

Підвищення працездатності дизельних двигунів шляхом застосування нової моторної оливи Галол М-4042 ТД

К.І. Баранський, В.П. Пивовар

*10-й Хіммотологічний центр Міністерства оборони України,
Україна, 03115 Київ, вул. Відпочинку, 9а; факс: (044) 452-34-01*

Розглянуто основні вимоги до оливок, що застосовуються на сучасних високофорсованих дизельних двигунах та їх вплив на підвищення працездатності двигунів.

Ефективність використання техніки багато в чому залежить від якості мастильних матеріалів. Вона визначається їхньою роллю і значенням у підвищенні повноти використання енергії палива, забезпеченні безвідмовності, довговічності, підвищенні працездатності, збереженні машин і механізмів, зниженні трудоемкості обслуговування і приведенні техніки у робочий стан.

Повнота використання енергії буде тим більша, чим менше її затрати на подолання сил тертя в силових установках (двигунах), машинах і механізмах, які у бойових машинах можуть становити до 15–25 %. Особливо великі витрати енергії відбуваються в момент зрушення з місця і в екстремальних умовах експлуатації [1].

Одним із найважливіших напрямів (головним) зниження витрат енергії на подолання сил тертя є застосування оливок необхідної якості. Вирішення завдань підвищення надійності техніки нині все більш ускладнюється у зв'язку з тенденцією до збільшення швидкості навантажень, теплової напруженості при одночасному зменшенні габаритів виробів. Необхідно врахувати також, що сучасна військова техніка являє собою високоавтоматизовані системи і відмова в роботі окремих вузлів і деталей може бути причиною виходу із ладу всієї системи (виробу).

Часто військова техніка зберігається чи використовується періодично. Тому слід ставити підвищені вимоги щодо консерваційних властивостей мастильних матеріалів. На сьогодні світові втрати від корозійного руйнування орієнтовно оцінюються у 50–60 млрд дол. США на рік.

Вплив якості мастильних матеріалів на трудоемкість обслуговування, приведення техніки у робочий стан проявляється під час дозаправки і заміни оливи, сезонного обслуговування машин і механізмів, консервації та переконсервації техніки і озброєння.

Збільшення ресурсу роботи оливок, застосування всесезонних оливок скорочують зайнятість особового скла-

ду і підвищують боєготовність техніки. Найбільше поширення і практичне значення для забезпечення боєздатності техніки Збройних Сил України мають мастильні матеріали і пластичні мастила, які характеризуються певним рівнем експлуатаційних властивостей у відповідності до умов їх використання.

Умови застосування оливок у поршневих (особливо у дизельних) двигунах досить складні. Це пов'язано із функціональним призначенням оливок, великою різноманітністю умов роботи в різних вузлах тертя, значною величиною і періодичною дискретністю термічних і механічних навантажень.

Моторна олива виконує в повному обсязі усі основні властиві мастильним матеріалам функції. Вона зменшує зношування деталей, витрати енергії на тертя, відводить тепло, ущільнює зазори у циліндропоршневій групі механізмів, захищає метали від корозії.

Основними змащувальними вузлами і деталями поршневого двигуна є: корінні і шатунні підшипники, підшипники і шестерні розподільного валу, поршневі кільця і пальці, клапани. До найвідповідальніших вузлів змащування належать поршні-циліндри.

Масляні системи більшості сучасних поршневих двигунів є комбінованими. Найбільшого навантаження зазнають вузли, наприклад, підшипники колінчатого і розподільного валів, що змащуються під тиском, який утворює мастильний насос, а меншого – пари, такі, як поршень-циліндр, клапанний механізм та інші, внаслідок розбризкування оливи.

Постійний процес удосконалювання поршневих двигунів пов'язаний з підвищенням навантажень, швидкостей ковзання і температури вузлів тертя. У зоні компресійних кілець вони становлять 0,15–0,30 МПа, оливоз'ємних – 0,5–1,3, підшипників колінчатого валу – 20–30, а в парі кулачок-товкач вони досягають 1000–2000 МПа.

Швидкість руху поршня у середній частині циліндра в низці двигунів становить 20–25 м/с, швидкість ковзання у підшипниках колінчатого валу – 15 м/с.

