

10.31653/smf343.2021.69-80

Сагін С.В.<sup>1</sup>, Столярик Т.О.<sup>2</sup>

Національний університет «Одеська морська академія»,

**АНАЛІЗ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК  
МОТОРНИХ МАСТИЛ СУДНОВИХ ДИЗЕЛІВ**saginsergii@gmail.com<sup>1</sup>, tymir@gmail.com<sup>2</sup>

Анотація. *Виконано аналіз експлуатаційних характеристик моторних мастил, що використовуються в системах мащення суднових дизелів. Наведені вимоги, які висувуються для мастил різного призначення. Запропоновано рекомендації щодо вибору моторних мастил для лубрикаторних та циркуляційних систем мащення суднових мало- і середньооборотових дизелів.*

*Abstract. The analysis of the performance characteristics of engine oils used in the lubrication systems of marine diesel engines is carried out. The requirements for oils for various purposes are given. Recommendations on the choice of engine oils for lubricating and circulating lubrication systems of marine low- and medium-speed diesel engines are proposed.*

**Постановка проблеми в загальному вигляді.** Проблеми довговічності, експлуатаційної надійності та мастила двигунів, механізмів та іншого обладнання є в даний час настільки актуальними і важливими у всьому світі, що дослідження в області створення, випробування, техніки і технології застосування мастильних матеріалів сформувалися в велике наукове напрямком. Досягнення в цій області найбезпосереднішим чином впливають на технічну та економічну ефективність використання техніки, в тому числі і судновий [1-3]. Суднові енергетичні установки (як головні, так і допоміжні) є порівняно невеликими споживачами мастильних матеріалів в загальному обсязі світового транспортно-енергетичного комплексу. Однак слід підкреслити, що моторні мастила, використовувані на судах морського і річкового транспорту, найбільшою мірою леговані присадками і відрізняються великим запасом якості за своїм первинним властивостям. Середній вміст присадок в суднових мастилах в кілька разів перевищує цей показник моторних мастил, що застосовуються в інших сферах техніки. Це пов'язано в першу чергу зі специфікою суднової техніки, високими робочими параметрами, застосуванням в головних і допоміжних двигунах нетрадиційних видів палив, що

обумовлює виключно високий рівень вимог до властивостей мастил [4-6]. Дуже важливими представляються питання, пов'язані з кваліфікованою оцінкою експлуатаційних властивостей судових моторних мастил. Використання досвіду, а також результатів експлуатації і випробувань мастил дозволяє внести певний внесок у подальший розвиток методів оцінки моторних якостей мастил судового призначення [7].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В даний час провідними в області розробки моторних мастил є цілий ряд міжнародних нафтових компаній (Mobil oil, Shell, ESSO, Castrol, BP, Agip, Nippon, Техасо та ін.). Між ними ведеться гостра конкурентна боротьба за ринки збуту нафтопродуктів [8-10]. Тому дослідні центри компаній постійно вишукують шляхи поліпшення якості мастил за рахунок вдосконалення їх складу. Особлива увага приділяється питанням економії мастил в процесі їх використання на судах, а також перспективам регенерації їх експлуатаційних властивостей. Надійна і довговічна експлуатація судових дизелів багато в чому залежить від якості застосовуваного моторного мастила. За останні 10 ... 15 років в зв'язку з різко посилюючись умовами експлуатації (високі робочі температури, збільшення наддуву, погіршення якості палива) проблеми, пов'язані з вибором і використанням мастил при високих цінах на світовому ринку, ще більш ускладнилися. Тенденціями розвитку судового дизелебудування впливають на зміну техніко-експлуатаційних вимог до судових моторних мастил, а також методів випробування мастил [11]. Суднові моторні мастила поділяються на три види за призначенням і області застосування:

1) циліндрові мастила, якими змащуються циліндри судових малооборотових дизелів (МОД) крейцкопфного типу – лужне число 30 ... 70 мгКОН/г, клас в'язкості SAE40 або 50 [12-13];

2) мастила для мащення судових середньооборотових дизелів (СОД) – лужне число 10 ... 40 мгКОН/г, клас в'язкості SAE30 або 40 [14-15];

3) мастила, що застосовуються в циркуляційних системах змащення головних (крейцкопфних), і деяких допоміжних (тронкових) судових дизелів – лужне число 5 ... 15 мгКОН/г, клас в'язкості SAE30 [16-17].

