УДК 621.91.01

**Смагин Геннадий Иванович, Цюпко Александр Борисович,
Карпов Евгений Витальевич, Чердаков Сергей Николаевич**

ВЫБОР КРИТЕРИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩЕЙ ЖИДКОСТИ

В настоящее время различные фирмы выпускают большое количество смазывающе-охлаждающих жидкостей. Для технологов (производственников) достаточно трудно сориентироваться, в каком случае выбирать ту или иную СОЖ. Наиболее универсальный критерий оценки СОЖ являются стойкостные испытания инструментов при применении СОЖ, но они достаточно трудоемки. В статье предлагается менее трудоемкий способ оценки различных СОЖ между собой по измерению и сравнению сил резания. В частности в статье предложена методика ранговой оценки результатов измерения и усреднения ошибки измерения опытных данных, чем повышается достоверность сравнительных показателей при выборе СОЖ. Новым подходом в оценке тех или иных СОЖ является их ранговая или балловая характеристика. В дальнейшем предложенная методика будет проконтролирована стойкостными сравнительными испытаниями инструментов при применении различных СОЖ.

Ключевые слова: *смазывающе-охлаждающие жидкости, обработка точением, режимы резания, критерий сравнения различных СОЖ, технологические силы резания (Px, Py), результирующие силы резания – Pr1 (Px, Py, Pz), Pr2 (Px, Py, Pz).*

Smagin Gennady I., Tsyupko Alexander B., Karpov Evgheny V., Cherdakov Sergey N.

EFFICIENCY CRITERIA FOR LUBRICATING-COOLING FLUIDS

There are currently many companies manufacturing a large number of lubricating fluids, which makes it hard for technologists (manufacturers) when trying to make their choice of a lubricating coolant. The most acceptable criterion for evaluating lubricating-cooling fluids (LCF) is tool durability test; yet this is rather time and effort-consuming. This article dwells on a less time-consuming way to assess various LCFs based on measurement and comparison of cutting force. In particular, the paper focuses on a method for ranking the measurements and averaging the measurement error for the experimental data, which increases the reliability benchmarks when selecting a LCF. A new approach in evaluating various LCFs is their rank or scoring. Later on the methodology proposed will be monitored through wear tests employing various tools.

Key words: *lubricating-cooling fluids, processing by turning, cutting modes, comparison criteria for lubricating-cooling fluids, technological cutting force (Px, Py), resulting cutting force – Pr_1 (Px, Py, Pz), Pr_2 (Px, Py, Pz)*

Сравнительные исследования СОЖ наиболее информативно дают результаты при стойкостных экспериментах, но такие эксперименты весьма трудоемкие, поэтому поиск менее затратных опытных работ постоянно являются актуальными для исследователей [1, 3, 8, 9].

В данной статье за критерии оценки эффективности СОЖ взято сравнение результирующих сил Pr2 [2] между собой для различных СОЖ. Меньшее значение этой суммарной силы указывает на большую эффективность рассматриваемой СОЖ (меньше силы трения, меньшее значение поверхностной энергии). Значение сил резания измерялись при обработке стали 95 × 18 в состоянии поставки, диаметр прутка 60 мм. Измерение производились с помощью трехкомпонентного электроиндуктивного динамометра, точение осуществляется твёрдосплавным резцом. Режущая пластина выбрана по ГОСТ 19052-80, геометрия пластины: $\varphi = 45°$, $\varphi_1 = 10°$, $\alpha = 6°$, $\Upsilon = 12°$, материал пластины Т15К6, без покрытия.

Смазывающе-охлаждающие жидкости были выбраны различного класса, различных поставщиков, наиболее применимых концентраций. Для сравнительных исследований, испытывались следующие смазывающе-охлаждающие жидкости: Blaser 2000 (2 %, эмульсол, Швейцария); ЭПМ 1Ш

(1 %); ЭПМ 2 (2 %); ПОА (2 %, водорастворимый полимер, синтетическая СОЖ). Последние три СОЖ фирмы НИИХИМП, г. Новосибирск; ПВА (1 %, поливинилацетат); Клей О (1 %, карбоксилметилцеллюлоза); Клей 2 (1 %, эмульсия полимера «бустилат»).