Залежно від термічних умов у двигуні можна виділити три характерні зони: високо-, середньо- і низькотемпературні.

До високотемпературної зони включають камеру згоряння, повернену до неї поверхню днища поршня і верхню частину циліндра. Деякі деталі цієї зони нагріваються до 400–800 °С, а температура згоряючих газів може досягнути 2500 °С. Олива, що потрапляє у цю зону, згоряє з утворенням нагару.

Середньотемпературна зона охоплює бокову поверхню, верхню частину шатуна і стінки циліндра. Максимальна температура в ній досягає 300–350 °С. Олива знаходиться у тонкому шарі. На неї каталітично діють метали, які прискорюють процеси утворення відкладень. Внаслідок ущільнення продуктів окиснення в цій зоні утворюються лакові відкладення (лакова плівка).

До низькотемпературної зони відноситься область колінчатого вала, картера. Найбільша температура оливи в цій зоні становить 180 °С (в області корінних і шатунних підшипників). Температура оливи в картері під час роботи двигуна зимою дорівнює 50–60 °С, влітку – 75–85 °С і рідко підвищується до 110–120 °С. Знаходження оливи в цій зоні у туманоподібному стані за рахунок змащування деталей розбризкуванням утворює сприятливі умови для його окиснення. Основним продуктом окиснення оливи є кислоти. Високомолекулярні кислоти і продукти їх перетворення можуть випадати із оливи у вигляді липкого осаду разом із механічними домішками і водою. Осади відповідно до умов їх утворення часто називають низькотемпературними відкладами. Лакові плівки і нагар, які зменшують рухливість поршневих кілець, мають термоізоляційну здатність. Тому вимога не утворювати лакових відкладень і нагару для розробленої оливи є однією з першочергових [2].

Крім того, моторна олива має відповідати всім вимогам відповідно до функцій, які вона виконує: мати достатній рівень протизносних і антифрикційних властивостей, захищати змащувальні деталі від корозії, ущільнювати зазори в деталях, в першу чергу пари поршень–циліндр, відводити тепло від деталей тертя, виносити забруднення із зони тертя, опиратися фізичним і хімічним діям, що спричинюють зміни складу і властивостей оливи, легко виділяти воду, мати достатню деемульгуючу здатність, забезпечувати надійний пуск двигуна при низькій температурі, мати великий ресурс роботи і незначні витрати, забезпечувати малі витрати палива, не спричинювати корозійні руйнування металів, не утворювати нагари і осади, не пінитися.

За вимогами Генерального конструктора танкових двигунів заводу ім. Малишева (Харків) така олива має бути на барієвих присадках вітчизняного виробництва. Розроблена олива Галол М-4042 ТД відповідає цим вимогам. Вона пройшла всі випробування, допущена до застосування на всіх типах двигунів бронетанкової техніки, поставлена на серійне виробництво

серійне виробництво і в якості основної занесена у конструкційну і технічну документацію.

Поставлене завдання вирішене у заявленому винаході на склад моторної оливи, яка вміщує нафтову оливу, сульфат лужноземельного металу, сіль лужноземельного металу похідного алкіларилдитіофосфорних кислот та поліметилсилоксан і відрізняється від прототипу тим, що до його складу додатково введено алкілсаліцилат барію і продукт конденсації 2,6-дитретбутилфенола і алкілфенолят з формальдегідом та аміаком, оброблені борною кислотою і в якості солі лужноземельного металу похідного алкіларилдитіофосфорних кислот олива вміщує змішану барієву сіль похідних саліцилових на алкіларилдитіофосфорних кислот, а в якості сульфонату лужноземельного металу – сульфонат барію за такого співвідношення компонентів, мас. доля, %: сульфонат барію – 3,5–3,0; алкілсаліцилат барію – 3,5–6,0; змішана барієва сіль – 2,5–4,0; продукт конденсації – 1,0–3,0; поліметилсилоксан – 0,002–0,005; нафтова олива – до 100.