До мастил кожного виду висуваються принципово різні вимоги, обумовлені різними сферами використання і умовами роботи: температурними, навантажувальні, контактом з агресивним середовищем,

кількістю мастила що надходить до вузлів тертя і т.і. Однак і всередині кожного виду властивості мастила можуть значно відрізнятися, що пов'язано з відмінностями конструкцій; форсуванням за робочим процесом; наддувом; якістю палива, яке застосовується в однотипних двигунах, наприклад, в крейцкопфних або тронкових. Це і визначає рівень вимог до найважливіших експлуатаційних властивостей суднових моторних мастил.

**Постановка завдання.** Виконати оцінку експлуатаційних характеристик моторних мастил, що використовуються в системах мащення суднових двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ).

**Виклад основного матеріалу.** Проблеми, пов'язані з необхідністю розробки нових циліндрових мастил, виникли ще на початку 60-х років минулого століття та були пов'язані з появою на морських судах МОД з наддувом і переведенням їх роботи на економічно вигідні палива підвищеної в'язкості. Відповіддю на посилення умов роботи мастил і потреби в наданні їм відповідних властивостей нафтовими компаніями було створення декількох спеціальних циліндрових мастил з вихідним лужним числом 40 ... 50 мгКОН/г, здатних певною мірою знизити несприятливі наслідки форсування наддувом МОД і використання в них палив низької якості, що впливають на зниження ресурсу циліндропоршневої групи (ЦПГ). Подальші тенденції в експлуатації суднових МОД були пов'язані з широким застосуванням в них ще більш важких палив з високим вмістом сірки та інших небажаних компонентів. Лужні циліндрові мастила першого покоління вже перестали відповідати зростим вимогам до їх властивостей, в першу чергу до протизносних, миючих і нейтралізуючих. У цей період провідними зарубіжними нафтовими компаніями (Mobil oil, Shell, ESSO, Texaco, Castrol і ін.) були розроблені і випущені на ринок циліндрові мастила з рівнем лужних чисел 60 ... 70 мгКОН/г, що перевершували за своїми експлуатаційними властивостями мастила першого покоління. Високолужні циліндрові мастила другого покоління тривалий час успішно застосовувалися в форсованих суднових МОД в умовах експлуатації на паливах в'язкістю 120 ... 320 сСт при 50 °С з вмістом сірки до 3 ... 4 % [18]. Експлуатація суднових дизелів на подібних сортах палива і мастила проводилася до початку нинішнього століття, коли морський та річковий транспорт став поповнюватися суднами з довгоходовими моделями двотактних дизелів, високофорсованими чотиритактними дизелями, а крім того, посилювалися вимоги до екологічних параметрів роботи суднових енергетичних установок

(СЕУ) в цілому і ДВЗ зокрема [19]. В даний час світове суднопластво, суднове дизелебудування, а також тенденції в зміні способів переробки нафти і якості палив, що поставляються для суден морського та річкового транспорту, вступили в новий етап розвитку, завдання якого полягають у значному підвищенні економічності енергетичних установок і забезпеченні можливості використання в них надважких палив, отриманих із залученням вторинних продуктів переробки нафти. Наслідком такого розвитку стало створення довгоходових і понад довгоходових моделей МОД, для яких характерне відношення ходу поршня до діаметру циліндра  $S/D$  до 4,0 ... 4,5, а в самих останніх моделях до 5,0. Довгоходові МОД відрізняються від двигунів з традиційними співвідношеннями  $S/D$ , зниженою частотою обертання на номінальній потужності, що забезпечує більш високий індикаторний коефіцієнт корисної дії (ККД) двигуна і пропульсивний ККД всієї установки [20]. Висока економічність таких двигунів досягнута і завдяки підвищенню максимального тиску згоряння та поліпшенню індикаторного процесу. Всі ці зміни прямо стосуються формування мастильної плівки на поверхні змащуваних деталей.

