

А. С. Кравченко, канд. техн. наук; В. Т. Лукаш, аспирант

### ПРИМЕНЕНИЕ СИЛОИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ПИЛЕНИЯ ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

In article it is offered to use the measuring telemetering device for research of process saw wood and wood materials. The technique of definition of the twisting and bending moments, the radial, tangential and longitudinal forces of cutting arising during processing of wood or wood materials, and also directions of the main vector of force of cutting is stated.

Существующие методы определения усилий, действующих на дереворежущий инструмент при обработке древесины и древесных материалов, к сожалению, не дают возможности их регистрации с достаточной достоверностью, что не позволяет правильно выбрать параметры инструмента и режимы его эксплуатации, а также определить необходимые прогнозные показатели его работы (надежность, долговечность, и др.), имеющие большое значение при организации технологического процесса.

Традиционный подход заключается в том, что о силе, мощности, напряжении, участвующих в процессе резания, судят по показаниям ваттметра, который включен на входе электропитания. Такая схема не позволяет выделить «чистую» мощность резания, что не обеспечивает высокой точности результатов.

В общем случае при расчетах дереворежущего инструмента переменными являются как

амплитуды, так и средние значения нагрузок и напряжений. Современные методы регистрации распределения нагрузок позволяют с довольно высокой точностью (ошибка измерений и обработки сигнала составляет 0,1%) получить их значения за время контакта инструмента с обрабатываемой поверхностью.

С целью повышения точности исследования сил резания, возникающих при обработке древесины и древесных материалов, предлагается использовать измерительное телеметрическое устройство (рис. 1).

Устройство предназначено для измерения сил резания на фрезерном деревообрабатывающем станке путем усиления, преобразования и бесконтактной передачи на измерительный прибор (компьютер) сигналов тензорезисторов, расположенных на силоизмерительной оправке, оборудованной режущим инструментом [1].

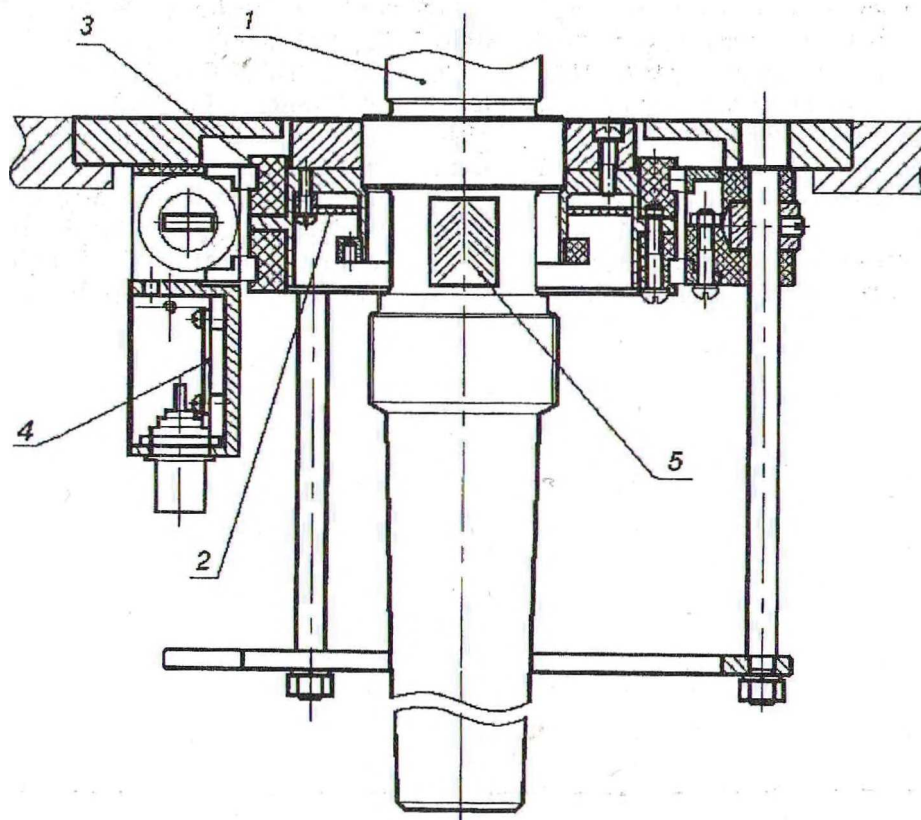


Рис. 1. Устройство силоизмерительное телеметрическое:  
1 – оправка силоизмерительная; 2 – передатчик; 3 – трансформатор; 4 – приемник; 5 – тензорезистор

С помощью устройства могут быть выполнены измерения крутящего и изгибающего моментов, по которым можно рассчитать модуль силы резания и ее направление.

