

7. Yan P., Rong Y., Wang G. The effect of cutting fluids applied in metal Cutting process // Proceedings of the Institution of the Mechanical Engineers. Part B. Journal of engineering Manufacture. 2016. V. 230. № 1. P. 157-162.
8. Alimardanov H.M., Sadygov O.A., Babaev N.R. N-substituted aminomethyl-oxybicyclo- [2. 2. 1] heptanols and their antimicrobial activity in cutting fluids and oils // Russian Journal of Organic Chemistry. 2018. V. 54, vyp. 3. P. 378-388.
9. Babaev E.R. Lube-cooling fluids synthesis, properties and applications. Institute of Additive Chemistry of the National Academy of Sciences of Azerbaijan // Bashkir Chemical Journal. 2022. V. 29. № 3. P. 11-19.
10. Mane S., Kumar S. Cutting Fluids and Cutting Fluid Application Techniques in Machining: A Review // International Journal of Scientific and Engineering Research. 2018. V. 9. № 3. P. 60-63.
11. Tang L., Zhang Y., Changhe L. Biological Stability of Water-Based Cutting Fluids: Progress and Application // Chinese Journal of Mechanical Engineering. 2022. V. 35. № 3. P. 2645-2651.
12. Shokrani A., Dhokia V., Newman S.T. Environmentally conscious machining of difficult-to-machine materials with regard to cutting fluids // International Journal of Machine Tools & Manufacture. 2012. V. 57. P. 83-101.
13. Debnath S., Reddy M.M., Yi Q.S. Environmental friendly cutting fluids and cooling techniques in machining: A Review // Journal of Cleaner Production. 2014. V. 83. P. 33-47.
14. Bajramov M.R., Askarova G.M., Mekhtieva G.M. The synthesis and study of 1-alkenyl-2-propargyloxy-3-aminomethylbenzenes as inhibitors of the acid corrosion and antimicrobial additives to cutting fluids // Russian Journal of Applied Chemistry. 2020. V. 93, vyp. 11. P. 1534-1542.
15. Priarone P., Robiglio M., Settineri L. Effectiveness of Minimizing Cutting Fluid Use when Turning Difficult - to - cut Alloys // Procedia CIRP. 2015. V. 29. P. 341-346.
16. Dayun X. Different Methods of Cutting Fluid Application on Turning of a Difficult - to - Machine Steel // Advanced Material Research. 2012. V. 628. P. 476-481.
17. Hudobin L.V., Berdichevskij E.G. The application technique of cutting facilities in metal working. M.: Mashinostroenie, 1977. 190 p.
18. Hudobin L.V., Bulyzhev E.M. The application technology and the application technique of cutting fluids in metal working. Staryj Oskol: TNT, 2016. 228 p.
19. Nikitina M.S., Nikitin S.I., Erkin A.P. Universal package units for treating, sanitizing and regenerating industrial technological fluids // Vodochistka. 2017. № 9. P. 59-63.

УДК:621.9.079

DOI: 10.18324/2077-5415-2023-4-19-26

## Повышение срока эксплуатации синтетических и полусинтетических смазочно-охлаждающих жидкостей в централизованных системах применения при механической обработке заготовок деталей

Е.М. Булыжев<sup>1а</sup>, Л.В. Худобин<sup>1б</sup>, Ю.Б. Алякин<sup>2с</sup>

<sup>1</sup> Ульяновский государственный технический университет, ул. Северный Венец, 32, Ульяновск, Россия

<sup>2</sup> Ульяновский государственный университет, ул. Льва Толстого, 42, Ульяновск, Россия

<sup>а</sup> eugbul1946@gmail.com, <sup>б</sup> eugbul1946@gmail.com, <sup>с</sup> kontro73@yandex.ru

<sup>а</sup> <https://orcid.org/0009-0008-7436-9800>, <sup>б</sup> <https://orcid.org/0000-0002-2483-3272>, <sup>с</sup> <https://orcid.org/0009-0007-2093-0730>

Статья поступила 29.10.2023, принята 02.11.2023

*В статье исследован вопрос о повышении срока бессточной эксплуатации синтетических и полусинтетических смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) в централизованных системах применения при металлообработке. Известны технологии бессточной эксплуатации водоэмульсионных жидкостей. При переводе металлообрабатывающих производств на использование синтетических и полусинтетических жидкостей предполагалось, что срок их бессточной эксплуатации составит 2–3 года. Однако на практике он в среднем не превышает 4–6 месяцев. Стоимость синтетических и полусинтетических СОЖ значительно выше, а разложение таких жидкостей не обеспечено соответствующими технологиями и сопровождается экологическими рисками. В статье показана взаимосвязь внешних физических, физико-механических и биологических воздействий на объемы, состав и состояние синтетических и полусинтетических СОЖ в процессе эксплуатации. Сформированные с их помощью представления о механизмах потери синтетическими и полусинтетическими СОЖ технологических показателей и свойств, таких как концентрация, рН и биопораженность вследствие внешних воздействий, являются основой для разработки технологий и систем бессточной эксплуатации синтетических и полусинтетических СОЖ. В результате реализации таких технологий возможна стабилизация объемов, состава и свойств синтетических и полусинтетических СОЖ, а следовательно, и повышение срока их бессточной эксплуатации. В основу технологий заложены мероприятия по снижению влияния на СОЖ внешних воздействий, такие как снижение напора в системе применения, водоподготовки воды, коррекция состава, оптимизация применяемого объема, удаление инородного масла и очистка от механических примесей, в том числе тонких, в установках малой производительности в точное время. Системное проведение подобных мероприятий обеспечит снижение затрат на мехобработку по статьям, связанным с применением СОЖ, снизит экологические риски процесса; позволит повысить качество продукции по параметрам шероховатости, остаточных напряжений и др.*

**Ключевые слова:** синтетические смазочно-охлаждающие жидкости; потеря объемов; стабильность технологических свойств; залповые сбросы; коррекция состава и компенсация необратимых потерь.

