

УДК 621.923

<https://doi.org/10.62595/1819-5245-2024-1-23-28>

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДСТВ НА КОНТАКТНЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ТОРЦЕВОМ ФРЕЗЕРОВАНИИ

**Р. С. СЕЙДАЛИЕВ, Р. Д. КУРМАНОВ, А. А. ФУКАЛА,  
Э. Ш. ДЖЕМИЛОВ**

*Крымский инженерно-педагогический университет  
имени Февзи Якубова, г. Симферополь,  
Российская Федерация*

*Представлена методика для комплексного исследования операции сверления с использованием датчиков высокой точности и быстродействия для получения информации, адекватной протекающему процессу, которая позволяет за один проход инструмента снимать показания нескольких параметров с использованием различных смазочно-охлаждающих технологических средств.*

**Ключевые слова:** торцевое фрезерование, смазывающе-охлаждающие технологические средства, контактные нагрузки, техника минимальной смазки.

**Для цитирования.** Экспериментальные исследования влияния смазочно-охлаждающих технологических средств на контактные процессы при торцевом фрезеровании / Р. С. Сейдалиев [и др.] // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – 2024. – № 1 (96). – С. 23–28. <https://doi.org/10.62595/1819-5245-2024-1-23-28>

## EXPERIMENTAL RESEARCH ON CUTTING FLUIDS AND TECHNOLOGICAL MEANS INFLUENCE ON CONTACT PROCESSES DURING FACE MILLING

**R. S. SEIDALIEV, R. D. KURMANOV, A. A. FUKALA,  
E. Sh. DZHEMILOV**

*Crimean State Engineering Pedagogical University  
named after Fevzi Yuakubov, Simferopol,  
the Russian Federation*

*Authors present a methodology for a comprehensive study of the drilling operation using high-precision and high-speed sensors to obtain information adequate to the ongoing process. This information allows to take readings of several parameters using cutting fluids and technological means during one pass of the tool.*

**Keywords:** face milling, cutting fluids and technological means, contact load, minimal lubrication technique.

**For citation.** Seidaliev R. S., Kurmanov R. D., Fukala A. A., Dzhemilov E. Sh. Experimental research on cutting fluids and technological means influence on contact processes during face milling. *Vestnik Gomel'skogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta imeni P. O. Sukhogo*, 2024, no. 1 (96), pp. 23–28 (in Russian). <https://doi.org/10.62595/1819-5245-2024-1-23-28>

### **Введение**

Параметры качества, формируемые при механической обработке деталей, обеспечивают эксплуатационные требования, предъявляемые к изделиям, выпускаемым машиностроительными предприятиями. Разработка эффективных способов механи-

ческой обработки с требуемым качеством невозможна без научного подхода и проведения экспериментальных исследований.

Процесс торцевого фрезерования является одним из самых распространенных видов механической обработки, который сопровождается большим съемом припуска поверхности материала при сложном комплексе контактного взаимодействия инструмента с обрабатываемой деталью.

При изучении имеющихся математических моделей было определено, что они не учитывают влияния на процесс образования поверхностей большинства технологических факторов.

При обработке резанием актуальным направлением является разработка способов, адекватно отражающих процесс контактного взаимодействия инструмента с обрабатываемой поверхностью детали.

Правильный выбор оборудования, инструмента, а также режимов резания и условий обработки является основополагающим в области металлообработки деталей.

Имеется ряд опубликованных работ, посвященных исследованию процесса фрезерования поверхностей [1–3].

Е. Г. Бердичевский в своих трудах представил результаты исследования влияния смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС) на процесс контактного взаимодействия инструмента с обрабатываемой деталью [4].

Проведенный анализ определил цель исследований, направленных на стабилизацию контактных нагрузок при торцевом фрезеровании за счет применения различных СОТС.

### Определение контактных нагрузок

С учетом анализа существующих измерительных установок и методики исследования механики взаимодействия инструмента с деталью [5], для процесса торцевого фрезерования поверхностей была предложена схема измерения контактных нагрузок с использованием тензорезисторов (рис. 1).

Для получения объективных данных и снижения погрешностей измерения разработанная схема максимально приближена к процессу резания.