Повномасштабні випробування здійснювались з метою визначення працездатності та надійності двигунів типу БТД на дослідній партії оливи, що витримала випробування за комплексом методів оцінки експлуатаційних властивостей моторних оливи. Тривалі стендові випробування проводилися 10-годинними "холодними" і "гарячими" етапами, на яких імітувався опір об'єктових систем. Після відпрацювання 500 год були зняті зовнішня і навантажувальні характеристики двигуна та визначені втрати (%) основних параметрів на режимі номінальної потужності $n = 2800 \text{ хв}^{-1}$ і максимального обертового моменту $n = 2050 \text{ хв}^{-1}$:

$n, \text{ хв}^{-1}$	$\Delta N_e, \%$	$\Delta G_{\text{пал.}}, \%$	$\Delta Q_e, \%$	$\Delta P_k, \%$	$\Delta G_{\text{пов.}}, \%$
2800	-4,9	-3,55	+ 1,50	+ 1,06	-0,7
2050	-4,2	-1,50	+ 2,50	-3,00	+ 1,1

Наведені дані показують, що зміна потужності на номінальному режимі ставить 4,9 %, тобто у межах технічних вимог.

Результати аналізу проб оливи Галол М-4042 ТД і відкладень з оливної центрифуги свідчать про те, що вміст елементів індикаторів зносу не перевищує рівня, відповідного нормальному зносу двигунів на оливі М-16 ІХП-3. Загальна маса відкладень з оливної центрифуги за 500 год випробувань двигуна №Э05-2056 менша, ніж на оливі М-16 ІХП-3, і становить 341,3 г проти 815 г, що свідчить про кращі миночедиспергуючі властивості оливи Галол М-4042. Це підтверджується і результатами огляду двигуна після випробувань: корпусні деталі, блок, плита передачі та інші частини двигуна чисті. Відкладення практично відсутні.

Після розбирання двигуна та мікрометричних обмірів деталей було встановлено таке:

– деталі циліндро-поршневої групи поломок не ма-

ють руйнувань і знаходяться у дієздатному стані;

– корінні і шатунні вкладиші підшипників колінчатих валів слідів корозійних пошкоджень не мають. Знос робочих поверхонь практично відсутній. Вкладиші знаходяться у дієздатному стані;

– технічний стан робочих поверхонь колінчатих валів і кулачкового валу задовільний;

– агрегати систем виробу – нагнітач, турбіна, оливні нагнітаючі і відкачуючі помпи, оливна центрифуга, компресор повітряний – знаходяться у задовільно-му стані і придатні до подальшої роботи.

За даними контрольних випробувань нагнітача на агрегатному стенді, за 500 год його роботи на двигуні ступінь підвищення тиску (P_k) трохи знизився, і становив у середньому 3,6 %. Втрата оливи під час проходження через нагнітач після випробувань не змінилася, що свідчить про чистоту оливних каналів і відсутність у них нагаровідкладень.

За результатами контрольних випробувань, розбирання, огляду і мікрометричних обмірів деталей циліндрових комплектів паливної апаратури, їхній технічний стан після 500 год роботи на двигуні № Э05-2056 був задовільний. Регульовальні параметри паливної апаратури за час випробувань не змінилися, деталі паливної апаратури, які контактують з оливою, знаходяться у такому ж технічному стані, як і на оливі

М-16 ИХП-3 при аналогічних випробуваннях. Паливна апаратура придатна для подальшої роботи.

З наведених даних видно, що зноси деталей двигуна № Э05-2056 незначні і не перевищують значень, отриманих під час випробування серійних двигунів на оливі Галол М-4042 ТД.

Середній знос дзеркала циліндрів на дослідній оливі 0–27 мкм корпусів поршнів становив 5 мкм, жарових кілець по манжеті – 10–28 мкм, по полиці – 75–140 мкм.

Втулки верхньої головки шатуна (ВГШ) поршнів продувної і випускної сторін по діаметрам 58 і 51 мм, пальці по 43 мм зношені незначно.

Геометричні розміри шатунних корінних шийок колінчатих валів після випробувань не змінилися.

Ширина стрічки і пружність оливоскидальних кілець вихлопних і продувочних поршнів змінилися незначно.

Технічний стан деталей циліндро-поршневої групи двигуна БГД-1 №Э05-2056 по лако- і нагаровідкладенням задовільний. Продувні вікна циліндрів чисті: нагаровідкладень не мають, закоксованість випускних вікон незначна і у середньому становила 6,9 % проти 9,4 % на оливі М-16 ИХП-3. Корпуси поршнів чисті (1,46 і 2,3 балів для Вх і Пр поршнів відповідно).

