

ПРОБЛЕМЫ МЕХАНИКИ И МАШИНОСТРОЕНИЯ

УДК:621.9.079

DOI: 10.18324/2077-5415-2023-4-7-19

Предотвращение залповых сбросов синтетических и полусинтетических смазочно-охлаждающих жидкостей и уменьшение объемов заправки емкостей централизованных систем ее применения при металлообработке

Е.М. Булыжев^{1а}, Л.В. Худобин^{1б}, Ю.Б. Алякин^{2с}

¹ Ульяновский государственный технический университет, ул. Северный Венец, 32, Ульяновск, Россия

² Ульяновский государственный университет, ул. Льва Толстого, 42, Ульяновск, Россия

^а eugbul1946@gmail.com, ^б eugbul1946@gmail.com, ^с kontro73@yandex.ru

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

Статья поступила 30.10.2023, принята 02.11.2023

В статье проанализировано несоответствие длительности фактического периода бессточной эксплуатации в 3–4 месяца ожидаемому периоду в 2–3 года, эмпирически выявленное в процессе масштабного использования современных синтетических и полусинтетических смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) в централизованных системах применения, обслуживающих производства обработки стальных, чугуновых и алюминиевых сплавов заготовок деталей двигателей. Представлено уравнение баланса годовых объемов заправок и расходов СОЖ на различных этапах жизненного цикла жидкостей. На основе анализа наблюдений за процессом эксплуатации 29 централизованных систем применения синтетических, полусинтетических СОЖ и их смесей в течение года установлены следующие особенности изменения объемов во времени: а) уменьшение объема СОЖ в заправочной емкости; б) возрастание потерь СОЖ по различным каналам (разбрызгивание и испарение в зоне резания на станке, растекание по поверхностям стружки, детали, узлы инфраструктуры централизованной системы применения). В статье представлен используемый на практике прием частичного снижения объема стоков посредством отказа от коррекции (компенсации) необратимых распределенных потерь объема СОЖ за 120–300 ч перед ее заменой, составляющей до 8–10 % от годового объема заправки централизованных систем применения. В случае регулярной (не реже раза в сутки) коррекции потерь СОЖ, стабилизации концентрации, состава и свойств синтетических и полусинтетических СОЖ возможно полное предотвращение залповых сбросов, которые составляют до 40–45 % годового объема приготовления. Основным условием реализации данного приема является автоматизированная система мониторинга непрерывного объема СОЖ в ЦСП, состава и свойств СОЖ. По существу, формируется принцип, в соответствии с которым компоненты синтетических и полусинтетических СОЖ должны уходить с распределенными потерями жидкостей раньше, чем СОЖ потеряет свои технологические свойства, обусловленные составом. Одновременно предполагается целесообразность анализа объемов потерь СОЖ и реализации всех возможных мер для их снижения с залповыми сбросами. Предотвращение потерь СОЖ с залповыми сбросами позволит резко повысить стабильность объемов и состава СОЖ, улучшить качество обработки заготовок, снизить в 2–3 раза эксплуатационные издержки на данном этапе жизненного цикла ликвидации отработанной жидкости.

Ключевые слова: синтетическая и полусинтетическая смазочно-охлаждающая жидкость; период бессточной эксплуатации; централизованная система применения; залповый сброс; распределенные потери; предотвращение.

Preventing salvo discharges of synthetic and semi-synthetic cooling mediums by decreasing the refilling volume of the centralized system when applying it for metal processing

Е.М. Bulyzhev^{1а}, L.V. Khudobin^{1б}, Yu.B. Aliakin^{2с}

¹ Ulyanovsk State Technical University; 32, Severny Venets St., Ulyanovsk, Russia

² Ulyanovsk State University; 42, Lev Tolstoy St., Ulyanovsk, Russia

^а eugbul1946@gmail.com, ^б eugbul1946@gmail.com, ^с kontro73@yandex.ru

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

Received 30.10.2023, accepted 02.11.2023

The article analyzes the discrepancy in the duration of the exploitation period without draining of 3-4 months with the expected period of 2-3 years empirically identified during the process of the extensive application of modern synthetic cooling mediums in

centralized systems of application supporting the metal processing of workpieces of steel parts The equation of the balance of the annual refilling volume and the consumption of cooling mediums at various stages of the service lifetime of mediums is provided. Based on the analysis of the observation over the exploitation process of 9 centralized systems of application of synthetic cooling mediums during the year, the following features of changing volumes over time have been identified: a) decreasing the volume of cooling mediums in the refilling capacity; b) the increase in the losses of cooling mediums at various channels (spilling and evaporating in the cutting zone of the machine, spreading over the surface of chips, part, units of the infrastructure of the centralized system of application). The article describes the practical way for the partial decrease of the drain volume via preventing the correction (compensation) of distributed losses in the volume of cooling mediums in one-two weeks before the substitution which amounts up to 8-10% of the annual refilling volume of centralized systems of application. In case of the regular (not less than one time per day) correction of losses of cooling mediums, stabilization of the concentration, composition and properties of synthetic cooling mediums it is possible to prevent completely salvo discharges up to 35% of the annual volume of preparation. The principal condition for implementing this way is the availability of the automated monitoring system of the continuous volume of cooling mediums in centralized systems of application, composition and properties of cooling mediums. Principally it is assumed that the synthetic cooling medium goes away with distributed losses earlier than it loses its technological properties conditioned with the composition of the cooling medium. Simultaneously it is advisably assumed to analyze losses of cooling mediums and to implement all reasonable and possible measures for reducing their losses. The prevention of losses of cooling mediums with salvo discharges will give an opportunity to spike the stability of volumes and composition of cooling mediums, to upgrade the quality of processing workpieces, to cut operational expenses by 2-3 times at this stage of the lifetime of the discharged medium liquidation.

Keywords: synthetic cooling medium; period of exploitation without draining; centralized system of application; salvo discharge; distributed losses; prevention.

Смазочная охлаждающая жидкость (СОЖ) является неотъемлемым компонентом процессов металлообработки [1–3]. Ранее применялись, в основном, водоземulsionные СОЖ [4–7]. При относительно высокой технологической эффективности водоземulsionные жидкости обладают недостаточной стойкостью, под которой понимается срок эксплуатации СОЖ между залповыми сбросами на разложение [2; 5].

В РФ было найдено технологическое решение проблемы повышения стойкости СОЖ посредством создания системной технологии «Вита», которая обеспечивает повышение стойкости СОЖ с 2–3 месяцев до 1–2 лет [1; 2]. В соответствии с технологией необходимо непрерывно технически сопровождать эксплуатацию СОЖ: очищать от механических примесей, постороннего масла, проводить бактерицидную обработку, вводить ингибиторы коррозии и др. [1; 2; 5; 6]. Технология была успешно апробирована на ряде автомобилестроительных и металлургических заводов РФ.

Однако вместе с поставками современного технологического оборудования в страну пришли новые водоразбавляемые технологические жидкости, так называемые синтетические и полусинтетические (СиПС) СОЖ, которые за рубежом эксплуатируются без осуществления залповых стоков в течение 2–3 лет [8–12], что приводит к резкому снижению потребляемых объемов СОЖ и затрат на приготовление, а также затрат на весьма дорогостоящие процессы разложения и утилизации отходов [13–16]. Возглавствовал принцип: «Налил и забыл, только знай компенсируй неизбежные потери объема» [7; 8]. Однако на практике все оказалось не так просто. При масштабном использовании СиПС СОЖ в централизованных системах применения (ЦСП) на производстве столкнулись с тем, что средняя стойкость СОЖ, в основном, варьировалась в интервале 4–6 месяцев [12].

