

УДК 621.891

DOI: 10.18372/0370-2197.2(83).13689

О. С. ЯКОБЧУК

*Національний авіаційний університет, Україна***АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ЗАМІНИ МАСТИЛА ВНІПНП – 286М НА AERO SHELL GREASE 33 У ВУЗЛАХ МЕХАНІЗАЦІЇ КРИЛА У ЛІТАКАХ СІМЕЙСТВА АН**

Розглянуто проблему забезпечення мащення редукторів механізації крила в літаках сімейства АН. Проаналізовано стан використання мастильного матеріалу для забезпечення надійної роботи редуктора механізації крила. Запропоновано виконати заміну літєвого мастила ВНІПНП – 286М на Aero Shell Grease 33. Проаналізовано вплив різної концентрації води на протизношувальні та антифрикційні властивості літєвих мастил.

Ключові слова: кутовий редуктор, обводнення мастила, температура, вода, мастило, літєве мастило, підйомник закрилків.

Вступ та постановка задач досліджень. Крило є одним із основних елементів літака. Завдяки наявності крила, літак піднімається у повітря та здійснює різні маневри [1]. Воно також використовується для підвішування або встановлення авіаційних двигунів або інших конструкцій в залежності від призначення літального апарату. Конструкція крила досить складна. Механізація крила забезпечує високі технічні характеристики літака на етапах зльоту та приземлення [2]. Механізація крила вміщує велику кількість рухомих елементів. Ці елементи дозволяють змінювати геометрію крила, що дозволяє використовувати крило для здійснення зльоту та приземлення літака та інших маневрів. До основних елементів механізації крила відносять передкрилки, закрилки, інтерцептори, елерони.

Керування положенням всіх елементів крила здійснюється за допомогою різних механічних пристроїв. Зокрема, система управління закрилками літаків сімейства АН, а саме АН-148, АН-158, є електродистанційною і вона призначена для випуску-прибирання закрилків в двох режимах – в основному і резервному. Монтажна схема трансмісії закрилків приведена на рис. 1. Компоненти кінематики системи управління закрилками (СУЗ-148) розташовані уздовж заднього лонжерона крила і включають комбінований привід механізації (1) (КПМ-148н), кутові редуктори (2) з муфтою обмеження моменту (МОМ), підйомники закрилків (3, 4, 5, 6 (№ 1, 2, 3, 4)), редуктор (7) з протиприбиральним гальмом (ППГ). Обертання валу електродвигуна (робота в резервному режимі) або вала гідромотора (в основному режимі) комбінованого приводу механізації передається за допомогою його диференціального редуктора на трансмісію, що складається з карданних валів 9 [3].

Карданні шарніри і шліцьові з'єднання, що ковзаються, забезпечують нормальну роботу трансмісії без заїдань при пружних деформаціях крила. Шарикогвинтові підйомники складаються з редуктора і ходової пари «гвинт-гайка» з кульками в різьбовій канавці для зменшення опору переміщенню гвинта.

Шарикогвинтові підйомники закрилків призначені для перетворення обертового руху трансмісійного валу закрилків в поступальне переміщення закрилків.

Конструкція підйомника закрилків показана на рис.2.

