

УДК 621.65, 532.542

doi: 10.18698/0536-1044-2023-6-72-78

## Эффективность насоса системы подачи смазочно-охлаждающей жидкости

Н.Л. Великанов, В.А. Наумов

Калининградский государственный технический университет

## Efficiency of the pump in the lubricating and cooling fluid supply system

N.L. Velikanov, V.A. Naumov

Kaliningrad State Technical University

Охлаждение и смазка являются важнейшими процессами при выполнении таких операций, как резка, сверление и шлифование заготовок из металла. При обработке изделия необходимо доставлять смазочно-охлаждающую жидкость в зону работы инструмента в нужном объеме, что обеспечивают насос и соединительный трубопровод. Работа насоса существенным образом зависит от свойств смазочно-охлаждающей жидкости, в частности от ее вязкости, которая влияет на подачу, напор и затраты энергии. Предложен алгоритм определения гидравлических характеристик насоса при подаче смазочно-охлаждающей жидкости. В качестве примера рассмотрены погружные вертикальные центробежные насосы, разработанные для применения в системах охлаждения и подачи смазочно-охлаждающей жидкости станков. Приведены эмпирические зависимости напора, затраченной мощности, коэффициента полезного действия и показателя удельных энергетических затрат насоса от подачи воды. Полученные зависимости пересчитаны для условий работы насоса с жидкостями, вязкость которых значительно выше, чем у воды. Показано, что вязкость существенно меняет характеристики насоса при его работе в сети.

**Ключевые слова:** погружной центробежный насос, смазочно-охлаждающая жидкость, кинематическая вязкость, напорная характеристика

Cooling and lubrication are the most important processes in such operations as the metal workpiece cutting, drilling and grinding. It becomes necessary in machining a workpiece to supply the lubricating and cooling fluids to the tool operation zone in the required amount, which is provided by the pump and the connecting pipeline. Pump operation essentially depends on properties of the lubricating and cooling fluid, in particular, on its viscosity affecting the flow, pressure and energy costs. The paper propose an algorithm for determining the pump hydraulic characteristics, when supplying the lubricating and cooling fluid. As an example, the submersible vertical centrifugal pumps were considered designed for using in the machines cooling systems and systems supplying the lubricating and cooling fluid. Empirical dependences are presented of the pump head, consumed power, efficiency and indicator of the specific energy cost on the water supply. The obtained dependences were recalculated for the pump operating conditions with liquids, which viscosity was much higher than that of water. It is shown that viscosity significantly changes the pump characteristics during its operation in the network.

**Keywords:** submersible centrifugal pump, lubricating and cooling fluid, kinematic viscosity, head characteristic

Работа системы подачи смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) зависит от свойств СОЖ, материалов и геометрических характеристик трубопроводов и параметров насоса. Так как повышение эффективности насоса системы подачи СОЖ является актуальной задачей, ее решению посвящены многие современные работы.

В статье [1] изучено влияние условий охлаждения и смазки на трибологические характеристики СОЖ при высоком контактном давлении. Исследованы сухое состояние, жидкий азот, снег из двуокиси углерода и две жидкости разного типа для обработки металлов при минусовой температуре. Установлено, что использование криогенных сред существенно снижает тепловую нагрузку.

Хорошие теплофизические, реологические и трибологические свойства показывают наножидкости, вследствие чего их необходимо исследовать [2].

Технологический процесс резки представляет собой многопараметрическую открытую термодинамическую систему. По результатам исследования [3] сделаны выводы о том, что применение СОЖ существенно изменяет характер протекания трибологических процессов в контактной зоне и определяет состояние диссипативных структур. Совместное воздействие покрытия и СОЖ на режущий инструмент оказывает синергетическое влияние на состояние диссипативных структур, что позволяет более эффективно управлять режущим инструментом, обеспечивает долговечность и качество обработанной поверхности [3].

