

Научноёмкие технологии в машиностроении. 2022. №6 (132). С. 22-26.  
Science intensive technologies in mechanical engineering. 2022. №6 (132). P. 22-26.

Научная статья  
УДК 621.7/620.3  
doi: 10.30987/2223-4608-2022-6-22-26

## **Оценка динамики процесса токарной обработки металлов по измерениям снятым с режущего инструмента**

**Валера Алудаевич Голодзе<sup>1</sup>**, аспирант,  
**Виктор Петрович Лапшин<sup>2</sup>**, к.т.н.,  
**Павел Александрович Колпаков<sup>3</sup>**, магистрант

<sup>1,2,3</sup>Донской государственной технической университет, Ростов-на-Дону, Россия  
<sup>1</sup>gvalera7777@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1995-6585>  
<sup>2</sup>lapshin1917@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5114-0316>  
<sup>3</sup>pasha.kolpakov.1998@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8372-5098>

**Аннотация.** Представлен новый измерительный комплекс для оценки динамики процессов обработки на металлорежущих станках токарной группы. Комплекс позволяет проводить исследования в области оценки динамики деформационного движения инструмента, температуры в зоне контакта инструмента и обрабатываемой детали, а также взаимосвязь динамики резания и термодинамики обработки металлов.

**Ключевые слова:** износ, токарная обработка металла, температура резания, вибрации

**Для цитирования:** Голодзе В.А., Лапшин В.П., Колпаков П.А. Оценка динамики процесса токарной обработки металлов по измерениям снятым с режущего инструмента // Научноёмкие технологии в машиностроении. – 2022. – №6 (132). – С. 22-26. doi: 10.30987/2223-4608-2022-6-22-26

Original article

## **Diagnostic of the dynamics of the lathe machining process in metalworking based on picked cutting tool measurements**

**Valera A. Golodze<sup>1</sup>**, Postgraduate student,  
**Viktor P. Lapshin<sup>2</sup>**, Can. Sc. Tech.,  
**Pavel A. Kolpakov<sup>3</sup>**, master's student

<sup>1,2,3</sup>Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia  
<sup>1</sup>gvalera7777@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1995-6585>  
<sup>2</sup>lapshin1917@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5114-0316>  
<sup>3</sup>pasha.kolpakov.1998@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8372-5098>

**Annotation.** A new measuring system aimed at evaluating the dynamics of machining processes on metal-cutting machines of lathe machines group is exposed. The system allows conducting research in the field of testing the dynamics of the deformation interaction of the tool, temperature in the contact zone of the tool and in-process part, as well as interrelationship of the metalcutting dynamics and metalworking thermodynamics.

**Keywords:** wear, lathe machining, cutting temperature, tool vibration

**For citation:** Golodze V.A., Lapshin V.P., Kolpakov P.A. Diagnostic of the dynamics of the lathe machining process in metalworking based on picked cutting tool measurements. / Science intensive technologies in Mechanical Engineering, 2022, no.6 (132), pp. 22-26. doi: 10.30987/2223-4608-2022-6-22-26

## Введение

В современных публикациях посвященным вопросам металлообработки большое внимание уделяется оценке взаимосвязи вибраций с износом режущего инструмента, а также с температурой в зоне контакта инструмента и обрабатываемой детали. Методы проведения таких экспериментов хорошо известны из ряда работ, опубликованных в XX в., но сегодня с повышением качества измерительных систем с цифровым выходом, такие эксперименты становятся наиболее актуальными для оценки динамики процессов обработки на металлорежущих станках.

Измерению подвергаются, как правило, сила резания, которая оценивается с использованием различных средств измерения, таких как динамометр, датчик силы резания или получение значений силы резания на основе различных факторов обработки, таких как отклонение инструмента или вибрация [1]. Такое различие в способах измерения силы резания, основанное на различии в измерительных подсистемах системы резания, обеспечивает достаточно качественное интерпретирование реального сопротивления формообразующим движениям инструмента. Кроме этого, мониторинг силы резания позволяет совершенствовать технологии обработки металлов и технологии производства режущего инструмента, к примеру, использование новых типов покрытий для режущего инструмента [2, 3].