Аналіз сучасних тенденцій розвитку МОД показує, що для забезпечення необхідної довговічності і надійності сучасних двигунів, до циліндрового мастила висуваються особливі вимоги, багато в чому більш жорсткі, ніж ті, які висувалися для МОД попередніх моделей. Зокрема, вимоги до забезпечення плинності мастила і змачуємості металевих поверхонь набувають нового значення, якщо врахувати, що менше 1 г мастила подається в циліндр двигуна за кожен оберт колінчастого вала, при цьому площа змащувальної поверхні становить до 10 ... 12 м<sup>2</sup>, а хід поршня до 4,0 м. Ці властивості повинні забезпечувати рівномірність розподілу мастила по втулці циліндра. У довгоходових МОД збільшено в порівнянні зі звичайними МОД час знаходження мастильної плівки до її поновлення на поверхні втулки, в результаті чого мастило повинне витримувати більші термічні навантаження, виконуючи необхідні функції. Одним з найважливіших завдань є забезпечення товщини і міцності мастильної плівки в умовах низьких швидкостей поршня, наприклад, при русі суден на економічних ходах, що досить широко поширене в сучасному суднопластві. Висока потужність, яка припадає на одиницю робочого об'єму циліндрів сучасних МОД, дає велике тепловиділення, значна частка якого сприймається мастильною плівкою. При недостатній термічній і окислювальній стабільності мастила створюються передумо-

ви для підвищення утворення нагарів в зоні поршневих кілець, що знижує ресурс ЦПГ. Тому мастило повинне мати достатній ступень детергентності (миючих властивостей) і високу термоокислювальну стабільність. Таким чином, якісний стрибок у розвитку судових ДВЗ, безпосереднім чином вплинув на зміну вимог до циліндрових мастил і висунув завдання створення нового покоління мастил, що відповідає їм. В оцінці умов роботи циліндрового мастила не менш важливим фактором, ніж прогрес в розвитку МОД, є якість застосовуваних палив. Протягом останніх років 10 ... 15 років особливості застосування палив в СЕУ зазнали значних змін – знизилася споживання палив, отриманих з використанням вторинних процесів: термічного і каталітичного крекінгу і ін. Поглиблення переробки нафти спричинило ускладнення залишкових і дистилатів компонентів. При цьому спостерігається збільшення густини палив навіть при постійній їх в'язкості. В процесі експлуатації в'язкість палива піддається ефективному регулюванню шляхом зміни його температури; що стосується густини, то через порівняно слабку її залежність від температури, цей важливий показник палива залишається практично незмінним в процесі підготовки палива до використання в дизелі. Суднові МОД і системи обробки палива сучасних суден модифіковані на застосування надважких палив з в'язкістю до 750 сСт при 50 °С і густиною до 1010 кг/м<sup>3</sup>. Особливості умов роботи циліндрового мастила на поверхні деталей ЦПГ при використанні палив з високою в'язкістю та густиною визначаються більш тривалим згорянням палива на лінії розширення, високим ступенем термічного впливу на мастильну плівку, попаданням на її поверхню великої кількості сажі в результаті неповноти згоряння, потрапляння крапельок незгорілого палива в плівку через збільшення дальності розпилення палива великої густини. Такий процес змішування частинок, що знаходяться на поверхні циліндра, чинить негативний вплив на змащувальні властивості мастила, сприяє зниженню його термічної і термоокислювальної стабільності [21].