При механической обработке СОЖ вносит значительный вклад в себестоимость продукции, 15...20 % общих затрат на обработку приходится на охлаждение и смазку, поэтому в настоящее время проводятся исследования, направленные на снижение расхода СОЖ [4, 5]. Это поможет не только повысить производительность и экологичность обработки, но и уменьшить ее стоимость. Технология смазки в минимальном количестве снижает стоимость СОЖ.

В работе [4] определено влияние глубины резания, скорости вращения шпинделя и подачи на усилие резания при торцевом фрезеровании алюминия с использованием базовой жидкости и гибридной наножидкости. Причем при обработке с гибридной наножидкостью сила резания оказалась выше, чем при фрезеровании с базовой жидкостью [4].

Полимерные композиционные материалы (ПКМ), армированные углеродным волокном (углепластиком), получили широкое применение в различных областях промышленности (включая аэрокосмическую и автомобильную), благодаря их исключительным физическим и механическим свойствам [6].

Вследствие неоднородности структуры ПКМ их обработка часто оказывается более сложной, чем резание металлов. В частности, наиболее распространенный способ сборки компонентов — сверление — нередко является самой ответственной операцией, особенно в аэрокосмическом секторе, где требуются детали высочайшего качества и целостности поверхности. Обычно все ПКМ обрабатываются в сухих условиях.

Несмотря на недостатки, связанные с сухим сверлением (например, плохая шероховатость поверхности), существует необходимость в разработке процессов, позволяющих получать детали хорошего качества, демонстрирующие улучшенную целостность поверхности.

В работе [6] сделан вывод, что сверление углепластикового материала с использованием охлаждающей жидкости (смазки) превосходит сухое сверление за счет получения деталей более высокого качества. В статье [7] выявлено значительное влияние геометрических характеристик рабочего инструмента и условий охлаждения на целостность поверхности углепластиков.

Жаропрочный сплав Инконель 718 трудно поддается механической обработке из-за его высокой ударной вязкости и хорошей прокаливаемости. Установлено [8], что такая обработка более эффективна при добавлении графена в СОЖ.

Продолжаются исследования различных аспектов применения СОЖ в современных станках [9]. Подача СОЖ осуществляется с помощью специальных центробежных насосов. В статьях [10, 11] гидравлический расчет выполнен для СОЖ малой вязкости, сравнимой с водой.

Цель работы — исследование влияния кинематической вязкости на работу насоса системы подачи СОЖ.

Представленные в настоящее время на рынке насосы предназначены, как правило, для подачи СОЖ с кинематической вязкостью 1...90 мм<sup>2</sup>/с.

Наибольшее распространение на современном производстве получили масляные эмуль-

сии, синтетические и полусинтетические СОЖ [12, 13]. Их вязкость может быть довольно высокой, изменяясь в широких пределах в зависимости от состава и температуры. Например, кинематическая вязкость СОЖ Houghton Garia 601 M-22 составляет 55, 22 и 4,5 мм<sup>2</sup>/с при температуре 20, 40 и 100 °С соответственно [14]. Имеются также и аналоги российского производства с высокой кинематической вязкостью.

СОЖ, модифицированные дисперсными наполнителями, проявляют свойства неньютоновской жидкости, у которой кинематическая вязкость зависит от градиента скорости течения  $\omega$ . При достаточно больших значениях градиента (например, при  $\omega > 20 \text{ с}^{-1}$  [15]) свойства таких СОЖ и ньютоновских жидкостей не различаются. Поэтому будем использовать расчетные методы для ньютоновских жидкостей.

**Методы исследования.** Производители насосов для подачи СОЖ [16, 17] размещают в открытом доступе результаты их испытаний, как правило, на воде. Так, в каталоге [16] указано, что приведенные рабочие характеристики насоса справедливы для СОЖ с кинематической вязкостью не более 5 мм<sup>2</sup>/с.

Исследуем рабочие характеристики вертикального центробежного насоса (далее насос) AST-30 [17]. Насосы серии AST специально разработаны для применения в системах охлаждения и подачи СОЖ станков.

