj sobstvennosti,
Marks T.V.**

(72) Inventor(s):

**Liberman Yakov Lvovich (RU),
Mukhlynina Ekaterina Dmitrievna (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federal State Autonomous Educational
Institution of Higher Education Ural Federal
University named after the first President of
Russia B.N.Yeltsin (RU)**

(54) **METHOD OF BILLET PROCESSING ON METAL CUTTING MACHINE**

(57) Abstract:

FIELD: metallurgy.

SUBSTANCE: invention relates to metal processing and can be used in setting of lathe, milling and similar metal cutting machines. Processing method includes imparting to the actuator a mechanism for feeding the machine of translational motion at a given speed and a spindle of the rotary motion machine at a given rotation frequency, wherein the numerical value of the natural oscillation frequency of the machine process system and the numerical values of the forced oscillation frequencies acting on the process system at all values of the feed rate and rotation frequency according to the

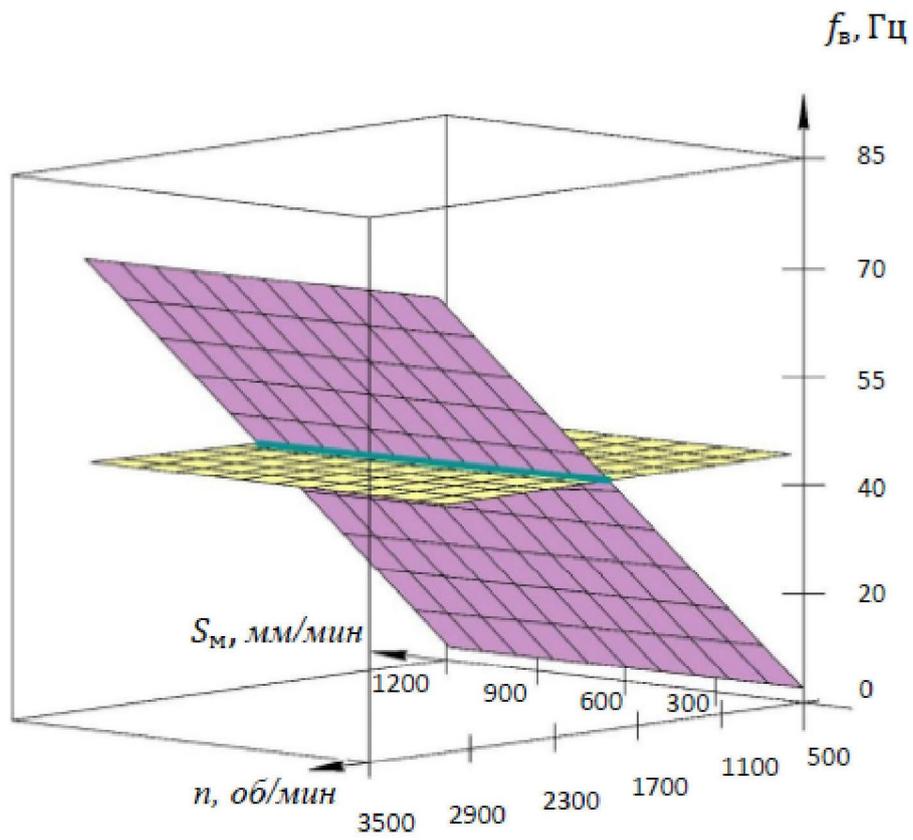
passport characteristics of the machine are preset. Feed rate and rotation frequency are set from the range of allowable values except for values which coincide with coordinates of the projection line, which is determined on the basis of corresponding graphical constructions in Cartesian coordinates of the function of frequency of forced oscillations and a plane, with an applicator equal to the frequency of natural oscillations.

EFFECT: use of the invention increases accuracy and quality of processing, and also increases duration of failure-free operation of the machine tool.

1 cl, 3 dwg

C 1
2 7 3 6 1 2 9
R U

R U
2 7 3 6 1 2 9
C 1



Фиг. 2

Предлагаемый способ относится к области машиностроения и может быть использован при эксплуатации токарных, фрезерных и им подобных металлорежущих станков.