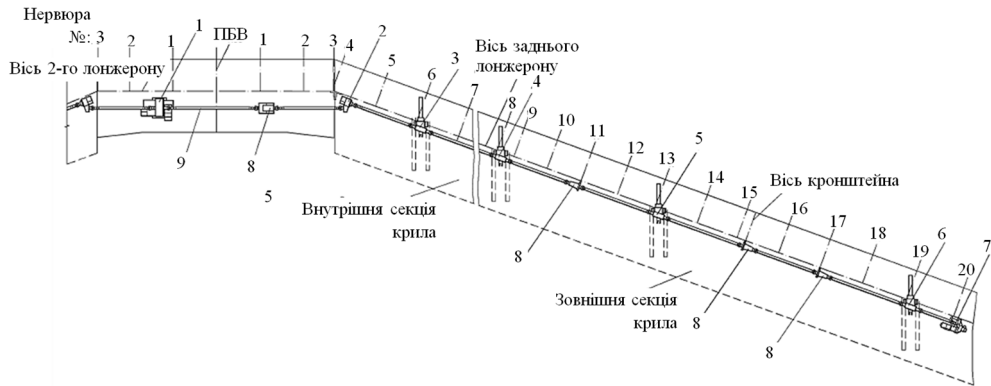


Рис. 1. Монтажна схема трансмісії закрилків правого півкрила: 1 – комбінований привод закрилків КМП-148Н; 2 – кутовий редуктор з муфтою обмеження моменту (МОМ); 3 – підйомник №1; 4 – підйомник №2; 5 – підйомник №3; 6 – підйомник №4; 7 – редуктор з СППГ та БР-48К; 8 – опора трансмісії; 9 – карданний вал; ПБВ – повздовжня будівельна вісь літака

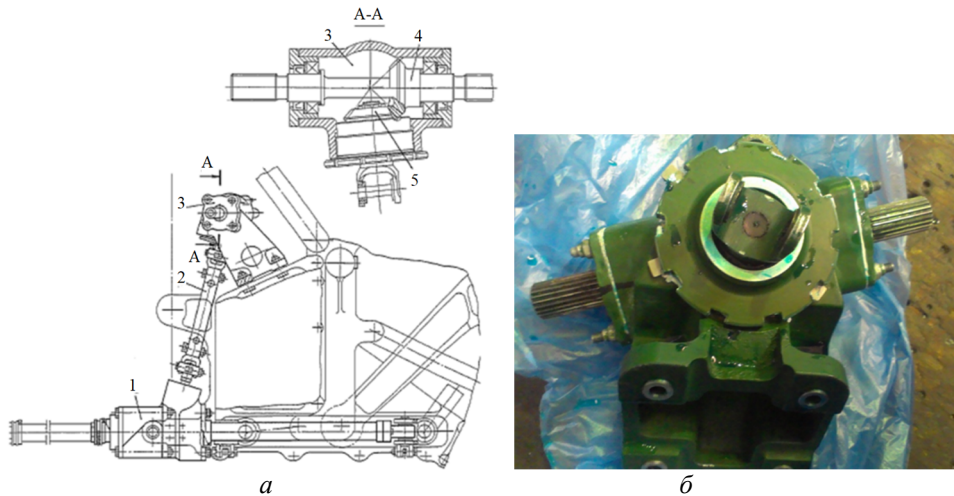


Рис. 2. Установка підйомника №1 на нервюрі крила №6: а – конструктивна схема та розташування кінцевого редуктора, б – фото кінцевого редуктора.

Підйомник закрилків включає в себе кінцевий редуктор, що складається з ведучої і веденої шестерень, і шарикогвинтову ходову пару, що утворена гайкою, ходовим гвинтом і кульками. Кульки перекочуються в профільованій різьбовій канавці, що утворена поверхнями гайки і ходового гвинта, дана конструкція забезпечує заміну тертя ковзання тертям кочення.

Кутовий редуктор (3) (див. рис. 2) передає рух вала приводу закрилків до підйомників. Редуктор – кінцевого типу. Вал-шестерня (4) редуктора з'єднаний з вихідним валом приводу закрилків. Вузол шестерні (5) з'єднаний валом з карданами (2) з ведучою шестернею підйомника.

Загальний вид конструкції та складових елементів кутового редуктора представлено на рис. 3.

Корпус редуктора виготовлено з АК-6; зубчата пара, що використовується для передачі руху від вала приводу закрилків до підйомників, виготовляється зі сталі 30ХГСА, шестерні прямозубі. Номінальний режим роботи редуктора відповідає 500 об/хв., робочий режим редуктора в процесі випуску та прибирання

закрилків забезпечується при 200 об/хв. Тривалість роботи редуктора в процесі випуску або прибирання закрилків відбувається впродовж 5-6 хв. Відповідно протягом цього періоду необхідно забезпечити надійну і безперервну роботу.