В дополнении к характеристике критерия выбора СОЖ авторами статьи принято положение, что меньшие силы соответствуют большим стойкостям инструментов [3–5]. Ранговая оценка результатов экспериментов проводилась таким образом, чтобы была возможность усреднить ошибки опытов, чем повысить достоверность выводов. Предпочтение отдавалось значениям результирующих сил Pr2. По оценке возможности использования сил резания Pz и Pr1 для сравнительных испытаний СОЖ приведены на рисунках 4–7 и сделаны выводы [5].

Значения технологических сил резания и температур при использовании выбранных СОЖ представлены в таблицах 1–7.

Сравнительные результаты результирующих сил Pr_2 при обработке стали при 250 об/мин (рис. 1), 400 об/мин (рис. 2), 630 об/мин (рис. 3).

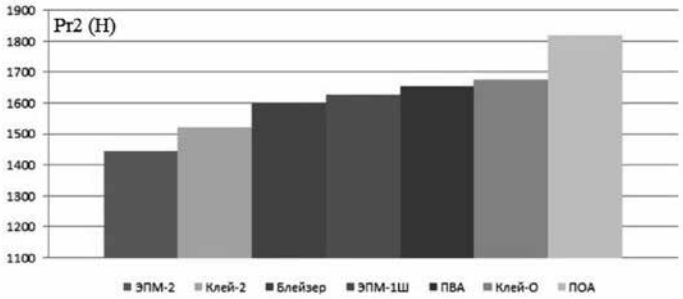

Рис. 1. Средние значения сил резания Pr_2 (250 об/мин)

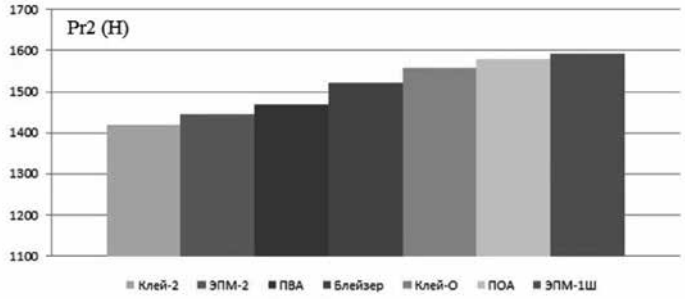

Рис. 2. Средние значения сил резания Pr_2 (400 об/мин)

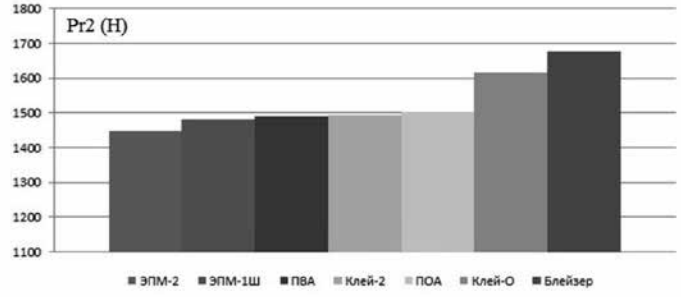

Рис. 3. Средние значения сил резания Pr_2 (630 об/мин)

Таблица 1

Значения технологических сил резания и температур при использовании СОЖ - ПВА

ПВА	Pz (Н)			Px (Н)			Py (Н)			Pr2 (Н)			Pr1 (Н)			t (С°)		
	Частота (мин$^{-1}$)																	
Подача (мм/об)	**250**	**400**	**630**	**250**	**400**	**630**	**250**	**400**	**630**	**250**	**400**	**630**	**250**	**400**	**630**	**250**	**400**	**630**
0.15	1080	1080	1020	370	370	355	415	425	390	1214	1218	1148	555	562	527	43	48	49
0.21	1315	1300	1355	600	570	500	750	676	520	1628	1569	1535	960	879	721	42	49	52
0.26	1770	1305	1130	690	500	520	950	820	520	2124	1620	1788	1174	960	735	42	51	49