В зависимости от способа интерпретации силы резания в качестве измеряемых параметров могут являться ток двигателя, обеспечивающего резание, акустическая эмиссия и/или вибрация [4]. В работе [5] приведен пример косвенного измерения силы резания, в котором значения силы резания достигались на основе отклонения торца инструмента от исходного положения. Датчик перемещения крепился к выходу инструмента в направлении противоположном радиальному и использовался в процессе резания.

Данные полученные в эксперименте представляли собой сигнал отклонения, который сравнивался с исходным положением инструмента. Расчетные значения силы резания при этом сравнивали с показаниями динамометра «Kistler 9255B», используя полученные в эксперименте данные. Еще один

неплохой вариант измерения усилий резания предложен в работе Постеля и др. [6], где измерения проводились путем установки акселерометров на корпусе шпинделя.

Широко распространенным способом измерения силы резания является способ использования стандартных датчиков силы, таких как динамометры. Эти методы зондирования используют эффекты, непосредственно связанные с силами резания, такие как механо-магнитные, механоэлектрические и механооптические преобразования [7]. Эти датчики варьируются от оптоэлектронных и пьезоэлектрических динамометров до тензометрических датчиков и емкостных систем измерения силы. Они могут использоваться самостоятельно, регистрируя данные о силах резания, и позволяют определить оптимальные параметры для снижения силы резания и характеристики износа инструмента [8].

Оценка динамики резания может проводиться и через использование специального комплексного измерительного оборудования, например измерительный стенд STD.201 1 [9–11]. Представленный в этих работах стенд, предназначен для изучения динамических и тепловых процессов, протекающих в процессе резания металлов в различных режимах в составе токарных станков. STD.201 1 функционально состоит из: головки-резцедержателя, интерфейсного блока, персонального компьютера и комплекта кабелей. Головка-резцедержатель устанавливается на суппорт станка и включает в себя комплекс датчиков, преобразующих динамическое и вибрационное воздействие на режущий инструмент в электрические сигналы, поступающие на интерфейсный блок через комплект кабелей.

Результаты экспериментов позволяют авторам интерпретировать математические модели разработанные авторами и идентифицировать параметры этих моделей по полученным в серии экспериментов данным, в качестве которых выступали: сила резания, разложенная по осям деформации инструмента, вибрации инструмента вдоль осей деформации и температура в зоне резания, измеряемая через адекватное интерпретирование естественной термо ЭДС формируемой в контакте инструмента и обрабатываемой детали.

Достоинством предложенной в работах [9–11] системы измерений является возможность

комплексной оценки и сравнения динамики подсистем системы резания. Недостатком представленного варианта измерительной системы является опора на естественную термо ЭДС, которая включает в себя все наводимые станком электрические сигналы.

Таким образом, проведенный анализ показывает, что существующие подходы к измерению выходных сигналов процесса резания несовершенны, требуется разрабатывать новые подходы к синтезу такого рода систем, в том числе на основе новых современных средств измерения сигналов.

### Методика исследования

Для уточнения ранее полученных представлений о взаимосвязанной динамике процесса токарной обработки металла [1–11], была разработана новая экспериментальная измерительная система (рис. 1).

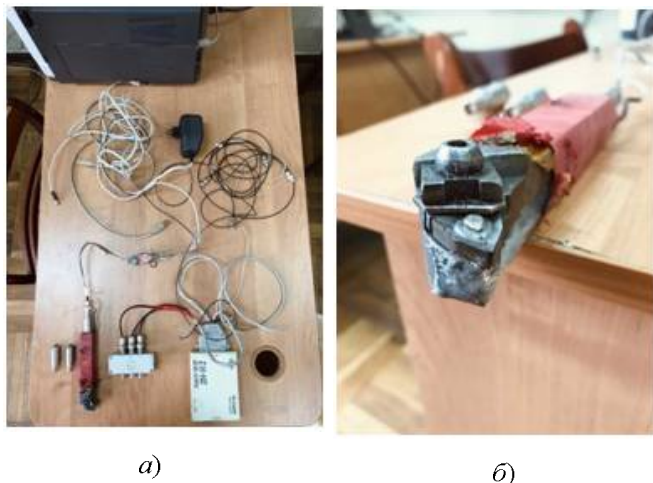


Рис. 1. Измерительный комплекс для оценки вибраций инструмента и температуры в зоне обработки:

а – комплекс; б – режущая пластина с термопарой

Измерительный комплекс, представленный на рис. 1, а, включает стандартный держатель 2102 100, с закрепленной на нем съемной 6-тигранной пластиной «WNUM 120612 T5K10H30 KZTS», предварительно вырезанной методом электроэрозионной обработки, для размещения в ней искусственной термопары (см. рис. 1, б). Как видно из рис. 1, б, искусственная термопара, запечатанная горячим клеем, фактически вставлена внутрь режущего клина, термопара подключена к АЦП Arduino экранированным кабелем, как показано на рис. 2, а.