Використання важких і надважких палив в крейцкопфних дизелях зумовлює посилення вимог до ряду властивостей циліндрового мастила. Перш за все, це стосується забезпечення нейтралізуючої здатності, високої термоокислювальної стабільності та антинагарних властивостей мастила. Конструктивне вдосконалення МОД та посилення умов їх експлуатації формують основні вимоги, що висуваються до циліндрових мастил нового покоління:

мастило має володіти відповідною в'язкістю для забезпечення достатньої мастильної здатності при високих робочих температурах і в той же час швидко розтікатися по повертям, що труться;

створювати ефективне ущільнення між поршневими кільцями і втулкою циліндра;

знижувати до мінімальної величини тертя ковзання і забезпечувати високі антифрикційні властивості;

нейтралізувати сильні мінеральні кислоти, які утворюються під час спалювання палива, що містить сірку;

запобігати утворенню нагару в зоні поршневих кілець, вікнах втулки циліндра, на клапанах газорозподілу і забезпечувати рухливість кілець в процесі тривалої експлуатації;

спалюватися в циліндрі, залишаючи якомога менше нагару можливо більш м'якої консистенції.

Другим видом мастила, що застосовуються в крейцкопфних МОД, є циркуляційне для мащення рамових, мотильових і крейцкопфних підшипників, а також для охолодження поршнів. Функції цього мастила, крім мащення та охолодження, складаються в запобіганні корозії та іржавіння деталей (в тому числі і в присутності води), підтримці нерозчинних частинок в підвішеному стані (для забезпечення чистоти деталей картера двигуна), гарней водовіддалючої здатності, малої емульгуємості з водою, а також стійкості до окислення під час прокачування через високотемпературну зону поршнів. Принципова схема циркуляційної системи мащення судового МОД показана на рис. 1.

Як циркуляційні в основному застосовуються три типи мастил:

мастила з антикорозійними і антиокисними присадками;

мастила, що містять крім, цих присадок, ще й невелику кількість лугу до рівня лужного числа 5 ... 8 мгКОН/г;

мастила багатоцільового призначення з підвищеним вмістом присадок до рівня лужного числа 10 ... 12 мгКОН/г [22].

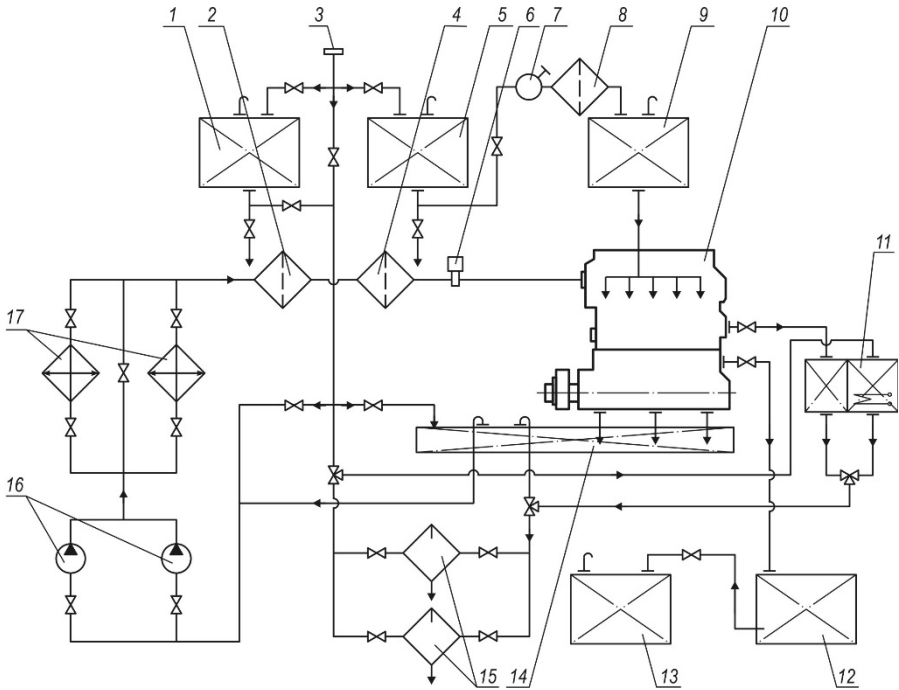


Рис.1. Склад циркуляційної системи мащення суднового МОД:

