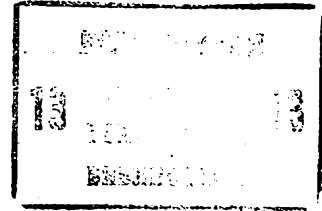




ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР  
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ



# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

- (21) 3574671/24-10
- (22) 07.04.83
- (46) 30.01.85. Бюл. № 4
- (72) А.П.Локтионов
- (71) Курский политехнический институт
- (53) 531.781(088.8)
- (56) 1. Справочник машиностроителя под ред. С.В.Серенса. М., ГИТМЛ, 1962, с. 572.
- 2. Авторское свидетельство СССР № 681334, кл. G 01 L 1/04, 1978 (прототип).

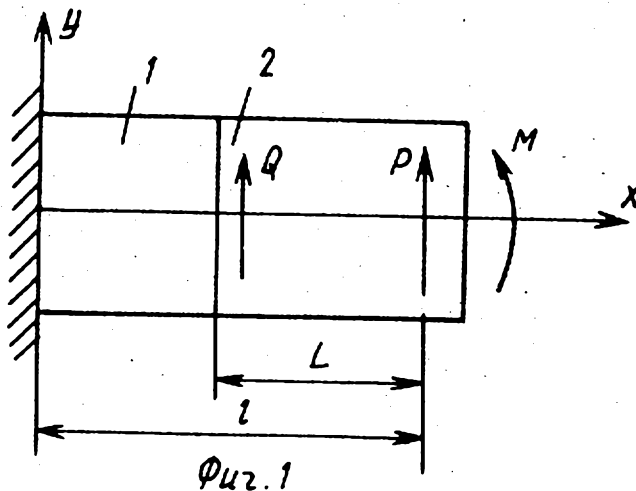
(54)(57) 1. СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ ПОПЕРЕЧНОЙ НАГРУЗКИ на брус, заключающийся в прикреплении двух опор параллельно продольной оси бруса в двух точках, закреплении штанги на первой

опоре и ориентировании в направлении второй опоры, нагружении бруса поперечной нагрузкой и определении величины нагрузки по масштабному коэффициенту, отличающийся тем, что, с целью упрощения способа и повышения точности, опоры прикрепляют к брусу в одном поперечном сечении симметрично нейтральному слою, а поперечную нагрузку рассчитывают по формуле

$$Q = k \delta$$

где  $k$  - масштабный коэффициент связи поперечной нагрузки с расстоянием  $\delta$  между штангой и второй опорой.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что опоры к брусу прикрепляют в крайних продольных слоях.



Изобретение относится к приборостроению, а именно к технике измерения нагрузок на силовые элементы конструкции механизмов и машин, и предназначено для измерения поперечных (перерезывающих) сил в деталях машин.

Известен способ, согласно которому внутренние усилия, возникающие в сечениях стержня, определяют измерением перемещений (прогибов, углов, поворота), при этом удается избежать искажающего влияния местных деформаций [1].

Однако по способу необходимы измерения в нескольких сечениях стержня.

Наиболее близок к предлагаемому по технической сущности способ измерения поперечной нагрузки, заключающийся в прикреплении двух опор параллельно продольной оси бруса в двух точках, закреплении штанги на первой опоре и ориентировании в направлении второй опоры, нагружении бруса поперечной нагрузкой и определении величины нагрузки по масштабному коэффициенту. По этому способу измеряют изгибные перемещения бруса на продольном измерительном участке, расстояние между точкой на упругой линии на втором конце измерительного участка и касательной к упругой линии на первом конце измерительного участка (относительный прогиб в системе координат), связанной с первой опорой, а также относительный угол поворота упругой линии на концах измерительного участка. Перерезывающую силу вычисляют по измеренным линейному и угловому перемещениям с учетом предварительно определенных двух масштабных коэффициентов для линейного и углового перемещений [2].

Однако известный способ измерений недостаточно точен и сложен, так как необходимо определять два масштабных коэффициента - отдельно по линейному и угловому перемещениям, одновременно с линейным перемещением будет измерять угол поворота опор относительно друг друга, что сложнее измерения линейного перемещения, так как требует, например, кроме отсчетной трубы (или микроскопа) наличия дополнительных средств измерения: рейки и системы зеркал. Способ реализуется устройством, для монтажа кото-

рого на брус необходим продольный участок, свободный от внешней нагрузки, длиной, складывающейся из суммы длины измерительного участка - расстояния между опорами и двух боковых участков длиной не менее высоты поперечного сечения. Боковые участки необходимы для удовлетворения принципа Сен-Ванана. Такой протяженный участок на силовом элементе сложной формы часто отсутствует, например, на колесной оси телескопической стойки самолета.