Рабочие характеристики насоса AST-30 при перекачивании воды с частотой вращения ротора  $n = 3200 \text{ мин}^{-1}$  ( $53,3 \text{ с}^{-1}$ ) приведены на рис. 1. Расчетные зависимости напора  $H$  и затраченной мощности  $N$  насоса от подачи воды  $Q$ , как и в статье [11], получены путем

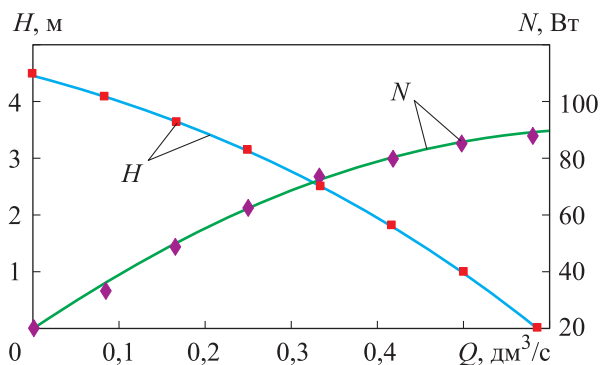


Рис. 1. Зависимости напора  $H$  и затраченной мощности  $N$  насоса AST-30 от подачи воды  $Q$  при температуре  $T = 20^\circ\text{C}$ : точки — данные испытаний [17]; линии — результаты расчета по выражению (1)

аппроксимации многочленами второго порядка

$$H = H_0 + a_1Q + a_2Q^2, \quad N = N_0 + b_1Q + b_2Q^2, \quad (1)$$

где  $H_0, a_1, a_2, N_0, b_1, b_2$  — эмпирические константы, подобранные по результатам испытаний.

На сайтах производителей отсутствуют показатели энергетической эффективности насоса (КПД)  $\eta$  и показатель удельных энергетических затрат (УЭЗ)  $E$ . Их можно рассчитать по выражениям

$$\eta = 100Qp/N; \quad E = N/Q, \quad (2)$$

где  $p$  — давление на выходе насоса.

Зависимости КПД  $\eta$  и УЭЗ  $E$  насоса AST-30 от подачи воды  $Q$  при температуре 20 °С, полученные путем расчета по выражениям (2), показаны на рис. 2.

Как видно из рис. 2, КПД насоса AST-30 невысок. КПД, составляющий 13,7 %, достигается при подаче воды  $Q = 0,233 \text{ дм}^3/\text{с}$ . При большей подаче воды КПД насоса AST-30 ухудшается (падает), в то время как УЭЗ продолжает улучшаться (уменьшаться).

Пересчитаем рабочие характеристики AST-30 на перекачивание СОЖ Houghton Garia 601 M-22 при температуре  $T = 20^\circ\text{C}$ , кинематической вязкости  $\nu = 55 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$  и плотности  $\rho = 882 \text{ кг}/\text{м}^3$  в соответствии с рекомендациями государственного стандарта [18].

При перекачивании воды с наибольшим КПД  $\eta_{0w} = 0,137$  насос имеет следующие параметры:  $Q_{0w} = 0,839 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;  $H_{0w} = 3,238 \text{ м}$ ;  $N_{0w} = 53,7 \text{ Вт}$ . По формулам, приведенным в работе [18], определяем значения аналогов числа Рейнольдса  $Re_q$  и коэффициента быстроходности  $n_q$ :

$$Re_q = \frac{\sqrt[3]{Q_{0w}^2 n}}{\nu} = \frac{\sqrt[3]{0,839^2 \cdot 3200}}{55} = 0,239;$$

$$n_q = \frac{n \left( \frac{Q_{0w}}{3600} \right)^{0,5}}{H_{0w}^{0,75}} = \frac{3200 \left( \frac{0,839}{3600} \right)^{0,5}}{3,238^{0,75}} = 20,29.$$

Вспомогательный параметр

$$B = \frac{16,5}{\sqrt[12]{60 n_q \sqrt{Re_q}}} = \frac{16,5}{\sqrt[12]{60 \cdot 20,29 \cdot \sqrt{0,239}}} = 18,69.$$