При этом неожиданно главное преимущество СиПС СОЖ — высокая стойкость к внешним физико-химическим воздействиям обратилась в свою противоположность — «ахиллесову пяту». В РФ нет адекватной технологии разложения СиПС СОЖ до настоящего времени. «Хотели как лучше, получилось как всегда».

Ликвидация множества машиностроительных производств в стране за последние 30 лет затухала проблему создания эффективной и экономической технологии применения СиПС СОЖ при изменении значимости разложения. Поскольку СиПС СОЖ критичны в отношении разложения, то целесообразно его предотвратить. Это возможно с помощью технологии «Вита» [2]. Главный принцип в этом случае: «СиПС СОЖ остается эффективной, пока не утратится с необратимыми распределенными

потерями при эксплуатации». СиПС СОЖ корректируется, пока не утратится ее компонентный состав [3].

Внимание авторов привлек феномен существования на одном из машиностроительных предприятий развернутого комплекса из 29 ЦСП, ориентированных на масштабную эксплуатацию СиПС СОЖ. В течение года предприятие потребляет до 18–20 тыс. м³ СиПС СОЖ [3]. Из них ~ 55–60 % теряются безвозвратно при эксплуатации (распределенные потери), а оставшиеся 40–45 % направляются на разложение — это потери более 150 млн р. в год. Настоящая статья посвящена исследованию технологических, эксплуатационных особенностей и результатов масштабного использования СиПС СОЖ в ЦСП.

Целью проведенных исследований является выявление возможности повышения стойкости применяемых СиПС СОЖ в ЦСП до 2–3 лет путем предотвращения залповых сбросов на разложение «отработанных» и утрачивающих свою технологическую эффективность жидкостей.

В работе [3] показаны особенности процесса деградации состава СиПС СОЖ и потери ее объема при эксплуатации, в результате чего и теряются их технологические свойства и эффективность [2; 5].

Исследования проводились посредством изучения баланса расходов СОЖ, выяснения объемов их потерь в течение года в контексте их эксплуатации в конкретных условиях существующих технологических систем при обработке заготовок из различных материалов лезвийным и абразивным инструментом с использованием трех видов СОЖ: синтетической — 205, полусинтетической — 46 и смеси — 205 и 46 [5]. Авторами предложены уравнения, позволяющие провести исследования полунатурным методом, при котором в составе уравнения находились величины, определяемые при анализе статистических данных, полученных в процессе применения СиПС СОЖ.

В процессе эксплуатации некоторый объем СиПС СОЖ циркулирует в технологической системе (рис. 1). С течением времени СОЖ, в отсутствие коррекции (компенсации), безвозвратно теряется [1; 5], а ее объем V уменьшается. На рис. 1 отражен непрерывный оборот СОЖ в течение смены. Утром насосы «поднимают» СОЖ и подают на обслуживаемые ЦСП производств механической обработки. Некоторая доля объема СОЖ остается в емкостях ЦСП. Пропущенная по станкам, трубопроводам и лоткам, распределенная СОЖ, потерявшая некоторую свою часть, возвращается в «грязевой» отсек емкости ЦСП. Как показали исследования, на каждом обороте СиПС СОЖ теряет не

только часть объема, но и непропорциональную ей часть компонентов концентрата, поэтому, кроме уменьшения объема, снижается ее концентрация и ухудшаются в технологическом и эксплуатационном отношении состав и свойства. Через некоторое время (в данном производстве — неделя) производится коррекция СиПС СОЖ: компенсация утраченной части объема, а иногда и коррекция состава, т. е. улучшение ее технологических свойств.

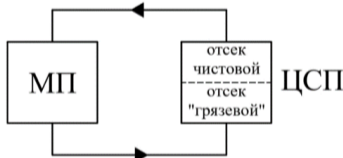


Рис. 1. Схема оборота СОЖ в механообрабатывающем производстве (МП) (цех, участок, линия)

Баланс расходов U СиПС СОЖ выглядит следующим образом [2]:

$$U_{3Г} + U_{КГ} - (U_{3СГ} + U_{РПГ}) = 0, \quad (1)$$

где индексы «З», «К», «ЗС» и «РП» означают замену объема, коррекцию, залповый сброс на разложение и распределенные потери; индекс «Г» характеризует период времени — год, соответствующий данному расходу.

В настоящей статье авторы не исследуют причины деградации состава и свойств СиПС СОЖ, поскольку это рассматривалось в работе [5], а сосредоточили свое внимание на оценке значимости предотвращения разложения СОЖ и его зависимости от технологической ситуации в контексте разложения СОЖ для комплекса ЦСП предприятия.

В процессе эксплуатации в течение 1 ч СОЖ оборачивается некоторое количество раз. Обозначим число циклов оборота в ЦСП через $n_{ц}$ и время цикла через $T_{ц}$:

$$n_{ц} = \frac{Q}{V_0}, \quad 1/ч, \quad (2)$$

$$T_{ц} = \frac{V_0}{Q}, \quad ч. \quad (3)$$

Однако использовать время цикла оборотов в качестве расчетной единицы времени неудобно вследствие непостоянства V . Целесообразнее использовать распределенные часовые потери СиПС СОЖ, запрограммированные технологической ситуацией и формирующие $V_{РПГ}$, который определится:

$$v = \frac{V_{РПГ}}{\Phi_{до}}, \quad м^3/ч, \quad (4)$$

где $\Phi_{до} = 4\ 160$ — действительный фонд времени работы оборудования, ч/год.

Технологическая ситуация характеризуется следующим: вид обработки (лезвийная — «Л», шлифование — «Ш»), материал заготовки обрабатываемой детали (сталь — «Ст», чугун — «Ч», алюминиевый сплав — «А»); тип СОЖ (синтетическая — «205»; полусинтетическая — «46», смеси этих концентратов — «205 + 46»); производительность Q , $м^3/ч$; число залповых сбросов и замен СОЖ в год $n_{ц}$, $1/год$; заправочный объем емкостей ЦСП V_0 , $м^3$; концентрация СОЖ α , доля.

При анализе балансов выяснилось, что в производстве с целью экономии ресурсов за 1,5–3 недели до залпового сброса СОЖ прекращают ее корректировку. Объем емкостей

при этом уменьшается на величину ΔV_K , а $U'_{3СГ}$ при этом составляет:

$$U'_{3СГ} = (V_0 - \Delta V_K) \cdot n_{ц}, \quad м^3/год. \quad (5)$$

Процесс снижения расходов отображается графиком на рис. 2, а.

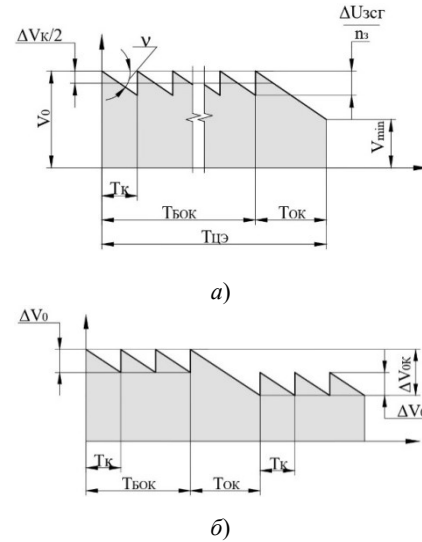


Рис. 2. Кинетика изменения объема емкостей ЦСП СОЖ на протяжении цикла эксплуатации $T_{цэ}$ (расшифровка величин дана в тексте): а — при отказе от коррекции и б — при ее возобновлении

