

УДК 62-791.2

*П.Д. Муранцев, Н.Г. Филиппенко, Д.А. Сидоров*

*Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация*

## **АСПЕКТЫ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ СИЛ РЕЗАНИЯ, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ**

**Аннотация.** *Механическая обработка последние десятилетия отличается революционными темпами увеличением скоростей резания. Несмотря на большую историю и достаточную консервативность обработка методом резания не утратила своего первенства, в связи с тем, что по энергетическим затратам на единицу продукции она остается самой экономичной из всех имеющихся. Расчет сил резания, а соответственно и нагрузки на заготовку, инструмент, приспособление и деталь на сегодняшний день остается достаточно сложной задачей. Особенно эта проблема обостряется при использовании новых конструкционных материалов и изделий из них, отличающихся повышенной сложностью, к чему относятся почти все изделия транспортного машиностроения. Таким образом решения могут быть легко найдены с использованием экспериментальных методов, методик и приборов. В данной статье представлен обзор существующих приборов для измерения силы резания при механических обработках. В современном мире используют три типа динамометров: механические (пружинные и рычажные); гидравлические; электрические.*

*Приведен анализ достоинств и недостатков каждого типа динамометра, с целью определения наиболее универсально и доступного прибора для изучения и определения сил резания при различных видах механической обработки. Проведенные исследования и анализ их результатов, представленных в работе, показывает, что наиболее подходящим типом динамометра является электрический.*

**Ключевые слова:** *динамометр, расчет силы резания, прибор для измерения силы при механических обработках.*

*P.D. Murantsev, N.G. Filippenko, D.A. Sidorov*

*Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation*

## **ASPECTS OF AUTOMATED SYSTEMS FOR CONTROL OF CUTTING FORCES DURING MECHANICAL MACHINING**

**Abstract.** *Machining in recent decades is characterized by a revolutionary pace of increasing cutting speeds. Despite a long history and sufficient conservatism, machining by cutting has not lost its primacy, due to the fact that in terms of energy costs per unit of production, it remains the most economical of all available. The calculation of cutting forces, and, accordingly, the load on the workpiece, tool, fixture and part remains a rather difficult task today. This problem is especially aggravated when using new structural materials and products made from them, which are characterized by increased complexity, which includes almost all products of transport engineering. Thus, solutions can be easily found using experimental methods, techniques and instruments. This article provides an overview of existing instruments for measuring cutting force during machining. In the modern world, three types of dynamometers are used: mechanical (spring and lever); hydraulic; electrical.*

*An analysis of the advantages and disadvantages of each type of dynamometer is given in order to determine the most versatile and affordable device for studying and determining cutting forces during various types of machining. The conducted studies and analysis of their results presented in the paper show that the most suitable type of dynamometer is electric.*

**Keywords:** *dynamometer, calculation of cutting force, device for measuring force during machining.*

### **Введение**

Расчет сил резания, а соответственно и нагрузки на заготовку, инструмент, приспособление и деталь на сегодняшний день остается достаточно сложной задачей. Особенно эта проблема обостряется при использовании новых конструкционных материалов и изделий из них, отличающихся повышенной сложностью, к чему относятся почти все изделия транспортного машиностроения. Решения могут быть легко найдены экспериментально с использованием ряда методов и приборов, что успешно применяется как в науке, так и на производстве.

Таким образом, целью данного исследования был обзор и анализ существующих способов и устройств для измерения сил резания при механической обработке изделий из конструкционных материалов.

### Обзор существующих приборов для измерения силы резания при различных механических обработках

Существует несколько типов приборов и устройств, производящих контроль и измерения сил резания (рис. 1), возникающих при механической обработке.