Проверяем выполнение всех ограничений применения методики [18]: жидкость можно считать ньютоновской; кинематическая вяз-

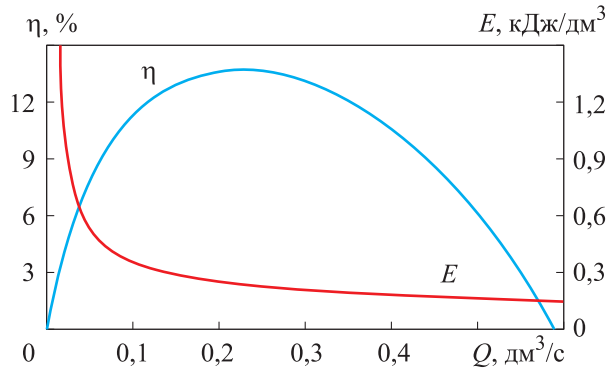


Рис. 2. Зависимости КПД  $\eta$  и УЭЗ  $E$  насоса AST-30 от подачи воды  $Q$  при температуре  $T = 20^\circ\text{C}$

кость жидкости, на которую проводим пересчет, составляет  $1 \dots 3000 \text{ мм}^2/\text{с}$ ; при работе насоса на воде в точке максимального КПД подача  $Q_{0w}$  должна составлять  $0,6 \dots 260,0 \text{ м}^3/\text{ч}$ ; коэффициент быстроходности  $n_q < 60$ ; напор  $H_{0w} = 3 \dots 130 \text{ м}$ ; значение вспомогательного параметра удовлетворяет неравенству  $1 < B < 40$ .

Поправочные коэффициенты вычисляем следующим образом:

$$C_H = C_Q = \exp[-0,165(\log B)^{3,15}] = 0,703; \quad (3)$$

$$C_\eta = B^{-0,0547B^{0,69}} = 0,299.$$

**Результаты исследования и их обсуждение.**

Согласно формуле (3), в точке максимального КПД напор и подача составят 70,3 % значений аналогичных параметров при перекачивании воды:  $Q_0 = 0,164 \text{ дм}^3/\text{с}$ ;  $H_0 = 2,271 \text{ м}$ . Максимальный КПД при перекачивании столь вязкой СОЖ  $\eta_0 = 4,1 \%$ . Отсюда с учетом плотности СОЖ затраченная мощность возрастет до  $N_0 = 131 \text{ Вт}$ . Следовательно, показатель УЭЗ увеличится с 230 до  $\sim 800 \text{ Дж}/\text{дм}^3$ .

Результаты пересчета для других значений вязкости СОЖ, выполненного аналогичным образом, приведены на рис. 3.

Как видно из рис. 3, а и б, увеличение кинематической вязкости СОЖ приводит к повышению затраченной мощности насоса и уменьшению его подачи и напора  $H$ , т. е. ПЭЭ ухудшаются (КПД падает, УЭЗ растут).

С ростом подачи СОЖ КПД насоса сначала возрастает, достигая максимума, а затем постепенно снижается (рис. 3, в). Тогда как УЭЗ (рис. 3, г) продолжает уменьшаться (а энергетическая эффективность насоса повышаться) и после прохождения максимума КПД. При подборе насоса необходимо учитывать этот факт.