Некоторую часть времени коррекция СиПС СОЖ производится регулярно, раз в период T_K . Часть времени эксплуатации обозначится $T_{бок}$ (индекс «БОК» означает «без отказа от коррекции»). Время отказа от коррекции обозначится как $T_{ок}$. Суммой $T_{ок}$ и $T_{бок}$ определяется период бессточной эксплуатации СиПС СОЖ. При коррекции СОЖ ее объем составляет V_K , с учетом усреднения в течение года обозначим как $\overline{V_K}$. Его величина:

$$\overline{V_K} = v \cdot T_K, \quad м^3. \quad (6)$$

В первом приближении принимаем $v = const$. Объем перед коррекцией составляет:

$$V'_{OK} = V_0 - V_K, \quad м^3. \quad (7)$$

При отказе в течение $T_{ок}$ от коррекции объем емкостей составляет

$$U_{3Г} = n_{ц} \cdot V'_{OK} = n_{ц} \cdot (V_0 - \Delta V_K) = n_{ц} \cdot (V_0 - v \cdot T_K). \quad (8)$$

На рис. 2, б показана возможная ситуация, при которой после значительного уменьшения объема СОЖ в емкости ЦСП вследствие отказа от коррекции снова производится коррекция. В таком состоянии ЦСП может функционировать неограниченное время. Но необходимо и достаточно корректировать ее состав, а, следовательно, и свойства СОЖ. Расход СОЖ с распределенными потерями зависит не от объема, а от условий применения СОЖ при обработке заготовок и движении по напорным трубопроводам и лоткам стока. Для ситуации конкретной ЦСП в первом приближении $U_{РПГ}$ является величиной постоянной. Отклонение обусловлено выходом состава СОЖ за пределы варьирования компонентов. Поэтому и нужна коррекция состава СиПС СОЖ. Влияние заправочного объема СОЖ на величину

расходов на распределенные потери проявляется через ее замену вследствие изменения концентрации состава.

Если Ток спроецировать на весь годовой фонд времени ($T_{ок} = \Phi_{до}$), то величина годового расхода СОЖ на замену $U_{зг}$ становится равной «0», поскольку именно его доля и характеризует величину экономии СОЖ в период $n_{з} \cdot T_{ок}$, т. е. экономия на этом условном отказе от коррекции, а по факту от необходимости замены СОЖ:

$$U_{зс,ок} = n_{ц} \cdot \Delta V_{к} \cdot (9)$$

Отметим, что для распространения такого приема формирования экономии объема СиПС СОЖ необходимо обеспечить условия постоянства объема состава и свойств СОЖ на протяжении всего периода эксплуатации. Можно рекомендовать проведение коррекции от 1 раза в час до 1 раза в сутки. Помимо коррекции, необходимо в ночное время и в выходные дни проводить очистку всего объема СОЖ от тонких механических примесей и удалять посторонние масла с поверхности СОЖ, являющиеся субстратом при развитии микрофлоры.

Для оценки рекомендуемых значений экономии объема СОЖ для конкретных ЦСП проведем анализ расходов СОЖ по системам в соответствии с технологическими ситуациями. Весь распределенный массив факторов эксплуатационных и технологических ситуаций (29 ЦСП) представлен в виде табл. 1–3.

Все факторы и показатели в таблицах объединены в 11 групп в зависимости от производственной ситуации ЦСП номер. По группам эксплуатационные показатели усреднены. Усредненные значения v представлены на рис. 3 в виде диаграммы распределения величин v для ЦСП (табл. 1, рис. 3).

При анализе диаграммы v — ЦСП номер выяснилось, что наблюдается ограниченное число значений v , распределенных по 5 группам. Группа малорасходных ЦСП ($v_{MP,ср} = 0,045 \text{ м}^3/\text{ч}$); группа среднерасходных ЦСП, разделяющаяся на две подгруппы: CP1 ($v_{CP1,ср} = 0,079–0,092 \text{ м}^3/\text{ч}$) и CP2 ($v_{CP2,ср} = 0,100–0,105 \text{ м}^3/\text{ч}$); группа многорасходных ЦСП ($v_{MHP,ср} = 0,148 \text{ м}^3/\text{ч}$) и группа суперрасходных ЦСП ($v_{CBP,ср} = 0,180–0,310 \text{ м}^3/\text{ч}$). Такое группирование в дальнейшем позволило проще выявлять и рассматривать зависимости распределенных потерь СОЖ от условий применения (ситуация эксплуатации).

Эксплуатационные показатели по группам и ЦСП представлены в табл. 4–8, а по группам — в табл. 9. В табл. 4–8 фракции с одинаковой величиной $\gamma = \text{const}$ выделены тонированием.

Группа малорасходных систем (MP) составляет 8 ЦСП со средним часовым расходом распределенных потерь, равным с $v_{MP,ср} = 0,041 \text{ м}^3/\text{ч}$; доля 0,114 (табл. 4). Первая подгруппа среднерасходной группы CP1 составляет шесть ЦСП с долей 0,161 от общего числа с $v_{CP1,ср} = 0,077 \text{ м}^3/\text{ч}$ (табл. 5), а вторая подгруппа среднерасходной группы CP2 — восемь ЦСП с долей — 0,296 с $v_{CP2,ср} = 0,106 \text{ м}^3/\text{ч}$ (табл. 6). Группа многорасходных систем MHP составляет пять ЦСП с долей 0,24 и $v_{MHP,ср} = 0,138 \text{ м}^3/\text{ч}$ (табл. 7). Малочисленная группа суперрасходных ЦСП CBP включает две ЦСП при доле 0,190 и $v_{CBP,ср} = 0,273 \text{ м}^3/\text{ч}$ (табл. 8). Суммарный часовой расход по 29 ЦСП составил $2,886 \text{ м}^3/\text{ч}$, а годового расхода СОЖ в режиме работы без замены СОЖ составит $10\,878 \text{ м}^3/\text{г}$, или 58,3 % от годового расхода СОЖ в 2021 г., равного $18\,655 \text{ м}^3/\text{год}$.

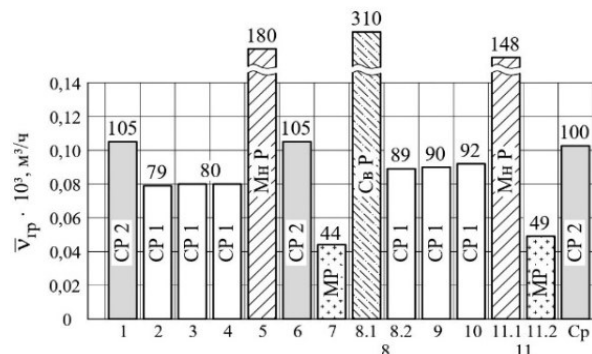


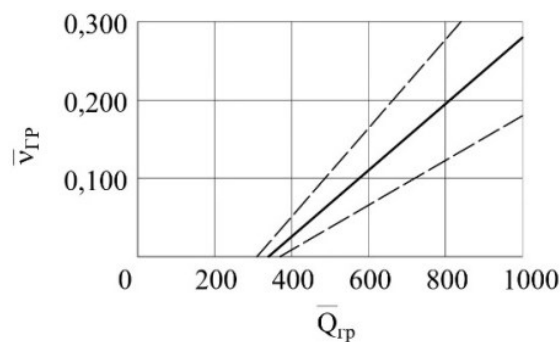
Рис. 3. Диаграмма часовых распределенных потерь СиПС СОЖ $v_{ГР}$ по группам

В дальнейшем распределение по ЦСП внутри групп необходимо рассматривать с учетом величины α и $n_{ц}$, поскольку именно они определяют годовой расход концентрата.

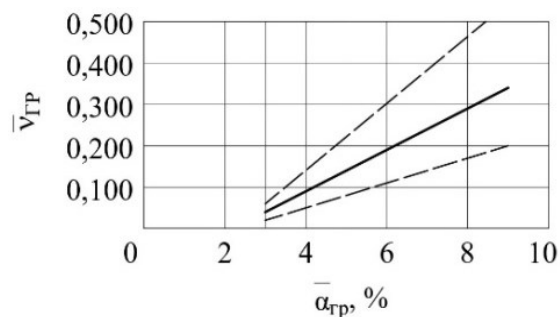
На рис. 4 показаны зависимости $v_{ГР,ср}$ от производительности, полученной по данным табл. 9.