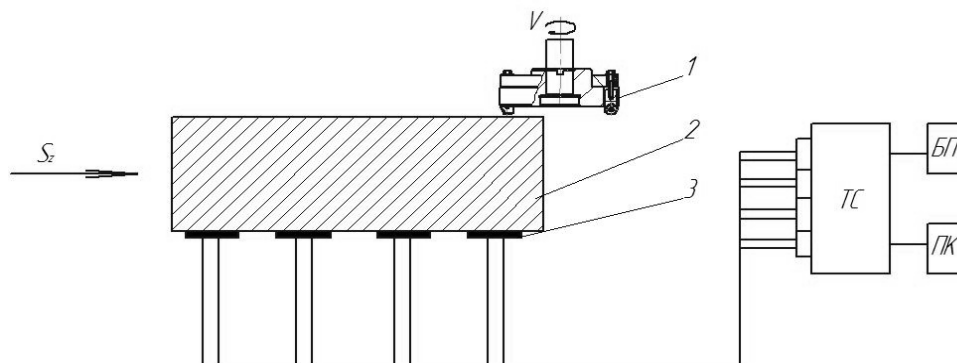


Рис. 1. Схема измерения контактных нагрузок:  
1 – фреза торцевая; 2 – деталь; 3 – тензорезисторы

По предлагаемой схеме измерения была изготовлена экспериментальная установка, позволяющая определять контактные нагрузки на поверхности режущего инструмента при ее взаимодействии с деталью (рис. 2).

Эксперименты выполнялись на вертикально-фрезерном станке мод. 6P11 с использованием фрезы торцевой насадной  $\varnothing 100$  мм, оснащенной твердосплавными пластинами T15K5.



Рис. 2. Экспериментальная установка для определения контактных нагрузок

В качестве обрабатываемого материала была использована сталь 45 (HB229) по ГОСТ 1050–88 (табл. 1).

Таблица 1

Химический состав стали 45, %

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As	Fe
0,42–0,5	0,17–0,37	0,5–0,8	До 0,25	До 0,04	До 0,035	До 0,25	До 0,25	До 0,08	≈ 97

Режимы резания соответствовали производственным: частота вращения шпинделя – 400 об/мин, подача шпинделя – 0,35 мм/об.

Обработка проводилась без СОТС, с маслом Shell, которое используется на предприятиях и в среде рапсового масла.

Рапсовое масло обладает повышенной смазочной способностью и имеет в своем составе поверхностно-активные вещества (до 70–80%), которые определяют глубину их проникновения в контактный зазор и зоны предразрушения на атомарно-дислокационном уровне [6, 7].

Определение контактных нагрузок при взаимодействии режущей пластины с обрабатываемой поверхностью проводилось следующим образом: сигнал, выдаваемый каждым из четырех тензорезисторов, в зависимости от приложенной нагрузки, поступал на тензостанцию ТС-8 и одновременно записывался.

По полученным значениям (табл. 2) построены эпюры распределения контактных нагрузок на поверхности режущей пластины торцевой фрезы (рис. 3).

Таблица 2

Значения контактных нагрузок

Обрабатываемый материал	Припуск $t$ , мм	Длина образующей $L$ , мм	Распределенная нагрузка $p$ , Н		
			Без СОТС	В среде масла Shell	В среде рапсового масла
Сталь 45	1	15	0	92,9297652	328,000463
		25	681,7423659	524,760153	388,137973
		35	237,5670133	267,213098	275,771559
		45	378,4259467	392,866757	348,551770

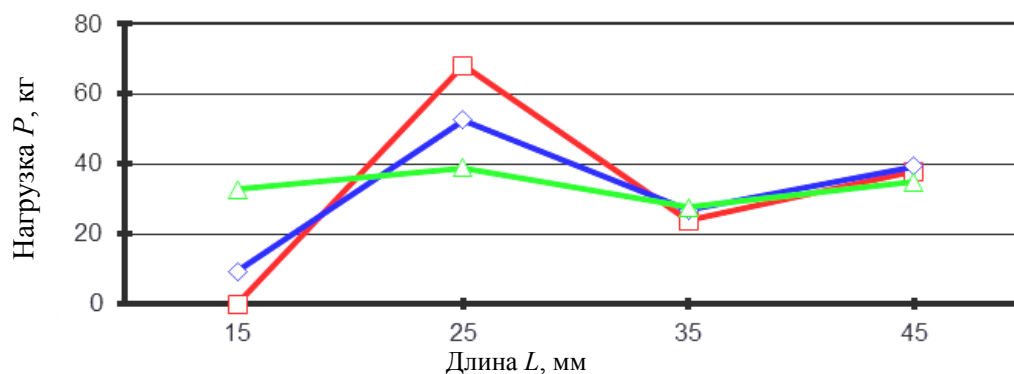


Рис. 3. Эпюры распределения контактных нагрузок при торцевом фрезеровании:  
 — без СОТС; — в масле Shell; — в масле рапсового

Подача СОТС в зону резания осуществлялась с помощью устройства техники минимальной смазки (ТМС) Nogaminicool (рис. 4).