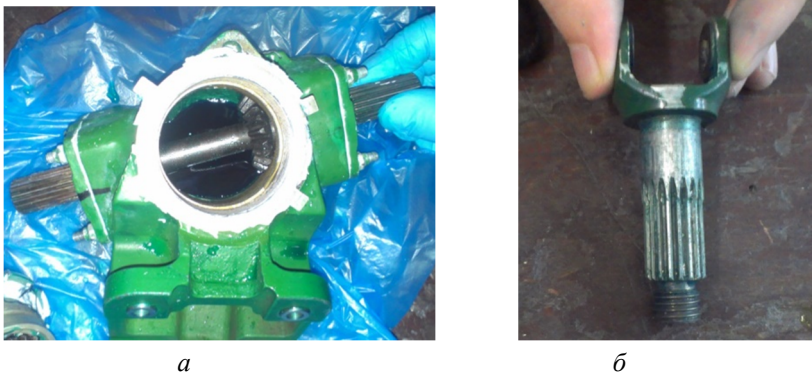


Рис. 3. Кутовий редуктор: *a* – корпус редуктора з валом-шестернею, *б* – карданний вал шестерні 5

Особливістю використання літаків є те, що протягом польоту вони можуть піддаватися різкій зміні температур. Це пов'язано з підняттям літака на різні висоти протягом польоту. В цей момент температура ззовні літака, а відповідно і негерметичних частин конструкції, може складати мінус 50°C, можливо й нижче, в залежності від зони польотів. Тому забезпечення якісного змащування вузлів, що перебувають в русі за таких умов, є досить важливим для підвищення надійності роботи агрегатів.

За традицією, при проектуванні, а потім і при використанні і обслуговуванні вітчизняної авіаційної техніки, закладаються матеріали, зокрема мастило ВНІ-ІНП-286М, які відповідають нормативно-технічній документації. Нажаль, застосування даного мастильного матеріалу не відповідає сучасним вимогам, які висуваються до експлуатаційних властивостей мастильних матеріалів за умови попадання води в мастило. В сучасному літаку АН-148 для роботи кутового редуктора, який використовується в системі випуску-прибирання закрилків, передбачено використання мастила ВНІНП-286М. Дане мастило широко використовується у вузлах тертя (підшипниках кочення та ковзання, зубчастих передачах) системи керування літаком. Мастило ВНІНП-286М, згідно технічним експлуатаційним характеристикам, характеризується широким температурним діапазоном застосування – від -60°C до $+120^{\circ}\text{C}$, може використовуватись при різкій зміні температур та забезпечує надійний захист вузлів авіаційної техніки від інтенсивного зносу [4]. Однак, аналіз практичного досвіду при експлуатації та обслуговуванні редукторів з даним типом мастильного матеріалу показав, що наявність води в мастилi за рахунок різкої зміни температур при еволюціях літака призводить до підвищеного зносу вузла тертя.

Таким чином, виникає необхідність вибору аналогічних мастильних матеріалів, які будуть забезпечувати необхідні експлуатаційні властивості і надійну роботу механізмів впродовж всього польоту літака, особливо при різких змінах режимів роботи.

Метою досліджень було визначення альтернативного мастильного матеріалу для використання у кутовому редукторі системи управління закрилками і по-

рівняння його з мастильним матеріалом (мастило Ера ВНІНП-286М), що на даний час використовується в даному редукторі.

Методика проведення експерименту. Дослідження змащувальної здатності мастил проводилось на лабораторній одноконтактній установці СМЦ-2 у режимі нестационарного мащення (пуск – стаціонарна робота – гальмування – зупинка). Дослідження проводились за схемою ролик – ролик ($d = 50$ мм) в умовах кочення з проковзуванням, яке складало 20%.

В якості зразків використовувалися ролики зі сталі 30ХГСА (HRC = 43, Ra = 0,45 мкм, Rz = 1,65 мкм). Змащування контактних поверхонь здійснювалося шляхом занурення нижнього ролика в ванночку з пластичним мастилом. В якості мастильного матеріалу використовувалися літєві синтетичні пластичні мастила Aero Shell Grease 33 і Ера ВНІНП - 286М. В мастильний матеріал додавали воду в концентрації 0,5 – 10%.