Штриховыми линиями показаны границы доверительного интервала варьирования.

На рис. 5 сопоставлены по вертикали диаграммы $v_{ср}$ по ЦСП и по группам. В группе MP v (рис. 5, а) значимо возрастают, кроме величин v для ЦСП 59, ЦСП 4, для которых $v = 0,48$. В подгруппе 1 группы CP (рис. 5, б) также отмечается наличие фракций, и первая фракция состоит из трех ЦСП 63, ЦСП 55 и ЦСП 58 с $v = 0,072 \text{ м}^3/\text{ч}$. Во второй фракции из ЦСП 67, ЦСП 70 и ЦСП 2 наблюдается возрастание v от 0,077 до 0,089 $\text{м}^3/\text{ч}$. Во второй подгруппе CP2 (рис. 5, в) произошло разделение на две фракции с $v = \text{const}$. В первой фракции из ЦСП 13, ЦСП 14 и ЦСП 10, ЦСП 15 и ЦСП 56 $v = 0,105 \text{ дм}^3/\text{ч}$, а во второй фракции из ЦСП 69, ЦСП 72 и ЦСП 8 с $v = 0,108 \text{ м}^3/\text{ч}$.



а)



б)

Рис. 4. Зависимости $v_{ГР,ср}$ от производительности (а) ЦСП и $\alpha_{ГР,ср}$ (б) (по данным табл. 9).

Таблица 1. Эксплуатационные условия ЦСП (2021)

Номер группы	Номер п/п	ЦСП номер	Производительность	Объем бака	Число замен	Состав СОЖ	Концентрация	Материал заготовки	Вид обработки
			Q	V ₀	пз		α		
			м ³ /ч	м ³	раз				
1	1	13	360	75	3	205	0,03	Ст	Л
2	1	67	360	105	2	205	0,04	Ст	Л
		Σ	360	95	2	205	0,04	Ст	Л
		ср.	720	200	4		0,08		
3	1	14	360	75	3	205	0,03	СТ	Ш
	2	10	360	75	3	205	0,03	Ст	Ш
	3	61	360	75	3	205	0,03	Ст	Ш
	4	66	360	75	3	205	0,03	Ст	Ш
	5	69	360	66	3	205	0,03	Ст	Ш
	6	71	180	38	3	205	0,04	Ст	Ш
	7	72	360	66	3	205	0,03	Ст	Ш
		Σ	2 340	470	21		0,22		
		ср.	334,3	67,1	3		0,03		
4	1	65	720	165	2	205	0,04	Ст	Л
	2	59	720	130	2	205	0,04	Ст	Л
	3	63	720	150	2	205	0,04	Ст	Л
		Σ	2 160	445	6	615	0,12		
		ср.	720	148,3	2		0,04		
5	1	9	720	130	2	205/46	0,07	Ст	Л
	2	12	1 080	180	2	205/46	0,08	Ст	Л
		Σ	1 800	310	4		0,15		
		ср.	900	155	2		0,075		
6	1	15	1 080	167	2	46	0,07	Ст	Л
7	1	3	720	130	2	205	0,04	Ч	Л
	2	4	1 080	180	2	205	0,07	Ч	Л
		Σ	1 800	310	4		0,11		
		ср.	900	155	2		0,055		
8	1	1	720	167	2	205	0,04	Ч	Л
	2	2	720	165	2	205	0,04	Ч	Л
		Σ	1 440	332	4		0,08		
		ср.	720	166	2		0,04		
9	1	55	720	150	2	205	0,04	Ч	Л
	2	58	720	150	2	205	0,04	Ч	Л
	3	8	360	66	3	205	0,03	Ч	Ш
	4	56	360	75	3	205	0,03	Ч	Ш
		Σ	2 160	441	10		0,14		
		ср.	540	110,3	2,5		0,035		
10	1	24	180	34	3	205/46	0,09	АЛ	Л
	2	25	1 080	165	3	205/46	0,08	АЛ	Л
		Σ	1 260	199	6		0,17		
		ср.	630	99,5	3		0,085		
11	1	23	720	130	3	205/46	0,085	АЛ	Л
	2	73	720	114	3	46/205	0,06	АЛ	Л
	3	76	720	130	3	205/46	0,07	АЛ	Л
		Σ	2 160	374	9		0,215		
		ср.	720	124,7	3		0,07		
	Σ		17 280	3 323	73		1,4		
	ср.		595,9	114,6	2,5		0,05		

Таблица 2. Эксплуатационные характеристики ЦСП (2021) (распределения по условиям эксплуатации)

Номер группы	Номер п/п	ЦСП номер	Снижение объема залпового сброса	Годовой объем			Объем распределенных потерь	Объем приготовления годовой	Изменение объемов $U_{\text{РПГ}} - U_{\text{КГ}}$
				приготовления замен	коррекции	залповых стоков			
				$U_{\text{ЗГ}}$	$U_{\text{КГ}}$	$U_{\text{ЗС}}$			
				$U_{\text{РПГ}}$	$U_{\text{ПГ}}$	$\Delta U_{\text{ЭК}}$			
				м ³	м ³	м ³	м ³	м ³	
1	1	13	да	200	400	165	435	600	35
2	1	67	да	200	300	180	320	500	20
		Σ	да	200	300	160	340	500	40
		ср.		400	600	340	660	1000	
3	1	14	да	200	400	165	435	600	35
	2	10	да	200	400	165	435	600	35
	3	61	да	200	200	165	235	400	35
	4	66	да	200	120	165	155	320	35
	5	69	да	200	400	150	450	600	50
	6	71	да	112	90	90	112	202	22
	7	72	да	200	400	150	450	600	50
		Σ		1 312	2 010	1 050	2 272	3 322	
		ср.		187	287	150	325	475	
4	1	65	да	325	450	280	495	775	45
	2	59	нет	250	210	260	200	460	
	3	63	да	300	300	300	300	600	
		Σ		875	960	840	995	1 835	45
		ср.		292	320	280	332	612	
5	1	9	нет	257	685	260	985	942	
	2	12	да	750	450	300	500	800	50
		Σ		1 007	1 135	560	1 485	1 742	
		ср.		504	568	280	743	871	
6	1	15	да	428	428	420	436	856	8
7	1	3	да	300	150	280	170	450	20
	2	4	да	350	150	300	200	500	50
		Σ		650	300	580	370	950	
		ср.		325	150	290	185	475	
8	1	1	да	350	1 200	260	1 290	1 550	90
	2	2	да	350	300	280	370	650	70
		Σ		700	1 500	540	1 660	2 200	
		ср.		350	750	270	830	1 100	
9	1	55	нет	300	300	300	300	600	
	2	58	нет	300	300	300	300	600	
	3	8	да	200	400	150	450	600	50
	4	56	да	200	400	165	435	600	35
		Σ		1 000	1 400	915	1 485	2 400	85
		ср.		250	350	229	371	600	
10	1	24	да	100	60	60	100	100	40
	2	25	да	487	600	420	667	1 087	67
		Σ		587	660	480	767	1 187	107
		ср.		294	330	240	384	594	
11	1	23	нет	388	635	390	633	1 028	
	2	73	нет	350	200	342	203	550	
	3	76	нет	385	600	390	600	985	
		Σ		1 123	1 435	1 122	1 436	2 563	
		ср.		374	478	374	479	854	
	Σ			8 282	10 828	7 012	12 001	18 655	
	ср.			286	373	242	414	643	