## Increasing the useful lifetime of synthetic and semi-synthetic cutting oils in centralized application systems when mechanical processing of blank parts

E.M. Bulyzhev<sup>1a</sup>, L.V. Khudobin<sup>1b</sup>, Yu.B. Aliakin<sup>2c</sup>

<sup>1</sup> Ulyanovsk State Technical University; 32, Severny Venets St., Ulyanovsk, Russia

<sup>2</sup> Ulyanovsk State University; 42, Lev Tolstoy St., Ulyanovsk, Russia

<sup>a</sup> eugbul1946@gmail.com, <sup>b</sup> eugbul1946@gmail.com, <sup>c</sup> kontro73@yandex.ru

<sup>a</sup> <https://orcid.org/0009-0008-7436-9800>, <sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0002-2483-3272>, <sup>c</sup> <https://orcid.org/0009-0007-2093-0730>

Received 29.10.2023, accepted 02.11.2023

*The article examines the issue of increasing the drain-free operation life of synthetic and semi-synthetic cooling mediums (SCM) in centralized systems for use in metalworking. It is demonstrated that there are established technologies of the exploitation without draining applicable to water-emulsion mediums. When transferring metal-working enterprises to using synthetic mediums it has been assumed that the term of their exploitation without draining is 2-3 years. However, in practice it does not exceed 4-6 months in average. The cost of synthetic cooling mediums is notably higher. The decomposition of these mediums is not ensured with relevant technologies and is accompanied with ecological risks. The article shows the interrelation of external physical, physical and mechanical and biological effects on volumes, composition and state of synthetic cooling mediums during the exploitation. Developing technologies and systems of exploitation without draining of synthetic cutting oils is based on ideas about mechanisms of loss of technological properties, such as concentration, pH and biological prevalence because of external influences, by synthetic cooling mediums formed taking into account these effects. As the result of applying these technologies, it is possible to stabilize volumes, composition and properties of synthetic cooling mediums and increase their useful lifetime without draining respectively. Technologies are based on measures for reigning in the impact of external influences, such as decreasing the pressure in the system of application, water conditioning, correcting the composition, optimizing the applied volume, taking away the foreign oil and cleaning from mechanical impurities, including fine ones, in low-duty installations at exact time. Systemic effecting these measures will ensure the cost cutting of mechanical processing under items connected with applying cooling mediums, reduce ecological risks of the process; will give an opportunity to upgrade the quality of products in such parameters as roughness, residual strength and etc.*

**Keywords:** synthetic cooling medium; losing volumes; stability of technological properties; salvo discharges; correction of the composition and compensation of permanent losses.

Ранее в работе [1] рассматривалась технология бессточного применения водоземulsionных смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) в металлообработке путем организации систем их эксплуатации, обеспечивающих стабильность состава и свойств жидкостей. В УлГТУ в 2000–2010 гг. в работах Л.В. Худобина, Ю.В. Поляскова, Е.М. Бульжева, Е.А. Карева, В.Г. Ромашкина и др. был представлен большой объем теоретико-экспериментальных исследований, позволивших создать научные основы бессточной технологии применения водоземulsionных СОЖ в большинстве ситуаций металлообработки лезвийным и абразивным инструментом, прокатки и др. [2–4].

Разработанные научные основы бессточного применения СОЖ были широко апробированы на множестве выставок в РФ и за рубежом, конференций, во множестве научных статей, диссертаций разного уровня и путем внедрения на десятках промышленных предприятий (технология «ВИТА»). При этом период бессточного применения водоземulsionных СОЖ возрастал до 1–2 лет [1–4].

В 2005–2020 гг. стали широко распространяться синтетические и полусинтетические (СиПС) СОЖ, обладающие значительно большей сопротивляемостью внешним физико-химическим воздействиям [5; 8; 9; 11] Это происходило одновременно с широким распространением в РФ зарубежных технологий. Сформировалось мнение, что залповые стойки СиПС СОЖ можно напрямую сбрасывать в канализацию [5]. Это было вызвано их минимизацией и отсутствием требований по загрязнению подобных стоков компонентами кон-

центратов вышеупомянутых СОЖ [6]. Эйфория от большей стойкости СиПС СОЖ по сравнению с водоземulsionными жидкостями в производстве сменилась пониманием того, что только за счет замены водоземulsionных на СиПС СОЖ решить проблему бессточной технологии их применения невозможно. Реальный срок эксплуатации СОЖ между смежными залповыми сбросами упорно не поднимается более 4–6 месяцев в большинстве ситуаций. Это становится особенно очевидным при масштабном применении СиПС СОЖ в десятках работающих одновременно централизованных систем.

Кроме того, высокая сопротивляемость СиПС СОЖ обуславливает неудовлетворительные технико-экономические и экологические результаты их разложения и ликвидации, получаемые при разложении водных стоков и шламов [1–6]. Поэтому возникает задача повышения срока эксплуатации СиПС СОЖ в централизованных системах применения при металлообработке [10].

Применение СиПС СОЖ в централизованных системах, даже в большей мере, чем водоземulsionных жидкостей, целесообразно при реализации бессточных технологий, причем при осуществлении оптимизации объемов применяемых СОЖ, коррекции их состава, а также очистки от механических примесей и инородного масла, попадающего в СОЖ из гидравлических систем оборудования [2; 4; 5]. Идея о «вечных» СОЖ была опровергнута практикой и оказалась иллюзией, не более того. По существу, понадобилось адаптировать разработанную ранее системную технологию «ВИТА» к переходу при централизованном применении на синтетические СОЖ [1; 2; 4; 5]. Для разработки технологии бессточного применения СОЖ необходимо, с

одной стороны, минимизировать объем оборотной жидкости, чтобы *относительная* потеря СОЖ была большей, т. е. чтобы СОЖ расходовалась быстрее, чем теряла свои свойства, с другой стороны, уменьшить негативное влияние физико-механических, химических и других факторов на состав и свойства СОЖ, чтобы продлить срок их бессточной эксплуатации.

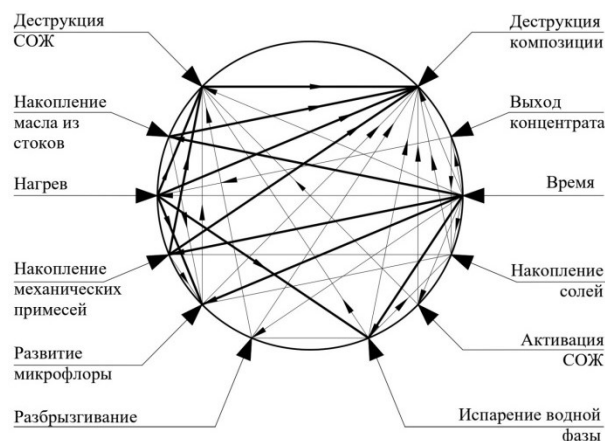
Состав некоторых стоков СиПС СОЖ в процессе эксплуатации представлен в табл. 1: синтетической СОЖ 205, полусинтетической СОЖ 46 и их смеси. При таком разнообразии состава стоков СиПС СОЖ очень трудно выполнить качественное разложение.