Устройство состоит из следующих основных частей:

- 1) устройство силоизмерительное;
- 2) блок измерительный;
- 3) кабель питающий;
- 4) кабель сигнальный;
- 5) оправка силоизмерительная.

Принцип работы каждого измерительного канала силоизмерительного устройства основан на предварительном усилении и преобразовании сигнала разбаланса тензомоста в цифровую форму с использованием последовательной кодировки Манчестер II и передачи полученного сигнала посредством трансформаторной связи на приемник. Сигналы разных каналов передаются последовательно.

С приемника сигнал по экранированному кабелю поступает на декодер, где осуществляется обратное преобразование кода Манчестер II в параллельную байтовую форму.

Питание тензомостов и схемы передатчика осуществляется через тот же трансформатор, через который передается и сигнал.

Конструктивно передатчик имеет цилиндрическую форму. На образующей цилиндра намотаны питающие и сигнальные катушки. В торце передатчика расположен разъем для подключения тензомостов. Функциональная электрическая схема передатчика показана на рис. 2.

Приемник предназначен для приема и усиления сигналов передатчика, а также для обеспечения передатчика и измерительных тензомостов электропитанием.

При проведении замеров приемник необходимо располагать так, чтобы его одновитковые катушки-кольца находились точно над катушками передатчика.

Блок измерительный выполнен в виде настольного прибора и состоит из следующих основных частей:

- вторичного источника питания;
- декодера;
- ВЧ генератора;
- модуля индикации.

Вторичный источник питания вырабатывает необходимые напряжения постоянного тока, используемые для питания приемника и остальных частей самого блока.

Декодер преобразует последовательный код Манчестер II в параллельную байтовую форму, затем с помощью цифро-аналогового преобразователя преобразует полученную информацию в аналоговую форму и распределяет ее по каналам. Выходной сигнал каждого из каналов фильтруется фильтром НЧ II порядка с частотой среза 1000 Гц. Выходной сигнал каждого канала изменяется в диапазоне  $\pm 5$  В при подаче на вход соответствующего канала номинального входного сигнала, равного  $\pm 1$  мВ/В.

Модуль индикации позволяет просматривать выходной сигнал выбранного канала. Индикатор имеет два диапазона индикации  $-1000$  мкВ/В и  $100$  мкВ/В. Диапазон индикации выбирается тумблером, расположенным на передней панели измерительного блока.

Методика определения сил резания основывается на принципе измерения сопротивления металлов и полупроводников под действием деформаций, вызванных этими силами [2].

Величина измеренной относительной деформации может быть оценена по формуле (1):

$$\varepsilon_i = \frac{\beta_{ni}}{S_T}, \quad (1)$$

где  $\varepsilon_i$  – относительная деформация, Еод;  $\beta_{ni}$  – показания цифрового индикатора, мкВ/В;  $S_T$  – коэффициент тензочувствительности тензорезисторов (равен 2,08).

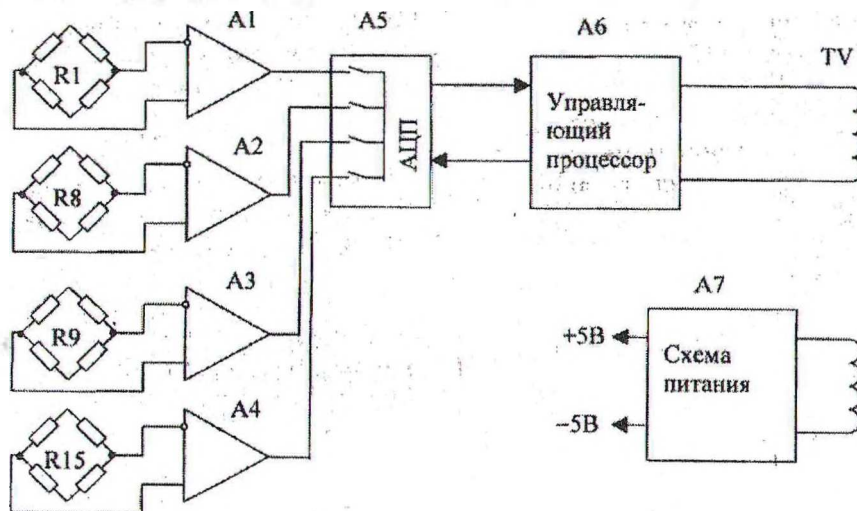


Рис. 2. Функциональная электрическая схема передатчика

Величина крутящего момента может быть оценена следующим образом:

$$M_{кр} = \gamma G W_k = 2\varepsilon_{кр} G W_k = 2\varepsilon_{кр} G(0,208 \cdot b^3), \quad (2)$$

где  $\varepsilon_{кр}$  – относительная деформация датчика крутящего момента;  $G$  – модуль сдвига стали (80 000 Н/мм);  $W_k$  – крутящий момент сопротивления сечения, мм<sup>3</sup>;  $b$  – размер стороны квадрата силоизмерительной оправки в месте расположения тензорезисторов (25 мм).