- 1 – цистерна циркуляційного мастила; 2, 4, 8 – масляний фільтр; 3 – прийом мастила з палуби;
- 5 – цистерна циліндрового мастила; 6 – терморегулятор; 7 – ручний насос; 9 – витратна цистерна циліндрового мастила; 10 – головний двигун; 11 – зливний бак мастила від сальників і штоків поршня; 12 – дренажний бак для ресивера продувочного повітря; 13 – грязевідстійник для сепараторів важкого палива; 14 – піддон циркуляційного мастила; 15 – масляні сепаратори; 16 – мастильні насоси; 17 – мастильні охолоджувачі

Перший тип циркуляційних мастил, що застосовується і до сих пір ефективний при роботі МОД на паливах з порівняно невисоким вмістом сірки (до 0,1 % по масі). Застосування сірчистих палив (з вмістом сірки до 0,5 % по масі) змушує використовувати мастила, що містять деяку кількість нейтралізують присадок (мастила другого типу). Циркуляційні мастила багатоцільового призначення з підвищеним вмістом присадок призначені та мащення СОД та високообе-

ртових дизелів. Використання таких мастил дає незаперечні переваги в порівнянні з іншими типами циркуляційних мастил в плані уніфікації асортименту і зручності в експлуатації. Останнім часом однак намітилася тенденція до відмови від їх застосування в дизель-генераторах у зв'язку з переведенням останніх на більш важкі палива і недостатності рівня миючих і нейтралізуючих властивостей багатопільових мастил.

Особливий клас представляють мастила для потужних суднових СОД, що експлуатується на важких паливах. Такі дизелі використовуються як головні двигуни, що передають свою потужність на гвинт, крок якого регулюється [23]. Більшість суднових СОД використовуються як допоміжні двигуни, які забезпечують привід електрогенераторів. Виконання мастилом в СОД сукупності функцій, які в МОД виконують два різних за рівнем моторних якостей мастила, висивають до нього особливі вимоги. Ці вимоги визначаються сучасним рівнем розвитку конструкцій і параметрів СОД. З порівняльного аналізу параметрів СОД слід, що розвиток СОД відбувається в напрямку збільшення відношення ходу поршня до діаметру циліндра, зниження частоти обертання, форсування по середньому ефективному тиску і середньої швидкості поршня, до збільшення циліндрової потужності. Таким чином, з точки зору умов роботи мастила в циліндрі вплив конструктивного розвитку СОД аналогічно впливу розвитку МОД, а саме: збільшення часу контакту мастильної плівки з робочими газами, зростання температури і механічного навантаження на плівку, накопичення сажі в плівці. Крім того, аналогічне МОД вплив на вимоги до мастил надає і безперервно погіршується якість застосовуваного палива. Звідси випливають і основні вимоги, що висиваються до властивостей мастил для змащення суднових СОД:

- запобігати утворенню відкладень на поршні і залягання поршне-вих кілець в канавках;

- забезпечувати достатню нейтралізующую здатність по відношенню до конденсованих кислот, що утворюється в результаті згоряння сірчистого палива;

- забезпечувати високу міцність мастильної плівки в умовах великих механічних навантажень на деталі тертя і запобігати їх знос;

- запобігати корозії підшипникових сплавів;

- запобігати утворенню низькотемпературного шламу в картері двигуна;



володіти здатністю витримувати великі концентрації сажі та інших нерозчинних забруднень, зберігаючи їх в дрібнодисперсному стані;

володіти високою водовидалюючою здатністю під час сепарації і малою емульгіруемістю з водою;

зберігати протягом тривалого часу досить високий рівень лужності, опірності окислення і детергентні [24-25].

Розвиток і зміна поколінь мастил та СОД аналогічно циліндровим мастил для МОД відбувалися внаслідок форсування і збільшення циліндричної потужності двигунів, їх переключенням на високосірчисті важкі палива. Щодо основних фізико-хімічних показників ці зміни проявилися в збільшенні вихідної в'язкості мастил від класу SAE30 до SAE40 (з підвищенням в'язкості 9 ... 13 до 20 ... 25 сСт при 100 °С) і вихідного лужного числа до 20 ... 30 мгКОН/г.