Таблица 3. Расчетные эксплуатационные характеристики ЦСП в бессточном режиме (распределения по условиям эксплуатации)

Номер группы	Номер п/п	ЦСП номер	Увеличить	$\frac{U_{РПГ}}{\Phi_{ДО}}$	$t_d \cdot v/2$	$V_0 - \Delta V_{КД}$	$v \cdot \alpha \cdot 10^3$	$\frac{U_3}{56}$	$U_{ПГ} - U_{КГ}$
			$U'_{КГ}$	v	$\Delta V_{КД}$	$\bar{V}_{дн}$	мкц	$Q_{оч}$	$U_э$
			м ³	м ³ /ч	м ³ /д	м ³	кг/ч	м ³ /ч	м ³ /г
1	1	13	435	0,10	0,84	74,2	3,1	1,3	165
2	1	67	320	0,08	0,62	104,4	3,1	1,9	180
		Σ	660	0,16	1,27	198,7	6,3	3,5	340
		ср.	330	0,08	0,63	99,4	3,2	1,8	170
3	1	14	435	0,10	0,84	74,2	3,1	1,3	165
	2	10	435	0,10	0,84	74,2	3,1	1,3	165
	3	61	235	0,06	0,45	74,5	1,7	1,3	165
	4	66	155	0,04	0,30	74,7	1,1	1,3	165
	5	69	450	0,11	0,87	65,1	3,2	1,2	150
	6	71	112	0,03	0,22	37,8	1,1	0,7	90
	7	72	450	0,11	0,87	65,1	3,2	1,2	150
		Σ	2 272	0,55	4,37	465,6	16,7	8,3	1 050
		ср.	324,6	0,08	0,62	66,5	2,4	1,2	150
4	1	65	495	0,12	0,95	164,0	4,8	2,9	280
	2	59	200	0,05	0,38	129,6	1,9	2,3	260
	3	63	300	0,07	0,58	149,4	2,9	2,7	300
		Σ	995	0,24	1,91	443,1	9,6	7,9	840
		ср.	331,7	0,08	0,64	147,7	3,2	2,6	280
5	1	9	685	0,24	1,89	128,1	16,6	2,3	257
	2	12	500	0,12	0,96	179,0	9,6	3,2	700
		Σ	1 185	0,36	2,86	307,1	26,2	5,5	957
		ср.	592,5	0,18	1,43	153,6	13,1	2,7	478,5
6	1	15	436	0,10	0,84	166,2	7,3	3,0	420
7	1	3	170	0,04	0,33	129,7	1,6	2,3	280
	2	4	200	0,05	0,38	179,6	3,4	3,2	300
		Σ	370	0,09	0,71	309,3	5,0	5,5	580
		ср.	185	0,04	0,36	154,6	2,5	2,8	290
8	1	1	1 290	0,31	2,48	164,5	12,4	2,9	260
	2	2	370	0,09	0,71	164,3	3,6	2,9	280
		Σ	1 660	0,40	3,19	328,8	16,0	5,9	540
		ср.	830	0,20	1,60	164,4	8,0	2,9	270
9	1	55	300	0,07	0,58	149,4	2,9	2,7	300
	2	58	300	0,07	0,58	149,4	2,9	2,7	300
	3	8	450	0,11	0,87	65,1	3,2	1,2	150
	4	56	435	0,10	0,84	74,2	3,1	1,3	165
		Σ	1 485	0,36	2,86	438,1	12,2	7,8	915
		ср.	371,3	0,09	0,71	109,5	3,0	2,0	228,8
10	1	24	100	0,02	0,19	33,8	2,2	0,6	60
	2	25	667	0,16	1,28	163,7	12,8	2,9	420
		Σ	767	0,18	1,48	197,5	15,0	3,5	480
		ср.	383,5	0,09	0,74	98,8	7,5	1,8	240
11	1	23	633	0,15	1,22	128,8	12,9	2,3	390
	2	73	203	0,05	0,39	113,6	2,9	2,0	347
	3	76	600	0,14	1,15	128,8	10,1	2,3	385
		Σ	1 436	0,35	2,76	371,2	26,0	6,6	1 122
		ср.	478,7	0,12	0,92	123,7	8,7	2,2	374
	Σ		11 701	2,9	23,1	3 300	143	59	7 409
	ср.		403,5	0,1	0,8	114	5	2	255

Таблица 4. Эксплуатационные показатели ЦСП группы малорасходных по распределенным потерям СОЖ

ЦСП номер	$\frac{U_{РПГ}}{\Phi_{ДО}}$	Вид обработки	Материал заготовки	Состав СОЖ	Производительность	Объем бака	$\frac{Q}{V_0}$	Концентрация	Число замен	$U_{ПГ} - U'_{КГ}$
	v				Q	V_0	пц	α	пз	$U_{Э}$
	м ³ /ч				м ³ /ч	м ³	1/ч			м ³ /г
24	0,024	Л	АЛ	205/46	180	34	5,3	0,09	3	60
71	0,027	Ш	Ст	205	180	38	4,7	0,04	3	90
66	0,037	Ш	Ст	205	360	75	4,8	0,03	3	165
3	0,041	Л	Ч	205	720	130	5,5	0,04	2	280
59	0,048	Л	Ст	205	720	130	5,5	0,04	2	260
4	0,048	Л	Ч	205	1080	180	6,0	0,07	2	300
73	0,049	Л	АЛ	46/205	720	114	6,3	0,06	3	347
61	0,056	Ш	Ст	205	360	75	4,8	0,03	3	165
$\alpha_{ср} = 0,05 \quad \Sigma U_{Э} = 1667$										

Таблица 5. Эксплуатационные показатели ЦСП первой группы среднерасходных по распределенным потерям СОЖ

ЦСП номер	$\frac{U_{РПГ}}{\Phi_{ДО}}$	Вид обработки	Материал заготовки	Состав СОЖ	Производительность	Объем бака	$\frac{Q}{V_0}$	Концентрация	Число замен	$U_{ПГ} - U'_{КГ}$
	v				Q	V_0	пц	α	пз	$U_{Э}$
	м ³ /ч				м ³ /ч	м ³	1/ч			м ³ /г
63	0,072	Л	Ст	205	720	150	4,8	0,04	2	300
55	0,072	Л	Ч	205	720	150	4,8	0,04	2	300
58	0,072	Л	Ч	205	720	150	4,8	0,04	2	300
67	0,077	Л	Ст	205	360	105	3,4	0,04	2	180
70	0,082	Л	Ст	205	360	95	3,8	0,04	2	160
2	0,089	Л	Ч	205	720	165	4,4	0,04	2	280
$\alpha_{ср} = 0,04 \quad \Sigma U_{Э} = 1520$										

Таблица 6. Эксплуатационные показатели ЦСП второй группы среднерасходных по распределенным потерям СОЖ

ЦСП номер	$\frac{U_{РПГ}}{\Phi_{ДО}}$	Вид обработки	Материал заготовки	Состав СОЖ	Производительность	Объем бака	$\frac{Q}{V_0}$	Концентрация	Число замен	$U_{ПГ} - U'_{КГ}$
	v				Q	V_0	пц	α	пз	$U_{Э}$
	м ³ /ч				м ³ /ч	м ³	1/ч			м ³ /г
13	0,105	Л	Ст	205	360	75	4,8	0,03	3	165
14	0,105	Ш	Ст	205	360	75	4,8	0,03	3	165
10	0,105	Ш	Ст	205	360	75	4,8	0,03	3	165
15	0,105	Л	Ст	46	1 080	167	6,5	0,07	2	420
56	0,105	Ш	Ч	205	360	75	4,8	0,03	3	165
69	0,108	Ш	Ст	205	360	66	5,5	0,03	3	150
72	0,108	Ш	Ст	205	360	66	5,5	0,03	3	150
8	0,108	Ш	Ч	205	360	66	5,5	0,03	3	150
$\alpha_{ср} = 0,035 \quad \Sigma U_{Э} = 1530$										