**Таблица 1.** Состав водных стоков СиПС СОЖ, возникающих в процессе эксплуатации

| Компоненты                     | Массовая доля, % | Класс опасности |
|--------------------------------|------------------|-----------------|
| <b>СОЖ 205</b>                 |                  |                 |
| Масло рапсовое                 | 0,25–0,5         | нет             |
| Жирные кислоты таллового масла | 0,25             | нет             |
| Парафины хлорированные         | <0,2             | 3               |
| Спирт диоксаноый               | <0,25            | 3               |
| Ингибитор коррозии             | <0,1             | нет             |
| <b>СОЖ 46</b>                  |                  |                 |
| Масло индустриальное           | 1,5–3,0          | 3               |
| Масло рапсовое                 | 0,25–0,5         | нет             |
| Неонол                         | 0,25–0,5         | нет             |
| Ингибитор коррозии             | 0,25–0,5         | 3               |
| Бактерицидная присадка         | 0,15–0,5         | 2               |
| Кислота олеиновая              | 0,15–0,5         | 3               |
| Противозадирная присадка       | 0,15–0,5         | нет             |
| <b>Смесь</b>                   |                  |                 |
| Масло индустриальное           | 0,5–1,5          | 3               |
| Масло рапсовое                 | 0,1–0,5          | нет             |
| Жирные кислоты таллового масла | <0,1             | нет             |
| Неонол                         | <0,1             | нет             |
| Парафины хлорированные         | <0,1             | 3               |
| Спирт диоксаноый               | <0,1             | 3               |
| Ингибитор коррозии             | <0,2             | 3               |
| Кислота олеиновая              | <0,1             | 3               |
| Бактерицидная присадка         | <0,1             | 2               |
| Противозадирная присадка       | <0,1             | нет             |

Рассмотрим основные процессы деградации состава и свойств синтетических СОЖ под воздействием механических, физико-химических и прочих процессов, происходящих в зоне обработки и в инфраструктуре при эксплуатации СиПС СОЖ [2; 7; 11; 17; 18].

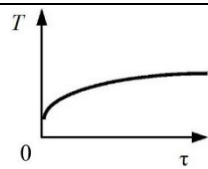
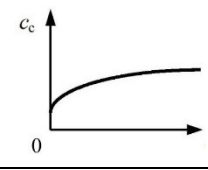
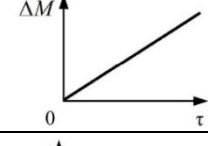
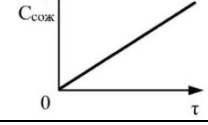
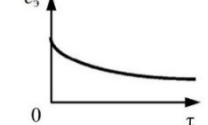
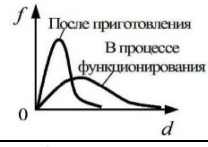
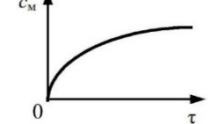
Проанализируем процесс оборота, механизмы деградации СОЖ и каналы ее потерь с помощью кругового графа деградации СОЖ (рис. 1). Отрезками прямых линий показаны взаимосвязи внешних факторов между собой. Раскрытие влияния этих факторов на состав и состояние СОЖ, на их технологическую эффективность, выявление их взаимообусловленности позволяет формировать и анализировать механизмы деградации жидкостей. Кроме того, появляется возможность их системного описания и предотвращения или компенсации процесса деградации СиПС СОЖ посредством адаптации разработанных ранее приемов и средств технологии бессточного применения «ВИТА» [12–14].



**Рис. 1.** Граф деградации СиПС СОЖ

Рассмотрим особенности деградации СиПС СОЖ (табл. 2).

**Таблица 2.** Особенности деградации СОЖ

| Процессы и факторы, ухудшающие функциональные свойства СОЖ                                       | Следствия  | Характер изменения параметров процесса  |
|--|--|---|
| Теплообмен в зоне механической обработки, сжатие в насосах                                       | Нагрев СОЖ   |   |
| Испарение водной фазы в зоне механической обработки при разбрызгивании, на открытых поверхностях | Накопление солей жесткости в СОЖ. Потеря объема СОЖ и концентрации |  |
| Пиролиз и гидролиз в зоне механической обработки   | Деструкция композиции СОЖ  |  |
| Унос со стружкой и с заготовкой, угар и разбрызгивание в зоне резания, утечки, расслоение        | Потери СОЖ   |  |
|  | Изменение концентрации СОЖ   |  |
| Потеря ПАВ со стружкой, при разбрызгивании, биопоражение   | Деструкция состава СОЖ   |  |
| Утечки с оборудования, поверхности заготовок   | Накопление инородного масла  |  |

|   |  |  |
|---|--|--|
| Смыв стружки из зоны механической обработки   | Накопление тонких механических примесей (графита), возникающих при трении, и стружки |  |
| Бактериальное поражение                       | Развитие микрофлоры  |  |
| Воздействие энергетических полей (магнитного) | Активация СОЖ  |  |
| Недостаточная эффективность очистки           | Накопление тонких фракций механических частиц  |  |

Описываемые особенности деградации СиПС СОЖ были выявлены при анализе наблюдений в десятках

**Таблица 3.** Мероприятия по предотвращению деградации СОЖ

| Мероприятия по предотвращению деградации СОЖ  | Доступность и реализуемость мероприятий   |
|---|---|
| Снижение напора в системе применения  | п. 1 и 2 трудно реализуемы;<br>п. 3 относительно реализуем  |
| 1. Водоподготовка, использование воды для приготовления после обратного осмоса.<br>2. Коррекция состава с помощью более концентрированных СОЖ                           | Доступна, перспективна очистка воды с помощью обратного осмоса и коррекции состава                                  |
| Коррекция СОЖ, оптимизация оборотного объема в системе  | Доступна коррекция состава СОЖ  |
| Организация укрытий системы применения СОЖ, технологического оборудования и станков, возврат СОЖ из стружки и воздуха   | Оптимизация объема в обороте. Реализуемо, но при достаточно ощутимых затратах и объемах работ                       |
| Коррекция состава   | Реализуемо в системе оборота  |
| Диспергирование, удаление масла, коррекция состава, бактерицидная обработка   | Целесообразно и реализуемо в системах оборота   |
| Коррекция состава, флотация, качественное удаление масла с поверхности скиммером  | Последнее легко достигается в ночное время  |
| Очистка от тонких механических примесей с помощью центрифуг, фильтров, магнитных сепараторов и др.  | Легко реализуется в ночное время с помощью относительно малопроизводительной техники, а, следовательно, и недорогой |
| Удаление масла инородного, очистка от механических примесей. Периодическое насыщение воздухом при обработке СОЖ при подаче с линии производства частично в ночное время | Реализуемо  |
| Оптимальная напряженность в магнитных аппаратах   | Эффективно в условиях отсутствия других магнитных воздействий. Легко достигается, хотя и не используется*           |
| Бактериальная оптимизация, накопление масляной пленки в объеме, вывод концентрата и технологических присадок из СОЖ   | Магнитные сепараторы, центрифуги, скиммеры  |

\* Не используется вследствие небезопасности технологического оборудования магнитной оснасткой.