**Висновки і перспективи подальших досліджень.** Проведені дослідження дозволяють зробити наступні висновки.

Форсування суднових дизелів по циліндровій потужності призводить до підвищення теплової та механічної напруженості як деталей циліндро-поршневої групи, так і елементів кривошипно-шатунного механізму і колінчастого вала. Все це ускладнює умови роботи мастильного матеріалу, що знаходиться на поверхнях тертя.

Для підтримання експлуатаційних характеристик суднових моторних мастил їх легірують спеціальними хімічними речовинами, що забезпечують підвищені термоокислювальну і протизносні властивості.

Контроль експлуатаційних характеристик моторних мастил доцільний здійснювати не тільки в спеціальних лабораторіях, але і на борту судна, визначаючи в'язкостні та структурні параметри мастила.

### *ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ*

1. Sagin S.V., Kuropyatnik A.A. Application of the system of recirculation of exhaust gases for the reduction of the concentration of nitric oxides in the exhaust gases of the ship diesels // American Scientific Journal. – 2017. – № 15. – Iss. 2. – P. 67 - 71.

2. Заблоцький Ю.В. Підвищення паливної економічності суднових дизельних установок // Вісник Одеськ. нац. морск. ун-ту. : зб. наук. праць. – 2020. – № 2(62). – С. 106 - 119. DOI 10.47049/2226-1893-2020-1-106-119.

3. Карьянский С.А., Марьянов Д.Н. Обеспечение эксплуатационных характеристик высокоплотных технических жидкостей при их транспортировке морскими судами // Вісник Одеськ. нац. морск. ун-ту. : зб. наук. праць. – 2020. – Вип. 1(61). – С. 97 - 105. doi.org/10.47049/2226-1893-2020-1-97-105.

4. Сагин С.В., Мацкевич Д.В. Оптические характеристики граничных смазочных слоев масел, применяемых в циркуляционных системах судовых дизелей // Судовые энергетические установки: науч.-техн.сб. – 2011. – № 26. – Одесса : ОНМА. – С.116 - 125.

5. Popovskii A.Yu, Altoiz B.A., Butenko V.F. Structural Properties and Model Rheological Parameters of an ELC Layer of Hexadecane // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. – 2019. – № 92(3). – P. 703 - 709.

6. Popovskii A.Yu., Mikhaïlenko V.I. Properties of wall-adjacent epitropic liquid crystalline layers // Український фізичний журнал. – 2012. – № 57 (2). – С. 224 – 229.

7. Заблоцкий Ю.В., Куропятник А.А. Повышение топливной экономичности и экологических параметров работы судовых дизелей при использовании присадок к топливу // Austria-science. – 2017. – № 2.– С. 83 - 88.

8. Sagin S.V. Improving the performance parameters of systems fluids // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences, Vienna-2018. – № 7-8 (July-August). – P. 55 - 59. doi.org/10.29013/AJT-18-7.8-55-59.

9. Zablotsky Yu. V., Sagin S.V. Enhancing Fuel Efficiency and Environmental Specifications of a Marine Diesel When using Fuel Additives // Indian Journal of Science and Technology. – 2016. – Vol. 9. – Iss. 46. – P. 353 - 362. DOI: 10.17485/ijst/2016/v9i46/107516.

10. Zablotsky Yu.V., Sagin S.V. Maintaining Boundary and Hydrodynamic Lubrication Modes in Operating High-pressure Fuel Injection Pumps of Marine Diesel Engines // Indian Journal of Science and Technology. – 2016. – Vol. 9. – Iss. 20. – P. 208 - 216. DOI: 10.17485/ijst/2016/v9i20/94490.

11. Поповский А.Ю., Сагин С.В. Оценка эксплуатационных свойств смазочно-охлаждающих жидкостей судовых технических средств // Автоматизация судовых технических средств: науч.-техн. сб. – 2016. – Вып. 22. – С. 66 - 74.