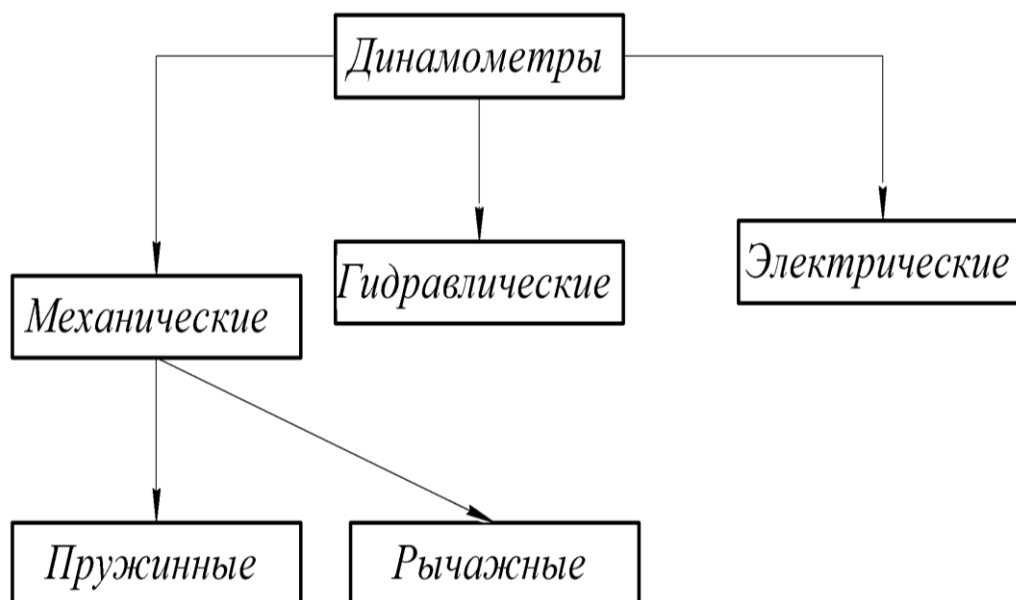


Рис. 1. Блок схема типов приборов, производящих контроль и измерения силы резания

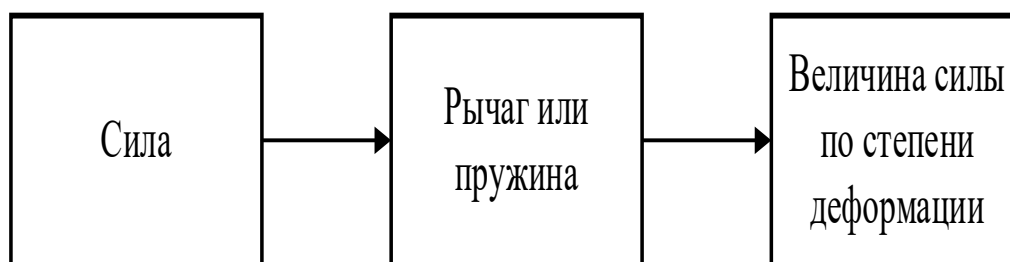
Рассмотрим конструкции, достоинства и недостатки каждого из них.

Динамометр – прибор для измерения силы резания или момента силы [1]. Механические динамометры (рис. 2) бывают двух типов: рычажный и пружинный. В рычажном динамометре действие силы деформирует рычаг, величина деформации которого после регистрируется. В пружинном динамометре сила передается пружине, величина упругой деформации пружины пропорциональна силе воздействия и регистрируется [2, 3].



Рис. 2. Механический динамометр ДПУ-0,1-2 5029

Для простоты понимания была построена блок схема работы механического динамометра (рис. 3).



**Рис. 3. Блок схема работы механического динамометра**

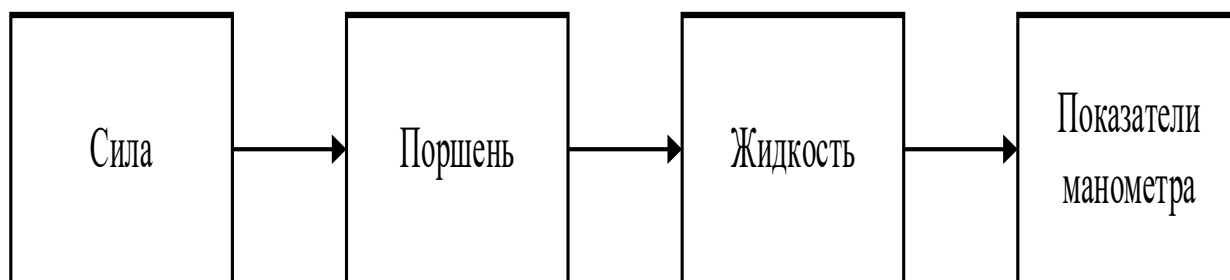
Достоинства: простота; не требуется питающий энергии; высокая надежность. Недостатки: малая точность; невозможность объективного контроля (погрешность измерения); отсутствие автоматизации процесса измерения [2].