При наблюдениях оценивали следующие уровни объема СОЖ в ЦСП:

- верхний максимальный (в покое);
- верхний минимальный (в покое);
- нижний уровень (в обороте).

1. Изменение данных уровней объемов СОЖ  $V$  во времени  $T$  показано на рис. 2. Для зависимости  $V(T)$  характерна скачкооб-

одно временно функционирующих централизованных систем их применения (ЦСП) [13; 15; 16].

В табл. 3 представлены мероприятия по предотвращению деградации СиПС СОЖ, их доступность и реализуемость.

Объект наблюдений, приведенных авторами, — ЦСП, обслуживающие участок механической и абразивной обработки заготовок остальных деталей. Синтетическая СОЖ — 205. Номинальная концентрация СОЖ при заправке ЦСП 4 %. В большинстве случаев концентрация СОЖ составила 3,0–3,5 %. Наблюдения проводились в продолжение 4-х месяцев (06.01–28.04.2021 г.). Участок обработки работал в две смены при дневной неделе. Периодически, один раз в 8–21 день, компенсировали объем и корректировали состав и свойства СОЖ.

Ниже приведены наблюдения по нижеследующим параметрам, анализируемым авторами по причине системности их цифрового отображения.

1. Объем СОЖ, циркулирующей в ЦСП,  $V, м^3$ ;
2. Концентрация СОЖ, %;
3. Значение pH, *ед. pH*;
4. Биопоражение ПБ, *балл*;
5. Время эксплуатации  $Tэ, ч$ .

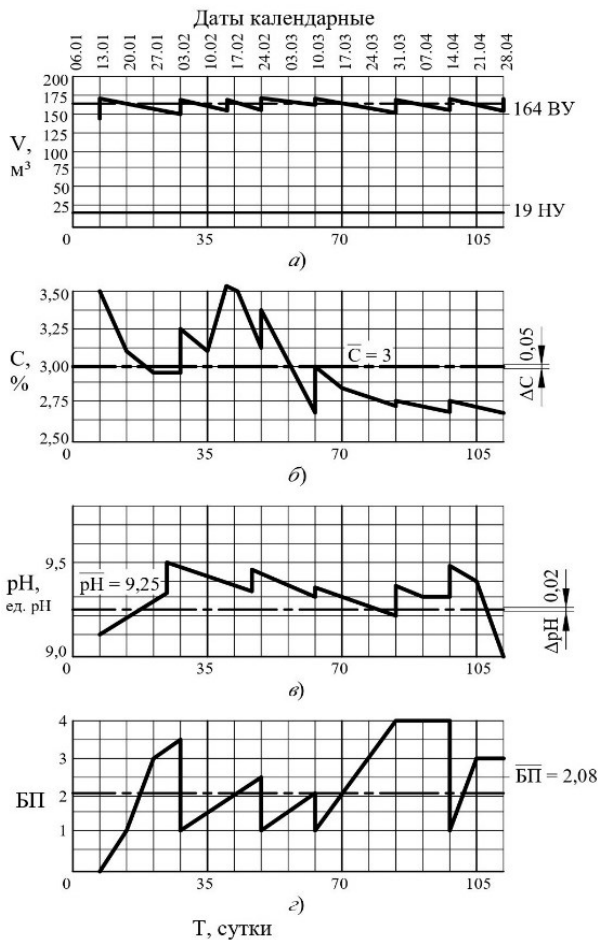
Очистка осуществлялась отстаиванием. Циркуляция СОЖ производилась центробежным насосом. В ночное время СОЖ находилась в покое.

Результаты наблюдений представлены на графиках на рис. 2, *аг*.

разная форма, которая отображает скачкообразное периодическое увеличение объема СОЖ в ЦСП вследствие компенсации снижения объема из-за потери части СОЖ при эксплуатации; производится компенсация в покое. Максимальное значение  $V_{в \max} = 185 м^3$ ; минимальное значение  $V_{в \min} = 155 м^3$ ; интервал варьирования  $\Delta V_{в} = 30 м^3$ ; среднее значение  $v = 164 м^3$ ; среднесуточная потеря объема СОЖ составила  $\Delta_{сут} = 0,93 м^3/сутки$ . Для

компенсации потери объема СОЖ в данной ЦСП достаточно долить 0,24–0,25 м<sup>3</sup>, желательно, 1–4 раза в течение суток в СОЖ, минут за 20 до прекращения оборота в лоток перед сборной емкостью. В течение одного-двух оборотов СОЖ становится однородной вследствие перемешивания в процессе подачи центробежными насосами.

2. Одновременно с падением уровня (потеря объема) СОЖ в ЦСП в процессе эксплуатации между коррекциями (рис. 2, б) наблюдается падение концентрации СОЖ с  $C = 3,0\text{--}3,5$  до  $2,55\text{--}2,6$  %. Кривой  $C(T)$  также присущ скачкообразный характер. Среднее значение концентрации — 3,0 %, скорость потери концентрации во времени составляет 0,008–0,060 % в сутки. Время эксплуатации СОЖ 205 без замены 06.0928.04.2021 г.; материал заготовки — сталь, лезвийная обработка;  $V = 155185$  м<sup>3</sup>;  $C = 2,63,5$  %;  $pH = 9,19,6$  ед.рН; БП = 04 балла. В широком интервале варьирования при коррекции состава СОЖ понадобится: а) текущее значение концентрации, которое можно получить с помощью оптических датчиков с обратной связью, б) проводить коррекцию раствором со значительно большей концентрацией по сравнению с СОЖ при заправке в системы.



**Рис. 2.** Зависимость показателей эффективности от времени: а — объема; б — концентрации; в — рН; г — биопоражения

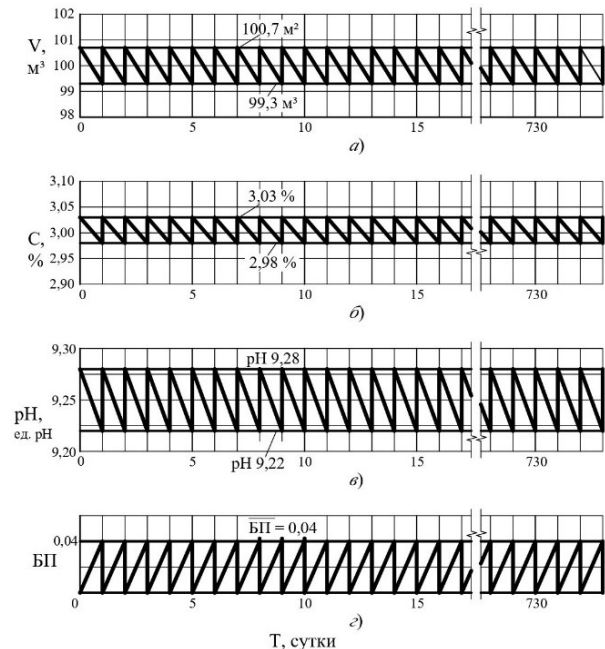
3. В связи с изменением состава СОЖ падает и рН в пределах 9,69,0 ед. рН (рис. 2, в). Среднее значение  $pH = 9,25$  ед. рН.