Таблица 2

Значения технологических сил резания и температур при использовании СОЖ - Blaser 2000

Blaser 2000	Pz (Н)			Px (Н)			Py (Н)			Pr2 (Н)			Pr1 (Н)			t (С°)		
	Частота (мин$^{-1}$)																	
Подача (мм/об)	**250**	**400**	**630**	**250**	**400**	**630**	**250**	**400**	**630**	**250**	**400**	**630**	**250**	**400**	**630**	**250**	**400**	**630**
0.15	1300	1300	1200	370	305	370	430	390	430	1424	1391	1327	582	495	567	43	48	49
0.21	1300	1340	1590	680	370	520	950	485	650	1147	1472	1794	1168	610	832	42	49	52
0.26	1940	1530	1650	730	540	580	820	520	770	2229	1703	1910	1097	749	964	42	51	49

Таблица 3

Значения технологических сил резания и температур при использовании СОЖ – ЭПМ 1Ш

ЭПМ 1Ш	Pz (Н)			Px (Н)			Py (Н)			Pr2 (Н)			Pr1 (Н)			t (С°)		
	Частота (мин$^{-1}$)																	
Подача (мм/об)	**250**	**400**	**630**	**250**	**400**	**630**	**250**	**400**	**630**	**250**	**400**	**630**	**250**	**400**	**630**	**250**	**400**	**630**
0.15	1029	1049	1107	363	431	382	470	412	392	1187	1206	1234	593	596	547	43	46	49
0.21	1255	1137	1362	451	568	431	598	510	472	1461	1369	1504	749	763	639	45	50	46
0.26	1882	1862	1519	696	715	490	980	931	598	2233	2201	1704	1202	1174	773	47	51	53

Таблица 4

Значения технологических сил резания и температур при использовании СОЖ – ЭПМ 2

ЭПМ 2	Pz (Н)			Px (Н)			Py (Н)			Pr2 (Н)			Pr1 (Н)			t (С°)		
	Частота (мин$^{-1}$)																	
Подача (мм/об)	**250**	**400**	**630**	**250**	**400**	**630**	**250**	**400**	**630**	**250**	**400**	**630**	**250**	**400**	**630**	**250**	**400**	**630**
0.15	1050	1310	1050	1005	300	270	405	310	300	1180	1379	1124	538	431	403	44	50	51
0.21	1080	1300	1300	550	350	310	506	550	415	1311	1463	1399	743	651	518	45	49	51
0.26	1630	1330	1125	535	390	495	670	550	670	1841	1491	1826	857	674	833	45	49	52

Таблица 5

Значения технологических сил резания и температур при использовании СОЖ – Клей О

ЭПМ 2	Pz (Н)			Px (Н)			Py (Н)			Pr2 (Н)			Pr1 (Н)			t (C°)		
	Частота (мин$^{-1}$)																	
Подача (мм/об)	**250**	**400**	**630**	**250**	**400**	**630**	**250**	**400**	**630**	**250**	**400**	**630**	**250**	**400**	**630**	**250**	**400**	**630**
0.15	1080	1080	1080	310	398	492	415	250	390	1197	1151	1186	518	398	492	42	47	50
0.21	1580	1500	1480	948	647	854	750	520	770	1842	1633	1708	948	647	854	44	49	50
0.26	1720	1630	1850	998	952	638	820	770	520	1988	1887	1956	998	952	638	46	51	52

Таблица 6

Значения технологических сил резания и температур при использовании СОЖ – Клей 2

Клей 2	Pz (Н)			Px (Н)			Py (Н)			Pr2 (Н)			Pr1 (Н)			t (C°)		
	Частота (мин$^{-1}$)																	
Подача (мм/об)	**250**	**400**	**630**	**250**	**400**	**630**	**250**	**400**	**630**	**250**	**400**	**630**	**250**	**400**	**630**	**250**	**400**	**630**
0.15	1020	980	1005	303	300	320	415	400	430	1142	1100	1139	515	500	536	43	52	51
0.21	1330	1370	1376	560	376	370	530	485	530	1537	1499	1514	771	610	646	45	51	46
0.26	1630	1630	1675	570	533	495	750	670	530	1882	1841	1825	942	857	725	46	53	36