Таблиця 1. Фізико-хімічні показники моторних олив

Показники	М-16 ИХП-3 ГОСТ 25770-83	Галол М-4042 ТД ТУ-У 00 151650.040-97		
		Згідно ТУ	Партія № 1	Партія № 2
Кінематична в'язкість при 100 °С (мм ² /с), в межах	15,5–16,5	15,5–16,5	16,0	16,4
Індекс в'язкості, не менше	90	95	97	95
Зольність сульфатна (%), не більше	1,25	1,25	1,22	1,16
Масова частка механічних домішок (%), не більше	0,013	0,013	Відсутні	Відсутні
Масова частка води (%), не більше	Сліди	Сліди	Сліди	Сліди
Лужне число (мг КОН на 1 г оливи), не менше	4,0	4,5	4,8	5,1
Температура спалаху, що визначається у відкритому тиглі (°С), не нижче	225	225	230	228
Температура застигання (°С), не вище	–25	–25	–25	–27
Корозійна стійкість на пластинках з свинцю (г/м ²), не більше	9,0	Відсутня	Відсутня	Відсутня
Гермоокисна стабільність при 250 °С (хв), не менше	100	100	110	112
Миючий потенціал (%), не менше	80	80	82	85
Миючі властивості по ПЗВ (бали), не більше	0,5	0,5	0,5	0,5
Трибологічна характеристика, що визначається при температурі навколишнього середовища (індекс задиру – I_3), не менше	34	34	35	34
Ступінь чистоти (мг на 100 г оливи), не більше	320	300	160	210
Густина при 20 °С (кг/м ³), не більше	905	905	890	897
Колір оливи на колориметрі ЦНТ з розбавленням 15:85 (одиниці ЦНТ), не більше	6,0	5,0	5,0	5,0
Стабільність по індукційному періоді осадоутворення (ИПО) протягом 45 год	Витримує	Витримує	Витримує	Витримує
Масова частка активних елементів барію (%), не менше	0,6	0,6	0,6	0,6

Кількість зольних відкладень на накладках поршнів становила 3,0 і 5,0 г відповідно для поршнів вихлопних і продувочних сторін. Максимальна товщина золи з накладок вихлопної сторони дорівнювала 0,2 мм, для накладок поршнів з продувочної сторони – 0,47 мм. Твердість золи на накладках поршнів відповідає МТ по олівцевій системі. Маса, товщина і твердість зольних відкладень не перевищують значень, що спостерігаються при аналогічних випробуваннях моторної оливи М-16 ИХП-3.

Результати оцінки технічного стану двигуна 6ТД-1 №Э05-2056 свідчать про те, що дослідна олива Галол М-4042 за основними моторно-експлуатаційними властивостями (протизадирним, протизносним, антикорозійним, антинагарним і миючим) декілька краще оливи М-16 ИХП-3, взятої за базу порівняння, і забезпечує надійну роботу двигуна 6ТД-1 в обсязі 500 год (табл. 1).

Як видно з показників якості, олива Галол М-4042 ТД краща, ніж олива М-16ИХП-3: має більші значення індексу в'язкості, лужного числа, а також кращі антикорозійні властивості. В'язкісно-температурні характеристики оливи Галол М-4042 ТД та М-16 ИХП-3 подібні у широкому діапазоні температур – від -25 °С до 120 °С (табл. 2).

Таблиця 2. В'язкість оливи Галол М-4042 ТД і М-16 ИХП-3 при різних температурах

Температура, °С	М-16 ИХП-3	Глол М-4042 ТД
<i>Кінематична в'язкість, мм²/с</i>		
10	1450,0	1466,3
20	620,0	654,9
40	160,0	174,4
60	61,5	64,9
80	30,1	30,9
100	15,9	16,4
120	9,4	9,8
<i>Динамічна в'язкість, пуази</i>		
0	42	42
-10	110	111
-20	400	402
-25	Застигання	Застигання

Таким чином моторна олива Галол М-4042 ТД за всіма фізико-хімічними показниками відповідає вимогам технічного завдання.