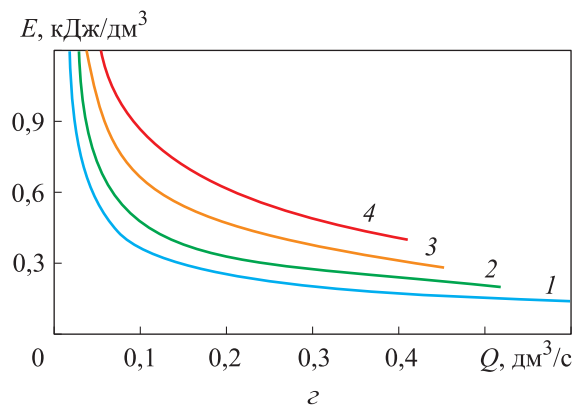
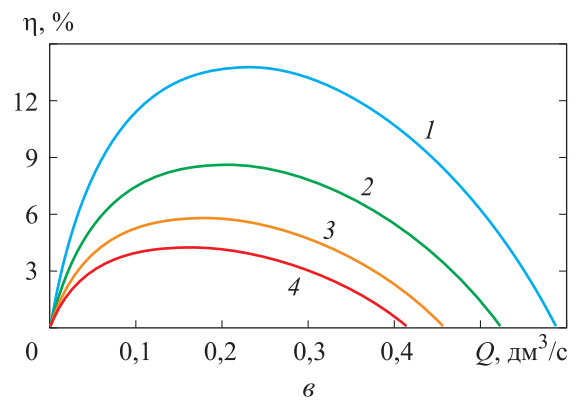
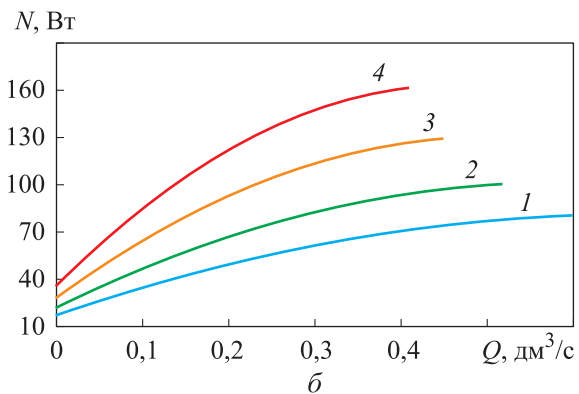
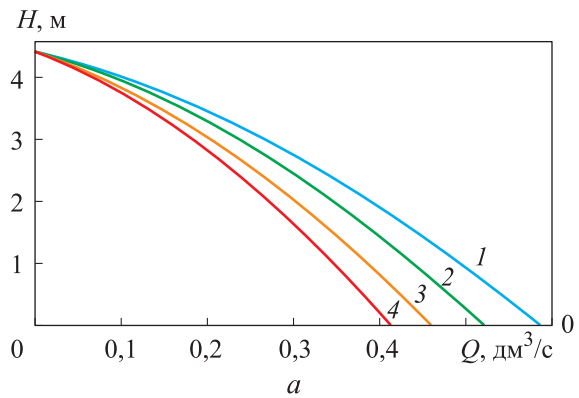


Рис. 3. Зависимости напора  $H$  (а), затраченной мощности  $N$  (б), КПД  $\eta$  и УЭЗ  $E$  насоса AST-30 от подачи СОЖ  $Q$  при различных значениях ее кинематической вязкости:  
 1 —  $\nu = 1 \text{ мм}^2/\text{с}$  (вода); 2 —  $\nu = 10 \text{ мм}^2/\text{с}$ ;  
 3 —  $\nu = 30 \text{ мм}^2/\text{с}$ ; 4 —  $\nu = 55 \text{ мм}^2/\text{с}$

## Выводы

1. Кинематическая вязкость жидкости существенным образом влияет на работу системы подачи СОЖ. В частности, у насоса снижаются подача, напор и повышается затраченная мощность. Это приводит к уменьшению КПД и увеличению удельных энергетических затрат.

2. При фиксированной кинематической вязкости с ростом подачи КПД сначала возрастает, достигая максимума, а затем убывает. В то же время удельные энергетические затраты продолжают падать и после прохождения максимума КПД.

3. Использование полученных результатов позволит более обосновано подбирать насос в системе подачи СОЖ на стадии проектирования.