Максимальна частота обертів для випереджаючої поверхні складала 500 об/хв. В роботі імітувалося проковзування 20%. Максимальне контактне навантаження по Герцу – 450 МПа.

Дослідження особливостей використання мастил за умов потрапляння води в процесі експлуатації.

Вода є одним з основних факторів, що впливає на ефективність змащувальних властивостей мастил. Наявність води в мастилі не тільки інтенсифікує процес його старіння, а й може призвести до підвищеного зносу триболоментів вузла, де воно застосовується. Тому за наявності експлуатаційних умов, які призводять до обводнених мастил, необхідно використовувати мастильні матеріали з поліпшеними фізико-хімічними властивостями. Це досягається за рахунок введення в базову основу поліфункціональних присадок та добавок [5]. Наприклад, мастило ВНІНП-286М – це ізопарафінова олива, загущена стеаратом літію та 12-оксистеаратом літію, з додаванням антиокислювача та пластифікатора.

Встановлено [6], що вода чинить негативний вплив на властивості мастила. При обводнюванні мастила знижується його лужність, погіршується диспергуюча здатність, підвищується його корозійна агресивність. Все це призводить до підвищення зносу деталей агрегатів, а також до дострокової заміни мастила при його обводнюванні, що істотно збільшує експлуатаційні витрати.

Обводнення мастил може статися при транспортуванні, зберіганні, перевантаженні і заправці мастила. Вода може потрапити в мастило в процесі експлуатації. Обводнення погіршує якість мастила і порушує нормальну роботу вузла, підсилює окислювання мастила, погіршує його мастильну здатність, сприяє утворенню осаду і корозії агрегату. При низьких температурах вода замерзає і перешкоджає нормальній роботі деталей, що труться. [5].

Особливо процеси зміни фізико-хімічних властивостей мастил за рахунок їх обводнення характерні для мастил, які використовуються для змащування вузлів тертя повітряних суден. Зокрема, як було зазначено вище, літаки можуть різко змінювати своє перебування в різних температурних зонах. Так, злітати повітряне судно може в теплих регіонах, де температура повітря може складати плюс 50 °С, надалі воно перебуває в тривалому польоті на висоті до 9000 м, де температура повітря може змінюватися від мінус 40°С до мінус 57°С. Зазначена зміна навколишніх умов призводить до того, що мастильний матеріал швидко застигає, а вода що може в ньому міститися, кристалізується. Під час приземлення, масти-

льний матеріал не встигає розмерзнутись, тому залишаються кристали льоду. В даних умовах лід виступає в якості абразиву, який потрапляє в зону контакту пар тертя. Відповідно це може спричинити катастрофічні наслідки.

Запобігти виникненню подібних ситуацій можливо при використанні інших видів мастил, наприклад Aero Shell Grease 33.

Мастило Aero Shell Grease 33 – це синтетичне універсальне авіаційне мастило, до складу якого входить літєвий комплекс, який загущує синтетичну базову оливу, з пакетом антикорозійної та антиокислювальної присадок. Діапазон робочих температур: -73°C до $+121^{\circ}\text{C}$, що на 13 градусів більше в області низьких температур, в порівнянні з мастилом ВНІІП-286М [7]. Деякі фізико-хімічні характеристики мастил Aero Shell Grease 33 та Ера ВНІІП-286М наведено в таблиці 1 [4; 8].

Таблиця 1.

Фізико-хімічні властивості мастил Aero Shell Grease 33 та Ера ВНІІП-286М.