4. Казалось бы, скорость потерь  $V_{pH} = 0,0040,06$  ед. рН (интервалы варьирования в соответствии с технологическими требованиями), однако при этом наблюдается значимое влияние изменения рН на варьирование биопораженности (рис. 2, г). Среднее расчетное значение бактериальной пораженности БП — 2,08 балла.

Скорость увеличения  $V_{пб} = 0,14$  балла в сутки.

У синтетических СОЖ вследствие воздействия вышеупомянутых факторов могут ухудшаться основные показатели  $V$ ,  $C$ ,  $\Delta p$  и БП. СОЖ приобретает непрезентабельный вид (темнеет, зеленеет и т. д.), появляется неприятный запах (следствие насыщения анаэробной микрофлорой, сероводородом, аммиаком и т. п.). При этом СОЖ начинает приобретать коррозионную активность из-за снижения рН. Все это заставляет технологов прибегать к замене СОЖ или к ее коррекции с помощью введения концентрата, обогащенного щелочными компонентами, бактерицидов и ингибиторов коррозии. Что практически осложнено доступностью лишь запаздывающей коррекции и отсутствием соответствующих датчиков с обратной связью [18].

На рис. 3 показаны те же зависимости, что и на рис. 2, но расчетные, с учетом средней скорости изменения показателей качества синтетических СОЖ при ежесуточной коррекции. В отдельных случаях и в настоящее время в ряде случаев наблюдаются сроки эксплуатации СОЖ до 1,0–1,5 лет. По результатам, представленным на рис. 3, можно сделать вывод о том, что оборотная СОЖ может быстрее потеряться через каналы необратимых потерь, нежели утратит свои технологические свойства. Именно поэтому она и может функционировать 2–3 года и более.



**Рис. 3.** Зависимость показателей эффективности синтетической СОЖ 205 при ее стабилизации от времени эксплуатации: а — объема; б — концентрации; в — рН; г — биопоражения; централизованная система оборота; прогнозируемое время эксплуатации без замены >2 лет; время цикла коррекции  $T = 1$  сутки

Уравнение баланса СОЖ перехода состояния [3] по этапам жизненного цикла в этом случае сильно упрощается и имеет следующий вид:

$$\gamma - \psi = 0,$$

где  $\gamma$  и  $\psi$  — соответственно степени коррекции СОЖ и степени диффузной (распределенной) потери состава.

Для усиления положительного влияния скорости потерь СОЖ на баланс целесообразно оптимизировать объем обрабатываемой в системе жидкости и таким образом также уменьшить вероятность залпового сброса СОЖ на разложение.

Рекомендации по технологическим приемам и оснастке для изменения состава и состояния СОЖ на различных этапах оборота представлены в табл. 3 и обеспечивают многократное продление стойкости СИПС СОЖ.

При реализации условий, показанных в табл. 3, вследствие стабильного состояния состава СиПС СОЖ не потеряют свои технологические свойства и могут использоваться в течение 2 лет без залповых сбросов на разложение, по существу, расходуясь в виде распределенных потерь.

**Важнейшее следствие:**

Если в процессе эксплуатации свойства СОЖ поддерживаются в заданных интервалах варьирования значений, то нет необходимости в залповых сбросах. Параметром оптимизации в этом случае является объем залповых сбросов (оптимум  $V_{зс} = 0$ ).

*Что это дает производству?*

Это позволяет предотвратить залповый сброс СОЖ и избежать:

- затрат на разложение и замену «якобы» отработанных СОЖ и в связи с технологической необходимостью;
- образования водных стоков от разложения СОЖ и генерации обводненных шламов;
- процесса нейтрализации (доочистки) водных стоков и переработки обводненных шламов;
- сброса нейтрализованных водных стоков в канализацию и обезвоженных переработанных шламов на полигоны бытовых (твердых) отходов.

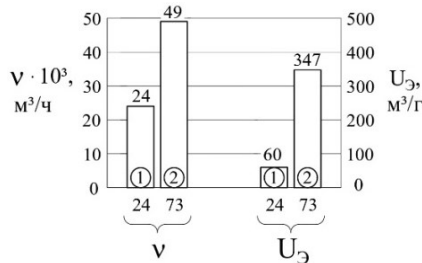
Если приготовление 1 м<sup>3</sup> СОЖ обходится в 1 у. е., то ее ликвидация и утилизация в 2–3 у. е. и более.

**Таблица 4.** Приемы и средства предотвращения деградации СиПС СОЖ (при обязательной автоматизации управления)

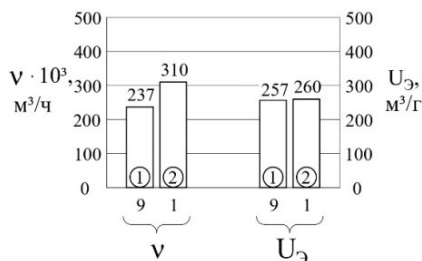
| Наименование приемов и средств                      | На этапе                                      | Ключевые компенсируемые факторы | Условия (точка ввода)           |
|---|---|---------------------------------|---------------------------------|
| Ввод реагентов:                                     |   |                                 | на слив перед емкостью          |
| а) ингибитор коррозии                               | Слив после остановки ЦСП перед емкостью сбора | коррозия                        | дозатор                         |
| б) концентрат                                       |   | концентрация СОЖ                | дозатор                         |
| в) бактерицид                                       |   | биопоражение                    | дозатор                         |
| г) щелочной   |   | pH                              | дозатор                         |
| Эжекционное насыщение СОЖ воздухом                  |   | биопоражение                    | эжектор                         |
| а) неполно-поточный оборот СОЖ < Q <sub>пп</sub> *  | В покое и при выключенном поточном насосе     | предотвращение застоя           | фильтр сетчатый                 |
| б) очистка от тонких механических в неполном потоке |   | отделение из объема             | центрифуга, магнитный сепаратор |
| в) очистка от масел с отделением масла              |   | удаление масла                  | скиммер                         |
| г) магнитная обработка в неполном потоке            |   | стойкость                       | магнитный сепаратор             |

\* С уменьшенной производительностью

Авторами выявлена взаимосвязь условий эксплуатации и основных показателей потерь жидкости.