## Литература

- [1] Basten S., Seis L., Oehler M. et al. Tribological behaviour of AISI 4140 and WC-Co carbides during dry condition, using cryogenic media, and sub-zero metalworking fluids at high contact stresses. *Wear*, 2023, vol. 512–513, art. 204525, doi: <https://doi.org/10.1016/j.wear.2022.204525>
- [2] Patel J., Soni A., Barai D.P. et al. A minireview on nanofluids for automotive applications: current status and future perspectives. *Appl. Therm. Eng.*, 2023, vol. 219-A, art. 119428, doi: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2022.119428>
- [3] Mokriskij B.Ya., Morozova A.V. Controlling the parameters of the cutting technological system by the dissipative structures state. ICIE 2022. *Springer*, 2022, pp. 934–943, doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-031-14125-6\\_91](https://doi.org/10.1007/978-3-031-14125-6_91)
- [4] Tiwari R.Sh., Vats P., Singh T. et al. An investigation on effect of hybrid nanofluids in end milling of aluminium 6061 alloy. In: *Advances in mechanical and energy technology*. Springer, 2022, pp. 85–97, doi: [https://doi.org/10.1007/978-981-19-1618-2\\_9](https://doi.org/10.1007/978-981-19-1618-2_9)
- [5] Urmi W.T., Rahman M.M., Safiei W. et al. Effects of minimum quantity lubrication technique in different machining processes — a comprehensive review. *J. Adv. Res. Fluid Mech. Therm. Sci.*, 2022, vol. 90, no. 2, pp. 135–159, doi: <https://doi.org/10.37934/arfmts.90.2.135159>
- [6] Nagaraj A., Uysal A., Gururaja S. et al. Analysis of surface integrity in drilling carbon fiber reinforced polymer composite material under various cooling/lubricating conditions. *J. Manuf. Process.*, 2022, vol. 82, pp. 124–137, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2022.07.065>
- [7] Rodriguez I., Soriano D., Ortiz-De-Zarate G. et al. Effect of tool geometry and lco<sub>2</sub> cooling on cutting forces and delamination when drilling CFRP composites using PCD tools. *Procedia CIRP*, 2022, vol. 108, pp. 752–757, doi: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.03.116>
- [8] Maddamasetty A., Bodduru K., Bevara S. et al. Performance evaluation of graphene added nanofluids and self-lubricating tools in machining Inconel 718. *World Journal of Engineering*, 2022, vol. 19, no. 4, pp. 583–593, doi: <https://doi.org/10.1108/WJE-02-2021-0074>
- [9] Лебедев В.А., Алиев М.М., Тороп Ю.А. Оценка влияния смазочно-охлаждающих средств на протекание диссипативных процессов трения и резания материалов. *Трение и износ*, 2022, т. 43, № 2, с. 160–167.
- [10] Великанов Н.Л., Наумов В.А., Корягин С.И. Гидравлический расчет системы подачи смазочно-охлаждающей жидкости в зону обработки материала. *Вестник машиностроения*, 2017, № 10, с. 70–74.
- [11] Великанов Н.Л., Наумов В.А., Корягин С.И. Исследование характеристик центробежных погружных насосов. *Вестник машиностроения*, 2018, № 4, с. 3–6.
- [12] Виноградов Д.В. *Основные виды смазочно-охлаждающих технологических средств, применяемых при резании металлов*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. 96 с.
- [13] 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, doi: <http://dx.doi.org/10.18698/2308-6033-2017-2-1591>
- [14] Медведева В.В. Реологические особенности смазочных материалов содержащих дисперсные наполнители на основе гидросиликатов магния. *Научно-технические ведом-*

- мости СПбПУ. *Естественные и инженерные науки*, 2017, т. 23, № 4, с. 141–148, doi: <https://doi.org/10.18721/JEST230414>
- [15] Houghton Garia 601 M-22. *quaker-houghton.ru: веб-сайт*. URL: <https://quaker-houghton.ru/products/oils/garia/garia-601-m22/> (дата обращения: 09.09.2022).
- [16] Catalog of Sacemi electric pumps. *sacemigamar.com: веб-сайт*. URL: <https://www.sacemigamar.com/en/download/> (дата обращения: 09.09.2022).
- [17] Погружные вертикальные центробежные насосы серии AST. *gra.by: веб-сайт*. URL: <https://gra.by/index.pl?act=PRODUCT&id=969> (дата обращения: 09.09.2022).
- [18] ГОСТ 33967–2016. *Насосы центробежные для перекачивания вязких жидкостей*. Поправки к рабочим характеристикам. Москва, Стандартинформ, 2017. 18 с.