Конструкция ТМС Nogaminicool представляет собой распылитель с возможностью дозировать расход СОТС и количество воздуха, растворенного в СОТС [8, 9].

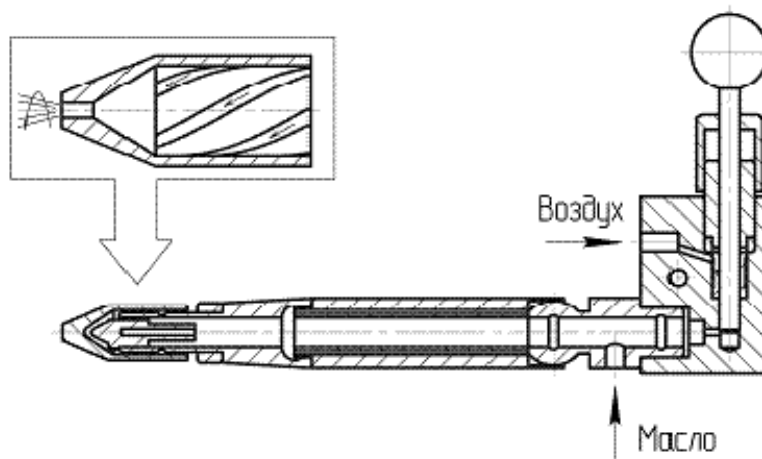


Рис. 4. Устройство минимизированной подачи СОТС Nogaminicool

Специальным приспособлением является устройство подачи СОТС минимизированным методом (распылением). Сущность способа обработки резанием с использованием минимально возможного и достаточного для достижения эффекта количества СОТС состоит в том, что в зону резания подается его столько, что оно полностью, без остатка, расходуется [8]. Этот принцип и заложен в основу конструирования новых систем для осуществления подачи СОТС в зону обработки ТМС.

Методика минимизации характеризуется рядом функциональных особенностей. Так, по типу механизма подготовки воздушно-масляной смеси существующие установки по ТМС подразделяются на системы высокого и низкого давления, в свою очередь, отличающиеся непрерывной и порционной (пульсирующей) подачами СОТС в зону обработки. В рамках данной работы применялась система с непрерывной подачей СОТС (рис. 5).

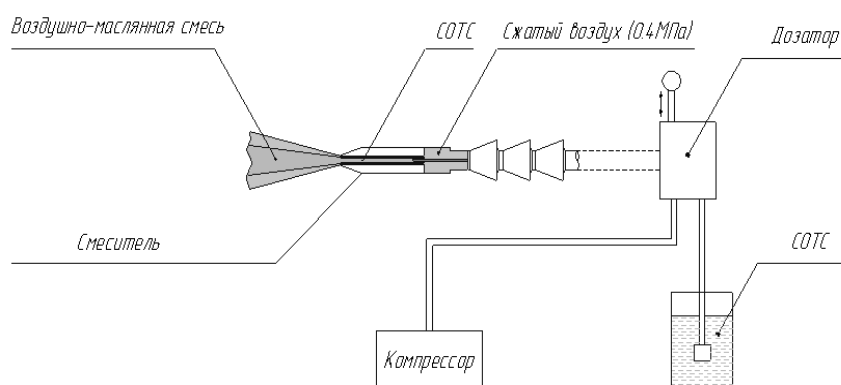


Рис. 5. Принцип работы устройства ТМС

Смешивание смазывающей среды со сжатым воздухом может осуществляться как в специальном резервуаре предварительно, так и непосредственно в распылительных дюзах, роль которых в развитии ТМС также существенна и важна.

В данном устройстве ТМС смешивание смазывающей среды со сжатым воздухом происходит непосредственно в распылительном дюзе.

Сжатый воздух в систему ТМС подавался под давлением 0,4 МПа, что соответствует стандартному давлению на предприятиях.

Регулировка напора и расхода воздушно-масляной смеси осуществлялась с помощью ручки дозатора. Угол распыления, а также дополнительный расход регулируются с помощью дозатора, расположенного непосредственно на распылительном дюзе. Для удобства закрепления устройства ТМС предусмотрен постоянный магнит, расположенный у основания [9].