12. Сагин С. В. Реология моторных масел при режимах пуска и реверса судовых малооборотных дизелей // Universum: Технические науки. – 2018. – Вып. 3(48). – С. 67 - 71.

13. Слободянюк Д.И., Колегаев М.А., Слободянюк И.М. Расклинивающее давление в тонких пленках цилиндрического масла на чугунных поршневых кольцах судовых дизелей // Проблемы техники: наук.-виробн. журнал. – 2013. – № 2. – Одесса: ОНМУ. – С. 43 - 51.

14. Заблоцкий Ю.В. Использование регулярного микрорельефа для оптимизации работы топливной аппаратуры высокого давления судовых дизелей // Судовые энергетические установки: науч.-техн. сб. – 2015. – № 36. – Одесса : НУ «ОМА». – С. 65 - 73.

15. Заблоцкий Ю.В. Исследование влияния органических покрытий на работу элементов топливной аппаратуры высокого давления судовых дизелей // Судовые энергетические установки: науч.-техн. сб. – 2015. – № 35. – Одесса: НУ «ОМА». – С. 83 - 92.

16. Мацкевич Д.В., Сагин С.В., Ханмамедов С.А. Изменение реологических характеристик смазочных материалов в циркуляционной масляной системе в процессе эксплуатации среднеоборотного двигателя // Судовые энергетические установки : науч.-техн. сб. – 2010. – Вып. 25. – Одесса : ОНМА. – С. 109 - 118.

17. Поповский Ю.М., Сагин С.В., Ханмамедов С.А., Гребенюк М.Н., Терегеря В.В. Влияние анизотропных жидкостей на работу узлов трения // Вестник машиностроения. – 1996. – № 6. – С. 7 - 11.

18. Сагин С.В., Солодовников В.Г. Применение ультразвуковой обработки топлива для снижения сернистого износа двигателя // Технические науки – от теории к практике. Сб. ст. по материалам XXXV междунар. науч.-практ. конф. № 6 (31). – Новосибирск : «СибАК», 2014. – С.42 - 48.

19. Заблоцкий Ю.В., Солодовников В.Г. Снижение энергетических потерь в топливной аппаратуре судовых дизелей // Проблемы техники: наук.-виробн. журнал. – 2013. – № 3. – Одесса: ОНМУ. – С. 46 - 56.

20. Будашко В.В., Онищенко О.А., Юшков Е.А. Физическое моделирование многофункционального пропульсивного комплекса // Зб. наук. праць Військової академії (м. Одеса): технічні науки. – 2014. – № 2. – С. 88 – 92.

21. Сагин С. В. Определение диапазона стратификации вязкости смазочного материала в трибологических системах судовых дизелей // Вісник Одеськ. нац. морск. ун-ту. : зб. наук. праць. – 2019. – Вип. 1(58). – С. 89 - 101.

22. Сагин С. В., Заблоцкий Ю. В. Влияние анизотропных жидкостей на работу узлов трения судовых дизелей // Проблемы техники : наук.-виробн. журнал. – 2012. – № 4. – Одесса : ОНМУ. – С. 68 - 81.

23. Сагин С.В. Оптимизация расхода высокощелочного цилиндрического масла судовых малооборотных дизелей // Universum: Технические науки : электрон. научн. журн. – 2016. – № 7 (28) . URL: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/3385>.

24. Сагин С.В., Заблоцкий Ю. В. Влияние анизотропных жидкостей на работу узлов трения судовых дизелей // Проблемы техники : наук.-виробн. журнал. – 2012. – № 4. – Одесса : ОНМУ. – С. 68 - 81.

25. Сагин С.В., Заблоцкий Ю.В. Определение триботехнических характеристик поверхностей по степени упорядоченности пристенных слоев углеводородных жидкостей // Проблемы техники : наук.-виробн. журнал. – 2011. – № 3. – Одесса : ОНМУ. – С. 78 - 88.