Цель изобретения - упрощение способа и повышение точности.

Поставленная цель достигается тем, что согласно способу измерения поперечной нагрузки, заключающемуся в прикреплении двух опор параллельно продольной оси бруса в двух точках закрепления штанги на первой опоре и ориентированы в направлении второй опоры, нагружении бруса поперечной нагрузкой и определении величины нагрузки по масштабному коэффициенту, опоры прикрепляют к бусу в одном поперечном сечении симметрично нейтральному слою, а поперечную нагрузку рассчитывают по формуле

$$Q = k \delta^k,$$

где  $k$  - масштабный коэффициент связи поперечной нагрузки с расстоянием  $\delta$  между штангой и второй опорой.

При этом опоры к бусу можно прикреплять в крайних продольных слоях.

На фиг. 1 изображен консольный брус, нагруженный поперечной нагрузкой; на фиг. 2 - участок бруса с измерительным сечением; на фиг. 3 - тот же, поперечный разрез; на фиг. 4 - опора.

На чертежах обозначены брус 1, измерительное поперечное сечение 2, нормаль 3 к продольному слою бруса в точке А, опоры 4 и 5, штанга 6, гибкая связь 7, основание 8, вильчатый элемент 9, зубцы 10, точечные упоры 11, гибкие перемычки 12 в опорах 4 и 5, сила  $P$ , приложенная к бусу на расстоянии  $L$  от измерительного поперечного сечения 2, изгибающий момент  $M$ , приложенный к бусу, перерезывающая сила  $Q$  и изгибающий момент  $M_{AB}$  в сечении А-В, расстояние  $l$  между расчетной заделкой бруса и сечением приложения внешних силовых факторов, расстояние  $b$  между точкой В и нор-

малю 3 к продольному слою бруса в точке А.

Сущность изобретения заключается в следующем.

К брусу 1 в его ненагруженном состоянии прикрепляют две опоры 4 и 5. Опоры 4 и 5 прикрепляют к брусу в точках А и В в общем измерительном поперечном сечении симметрично нейтральному слою. Опоры 4 и 5 ориентируют вдоль бруса 1 по продольным слоям бруса. К первой опоре 4 прикрепляют штангу 6 поперек бруса 1 в направлении ко второй опоре 5, при этом расстояние между штангой 6 и опорой 5 должно быть равно нулю.

Затем определяют масштабный коэффициент К связи перерезывающей силы Q с линейным расстоянием  $\delta$  между штангой 6 и опорой 5 по нормали к штанге 6 вдоль бруса 1.

Масштабный коэффициент К определяют экспериментально или расчетным путем. Экспериментально масштабный коэффициент К определяют следующей совокупностью операций: измеряют и доводят до нуля расстояние  $\delta_0$  между штангой 6 и опорой 5 в ненагруженном состоянии бруса 1, затем нагружают брус 1 известной тарировочной нагрузкой - поперечной силой Р на расстоянии L не менее высоты бруса от измерительного поперечного сечения 2 и измеряют расстояние  $\delta_1$  между штангой 6 и опорой 5, вычисляют масштабный коэффициент по формуле

$$K = \rho / \delta_1$$

Если в ненагруженном состоянии бруса имеется ненулевое расстояние  $\delta_0$  между штангой 6 и опорой 5, то масштабный коэффициент вычисляют по формуле

$$K = \frac{P}{\delta_1 - \delta_0}$$

Ограничение на минимальное расстояние h как в известных способах, так и в предлагаемом накладывают в соответствии с принципом Сен-Ванана. Расчетным путем масштабный коэффициент определяют по формуле

$$K = \frac{GF}{\alpha K_C} \quad (1)$$

где G - модуль сдвига материала бруса;

F - площадь поперечного сечения бруса;

$K_C$  - коэффициент сдвига;

a - длина базы измерения - расстояние между опорами 4 и 5.

При нагружении бруса неизвестной подлежащей измерению нагрузкой измеряют линейное расстояние  $\delta$  между штангой 6 и второй опорой 5 (между точкой В в поперечном сечении 2 и перпендикуляром к продольному слою бруса в точке А).