Таблица 7. Эксплуатационные показатели ЦСП многорасходных по распределенным потерям СОЖ

ЦСП номер	$\frac{U_{РПГ}}{\Phi_{ДО}}$	Вид обработки	Материал заготовки	Состав СОЖ	Производительность	Объем бака	$\frac{Q}{V_0}$	Концентрация	Число замен	$U_{ПГ} - U'_{КГ}$
	v				Q	V_0	пц	α	пз	$U_{Э}$
	м ³ /ч				м ³ /ч	м ³	1/ч			м ³ /г
65	0,119	Л	Ст	205	720	165	4,4	0,04	2	280
12	0,120	Л	Ст	205/46	1 080	180	6,0	0,08	2	350
76	0,144	Л	АЛ	205/46	720	130	5,5	0,07	3	385
23	0,152	Л	АЛ	205/46	720	130	5,5	0,085	3	390
25	0,160	Л	АЛ	205/46	1 080	165	6,5	0,08	3	420
$\alpha_{ср} = 0,071 \quad \Sigma U_{Э} = 1825$										

Таблица 8. Эксплуатационные показатели ЦСП суперрасходных по распределенным потерям СОЖ

ЦСП номер	$\frac{U_{РПГ}}{\Phi_{ДО}}$	Вид обработки	Материал заготовки	Состав СОЖ	Производительность	Объем бака	$\frac{Q}{V_0}$	Концентрация	Число замен	$U_{ПГ} - U'_{КГ}$			
	v				Q	V_0	пц				α	пз	$U_{Э}$
	м ³ /ч				м ³ /ч	м ³	л/ч						м ³ /г
9	0,237	Л	Ст	205/46	720	130	5,5	0,07	2	257			
1	0,310	Л	Ч	205	720	167	4,3	0,04	2	260			
$\alpha_{ср} = 0,055 \quad \Sigma U_{Э} = 517$													

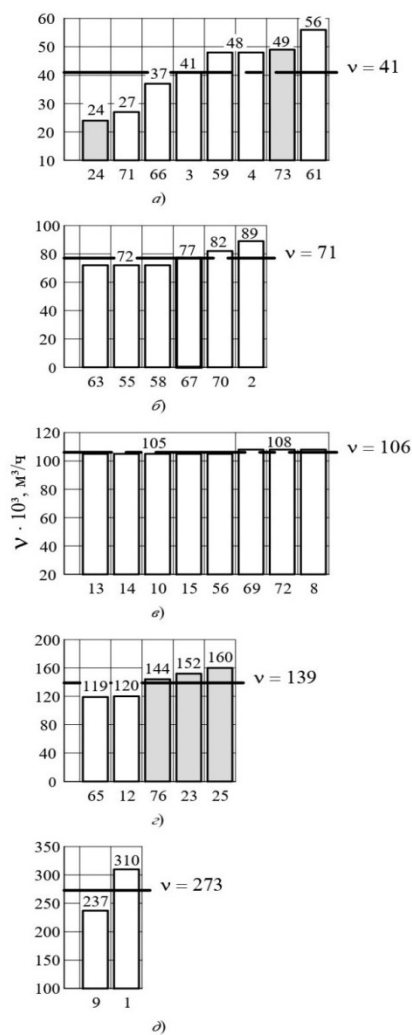


Рис. 5. Диаграмма исходных распределений часовых потерь СиПС СОЖ по ЦСП по группам: а — МР; б — СР1; в — МнР; г — СвР

В группе МнР (рис. 5, г) наблюдается расслоение на две фракции: первая фракция из ЦСП 65, ЦСП 12 с $v = 0,119-0,120$ м³/ч, во второй фракции из ЦСП 73, ЦСП 23 и ЦСП 25 наблюдается возрастание v по ЦСП от 0,144 до 0,160 м³/ч.

Не является исключением и группа СвР, где представлены две условные фракции по одной ЦСП (рис. 5, д): первая — ЦСП 9 с $v = 0,237$ м³/ч и вторая — ЦСП 1 с $v = 0,310$ м³/ч.

Расслоение по фракциям наблюдается по всем группам. Часто в одной $v = const$, а в другой $v \neq const$. И только во второй подгруппе СР2 $v = const$ для обеих фракций.

По вертикали сопоставлены и диаграммы для ЦСП на рис. 6, а — v ; рис. 6, б — пц; рис. 6, в — $U_{Э}$; рис. 6, г — тк. Прослеживается взаимосвязь возрастания показателей в двух фракциях, различающихся по материалу заготовки. Первая фракция: ЦСП 71, ЦСП 66, ЦСП 3, ЦСП 59 и ЦСП 4.

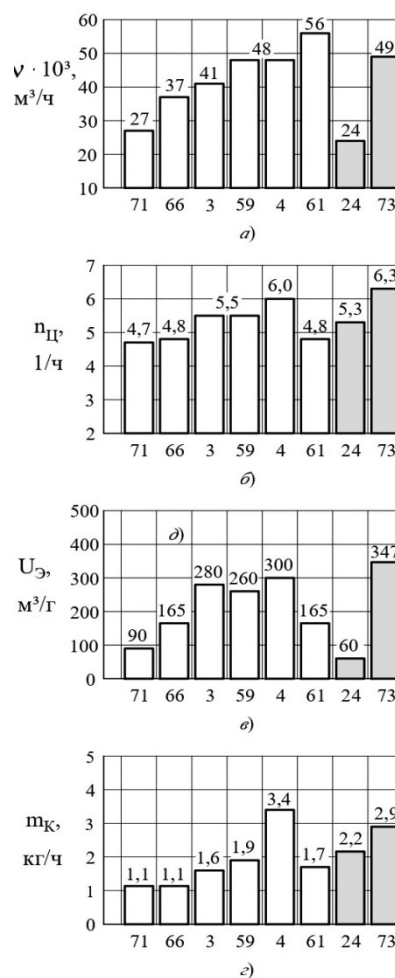


Рис. 6. Диаграмма исходных распределений часовых потерь СиПС СОЖ по ЦСП по группе МР: а — v , м³/ч; б — пц, л/ч; в — $U_{Э}$, м³; г — тк, кг/ч

Ситуация ЦСП 61 по показателям пц, $U_{Э}$ и тк «выбивается из строя». Это обусловлено относительно низким значением пц = 4,8 (ЦСП 66 и ЦСП 61 пц = 4,8 л/год), подобная взаимосвязь наблюдается для $U_{Э}$ (ЦСП 66 и ЦСП 61 $U_{Э} = 165$ м³/год).

Рис. 7 позволяет убедиться в изменении величины v . Так в первой фракции первой группы СР1 ЦСП 63, ЦСП 55 и ЦСП 58 все показатели для ЦСП равны, а для показателей ЦСП 67, ЦСП 70 и ЦСП 2 наблюдается возрастание v , пц, $U_{Э}$ и тк.

На рис. 8 показаны ЦСП второй подгруппы СР2. Хорошо видно технологическое «наследование» двух фракций с постоянными величинами v , пц, тк для ЦСП 13, ЦСП 14, ЦСП 10, ЦСП 15, для которой $\alpha = 0,07$. Вторая фракция в составе ЦСП 69, ЦСП 72 и ЦСП 8 характеризуется равенством всех показателей v , пц, $U_{Э}$ и тк.

На рис. 9, а-г представлены в составе группы МнР две фракции. Первую фракцию составляет ЦСП 65 и ЦСП 12.