В настоящее время широко известны различные способы обработки металлов резанием, когда специальным инструментом создают изделие требуемой формы путем снятия стружки. Простейший вариант такой обработки – это обработка вручную (www.telenir.net Слесарные работы/Работы по металлу). В этом случае инструмент удерживается руками рабочего и с помощью этих рук совершает движение относительно заготовки. Главным показателем качества обработки при этом является точность формообразования изделия, и настройка на обработку выражается в выборе инструмента и закреплении заготовки изделия в установочном приспособлении.

Ручная обработка крайне непроизводительна и имеет весьма ограниченные технологические возможности. Более широкими технологическими возможностями обладает обработка на металлорежущих станках – машинах, обеспечивающих механизированное движение инструмента и заготовки относительно друг друга с помощью электро- или гидроприводов.

Всякий станок типа токарного или фрезерного имеет механизм подачи с приводом и исполнительным органом, совершающим поступательное движение, и шпиндель, также имеющий привод, но совершающий вращательное движение. При обработке на токарных станках исполнительный орган механизма подачи – суппорт с резцом; на фрезерных станках – стол с приспособлением. Шпиндель имеется у того и другого, только на токарных станках в нем закрепляют заготовку, а на фрезерных – фрезу.

Обработка на станке, как правило, включает в себя придание исполнительному органу механизма подачи станка поступательного движения со скоростью S и шпинделю станка – вращательного движения с частотой вращения n , обусловленных требуемой производительностью и приемлемой стойкостью режущего инструмента («Г.И. Грановский, В.Г. Грановский. Резание металлов. М.: Высшая школа, 1985, стр.10–11»). Однако, исходя из требуемой производительности обработки и приемлемой стойкости инструмента, в процессе работы станка можно столкнуться с явлением резонанса.

Резонанс обычно возникает, если частота собственных колебаний f_c технологической системы станка ТСС (о ТСС см., например, книгу: М.П. Журавлев. Исследование и испытание технологических систем. Екатеринбург: УрФУ, 2017) совпадает с частотой вынужденных колебаний f_B , действующих на ТСС при резании. Но частота f_B , как показывает опыт эксплуатации станков, существенно зависит от n и S , поэтому, придавая последним при настройке станка значения, не учитывающие возможность резонанса, его и можно вызвать. В результате ухудшается качество обработки изделия, снижаются стойкость инструмента и долговечность станка.

Проблемой, решаемой предлагаемым способом, является недостаточная виброзащищенность прототипа и предотвращение (или, по крайней мере, снижение вероятности) резонанса при работе станка, что будет способствовать повышению качества обработки изделий, увеличению периода стойкости инструмента и продлению времени безотказной эксплуатации станка.

Технически решение указанной проблемы обеспечивается за счет того, что способ обработки заготовки на металлорежущем станке, включающий придание исполнительному органу механизма подачи станка поступательного движения с заданной скоростью S и шпинделю станка вращательного движения с заданной частотой вращения n , отличающийся тем, что предварительно устанавливаются численные значения

f_c частоты собственных колебаний технологической системы станка и численные значения f_B частот вынужденных колебаний, действующих на технологическую систему при всех значениях n и S в диапазонах соответственно от n_{min} до n_{max} и от S_{min} до S_{max} согласно паспортным характеристикам станка, при этом в декартовых координатах $OnSf$, принимая ось On в качестве абсциссы, ось OS в качестве ординаты и ось Of в качестве аппликаты, строят графическое изображение функции f_B в зависимости от переменных n, S и плоскость, параллельную плоскости OnS , с аппликатой, равной значению f_c , и находят проекцию на плоскость OnS линии пересечения упомянутых графического изображения функции f_B и плоскости с аппликатой f_c , причем скорость подачи S и частоту вращения шпинделя n задают из области упомянутых диапазонов значений за исключением значений, совпадающих с координатами линии упомянутой проекции.

На фиг. 1 – 3 показаны иллюстрации приемов, составляющих предлагаемый способ. На фиг. 1 – пример построения графика функции $f_B = F(n, s)$, на фиг. 2 – изображение на плоскости f_c с аппликатой Of , на фиг. 3 – проекция линии пересечения графика f_B с плоскостью f_c .