По результату измерения расстояния  $\delta$  рассчитывают перерезывающую силу Q, действующую в измерительном поперечном сечении 2, по формуле

$$Q = K\delta$$

Если в ненагруженном состоянии бруса имеется ненулевое расстояние  $\delta_0$  между штангой 6 и опорой 5, то перерезывающую силу Q рассчитывают по формуле

$$Q = K\delta - K\delta_0$$

Устройство, реализующее предлагаемый способ, содержит опоры 4 и 5, ориентированные вдоль бруса 1 в точках А и В - на концах поперечного измерительного участка. Опоры 4 и 5 прикреплены к брусу 1 гибкой связью. Каждая опора 4 и 5 выполнена в виде жесткого основания 8 с жестким двухзубцовым плоским вильчатым элементом 9, содержащим зубцы - шипы 10. Линия, проходящая через вершины зубцов 10, определяет ориентацию опоры. Опоры 4 и 5 с зубцами 10 являются эквивалентом ножевой опоры. Для придания устойчивости опора снабжена точечными упорами 11 со скругленными тупыми вершинами. Упоры 11 соединены с вильчатым элементом 9 гибкими перемычками - пластинчатыми пружинами 12. К опоре 4 в направлении опоры 5 жестко прикреплена штанга 6. Устройство содержит также оптический измеритель расстояния между опорой 5 и штангой 6.

Устройство работает следующим образом.

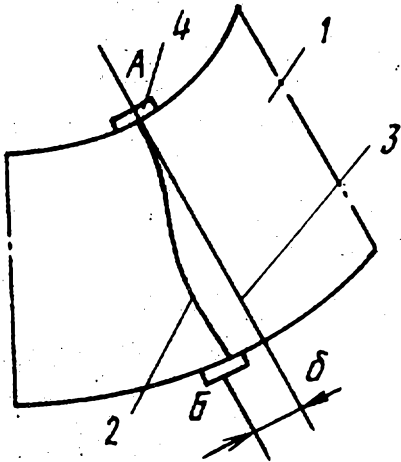
Под действием поперечной нагрузки поперечное сечение 2 сдвигается (фиг. 2). Жесткие плоские вильчатые элементы 9 с зубцами 10 ориентируют опоры 4 и 5 по продольным слоям бруса в точках А и В, штанга 6 располагается по перпендикуляру 3 к продольному слою с точкой А и отклоняется от опоры 5 на расстояние  $\delta$ , по результату измерения которого рассчитывают перерезывающую силу.

В стационарной аппаратуре, работающей в условиях воздействия вибрации, способ может быть реализован

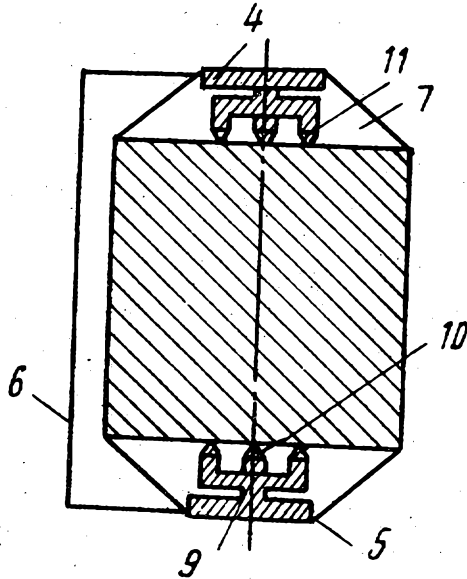
с применением в качестве опор жестких приливов на поверхности бруса. Прилив имеет узкое поперечное сечение в сочленении с бруском с ориентацией большой оси сечения вдоль бруса. Поскольку приливы образуют неразъемное соединение с бруском, то

в этом варианте гибкая связь отсутствует.

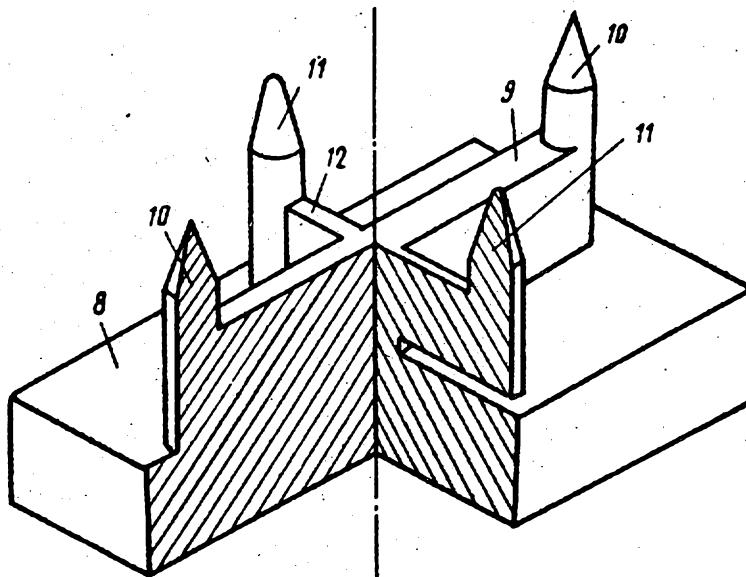
Предлагаемый способ позволяет измерять перерезывающую силу на порядок точнее прототипа, при упрощении процесса измерения. Упрощение сокращает трудозатраты на процесс измерений.



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4