## References

- [1] Basten S., Seis L., Oehler M. et al. Tribological behaviour of AISI 4140 and WC-Co carbides during dry condition, using cryogenic media, and sub-zero metalworking fluids at high contact stresses. *Wear*, 2023, vol. 512–513, art. 204525, doi: <https://doi.org/10.1016/j.wear.2022.204525>
- [2] Patel J., Soni A., Barai D.P. et al. A minireview on nanofluids for automotive applications: current status and future perspectives. *Appl. Therm. Eng.*, 2023, vol. 219-A, art. 119428, doi: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2022.119428>
- [3] Mokriskij B.Ya., Morozova A.V. Controlling the parameters of the cutting technological system by the dissipative structures state. ICIE 2022. *Springer*, 2022, pp. 934–943, doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-031-14125-6\\_91](https://doi.org/10.1007/978-3-031-14125-6_91)
- [4] Tiwari R.Sh., Vats P., Singh T. et al. An investigation on effect of hybrid nanofluids in end milling of aluminium 6061 alloy. In: *Advances in mechanical and energy technology*. Springer, 2022, pp. 85–97, doi: [https://doi.org/10.1007/978-981-19-1618-2\\_9](https://doi.org/10.1007/978-981-19-1618-2_9)
- [5] Urmi W.T., Rahman M.M., Safiei W. et al. Effects of minimum quantity lubrication technique in different machining processes — a comprehensive review. *J. Adv. Res. Fluid Mech. Therm. Sci.*, 2022, vol. 90, no. 2, pp. 135–159, doi: <https://doi.org/10.37934/arfmts.90.2.135159>
- [6] Nagaraj A., Uysal A., Gururaja S. et al. Analysis of surface integrity in drilling carbon fiber reinforced polymer composite material under various cooling/lubricating conditions. *J. Manuf. Process.*, 2022, vol. 82, pp. 124–137, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2022.07.065>
- [7] Rodriguez I., Soriano D., Ortiz-De-Zarate G. et al. Effect of tool geometry and lco2cooling on cutting forces and delamination when drilling CFRP composites using PCD tools. *Procedia CIRP*, 2022, vol. 108, pp. 752–757, doi: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.03.116>
- [8] Maddamasetty A., Bodduru K., Bevara S. et al. Performance evaluation of graphene added nanofluids and self-lubricating tools in machining Inconel 718. *World J. Eng.*, 2022, vol. 19, no. 4, pp. 583–593, doi: <https://doi.org/10.1108/WJE-02-2021-0074>
- [9] Lebedev V.A., Aliev M.M., Torop Yu.A. Evaluation of the influence of lubricating and cooling agents on the course of dissipative processes and cutting of materials. *Trenie i iznos*, 2022, vol. 43, no. 2, pp. 160–167. (In Russ.). (Eng. version: *J. Frict. Wear*, 2022, vol. 43, no. 1, pp. 108–113, doi: <https://doi.org/10.3103/S1068366622020076>)
- [10] Velikanov N.L., Naumov V.A., Koryagin S.I. Hydraulic analysis of coolant-cutting fluid feed to material processing zone. *Vestnik mashinostroeniya*, 2017, no. 10, pp. 70–74. (In Russ.).
- [11] Velikanov N.L., Naumov V.A., Koryagin S.I. Research of characteristics of centrifugal submersible pumps. *Vestnik mashinostroeniya*, 2018, no. 4, pp. 3–6. (In Russ.).
- [12] Vinogradov D.V. *Osnovnye vidy smazочно-okhlazhdayushchikh tekhnologicheskikh sredstv, primenyaemykh pri rezanii metallov* [The main types of lubricants and coolants used in metal cutting.]. Moscow, Bauman MSTU Publ., 2018. 96 p. (In Russ.).
- [13] Kireynov A.V., Esov V.B. Contemporary trends in cutting fluid usage for high-performance machining of materials with poor machinability. *Inzhenernyy zhurnal: nauka i innovatsii* [Engineering Journal: Science and Innovation], 2017, no. 2, doi: <http://dx.doi.org/10.18698/2308-6033-2017-2-1591> (in Russ.).