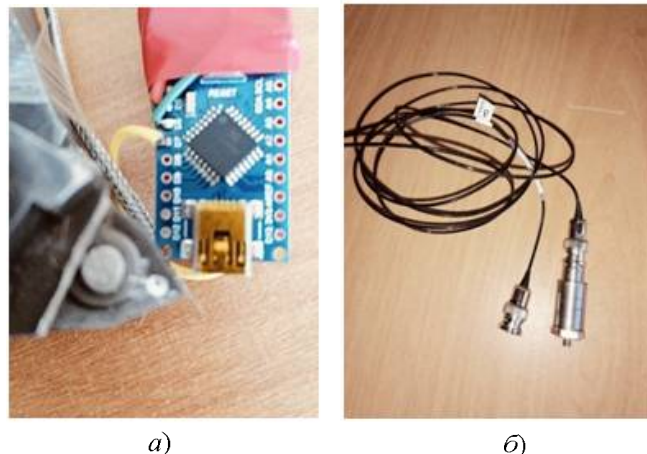


Рис. 2. а – прибор с АЦП-Arduino; б – датчик вибрации AR2081-10

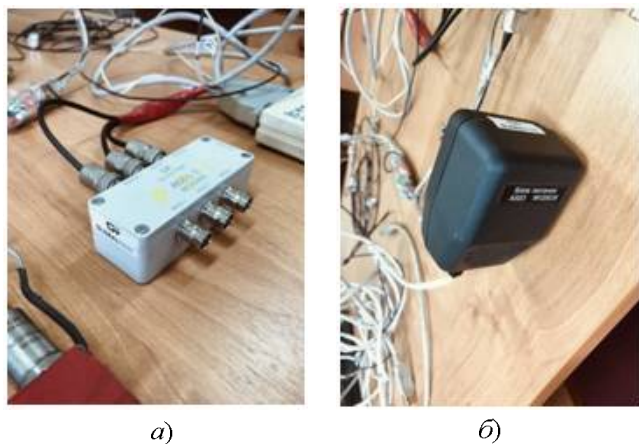
В дополнение к искусственной термопаре экспериментальный комплекс включает в себя три датчика вибрации, которые использовались в качестве датчиков вибрации от «Globaltest AR2081 10» слева и «Globaltest AR2028 100» справа, подключенных к кабелю «Globaltest AR13», показанному на рис. 2, б. Эти преобразователи вибрации имеют аналоговый выход с сигналом, имеющим очень высокую собственную частоту среза 48 кГц, сам процесс обработки имеет базовую частоту вибрации в диапазоне от 1,0 до 4,0 кГц.

Для оцифровки такого сигнала необходимо иметь частоту квантования не менее 8 кГц, а показанный на рис. 2, а АЦП имеет частоту квантования 500 Гц. Для оцифровки этого сигнала требуется АЦП с большим диапазоном квантования сигнала, чем опция, показанная на рис. 2, а, например, внешний модуль АЦП компании «L CARD» E14 440 с кабелем USB 2.0, который показан на рис. 3.



Рис. 3. АЦП L-CARD:  
а – модуль с выходом USB 2.0; б – аналоговый вход модуля

Сам сигнал, снимаемый с виброакселерометров, необходимо усилить до 5 В, для этого требуется специальное согласующее устройство, которым является «Globaltest AG01 3», показанное на рис. 4.