Склад моторної оливи Галол М-4042 ТД захищений патентами України та Росії. Олива Галол М-4042 ТД витримала прийнятно-здавальні випробування – двигун 6ТД-1 знаходиться в працездатному стані, придатна до подальшої роботи.

Гарантійний термін роботи танкових двигунів шляхом застосування нової моторної оливи Галол М-4042 ТД підвищений з 300 до 500 м/г, або у 1,6 раза.

Отже, одержана моторна олива, яка має унікальні трибологічні та експлуатаційні властивості, відповідає вимогам у двох- і чотиритактних швидкохідних дизельних двигунах, встановлених на бронетанковій техніці. Це підтверджено виконаними дослідженнями і відображено у "Технічному звіті" № 4095 від 15.09.97 р. [3].

Висновки

1. Розроблена нова олива Галол М-4042 ТД вітчизняного виробництва успішно пройшла всі етапи випробування, поставлена на серійне виробництво, прийнята на забезпечення Збройних Сил України, вписана в конструкційну і технічну документацію в якості основної оливи.

2. Нова олива Галол М-4042 ТД забезпечила надійну роботу танкових двигунів в обсязі гарантійних і ресурсних випробувань, що дало можливість підвищити гарантійний термін експлуатації двигунів типу 6ТД з 300 до 500 м/г, ресурс роботи – з 500 до 800 м/г.

3. Економічний ефект від організації промислового виробництва оливи і її впровадження становить понад 34 млн грн.

Література

1. *Применение горючего на военной технике*, Москва. Воен. изд-во, 1989, 95–104, 235–237.
2. Кулиев А.М. *Химия и технология присадок к оливам и топливам*, Москва, Химия, 1972, 79–81.
3. *Технический отчет № 4095*, Результаты длительных испытаний опытного образца моторного оливи Галол М-4042 ТД, ХКБД, 1997.

Надійшла до редакції 2 листопада 2001 р.

Повышение работоспособности дизельных двигателей путем применения нового моторного масла Галол М-4042 ТД

К.И. Баранский, В.П. Пивовар

*10-й Химмотологический центр Министерства обороны Украины,
Украина, 03115 Киев, ул. Отдыха, 9а; факс: (044) 452-34-01*

Рассмотрены основные требования к смазочным маслам, применяемым на современных высокофорсированных дизельных двигателях, и их влияние на повышение работоспособности двигателей.

Increase of serviceability of diesel engines by application of new motor oil Galol M-4042 TD

K.I. Baransky, V.P. Pivovar

*10 Chemmotology centre of the Ministry of a defense of Ukraine,
9a Otdyha Str., Kyiv, 03115, Ukraine, Fax: (044) 452-34-01*

Main requirements to lubricant oils used on modern high-forced diesel engines, and their influence on increase of serviceability of engines have been considered.

УВАГА! БІОЛОГІЧНО ЧИСТІ МАСТИЛА!

На основі рослинних олій розроблено екологічно сприятливі базові олії та ефективні фундаментальні присадки, компаундуванням яких з відомими присадками спеціального призначення створені перспективні композиції моторних, індустріальних, трансмісійних і холодильних олій з покращеними властивостями. Випробування дослідних зразків рідкого мастила на двотактних двигунах (газонокосарки, бензопили, моторні човни, мотоцикли тощо) показали, що будучи майже у 10 раз дешевими, за технічними і експлуатаційними якостями вони не поступаються імпортному аналогу.

З метою прискорення виходу на ринок і впровадження розробок у народне господарство Інститут зацікавлений у співпраці з організаціями різних форм власності. На взаємовигідних умовах передбачається організація виробництва екологічно чистих рідких палив і мастил.

- Крім того, відділ проблем рідких палив і мастил ІБОНХ НАН України готовий надати висококваліфіковану допомогу в:
- розробці технології і освоєнні виробництва нових сортів мастил з наперед визначеними властивостями;
- організації виробництва вдосконаленого концентрату охолоджуючих рідин типу «Тосол» за ТУ і регламентами власної розробки;
- підборі аналогів зарубіжних паливно-мастильних матеріалів для імпортної техніки;
- реалізації простих технологічних схем одержання якісних мастильних матеріалів шляхом підбору і додавання присадок;
- вивченні ринку паливно-мастильних матеріалів.

Телефон 559-60-59