Вторую фракцию — ЦСП 76, ЦСП 23 и ЦСП 25. Первая фракция соответствует обработке заготовок стальных деталей, а вторая фракция — обработке заготовок из алюминиевых сплавов. В первой фракции при равенстве v для ЦСП 65 и ЦСП 12 показатели $n_{ц}$, $U_{э}$ и $m_{к}$ увеличиваются в соответствии с увеличением $n_{ц}$. Величины $n_{ц}$, $U_{э}$ и $m_{к}$ одновременно увеличиваются при увеличении $n_{ц}$, с другой стороны, при непрерывном возрастании v для ЦСП 76, ЦСП 23 и ЦСП 25, одновременно с ними повышаются и все прочие показатели.

В группе СвР наблюдается картина, при которой каждая ЦСП из двух (ЦСП 9 и ЦСП 1) представляет собой фракции с $n_{ц} = 5,5$ и $4,3$ 1/ч. Поэтому v для ЦСП 9 и ЦСП 1 возрастает в одном порядке, а $U_{э}$ и $m_{к}$ — в противоположном в связи с таким же изменением $n_{ц}$.

Авторы планируют дальнейшее изучение влияния факторов и технологической ситуации на v . Выявлена взаимосвязь экономии $U_{э}$ и производительности Q . В табл. 10 представлены данные по Q и $U_{э}$ по всем группам расходности ЦСП, где χ — степень относительных потерь. Установлено, что $U_{э}$ (Q) близка к детерминированной и прямо пропорциональной.

Таким образом, в дальнейшем при планировании можно пользоваться выражением:

$$U_{э} = (0,36 - 0,46) \cdot Q, \quad (10)$$

что значительно упростит планирование и оценку эффективности мероприятий по предотвращению залповых сбросов.

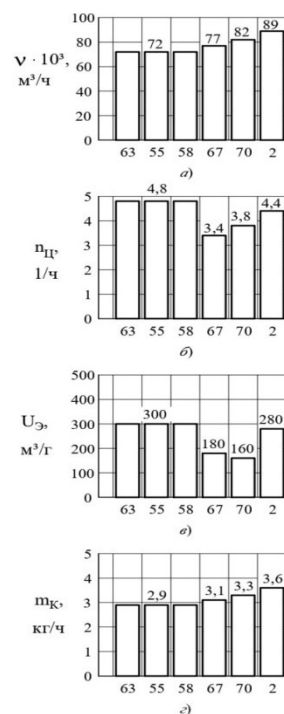


Рис. 7. Диаграмма исходных распределений часовых потерь СиПС СОЖ по ЦСП по группе СР1: а — v , $\text{дм}^3/\text{ч}$; б — $n_{ц}$, 1/ч; в — $U_{э}$, м^3 ; г — $m_{к}$, $\text{кг}/\text{ч}$

Таблица 9. Эксплуатационные показатели ЦСП суммарные по группам

Группа	Показатель	$\frac{U_{РПГ}}{\Phi_{ДО}}$	$v \cdot \alpha \cdot 10^3$	Производи- тельность	Объем бака	Концентрация	$16 \cdot v$	Увеличить $U_{кг}$ до $U_{РПГ}$	$U_{ПГ} - U_{кг}$
		v	$m_{кц}$	Q	V_0	α	$V_{РПД}$	$U_{кг}$	$U_{э}$
		$\text{м}^3/\text{ч}$	$\text{кг}/\text{ч}$	$\text{м}^3/\text{ч}$	м^3		$\text{м}^3/\text{д}$	м^3	$\text{м}^3/\text{г}$
МР	Σ	0,33	15,9	4 320	776	0,4	5,3	1375	1 667
	ср	0,04	2,0	540	97	0,05	0,7	172	208
	доля	0,11							0,22
СР1	Σ	0,46	18,6	3 600	815	0,24	7,4	1 930	1 520
	ср	0,08	3,1	600	136	0,04	1,2	322	253
	доля	0,16							0,21
СР2	Σ	0,85	29,6	3 600	665	0,28	13,6	3 526	1 530
	ср	0,11	3,7	450	83	0,04	1,7	441	191
	доля	0,29							0,21
МнР	Σ	0,7	50,2	4 320	770	0,36	11,1	2 895	2 175
	ср	0,14	10,0	864	154	0,07	2,2	579	435
	доля	0,24							0,29
СвР	Σ	0,55	29,0	1 440	297	0,11	8,7	1 975	517
	ср	0,27	14,5	720	148	0,06	4,4	988	259
	доля	0,19							0,07
Σ общ		2,89							7 409

Таблица 10. Взаимосвязь производительности систем по группам с экономией расходов СОЖ

Группа	$Q, \text{ м}^3/\text{ч}$	$\frac{q}{Q}$	$U_{э}$	$\frac{q}{U_{э}}$	χ^*
МР	4 320	0,25	1 667	0,236	0,944
СР1	3 600	0,21	1 520	0,215	1,024
СР2	3 322	0,20	1 530	0,22	1,10
МнР	4 320	0,25	1 825	0,26	1,04
СвР	1 440	0,09	517	0,07	0,78
Σ	17 000	1,00	7 059	1,00	1,0

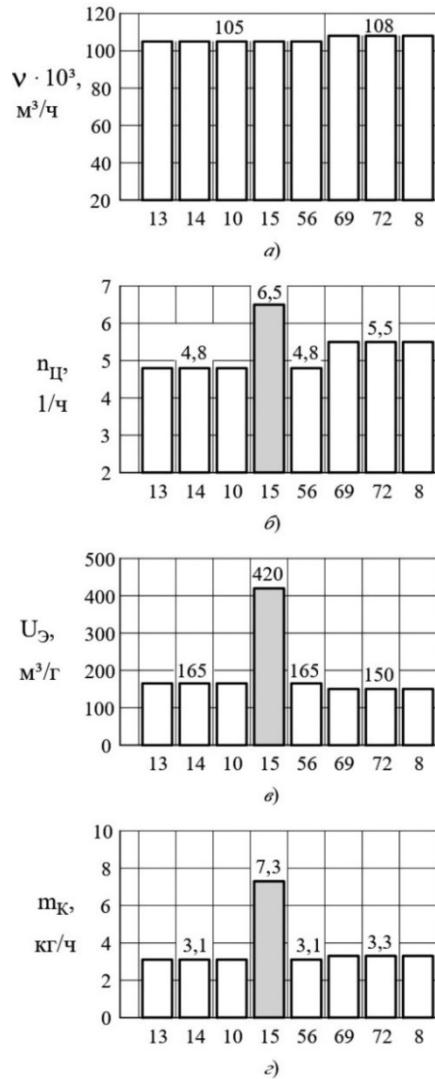


Рис. 8. Диаграмма исходных распределений часовых потерь СиПС СОЖ по ЦСП по группе СР2: а — v , $\Delta m^3/ч$; б — $n_{ц}$, $1/ч$; в — $U_{э}$, m^3 ; г — $m_{к}$, $кг/ч$

Заключение

1. В настоящее время на комплекс из 29 ЦСП расходуется до 18 655 м³ в год водоразбавляемых СиПС СОЖ. Из них на замену приготавливается до 8 282 м³ в год. СиПС СОЖ представлена синтетической СОЖ 205 (21 ЦСП), полусинтетической СОЖ 46 (15 ЦСП) и их смесью (7 ЦСП).
2. ЦСП обслуживает участки (линии) лезвийной обработки и шлифования. На участках (линиях) обрабатываются стальные, чугунные и из алюминиевых сплавов заготовки деталей двигателей.
3. Расход СОЖ в ЦСП зависит, главным образом, от концентрации СОЖ, числа циклов оборота, и особо выделяются ЦСП для обработки заготовок из алюминиевых сплавов
4. Основным критерием, характеризующим отходность ЦСП, является усредненная по году часовая величина необратимых распределенных потерь СиПС СОЖ.
5. Все ЦСП по величине часовых потерь разделяются на 5 групп:
 - а) группа малорасходных ЦСП в составе 8 ЦСП. В составе группы различимы три фракции. В одной фракции величины часовых потерь СОЖ одинаковы для 2-х ЦСП (ЦСП 59, ЦСП 4). В другой фракции они переменны. ЦСП третьей фракции (ЦСП 24, ЦСП 73) обслуживают обработку