Таблица 7

Значения технологических сил резания и температур при использовании СОЖ – ПОА

Клей 2	Pz (Н)			Px (Н)			Py (Н)			Pr2 (Н)			Pr1 (Н)			t (C°)		
	Частота (мин$^{-1}$)																	
Подача (мм/об)	**250**	**400**	**630**	**250**	**400**	**630**	**250**	**400**	**630**	**250**	**400**	**630**	**250**	**400**	**630**	**250**	**400**	**630**
0.15	1280	1300	1020	360	370	350	415	550	425	1392	1522	1159	549	795	550	43	45	52
0.21	1620	1315	1310	580	535	376	720	650	550	1865	1561	1468	924	841	662	44	51	52
0.26	1940	1480	1700	716	520	480	750	520	650	2197	1652	1882	1032	735	808	48	46	53

Сравнительные результаты результирующих сил Pr1 при обработке стали при 630 об/мин (рис. 4).

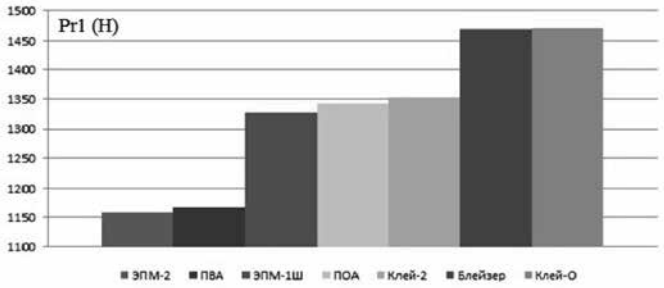

Рис. 4. Средние значения сил резания Pr1 (630 об/мин)

Сравнительные результаты результирующих сил Pz при обработке стали при 250 об/мин (рис. 5), 00 об/мин (рис. 6), 630 об/мин (рис. 7).

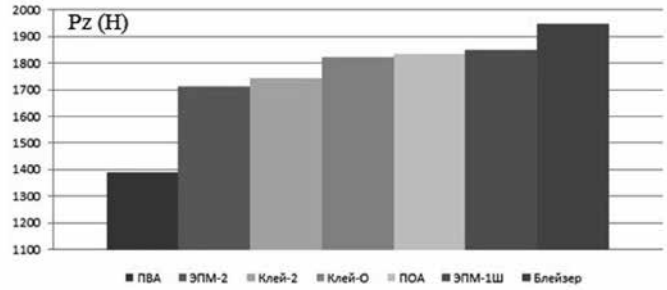

Рис. 5. Средние значения сил резания Pz (250 об/мин)

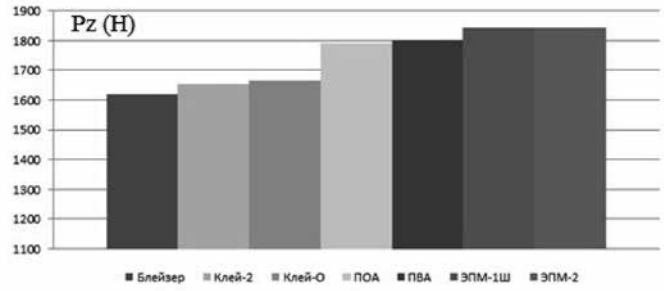

Рис. 6. Средние значения сил резания Pz (400 об/мин)

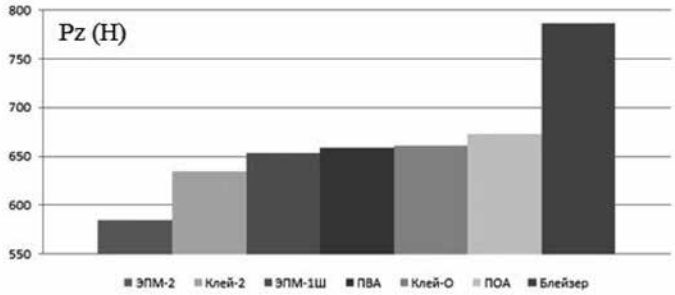

Рис. 7. Средние значения сил резания Pz (630 об/мин)

Ранговые баллы назначаются за первое место по ранжированию СОЖ для конкретного числа оборотов – 1, соответственно за последующие числа оборотов назначаются свои места. Суммирование баллов производится для всех оборотов резания (для каждой СОЖ). Все данные сведены в таблицу 8.