**Рис. 4.** Влияние производительности Q ЦСП на v и U<sub>3</sub> в группе МР: 1 — ЦСП 24 (Q = 180 м<sup>3</sup>/ч, V<sub>0</sub> = 34 м<sup>3</sup>); 2 — ЦСП 73 (Q = 720 м<sup>3</sup>/ч, V<sub>0</sub> = 114 м<sup>3</sup>); СОЖ 205 + 46; заготовка — алюминиевый сплав

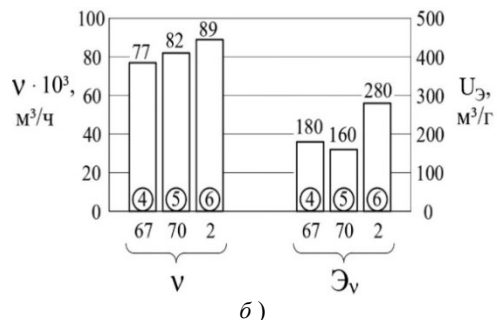
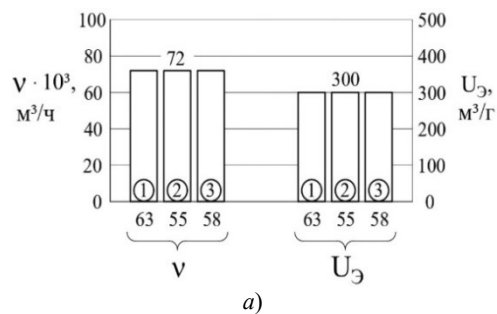


**Рис. 5.** Влияние СОЖ на v и U<sub>3</sub> в группе СвР: 1 — ЦСП 9 (V<sub>0</sub> = 130 м<sup>3</sup>; СОЖ 205 + 46); 2 — ЦСП 1 (V<sub>0</sub> = 167 м<sup>3</sup>; СОЖ 205 + 46); Q = 720 м<sup>3</sup>/ч; лезвийная обработка

Распределение по группе расходности по распределенным объемным потерям СОЖ позволили глубже анализировать влияние условий применения СиПС СОЖ на ее потери (рис. 4–7).

При лезвийной обработке заготовок из алюминиевых сплавов (ЦСП 24 и ЦСП 73) в одном порядке возрастают v и

U<sub>3</sub> (рис. 4) в группе МР. В обоих случаях используется смесь СОЖ 205 и СОЖ 46. Различается производительность ЦСП и объем емкостей. В первом случае Q = 720 м<sup>3</sup> и V<sub>0</sub> = 114 м<sup>3</sup>, а во втором случае Q = 180 м<sup>3</sup>/ч, V<sub>0</sub> = 34 м<sup>3</sup>, т. е. Q<sub>73</sub> > Q<sub>24</sub> в 4 раза, а V<sub>0,73</sub> > V<sub>0,24</sub> в 3,35 раза, однако при этом средняя величина v<sub>73</sub> > v<sub>24</sub> в ≈ 2 раза; годовая экономия расхода СОЖ при этом U<sub>3,73</sub> > U<sub>3,24</sub> в 5,8 раза. Часовой расход на распределенные потери СОЖ в 2 раза больше соотношения производительностей Q<sub>73</sub> / Q<sub>24</sub> и годовая экономия расхода СОЖ (Q<sub>73</sub> / Q<sub>24</sub>) больше в 1,5 раза.

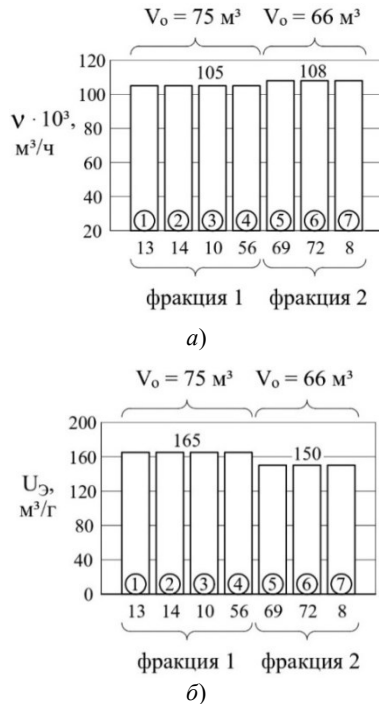


**Рис. 6.** Влияние производительности Q ЦСП на v и U<sub>3</sub> в группе СР1: а — фракция 1; б — фракция 2; 1 — ЦСП

63 (сталь); 2 — ЦСП 55 (чугун); 3 — ЦСП 58 (чугун); 4 — ЦСП 67 (сталь); 5 — ЦСП 70 (сталь); 6 — ЦСП 2 (чугун); СОЖ 205; лезвийной обработка

Таким образом, при лезвийной обработке заготовок из алюминиевых сплавов прослеживается, что при повышении  $Q$  и увеличении  $V_0$  прямо пропорционально увеличивается  $v$  и  $U_{\Sigma}$ , но с различными коэффициентами пропорциональности.

Значительно меньше сказывается различие вида СОЖ на значениях  $v$  и  $U_{\Sigma}$  (рис. 5) в группе СВР. Сопоставлены ситуации ЦСП 9 и ЦСП 1, в которых при  $Q = 720 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;  $V_9 = 130 \text{ м}^3$ ;  $V_1 = 167 \text{ м}^3$  ( $V_1 > V_9$  в 1,28 раза) вследствие применения соответственно СОЖ 205 и смеси СОЖ 205 + СОЖ 46. Годовая экономия  $U_{\Sigma}$  практически не изменилась.



**Рис. 7.** Влияние  $V_0$  на  $v$  (а) и  $U_{\Sigma}$  (б) для ЦСП в группе СР2: 1 — ЦСП 13 (сталь; лезвийная обработка;  $V_0 = 75 \text{ м}^3$ ); 2 — ЦСП 14 (сталь; шлифование;  $V_0 = 75 \text{ м}^3$ ); 3 — ЦСП 10 (сталь; шлифование;  $V_0 = 75 \text{ м}^3$ ); 4 — ЦСП 56 (чугун; шлифование;  $V_0 = 75 \text{ м}^3$ ); 5 — ЦСП 69 (сталь; шлифование;  $V_0 = 66 \text{ м}^3$ ); 6 — ЦСП 72 (сталь; шлифование;  $V_0 = 66 \text{ м}^3$ ); 7 — ЦСП 8 (чугун; шлифование;  $V_0 = 66 \text{ м}^3$ ); СОЖ 205;  $Q = 360 \text{ м}^3/\text{ч}$