Способ осуществляют следующим образом. На станке, используемом для изготовления требуемой детали, закрепляют режущий инструмент и заготовку. Затем известными методами (например, описанными в книге «Проектирование металлорежущих станков и станочных систем. В 3-х томах. Т.1: Проектирование станков/ А.С. Проников и др. М.: Машиностроение, 1994» или в книге Я.Г. Пановко Введение в теорию механических колебаний. М.: Наука, 1980) устанавливают частоту собственных колебаний f_c полученной технологической системы. После этого по паспорту станка определяют диапазон частот вращения шпинделя станка от n_{min} до n_{max} и возможные промежуточные значения n в этом диапазоне: n_1, n_2 и т.д. Аналогично, также по паспорту станка, определяют диапазон подач от S_{min} до S_{max} и возможные промежуточные значения S . Далее, используя экспериментальные методы (например, по числу заострений на поверхности стружки [см. «Г.И. Грановский, В.Г. Грановский. Резание металлов»]) или путем теоретического расчета (см., например, Я.Г. Пановко, Введение в теорию механических колебаний») устанавливают зависимость частот вынужденных колебаний f_B , действующих на технологическую систему в функции от n и S . (Полученные данные могут быть систематизированы в форме таблицы). После этого, используя классические методы построения графиков (см., например, «И.М. Гельфанд и др. Функции и графики. М.: Наука, 1971»), строят график $f_B = F(n, s)$, где $F(n, s)$ – функция от переменных n и S , в декартовых координатах $Ox, Oy, Oz, (OnSf)$, принимая ось On в качестве абсциссы, ось OS в качестве ординаты и ось Of в качестве аппликаты. Затем в этой же системе координат изображают плоскость с аппликатой, равной значению f_c , параллельную плоскости OnS , и находят линию пересечения этой плоскости с графиком $f_B = F(n, s)$. Далее строят проекцию полученной линии на плоскость

OnS.

Выполнив перечисленные действия, на плоскости **OnS** выбирают точку, смещенную от проекции линии пересечения, и ее координаты по осям **On** и **Os** принимают за настроечные значения n и S . Поскольку таких точек может быть множество, из них можно выбрать такую, которой соответствуют n и S , удовлетворяющие каким-либо дополнительным требованиям. Например, требованиям к производительности обработки и стойкости режущего инструмента. Указанные требования могут быть учтены так, как это делается обычно, в частности в соответствии со «Справочником технолога-машиностроителя. В 2-х томах. Т.2, М.: Машиностроение, 1986. Стр. 261-303». Выбрав точку, смещенную от проекции линии пересечения графика $f_B = F(n, s)$ и плоскости с аппликацией f_c , и определив ее координаты по осям **On** и **Os**, далее частоту вращения шпинделя станка настраивают на численное значение n , соответствующее координате по оси **On**, а подаче придают численное значение S , соответствующее координате по оси **Os**.

Покажем применение способа на примере. Пусть имеется бесконсольный вертикально-фрезерный станок, у которого $n_{min} = 50$ об/мин, $n_{max} = 3500$ об/мин, $S_{min} = 20$ мм/мин, $S_{max} = 2000$ мм/мин, причем n может изменяться с шагом 230, а S – с шагом 132. В шпинделе закреплена концевая фреза с параметрами $z = 10$, $D = 120$ мм, $\delta = 38^\circ$, где z – число зубьев фрезы, D – диаметр фрезы, δ – угол наклона зубьев фрезы. Масса шпиндельного узла станка $m_{ш} = 1000$ кг, жесткость этого узла $q_{ш} = 7,939 \cdot 10^9$ Н/мм, масса инструмента $m_{и} = 5$ кг, жесткость инструмента $q_{и} = 1,727 \cdot 10^8$ Н/мм.