Принцип действия гидравлического динамометра (рис. 4) основан на вытеснении измеряемой силой жидкости из цилиндра. Жидкость под давлением поступает по трубке к датчику и записывается [3 - 5].



**Рис. 4. Гидравлический динамометр PCE-HFG series**

Для простоты понимания конструкции была построена блок схема работы гидравлического динамометра (рис. 5).



**Рис. 5. Блок схема работы гидравлического динамометра**

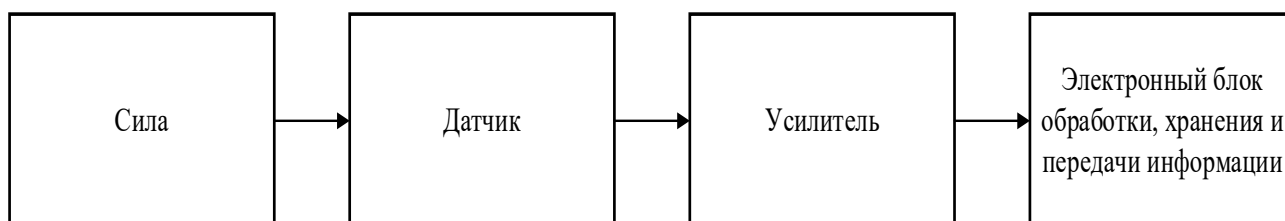
Достоинства: простота конструкции и эксплуатации; высокая надежность. Недостатки: отсутствие автоматизации процесса; непригоден для исследований мгновенных значений сил резания; большая инерционность и малая чувствительность [2 - 4].

Принцип действия электрического динамометра (рис. 6) заключается в преобразовании деформации, вызванной приложенной силой, в электрический сигнал. Приложенная к динамометру сила деформирует датчик и токи моста сопротивления изменяются, аналоговый электрический сигнал разбаланса моста поступает в электронный блок для аналого-цифрового преобразования, обработки и визуализации результата измерений [6 - 8].



**Рис. 6. Электрический динамометр ДМ-МГ4**

Для более простого понимания работы электрического динамометра была построена блок схема (рис. 7).



**Рис. 7. Блок схема работы электрического динамометра**

Достоинства: стабильность многократных измерений вследствие минимальности отклонений и амплитуды замеров; возможность передачи данных на компьютер. Недостатки: сравнительно высокая цена [2, 8, 9].

В результате проведенных исследований с уверенностью можно сказать, что наиболее предпочтительным по всем показателям является электрический динамометр.

Анализ принципа их работы, систем обработки, передачи и хранения информации позволяет говорить о ряде недостатков, связанных с их высокой стоимостью и сложностью интеграции данных в доступные программные комплексы для процесса обработки и хранения.

## Заключение

Учитывая полученные в рамках настоящего исследования результаты можно сделать вывод:

- наиболее предпочтительным прибором по изучению сил резания процесса механической обработки является электрический динамометр;
- недостатки имеющихся приборов и устройств требуют разработки конструкции с более экономичными ценовыми параметрами;
- отсутствие интеграции данных в программные комплексы ПК не позволяет оперативно обрабатывать получаемые данные и проводить анализ параметров сил резания.