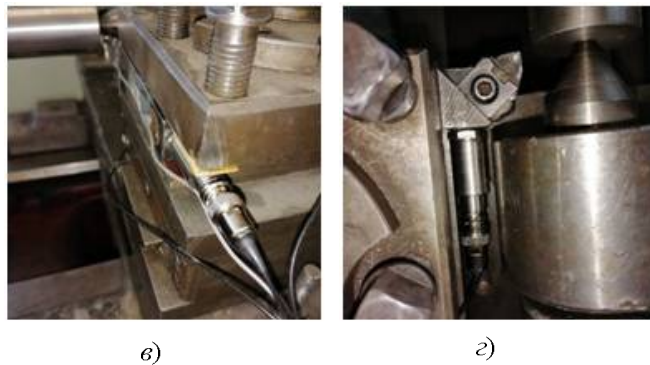
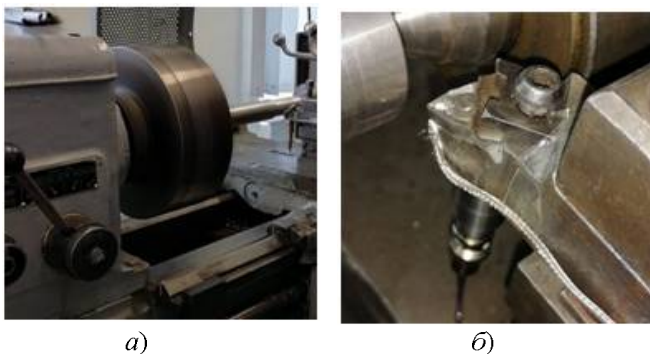


**Рис. 4. Согласующее устройство:**  
а – согласующее устройство AG01-3; б – блок питания к AG01-3

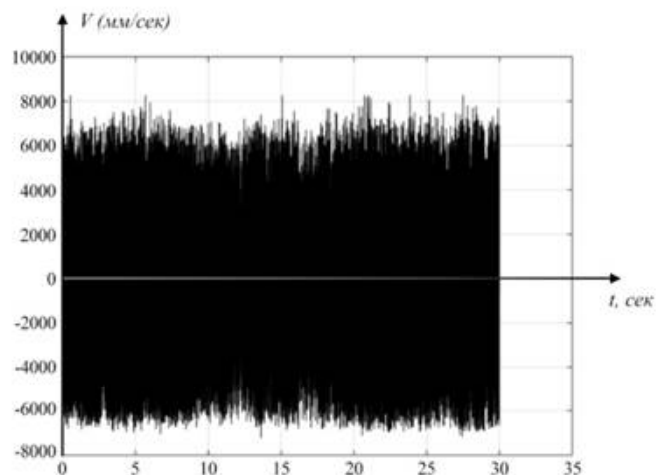
Как видно из рис. 4, согласующее устройство позволяет преобразовывать сигналы с трех выходов виброакселерометров, сигнал с согласующего устройства подается на АЦП компании «L CARD», с выхода которого через USB 2.0 сигнал отправляется на регистратор, которым был ноутбук компании «Packard Bell» (с использованием специализированной программы компании «L CARD»).

Для эксперимента по оценке взаимосвязи между температурой и вибрациями инструмента был выбран токарный станок 1К625, который показан на рис. 5.

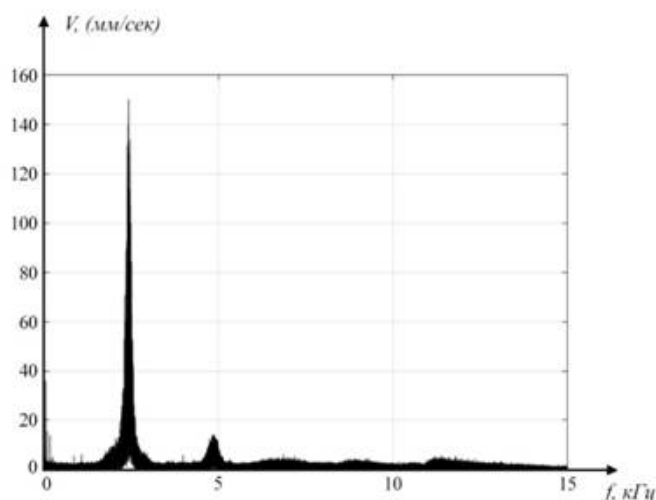
Экспериментальный комплекс, предназначенный для измерения температуры и вибрации прибора, полностью готов к экспериментам, которые мы проводили в лаборатории ДГТУ. Полученные результаты эксперимента с одновременным определением температуры, а также вибрации показаны на рис. 6 и рис. 7.