Эпюры показывают, что использование масла Shell в сравнении с резанием без СОТС позволило стабилизировать контактные нагрузки на длине обработки в 1,47 раза, а рапсовое масло – в 6,24 раза.

### Заключение

Эффективность применения рапсового масла в качестве СОТС, действие которого стабилизирует контактные нагрузки на длине обработки при торцевом фрезеровании, безусловно связано с изменениями процесса упругопластических деформаций, протекающих в зоне резания, из-за снижения коэффициента трения. Использование техники минимальной смазки в качестве приспособления для подачи СОТС, способствует повышению их смазывающих свойств за счет глубокого проникновения в зону резания.

### Литература

1. Крагельский, И. В. Основы расчетов на трение и износ / И. В. Крагельский, М. Н. Добычин, В. С. Комбалов. – М. : Машиностроение, 1977. – 526 с.
2. Латышев, В. Н. Повышение эффективности СОЖ / В. Н. Латышев. – М. : Машиностроение, 1975. – 88 с.
3. Маталин, А. А. Качество поверхности и эксплуатационные свойства деталей машин / А. А. Маталин. – М. : Машгиз, 1956. – 225 с.
4. Бердичевский, Е. Г. Смазочно-охлаждающие средства для обработки материалов : справочник / Е. Г. Бердичевский. – М. : Машиностроение, 1984. – 224 с.

5. Джемилев, Э. Ш. Повышение качества обработки конических отверстий алмазным хонингованием на основе исследования контактно-го взаимодействия инструмента с деталью : дис. ... канд. техн. наук : 05.03.01 / Э. Ш. Джемилев. – Симферополь, 2010. – 162 с.
6. Алиев, А. И. Повышение работоспособности сложнопрофильного режущего инструмента за счет применения технологических сред растительного происхождения : дис. ... канд. техн. наук : 05.03.01 / А. И. Алиев. – Симферополь, 2011. – 139 с.
7. Якубов, Ч. Ф. Упрочняющее действие СОТС при обработке металлов резанием / Ч. Ф. Якубов. – Симферополь : Симфероп. гор. тип., 2008. – 156 с.
8. Якубов, Ф. Я. Экспериментальная оценка эффективности смазывающих технологических сред в периоде приработки металлорежущего инструмента / Ф. Я. Якубов, Ч. Ф. Якубов, В. В. Скакун // Изв. Тул. гос. ун-та. Техн. науки. – 2016. – № 8 (1). – С. 246–253.
9. Скакун, В. В. Экспериментальная оценка влияния экологически чистых СОТС на тепловые процессы при обработке отверстий осевым лезвийным инструментом / В. В. Скакун, Р. М. Джемалидинов // Ученые зап. Крым. инженер.-пед. ун-та. – 2019. – № 4 (66). – С. 333–337.

#### References

1. Kragel'skii I. V., Dobyichin M. N., Kombalov V. S. *Fundamentals of calculations for friction and wear*. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1977. 526 p. (in Russian).
2. Latyshev V. N. *Increasing the efficiency of cutting fluid*. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1975. 88 p. (in Russian).
3. Matalin A. A. *Surface quality and operational properties of machine parts*. Moscow, Mashgiz Publ., 1956. 225 p. (in Russian).
4. Berdichevskii E. G. *Cooling lubricants for materials processing: reference book*. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1984. 224 p. (in Russian).
5. Dzhemilov E. Sh. *Improving the quality of machining tapered holes by diamond honing based on the study of the contact interaction of the tool with the part*. Ph. D. thesis. Simferopol', 2010. 162 p. (in Russian).
6. Aliev A. I. *Increasing the performance of complex-profile cutting tools through the use of technological media of plant origin*. Ph. D. thesis. Simferopol', 2011. 139 p. (in Russian).
7. Yakubov Ch. F. *The hardening effect of cutting fluids when processing metals by cutting*. Simferopol', Simferopol City Printing House, 2008. 156 p. (in Russian).
8. Yakubov F. Ya., Yakubov Ch. F., Skakun V. V. Experimental assessment of the effectiveness of lubricating technological media during the period of running-in of metal-cutting tools. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki*, 2016, no. 8 (1), pp. 246–253 (in Russian).
9. Skakun V. V., Dzhemalyadinov R. M. Experimental assessment of the influence of environmentally friendly LCPM on thermal processes when processing holes with an axial blade tool. *Uchenye zapiski Krymskogo inzhenerno-pedagogicheskogo universiteta*, 2019, no. 4 (66), pp. 333–337 (in Russian).