Пользуясь известными соотношениями, имеющими в данном случае вид

$$g_{тс} = \frac{g_{и} \cdot g_{ш}}{g_{и} + g_{ш}}$$

и

$$g_{тс} = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{g_{тс}}{g_{ш} + g_{и}}},$$

с достаточной для инженерных расчетов точностью получим частоту собственных колебаний технологической системы $f_c = 65$ Гц. Установим частоты вынужденных колебаний f_B , действующих на технологическую систему, используя также известное соотношение

$$f_B = \frac{K_f}{60} \cdot \left(n + \frac{S}{\pi \cdot D} \right) \cdot \frac{z \cdot B}{\pi \cdot D} \cdot \operatorname{tg} \delta,$$

где B – ширина фрезерования, K_f – коэффициент жесткости системы «заготовка – приспособление». Приняв $K_f = 1$ на основании данных, приведенных в упоминаемом выше «Справочнике технолога-машиностроителя...», и полагая $B = 80$ мм, получим

$$f_{\text{в}} = F(n, s) = \frac{1}{60} \cdot \left(n + \frac{S}{3,14 \cdot 120} \right) \cdot \frac{10 \cdot 80}{3,14 \cdot 120} \cdot \text{tg} 38^\circ.$$

Построим график $f_{\text{в}}$ в координатах On , Os и Of (фиг. 1). Изобразим в этих же координатах плоскость с аппликатой, равной $f_{\text{с}}=65$ Гц и найдем линию пересечения графика $F(n,s)$ и плоскости, соответствующей $f_{\text{с}}$ (фиг. 2). Построим проекции линии пересечения на плоскость OnS (фиг. 3). Выберем на этой плоскости точку А, смещенную от этой проекции и определим её координаты: по оси On – 1100, по оси Os – 600.

Придадим далее полученные числовые значения n и S , соответственно, частоте вращения шпинделя станка (настроим частоту вращения шпинделя на найденную величину n) и скорости поступательного перемещения исполнительного органа (в данном случае стола) механизма подачи станка (настроим эту скорость на найденную величину S).

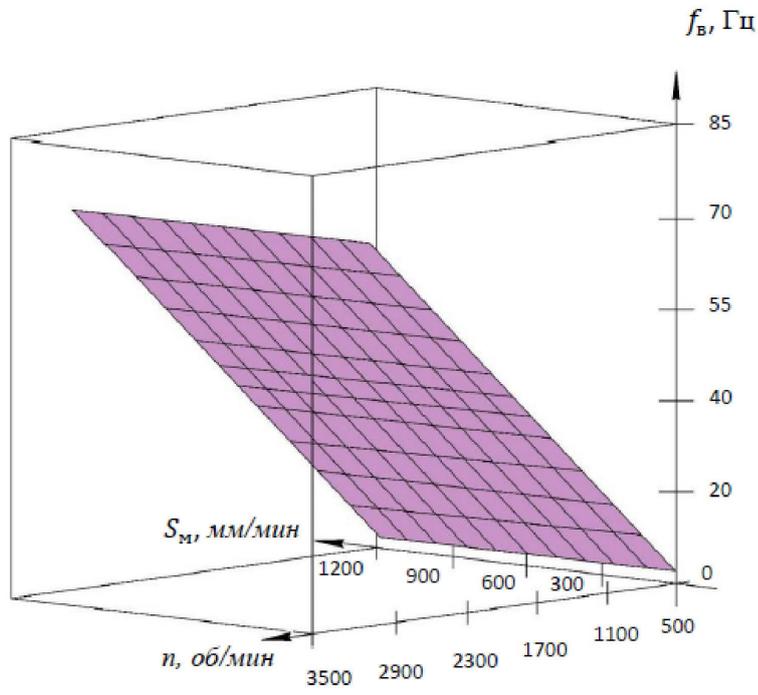
При эксплуатации станка в рабочем режиме после такой настройки явление резонанса либо вообще будет предотвращено, либо будет маловероятно. Для обеспечения наиболее надежного предотвращения резонанса смещение точки А от проекции линии пересечения плоскости с аппликатой $f_{\text{с}}$ и графика $F(n,S)$ целесообразно смещать примерно на 25% от расстояния этой проекции от начала координат, в которых построен график $F(n,S)$.

Техническим результатом предложенного способа будет повышение стойкости режущего инструмента, долговечности механизмов станка и точности производимой на нем обработки, что непосредственно следует из невозникновения резонанса.