- [14] Medvedeva V.V. The rheological features of lubricating materials containing dispersed fillers based on hydrosilicates of magnesium. *Nauchno-tehnicheskie vedomosti SPbPU. Estestvennye i inzhenernye nauki* [St. Petersburg state polytechnic university journal of engineering science and technology], 2017, vol. 23, no. 4, pp. 141–148, doi: <https://doi.org/10.18721/JEST230414> (in Russ.).
- [15] Houghton Garia 601 M-22. *quaker-houghton.ru: website*. URL: <https://quaker-houghton.ru/products/oils/garia/garia-601-m22/> (accessed: 09.09.2022).
- [16] Catalog of Sacemi electric pumps. *sacemigamar.com: website*. URL: <https://www.sacemigamar.com/en/download/> (accessed: 09.09.2022).
- [17] Pogruznye vertikalnye tsentrobezhnye nasosy serii AST [AST series submersible vertical centrifugal pumps]. *gpa.by: website*. URL: <https://gpa.by/index.pl?act=PRODUCT&id=969> (accessed: 09.09.2022). (In Russ.).
- [18] GOST 33967–2016. *Nasosy tsentrobezhnye dlya perekachivaniya vyazkikh zhidkostey. Popravki k rabochim kharakteristikam* [State standard GOST 33967-2016. Centrifugal pumps pumping viscous liquids. Corrections for operating characteristics]. Moscow, Standartinform Publ., 2017. 18 p. (In Russ.).

Статья поступила в редакцию 24.12.2022

## Информация об авторах

**ВЕЛИКАНОВ Николай Леонидович** — доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой судостроения, судоремонта и морской техники. Калининградский государственный технический университет (236000, Калининград, Российская Федерация, Советский проспект, д. 1, e-mail: [monolit8@yandex.ru](mailto:monolit8@yandex.ru)).

**НАУМОВ Владимир Аркадьевич** — доктор технических наук, профессор, профессор кафедры техносферной безопасности и природообустройства. Калининградский государственный технический университет (236000, Калининград, Российская Федерация, Советский пр-т, д. 1, e-mail: [van-old@mail.ru](mailto:van-old@mail.ru)).

## Information about the authors

**VELIKANOV Nikolai Leonidovich** — Doctor of Science (Eng.), Professor, Head of the Department of Shipbuilding, Ship Repair and Marine Technology. Kaliningrad State Technical University (236000, Kaliningrad, Russian Federation, Sovetsky Ave., Bldg. 1, e-mail: [monolit8@yandex.ru](mailto:monolit8@yandex.ru)).

**NAUMOV Vladimir Arkadievich** — Doctor of Science (Eng.), Professor, Professor of the Department of Technosphere Safety and Environmental Management. Kaliningrad State Technical University (236000, Kaliningrad, Russian Federation, Sovetsky Ave., Bldg. 1, e-mail: [van-old@mail.ru](mailto:van-old@mail.ru)).

### Просьба ссылаться на эту статью следующим образом:

Великанов Н.Л., Наумов В.А. Эффективность насоса системы подачи смазочно-охлаждающей жидкости. *Известия высших учебных заведений. Машиностроение*, 2023, № 6, с. 72–78, doi: 10.18698/0536-1044-2023-6-72-78

### Please cite this article in English as:

Velikanov N.L., Naumov V.A. Efficiency of the pump in the lubricating and cooling fluid supply system. *BMSTU Journal of Mechanical Engineering*, 2023, no. 6, pp. 72–78, doi: 10.18698/0536-1044-2023-6-72-78