По-разному в подгруппе СР1 проявилось влияние пары  $Q$  и  $V_0$  по величинам  $v$  и  $U_{\Sigma}$  (рис. 6). ЦСП первой подгруппы группы среднерасходных систем разделились на две фракции. В первую фракцию (рис. 6, а) входят ЦСП 63, ЦСП 55 и ЦСП 58 ( $Q = 720 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;  $V_0 = 150 \text{ м}^3$ ), обслуживающие лезвийную обработку стальных и чугунных заготовок. Во вторую фракцию (рис. 6, б) входят ЦСП 67 ( $Q = 360 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;  $V_0 = 105 \text{ м}^3$ ), ЦСП 70 ( $Q = 360 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;  $V_0 = 95 \text{ м}^3$ ) и ЦСП 2 ( $Q = 720 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;

$V_0 = 165 \text{ м}^3$ ). Хорошо видно, что для первой фракции для всех ЦСП  $v = 0,072 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $U_{\Sigma} = 300 \text{ м}^3$ . В то же время, для второй фракции для ЦСП 67 ( $Q = 360 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;  $V_0 = 95 \text{ м}^3$ ) и ЦСП 70 ( $Q = 360 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;  $V_0 = 105 \text{ м}^3$ ) расходятся незначительно величины  $v$  — в 1,06 раза ( $0,077$  против  $0,082 \text{ м}^3/\text{ч}$ ) и  $U_{\Sigma}$  — в 1,12 раза ( $180$  против  $160 \text{ м}^3$ ). В то же время, выделяется ЦСП 2, поскольку  $Q = 720 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $V_0 = 165 \text{ м}^3$ ,  $v_{02}$  больше  $v_{CP(69+70)}$  в 1,12 раза ( $Q = 360 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;  $V_0 = 105$ ;  $95 \text{ м}^3$ ), а  $U_{\Sigma,2}$  против  $U_{\Sigma,69+70}$  больше в 1,53 раза.

Влияние объема СОЖ  $V_0$  в ЦСП на величины  $v$  и  $U_{\Sigma}$  иллюстрируется рис. 7. Подгруппа 2 группы СР разделилась на две фракции. Емкости ЦСП первой фракции, состоящей из ЦСП 13, ЦСП 14, ЦСП 10 и ЦСП 56, при  $Q = 360 \text{ м}^3/\text{ч}$  равен  $75 \text{ м}^3$ , а емкости второй фракции, состоящей из ЦСП 63, ЦСП 72 и ЦСП 8 —  $66 \text{ м}^3$ . Независимо от вида обработки (лезвийная ЦСП 13, шлифование — остальное), вида материала обрабатываемой заготовки (сталь — ЦСП 13, ЦСП 14, ЦСП 10; чугун ЦСП 56). Для всех ЦСП  $v = 0,105 \text{ м}^3/\text{ч}$ , а  $U_{\Sigma} = 165 \text{ м}^3$ . В то же время, для второй фракции при  $V_0 = 66 \text{ м}^3$   $v = 0,108 \text{ м}^3/\text{ч}$ , а  $U_{\Sigma} = 150 \text{ м}^3$  (из стали ЦСП 69, ЦСП 72, а из чугуна ЦСП 8). В группе (СР2) из общего строя выбивается ЦСП 15  $v = 0,105 \text{ м}^3/\text{ч}$ , а  $U_{\Sigma} = 420 \text{ м}^3$  против  $150\text{--}165$  для других, поскольку  $Q_{15} = 1\,080 \text{ м}^3/\text{ч}$  (в три раза больше по сравнению с остальными).

Таким образом, увеличение  $V_0$  при соответствующем увеличении  $Q$  позволяет сэкономить большую величину распределенных потерь СОЖ.

Условия: производительность  $Q$ , заправочный объем, концентрация СОЖ, вид материала заготовки (черный металл или алюминиевый сплав) значимо влияют на распределенные потери СОЖ, а, следовательно, обеспечивают значимую экономию объемов СОЖ.

#### Выводы

1. В процессе эксплуатации синтетические и полусинтетические СОЖ испытывают значительные физические, физико-механические, химические и др. воздействия, вследствие которых теряются (уменьшается их объем), снижается концентрация и ухудшается ее состав и свойства. Поэтому возникает необходимость их залпового сброса на разложение и утилизацию, что приводит к снижению технико-экономической эффективности и возникновению экологических рисков.

2. Для повышения срока эксплуатации синтетических и полусинтетических смазочно-охлаждающих жидкостей, и снижения остроты экологических проблем, возникающих при разложении и утилизации залповых стоков необходимы и достаточны:

- снижение уровня негативных воздействий на жидкость при ее эксплуатации;
- оптимизация объема циркулирующей в системе оборота СОЖ, чтобы она расходовалась быстрее, чем теряла свои свойства;
- обеспечение стабильности состава и свойств СОЖ, ее очистки от механических и инородных примесей с помощью централизованной системы применения.

#### Литература

- Смазочно-охлаждающие технологические средства: справ. / под общей ред. Л.В. Худобина. М.: Машиностроение, 2006. 543 с.
- Бульжев Е.М., Худобин Л.В. Ресурсосберегающее применение смазочно-охлаждающих жидкостей при металлообработке. М.: Машиностроение, 2004. 352 с.
- Бульжев Е.М., Худобин Л.В., Алякин Ю.Б. Предотвращение залповых стоков синтетических смазочно-охлаждающих жидкостей на разложение и утилизацию путем оптимизации условий эксплуатации // Технологии очистки воды

«ТЕХНОВОД-2023»: материалы XIV Междунар. науч.-практической конф. (Кисловодск, 18-21 апр. 2023 г.). Новочеркасск: Лик, 2023. С. 358-363.

- Чарыков В.И., Соколов В.И., Евдокимов А.А. Ресурсосберегающая технология и технические средства восстановления эксплуатационных свойств смазочно-охлаждающих жидкостей // Тракторы и сельхозмашины. 2016. № 3. С. 33-36.
- Кирейнов А.В., Есов В.Б. Современные тенденции применения смазочно-охлаждающих технологических средств при лезвийной обработке труднообрабатываемых