(57) Формула изобретения

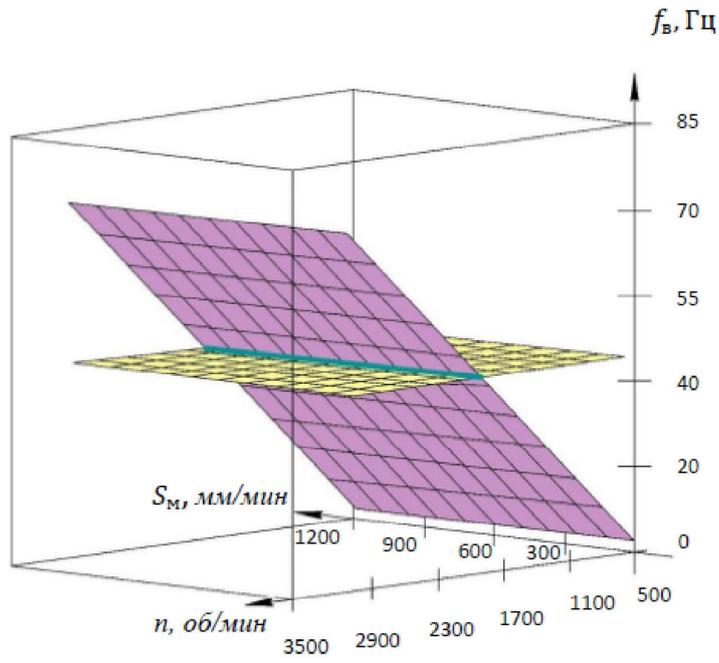
Способ обработки заготовки на металлорежущем станке, включающий придание исполнительному органу механизма подачи станка поступательного движения с заданной скоростью S и шпинделю станка вращательного движения с заданной частотой вращения n , отличающийся тем, что предварительно устанавливают численное значение $f_{\text{с}}$ частоты собственных колебаний технологической системы станка и численные значения $f_{\text{в}}$ частот вынужденных колебаний, действующих на технологическую систему при всех значениях n и S в диапазонах соответственно от n_{min} до n_{max} и от S_{min} до S_{max} согласно паспортным характеристикам станка, при этом в декартовых координатах $OnSf$, принимая ось On в качестве абсциссы, ось Os в качестве ординаты и ось Of в качестве аппликаты, строят графическое изображение функции $f_{\text{в}}$ в зависимости от переменных n , S и плоскость, параллельную плоскости OnS , с аппликатой, равной значению $f_{\text{с}}$, и находят проекцию на плоскость OnS линии пересечения упомянутых графического изображения функции $f_{\text{в}}$ и плоскости с аппликатой $f_{\text{с}}$, причем скорость подачи S и частоту вращения шпинделя n задают из области упомянутых диапазонов значений за исключением значений, совпадающих с координатами линии упомянутой проекции.

1

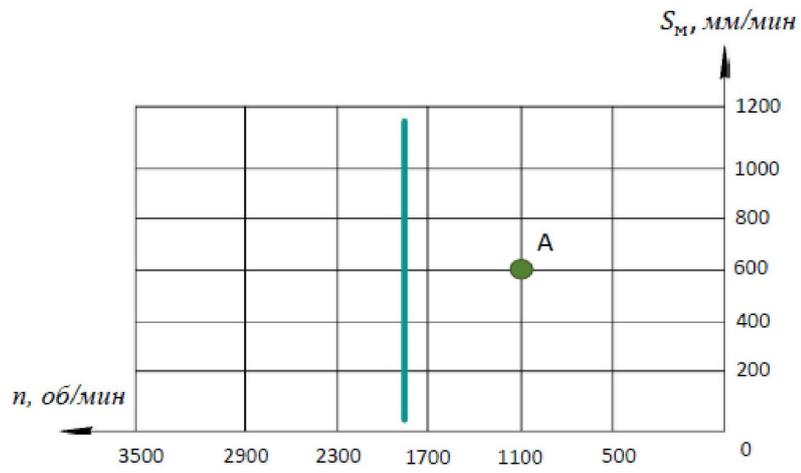


Фиг.1

2



Фиг. 2



Фиг.3