Таблица 8

Сравнительные балловые оценки для различных сил резания и различных СОЖ

СОЖ	Pr_2	Pz	Pr_1
ЭПМ 2	3	3	9
Клей 2	9	9	9
ПВА	10	10	10
ЭПМ 1Ш	13	9	12
Blaser 2000	14	17	15
Клей О	17	18	12
ПОА 2А	18	18	15

Из анализа данных таблицы 8 можно сделать следующие выводы:

1. Лучшие результаты показала СОЖ (ЭПМ 2) при обработке нержавеющей стали 95 × 18 в состоянии поставки.
2. Более надежные результаты дает балловая оценка для силы критерия Pr2 [7, 8].
3. Следующий критерий по надежности – критерий Pz.
4. Последнее место по значимости занимает критерий Pr1.

Информативность критерия температуры резания, измеренной методом естественной термопары, оказался неэффективным [9, 10] из-за шунтирования термотоков по вспомогательной режущей кромке резца (также из-за шунтирования термотоков через СОЖ).

Литература

1. Смазочно-охлаждающие технологические средства для обработки металлов резанием: справочник / под общей ред. С. Г. Энтелиса, Э. М. Берлинера. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1995. 496 с.: ил.

2. Ящерицын П. И., Фельдштейн Е. Э., Корниевич М. А. Теория резания: учеб. 2-е изд., испр. и доп. Минск.: Новое знание, 2006. 512 с.: ил.

3. Смазочно-охлаждающие жидкости для обработки металлов резанием: рекомендации по применению / Л. В. Худобин, Ю. В. Полянсков, Е. А. Карев и др.; под ред. М. И. Клушина. М.: НИИмаш, 1979. 95 с.

4. Методы испытаний свойств СОЖ и способы их применения на металлорежущем оборудовании: тез. докл. науч.-техн. совещ. 28–30 марта / науч. ред.: Л. В. Худобин, Е. Г. Бердичевский. Ульяновск: УлПИ, 1972. 120 с.

5. Сравнительные исследования эффективности различных СОЖ / Г. И. Смагин, Г. А. Коновалов, Н. Д. Яковлев, А. Б. Цюпко, Е. В. Карпов, С. Н. Чердаков // Научная дискуссия: вопросы технических наук: сб. ст. по материалам 21-й Междунар. заоч. науч.-практ. конф. М.: Международный центр науки и образования. 2014. № 4 (17). С. 45–51.

6. Худобин Л. В. СОЖ при обработке резанием // Наукоемкие технологии размерной обработки в производстве деталей машин. М., 1992. С. 23–25.

7. Худобин Л. В., Киселев Е. С., Унянин А. Н. Методы испытаний СОТС на технологическую эффективность // Смазочно-охлаждающие технологические средства и их применение при обработке резанием: справочник / под общ. ред. Л. В. Худобина. М.: Машиностроение, 2006. Гл. 4. С. 205–241.

8. Смазочно-охлаждающие технологические средства в процессах обработки резанием: сб. науч. тр. / редкол.: Л. В. Худобин (отв. ред.) и др. Ульяновск: УлПИ, 1990. 123 с.

9. Худобин Л. В. Смазочно-охлаждающие технологические средства // Машиностроение: энциклопедия: в 40 т. Т. 33. Технология изготовления деталей машин / ред.-сост. А. Г. Суслов. М.: Машиностроение, 2002. Разд. 2.1.7. С. 158–163.

10. Худобин Л. В. Смазочно-охлаждающие технологические средства прирезании металлов и сплавов. Ульяновск: УлПИ, 1993. 60 с.