Решение, определенных в рамках настоящего исследования проблем, возможно после проведения изысканий по разработке конструкции нового, более экономичного устройства и его автоматизированной системы управления, передачи и хранения информации, что является темой дальнейших исследований.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Брокгауза и Ефрона энциклопедический словарь / Кауфман И.М. / Брасос – Веш. – М.: Советская энциклопедия, 1971. – 45 с.
2. Павлов И.О., Ушаков М.В., Воробьев И.А. Система для измерения сил резания. Компоновка, тарирование и оценка погрешности. Известия ТулГУ. Технические науки, 2013, № 10, с. 159–168.
3. Shastin V.I., Livshits A.V., Filippenko N.G. Kargapoltsev S.K. Laser alloying of wear surfaces with metal components // International Journal of Applied Engineering Research. 2017. Т. 12. № 17. С. 6499-6503 Poletika M.F. Instruments for measuring forces of cutting. М., Mashgiz, 1962
4. Полетика М.Ф. Приборы для измерения сил резания. М., Mashgiz, 1962.
5. Буторин Д.В., Лившиц А.В., Филиппенко Н.Г. Автоматизация процесса контроля фазовых и релаксационных превращений в полимерных материалах // Информационные системы и технологии. 2017. № 1 (99). С. 44-53.
6. Желудков В.Н. Динамометрические приборы. Л., 1976.
7. Ларченко А.Г., Лившиц А.В., Филиппенко Н.Г., Попов С.И. Устройство диагностики деталей из полиамидных материалов // Патент на полезную модель RU 132209 U1, 10.09.2013. Заявка № 2013115531/28 от 05.04.2013.
8. Грановский В.А. Динамометрические измерения. Л., 1984
9. Думчев И.С., Ларченко А.Г., Филиппенко Н.Г., Лившиц А.В. Восстановление полиамидных сепараторов подшипников буксового узла подвижного состава ОАО РЖД Молодой ученый. 2012. № 12. С. 48-51.

## REFERENCES

1. Brockhaus and Efron Encyclopedic Dictionary / Kaufman I.M. / Brasos - Vesh. - M.: Soviet Encyclopedia, 1971. - 45 p.
2. Pavlov I.O., Ushakov M.V., Vorobyov I.A. System for measuring cutting forces. Layout, taring and error estimation. News of TulGU. Technical sciences, 2013, no. 10, p. 159–168.
3. Shastin V.I., Livshits A.V., Filippenko N.G. Kargapoltsev S.K. Laser alloying of wear surfaces with metal components // International Journal of Applied Engineering Research. 2017. Vol. 12. No. 17. P. 6499-6503 Poletika M.F. Instruments for measuring forces of cutting. Moscow, Mashgiz, 1962
4. Poletika M.F. Instruments for measuring forces of cutting. М., Mashgiz, 1962.
5. Butorin D.V., Livshits A.V., Filippenko N.G. Automation of the control process of phase and relaxation transformations in polymeric materials // Information systems and technologies. 2017. No. 1 (99). pp. 44-53.

6. Zheludkov V.N. Dynamometric devices. L., 1976.

7. Larchenko A.G., Livshits A.V., Filippenko N.G., Popov S.I. Device for diagnosing parts made of polyamide materials // Utility model patent RU 132209 U1, 09/10/2013. Application No. 2013115531/28 dated 04/05/2013.

8. Granovsky V.A. Dynamometric measurements. L., 1984

9. Dumchev I.S., Larchenko A.G., Filippenko N.G., Livshits A.V. Restoration of polyamide separators of bearings of the axle box unit of the rolling stock of Russian Railways Young scientist. 2012. No. 12. S. 48-51.

#### **Информация об авторах**

*Муранцев Павел Дмитриевич* – студент, кафедры «Автоматизация производственных процессов» Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: Pavel.mur9@mail.ru

*Филиппенко Николай Григорьевич* – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматизация производственных процессов», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: ifpi@mail.ru

*Сидоров Дмитрий Андреевич* – студент, кафедры «Автоматизация производственных процессов» Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: xardpower@gmail.com

#### **Information about the authors**

*Murantsev Pavel Dmitrievich* - student, department "Automation of production processes" Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: Pavel.mur9@mail.ru

*Filippenko Nikolay Griegorievich* – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department "Automation of Production Processes", Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: ifpi@mail.ru

*Sidorov Dmitry Andreevich* - student, department "Automation of production processes" Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: xardpower@gmail.com