- материалов // Инженерный журнал: наука и инновации. 2017. № 2 (62). С. 5.
6. Yan P., Rong Y., Wang G. The effect of cutting fluids applied in metal Cutting process // Proceedings of the Institution of the Mechanical Engineers. Part B. Journal of engineering Manufacture. 2016. V. 230. № 1. P. 157-162.
  7. Уалиев Д.Ш., Шайманова Ж.К., Таттимбек Г.Л. Смазочно-охлаждающие жидкости - основа эффективной работы промышленности // Наука, техника и образование. 2014. № 5 (5). С. 72-74.
  8. Алимарданов Х.М., Садыгов О.А., Бабаев Н.Р. N-замещенные аминомет оксидцикло [2. 2. 1] гептанола и их антимикробная активность в смазочно-охлаждающих жидкостях и маслах // Журнал органической химии. 2018. Т. 54, вып. 3. С. 378-388.
  9. Байрамов М.Р., Аскарлова Г.М., Мехтиева Г.М. Синтез и исследование 1-алкенил-2-пропаргилокси-3-аминометил-бензолов в качестве ингибиторов кислотной коррозии и антимикробных присадок к смазочно-охлаждающим жидкостям // Журнал прикладной химии. 2020. Т. 93, вып. 11. С. 1534-1542.
  10. Dayun X. Different Methods of Cutting Fluid Application on Turning of a Difficult - to - Machine Steel // Advanced Material Research. 2012. V. 628. P. 476-481.
  11. Priarone P., Robiglio M., Settineri L. Effectiveness of Minimizing Cutting Fluid Use when Turning Difficult - to - cut Alloys // Procedia CIRP. 2015. V. 29. P. 341-346.
  12. Babaev E.R. Lube-cooling fluids synthesis, properties and applications. Institute of Additive Chemistry of the National Academy of Sciences of Azerbaijan // Bashkir Chemical Journal. 2022. V. 29. № 3. P. 11-19.
  13. Mane S., Kumar S. Cutting Fluids and Cutting Fluid Application Techniques in Machining: A Review // International Journal of Scientific and Engineering Research. 2018. V. 9. № 3. P. 60-63.
  14. Tang L., Zhang Y., Changhe L. Biological Stability of Water-Based Cutting Fluids: Progress and Application // Chinese Journal of Mechanical Engineering. 2022. V. 35. № 3. P. 2645-2651.
  15. Shokrani A., Dhokia V., Newman S.T. Environmentally conscious machining of difficult-to-machine materials with regard to cutting fluids // International Journal of Machine Tools & Manufacture. 2012. V. 57. P. 83-101.
  16. Debnath S., Reddy M.M., Yi Q.S. Environmental friendly cutting fluids and cooling techniques in machining: A Review // Journal of Cleaner Production. 2014. V. 83. P. 33-47.
  17. Худобин Л.В., Бердичевский Е.Г. Техника применения смазочно-охлаждающих средств в металлообработке. М.: Машиностроение, 1977. 190 с.
  18. Худобин Л.В., Бульжев Е.М. Технология и техника применения смазочно-охлаждающих жидкостей при механической обработке. Старый Оскол: ТНТ, 2016. 228 с.
  19. Никитина М.С., Никитин С.И., Еркин А.П. Универсальные модульные установки для очистки, обеззараживания и регенерации промышленных технологических жидкостей // Водочистка. 2017. № 9. С. 59-63.
  3. Bulyzhev E.M., Hudobin L.V., Alyakin YU.B. Preventing salvo outlets of synthetic cutting fluids for decomposing and recovering via optimizing operation conditions // Tekhnologii ochistki vody «TEKHNOVOD-2023»: materialy XIV Mezhdunar. nauch.-prakticheskoy konf. (Kislovodsk, 18-21 apr. 2023 g.). Novocherkassk: Lik, 2023. P. 358-363.
  4. CHarykov V.I., Sokolov V.I., Evdokimov A.A. The resource-saving technology and technical facilities for restoring performance properties of cutting fluids // Tractors and Agricultural Machinery. 2016. № 3. P. 33-36.
  5. Kirejnov A.V., Esov V.B. Contemporary trends of applying cutting technological facilities when processing difficult-to-machine materials using edges // Engineering Journal: Science and Innovation. 2017. № 2 (62). P. 5.
  6. Yan P., Rong Y., Wang G. The effect of cutting fluids applied in metal Cutting process // Proceedings of the Institution of the Mechanical Engineers. Part B. Journal of engineering Manufacture. 2016. V. 230. № 1. P. 157-162.
  7. Ualiev D.SH., SHajmanova ZH.K., Tattimbek G.L. Cutting fluids as a basis of effective work of the industry // Science, technology and education. 2014. № 5 (5). P. 72-74.
  8. Alimardanov H.M., Sadygov O.A., Babaev N.R. N-substituted aminomethyl-oxybicyclo- [2. 2. 1] heptanols and their antimicrobial activity in cutting fluids and oils // Russian Journal of Organic Chemistry. 2018. V. 54, vyp. 3. P. 378-388.
  9. Bajramov M.R., Askarova G.M., Mekhtieva G.M. The synthesis and study of 1-alkenyl-2-propargyloxy-3-aminomethylbenzenes as inhibitors of the acid corrosion and antimicrobial additives to cutting fluids // Russian Journal of Applied Chemistry. 2020. V. 93, vyp. 11. P. 1534-1542.
  10. Dayun X. Different Methods of Cutting Fluid Application on Turning of a Difficult - to - Machine Steel // Advanced Material Research. 2012. V. 628. P. 476-481.
  11. Priarone P., Robiglio M., Settineri L. Effectiveness of Minimizing Cutting Fluid Use when Turning Difficult - to - cut Alloys // Procedia CIRP. 2015. V. 29. P. 341-346.
  12. Babaev E.R. Lube-cooling fluids synthesis, properties and applications. Institute of Additive Chemistry of the National Academy of Sciences of Azerbaijan // Bashkir Chemical Journal. 2022. V. 29. № 3. P. 11-19.
  13. Mane S., Kumar S. Cutting Fluids and Cutting Fluid Application Techniques in Machining: A Review // International Journal of Scientific and Engineering Research. 2018. V. 9. № 3. P. 60-63.
  14. Tang L., Zhang Y., Changhe L. Biological Stability of Water-Based Cutting Fluids: Progress and Application // Chinese Journal of Mechanical Engineering. 2022. V. 35. № 3. P. 2645-2651.
  15. Shokrani A., Dhokia V., Newman S.T. Environmentally conscious machining of difficult-to-machine materials with regard to cutting fluids // International Journal of Machine Tools & Manufacture. 2012. V. 57. P. 83-101.
  16. Debnath S., Reddy M.M., Yi Q.S. Environmental friendly cutting fluids and cooling techniques in machining: A Review // Journal of Cleaner Production. 2014. V. 83. P. 33-47.
  17. Hudobin L.V., Berdichevskij E.G. The application technique of cutting facilities in metal working. M.: Mashinostroenie, 1977. 190 p.
  18. Hudobin L.V., Bulyzhev E.M. The application technology and the application technique of cutting fluids in metal working. Staryj Oskol: TNT, 2016. 228 p.
  19. Nikitina M.S., Nikitin S.I., Erkin A.P. Universal package units for treating, sanitizing and regenerating industrial technological fluids // Vodochistka. 2017. № 9. P. 59-63.

#### References

1. Lubricating and cooling technological means: sprav. / pod obshej red. L.V. Hudobina. M.: Mashinostroenie, 2006. 543 p.
2. Bulyzhev E.M., Hudobin L.V. The resource-saving application of cutting fluids when processing metals. M.: Mashinostroenie, 2004. 352 p.