	ЕРА (ВНІІП-286М)	Aero Shell Grease 33
Температура каплепадиння, $^{\circ}\text{C}$, не нижче	180	216
Пенетрація при 25°C , $\times 10^{-1}\text{мм}$	310-370	290
Межа міцності, Па, при 20°C	200-400	
Колоїдна стабільність, %, не більше	35	
Діапазон роботи, $^{\circ}\text{C}$	$-60\dots+120$	$-73\dots+121$

Аналіз впливу різної концентрації води на протизношувальні та антифрикційні властивості розглянутих мастил показав, що застосування мастила Aero Shell Grease 33 забезпечує зниження зносу сталі 30ХГСА (випереджаючої та відстаючої поверхонь), незалежно від концентрації води, в середньому, в 2 рази, в порівнянні з мастилом ЕРА ВНІІП-286М (рис. 4).

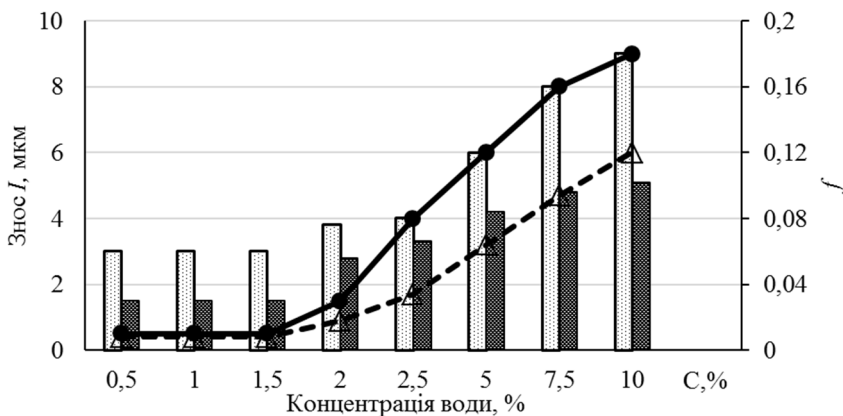


Рис.4. Вплив води на коефіцієнт тертя (f) в контакті та загальний знос випереджаючої та відстаючої поверхонь (I): 1 – мастило ВНІІП-286М, 2 – мастило AeroShell Grease 33, I_1 , I_2 , f_1 , f_2 .

Оскільки тертя відбувається в нестационарних умовах, при домінуванні граничного або напівсухого режимів мащення, відбувається часта зміна граничних шарів мастильного матеріалу. Для мастила ЕРА ВНІНП-286М встановлений безпосередній металевий контакт пар тертя на стоянці в 40% циклів при концентрації води в мастилі більше ніж 2,5%, що свідчить про руйнування граничних плівок мастильного матеріалу. Це призводить до зростання коефіцієнту тертя в 1,5 разів, в порівнянні з мастилом Aero Shell Grease 33.

Мастило AeroShell Grease 33 зарекомендувало себе як універсальне мастило загального призначення, воно отримало схвалення "Boeing", "Airbus", а також багатьох інших виробників авіатехніки. Дане мастило має унікальні протизношувальні і антикорозійні властивості, одночасно дозволяючи скоротити експлуатантам асортимент мастил і знизити ризик їх неправильного застосування. Порівняльні дослідження [9] змащувальних, антифрикційних та протизношувальних характеристик двох зазначених мастил показали, що використання AeroShell Grease 33 сприяє формуванню в контакті трибоелементів мастильної плівки товщиною в 2,3 – 4,8 разів більше, яка забезпечує домінування граничного режиму мащення, зниження моменту тертя та питомої роботи тертя, що обумовлює вдвічі зростання терміну напрацювання контактних поверхонь до перших ознак схоплювання в екстремальних умовах роботи елементів трибоспряження, в порівнянні з мастилом ВНІНП-286М.

Слід зазначити, що для високонавантажених вузлів тертя (ковзання) повітряних суден необхідно ще більше підвищити якість мастильного матеріалу. Для змащування таких вузлів тертя компанії Shell Aviation розробила мастило AeroShell Grease 33MS за рахунок додавання 5% дисульфиду молібдену. Мастило характеризується поліпшеними протизношувальними, антизадирними і антикорозійними властивостями завдяки введенню в його склад твердого мастильного матеріалу.

Висновки. Наявність води, а відповідно і обводнення мастил, значно впливає на їх експлуатаційні властивості. Обводнення погіршує якість мастила і порушує нормальну роботу механізмів, підсилює окислювання мастила, погіршує його мастильну здатність, сприяє утворенню осаду і корозії.