Величина изгибающего момента определяется по формуле (3):

$$M_{изг} = \varepsilon_{изг} E W = \varepsilon_{изг} E b^3 / 6, \quad (3)$$

где  $\varepsilon_{изг}$  – относительная деформация датчика изгибающего момента;  $E$  – модуль упругости стали (220 000 Н/мм<sup>2</sup>);  $W$  – момент сопротивления сечения, мм<sup>3</sup>.

Осевая сила определяется по формуле (4):

$$P_o = (1 + \mu)\varepsilon_{ос} E S / 2 = 0,65\varepsilon_{ос} E b^2, \quad (4)$$

где  $\mu$  – коэффициент Пуассона (приблизительно равен 0,3 для стали);  $\varepsilon_{ос}$  – относительная деформация датчика осевого усилия;  $S$  – площадь сечения оправки в зоне расположения тензорезисторов, мм<sup>2</sup>.

На рис. 3 схематично показаны усилия, действующие на инструмент в процессе резания.

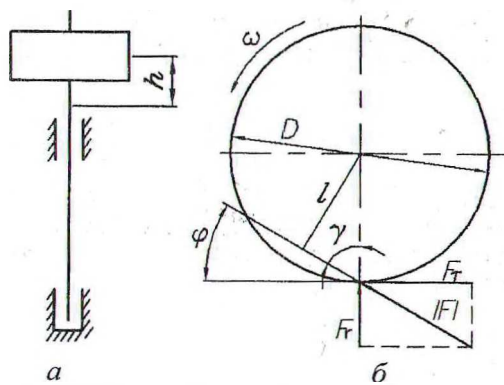


Рис. 3. Схема определения направления главного вектора силы  $|F|$

Выражения для определения крутящего и изгибающего моментов, действующих на инструмент от равнодействующей сил резания, имеют следующий вид:

$$M_{кр} = |F| \cdot l, \quad M_{изг} = |F| \cdot h, \quad (5)$$

$$|F| = \sqrt{F_r^2 + F_t^2}, \quad (6)$$

где  $h$  – расстояние от точки приложения силы  $|F|$  до тензодатчика;  $l$  – расстояние от центра инструмента до линии действия главного вектора силы  $|F|$ .

Зная расстояние  $h$  и величину изгибающего момента  $M_{изг}$ , которая определяется по формуле (2), легко найти равнодействующую сил резания:

$$|F| = \frac{M_{изг}}{h} = \frac{\varepsilon_{изг} E b^3}{6h}. \quad (7)$$

Подставив в формулу (5) для определения  $M_{кр}$  выражение (7), выразим расстояние от центра инструмента до линии действия главного вектора сил  $|F|$ . После преобразований получим:

$$l = \frac{M_{кр}}{|F|} = \frac{2\varepsilon_{кр} G(0,208 \cdot b^3) \cdot 6h}{\varepsilon_{изг} E b^3}. \quad (8)$$

Угол между направлением действия главного вектора сил резания и касательной к окружности резания (угол  $\varphi$ ), проведенной в точке приложения силы (рис. 3, б), определяется следующим образом:

$$\varphi = \arccos \frac{l}{D/2}. \quad (9)$$

Касательная и радиальная силы резания определяются следующим образом:

$$F_t = |F| \cos \varphi, \quad F_r = |F| \sin \varphi. \quad (10)$$

#### Особенность предложенного устройства:

- получение более точных значений измеряемых величин по сравнению с показаниями других средств измерения;
- полученные данные позволяют выбрать наиболее оптимальные параметры и конструкции инструмента для обработки древесины либо древесных материалов.

Это, в свою очередь, позволит добиться более высокого качества обработки одновременно с повышением производительности и снижением энергозатрат процесса.

#### Литература

1. Руководство по эксплуатации устройства ТТ4010 для регистрации сил резания на фрезерном станке с нижним расположением шпинделя.
2. Тензометрия в машиностроении: Справочное пособие / Под ред. Р. А. Макарова. – М.: Машиностроение, 1975. – 288 с.