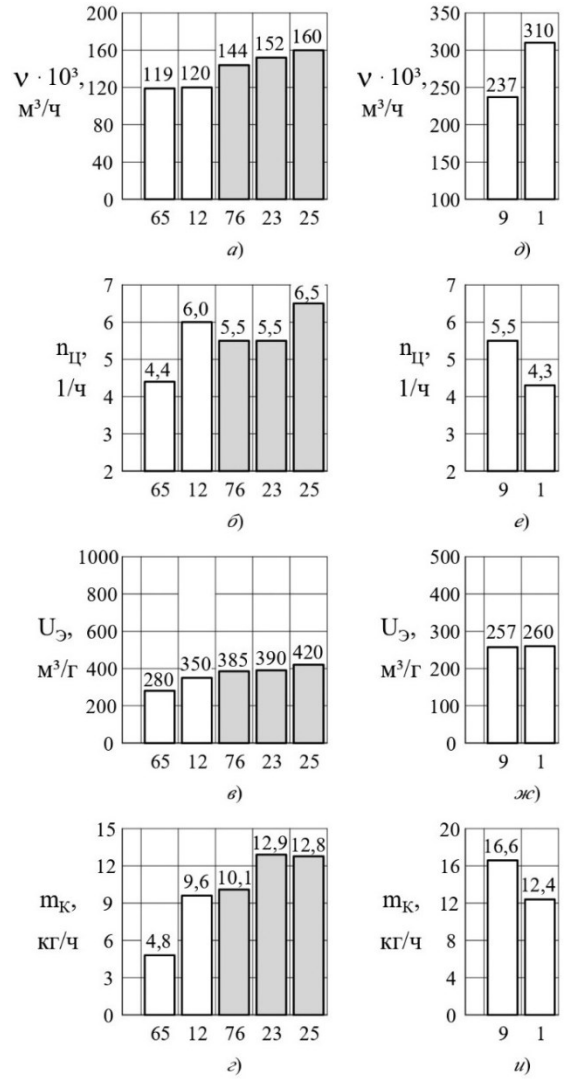


Рис. 9. Диаграмма исходных распределений часовых потерь СиПС СОЖ по ЦСП по группе МНР: а — v , $\Delta m^3/ч$; б — $n_{ц}$, $1/ч$; в — $U_{э}$, m^3 ; г — $m_{к}$, $кг/ч$, и по группе СВР: д — v , $\Delta m^3/ч$; е — $n_{ц}$, $1/ч$; ж — $U_{э}$, m^3 ; и — $m_{к}$, $кг/ч$

заготовок из алюминиевых сплавов. Годовая экономия СиПС СОЖ в ЦСП этой группы составит 1 667 м³ в год (11 % от общего объема, табл. 9).

б) группа среднерасходных ЦСП состоит из двух подгрупп. Внутри подгрупп относительно небольшая разница между ЦСП по величине часовых распределенных потерь.

Первая подгруппа также разделяется на 2 фракции. В одной фракции (ЦСП 63, ЦСП 55 и ЦСП 58) величины часовых потерь равны, в другой варьируются в пределах 15 % от среднего значения. При эксплуатации установок данной подгруппы можно получить экономию до 1 820 м³/год (16 % от общего объема).

Вторая подгруппа группы среднерасходных ЦСП представлена двумя фракциями с одинаковыми часовыми потерями, незначительно различающимися для фракции. Особо выделяется ЦСП 15 в связи с высокой концентрацией СОЖ (0,07 %). Суммарная годовая экономия СОЖ составит для группы 1 530 м³/год (29 % от общего объема).

в) группа многорасходных ЦСП состоит из 2-х фракций. В одной часовой потеря одинакова для 2-х ЦСП (ЦСП 65 и ЦСП 12), в другой они различаются для 3-х ЦСП (ЦСП 76, ЦСП 23 и ЦСП 25), обслуживающих обработку заготовок из

алюминиевых сплавов. Годовая экономия СОЖ для ЦСП группы составит 2 175 м³/год (24 % от общего объема).

г) группа суперрасходных ЦСП (ЦСП 9 и ЦСП 1) условно разделяется на две фракции. В составе группы две ЦСП, каждая представляет одну фракцию. Расчетная годовая экономия СОЖ для этой группы составляет 517 м³/год (19 % от общего объема).

6. Предотвращение залповых сбросов СиПС СОЖ возможно и экономически оправдано. Получение годовой экономии объемов СОЖ от предотвращения залповых сбросов возможно только при:

а) развернутой системе непрерывной (с интервалом от 1 ч до 1 суток) компенсации потери СОЖ и коррекции ее состава;

Литература

1. Смазочно-охлаждающие технологические средства: справ. / под общей ред. Л.В. Худобина. М.: Машиностроение, 2006. 543 с.
2. Булыжев Е.М., Худобин Л.В. Ресурсосберегающее применение смазочно-охлаждающих жидкостей при металлообработке. М.: Машиностроение, 2004. 352 с.
3. Чарыков В.И., Соколов С.А., Евдокимов А.А. Ресурсосберегающая технология и технические средства восстановления эксплуатационных свойств смазочно-охлаждающих жидкостей // Тракторы и сельхозмашины. 2016. № 3. С. 33-36.
4. 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. С. 5.
5. Булыжев 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.
6. 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.
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. 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. 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

б) периодической (8 ч в сутки и 56 ч в неделю по выходным дням) очистки СОЖ от тонких механических примесей и нефтепродуктов.

7. Для предотвращения залповых сбросов СОЖ на разложение необходима разработка программы с организационными мероприятиями и формирование оперативной группы сотрудников по ее реализации при оснащении соответствующим оборудованием для мониторинга ситуации в ЦСП в режиме *on-line*. Кроме того, в ближайшие 3-5 лет целесообразно организовать субсчет по расходам на СиПС СОЖ для их непрерывного мониторинга.

- 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. Байрамов М.Р., Аскарлова Г.М., Мехтиева Г.М. Синтез и исследование 1-алкенил-2-пропаргилокси-3-аминометилбензолов в качестве ингибиторов кислотной коррозии и антимикробных присадок к смазочно-охлаждающим жидкостям // Журнал прикладной химии. 2020. Т. 93, вып. 11. С. 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. Худобин Л.В., Бердичевский Е.Г. Техника применения смазочно-охлаждающих средств в металлообработке. М.: Машиностроение, 1977. 190 с.
 18. Худобин Л.В., Булыжев 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 // Водоочистка. 2017. № 9. С. 59-63.

References

1. Lubricating and cooling technological means: справ. / под обшchej ред. Л.В. Худобина. М.: Mashinostroenie, 2006. 543 p.
2. Bulyzhev E.M., Hudobin L.V. The resource-saving application of cutting fluids when processing metals. М.: Mashinostroenie, 2004. 352 p.
3. 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
4. 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.
5. 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: Lик, 2023. P. 358-363.
6. 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.

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^{1а}, Л.В. Худобин^{1б}, Ю.Б. Алякин^{2с}

¹ Ульяновский государственный технический университет, ул. Северный Венец, 32, Ульяновск, Россия

² Ульяновский государственный университет, ул. Льва Толстого, 42, Ульяновск, Россия

^а eugbul1946@gmail.com, ^б eugbul1946@gmail.com, ^с kontro73@yandex.ru

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