**Рис. 5. Станок 1К625 с установленной измерительной системой:**  
а – станок с оборудованием; б – инструмент в суппорте; в – суппорт с неподвижным и изолированным инструментом; г – инструмент в суппорте вид сверху



**Рис. 6. Вибрации инструмента**



**Рис. 7. Спектр вибрационного сигнала**

### Результаты эксперимента

На рис. 6 показан график вибрации, которые были сняты с вибропреобразователя, установленного в направлении резания металла.

Как видно из рис. 7 и рис. 8, результат внедрения предложенной в работе измерительной системы позволяет получать информацию (данные) о процессе обработки резанием на токарных станках, при этом информация полученная таким образом достаточно адекватно отражает реальную суть процесса резания.

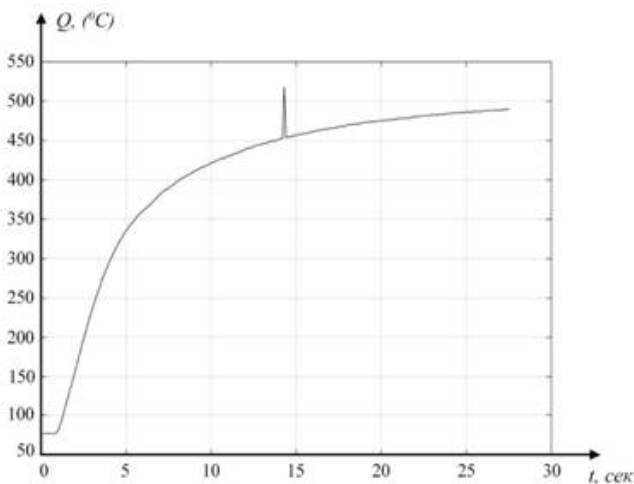


Рис. 8. График температуры

Результаты измерений вибраций и спектр вибрационного сигнала полученного по ним, позволяет говорить о возможности оценки динамики деформационного движения инструмента в реальном масштабе времени. Одновременно с вибрационной динамикой процесса резания, предлагаемый авторами измерительный комплекс позволяет измерять термодинамику процесса обработки металлов резанием, что позволит получить верное представление о возможной связи между подсистемами системы резания и

интерпретировать эти связи, через не измеряемую, но прогнозируемую силовую реакцию на формообразующие движения.

### Заключение

Разработанный экспериментальный комплекс для определения вибраций инструмента при резании и температуры в зоне контакта инструмента и заготовки, позволяет адекватно измерять и сравнивать взаимосвязанную динамику процесса резания на металлорежущем токарном станке. Измерительный комплекс может быть использован для проведения серии экспериментов по оценке динамики процесса токарной обработки металла на токарных станках. Развитие данной научной работы видится в применении экспериментального оборудования для нахождения сложных математических моделей, которые описывают динамику процессов резания на металлорежущих станках.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Лапшин, В.П., Туркин, И.А., Христофорова, В.В. Пример экспериментальной оценки износа на составляющие силы резания при точении металлов // СТИН. – 2020. – №4. – С. 41-44.
2. Лапшин, В.П., Христофорова, В.В., Носачев, С.В. Взаимосвязь температуры и силы резания с износом и вибрациями инструмента при токарной обработке металлов // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2020. – Т. 22. – №3. – С. 44-58.

### REFERENCES

1. Lapshin, V.P., Turkin, I.A., Khristoforova, V.V. An example of experimental evaluation of tool wear influence on compound cutting forces in lathe turning of metals //STIN, 2020, no. 4, pp. 41-44.
2. Lapshin, V.P., Khristoforova, V.V., Nosachev, S.V. Relationship of Temperature and Cutting Force with Tool Wear and Vibration in Metal Turning./Metal Working and Material Science, 2020, vol. 22, no. 3, pp. 44-58. DOI: 10.17212/1994-6309-2020-22.3-44-58

**Вклад авторов:** все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Contribution of the authors:** the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 10.02.2022; одобрена после рецензирования 15.03.2022; принята к публикации 14.04.2022.

The article was submitted 10.02.2022; approved after reviewing 15.03.2022; assepted for publication 14.04.2022.