Перспективним напрямом підвищення надійності авіаційної техніки є заміна мастила ВНІНП-286М на AeroShell Grease 33, для якого характерний ширший температурний діапазон експлуатаційного призначення та експериментально встановлено зростання терміну напрацювання контактних поверхонь до перших ознак схоплювання в екстремальних умовах роботи елементів трибоспряження.

Використання мастила Aero Shell Grease 33 забезпечує зниження зносу сталі 30ХГСА при обводненні мастила водою до 10% в 2 рази, в порівнянні з мастилом ЕРА ВНІНП-286М.

Список літератури

1. Механизация крыла самолета [Електронний ресурс]. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <http://samoleting.ru/raznoe/mehanizatsiya-kryla-samoleta.html>.
2. Дзудзила А. Механізація крила та хвостового оперення літака [Електронний ресурс] / Андрій Дзудзила // Авіація. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <http://dzudzylo.com/aviatsiya/mehanizatsiya-kryla-ta-hvostovogo-operennya-litaka.html>.
3. Руководство по технической эксплуатации самолета Ан-148-100А, Ан-148-100В, Ан-148-100Е. Раздел 27. Система управления самолетом – Киев: ГП АНТК имени О.К. АНТОНОВА, 2006. – 357 с.

4. ТУ 38.101950-00 Смазка Эра (ВНПП-286М). Технические условия.
5. Шилин Б. И. Причины обводнения моторного масла при эксплуатации двигателей транспортно-технологических машин лесного комплекса / Б. И. Шилин. - 2017. XVIII Международная научно-техническая конференция «Лес-2017» 1мая-1 июня, Секция 4. Прогрессивные технологии и техника лесозаготовительного производства, Брянский государственный инженерно-технологический университет. г. Брянск.
6. Шилин, Б.И. Причины и влияние обводнения смазочно масла в эксплуатации на изменение его моторных свойств [Текст] / Тезисы доклада Региональная научн.-техн. конф. «Вопросы повышения эффективности судовых технических средств». Владивосток, 1990. С. 3-4.
7. Aeroshell grease 33 [Электронный ресурс] // ООО «ТОРГОВЫЙ ДОМ «УКР-СПЕЦСЕРВИС». – 2017. – Режим доступа до ресурсу: <https://ukrspecservice.com.ua/aeroshell/aeroshell-grease-33>.
8. FMV. Aeroshell grease 33. Technical Data Sheet [Электронный ресурс] / FMV. – 2013. – Режим доступа до ресурсу: https://www.fmv.se/FTP/Drivmedel%202018/EN/datablad/M0743-1210XX_ASG%2033.pdf.
9. Прогнозування лінійного зносу контактних поверхонь в екстремальних умовах тертя / Р.Г.Мнацаканов, О.О. Мікосянчик, О.Є. Якобчук, В.В. Токарук. // Проблеми тертя та зношування. – 2018. – №4(81). – С. 4–12.

Стаття надійшла до редакції 23.05.2019.

Якобчук Олександр Євгенійович – старший викладач кафедри технології виробництва та відновлення авіаційної техніки, Національний авіаційний університет, пр. Комонавта Комарова, 1, м. Київ, Україна, 03058, тел.: +38 044 406 72 58, E-mail: ayak@ukr.net

O. YE. YAKOBCHUK

ANALYSIS OF THE POSSIBILITY OF REPLACING THE BHIHII-286M LUBRICANT ON THE AERO SHELL GREASE 33 IN THE HIGH LIFT DEVICES OF THE WING OF THE AN-FAMILY AIRCRAFT

The problem of ensuring the lubrication of gearboxes of high lift devices in aircraft of the AN family is considered. Modern aircraft are equipped with a large number of electromechanical elements with the possibility of remote control. In all these cases, there is a mechanical component, and accordingly, the relative movement of one element relative to another, all this causes the presence of friction processes in these mechanical systems. To ensure reliable, continuous, long-term operation of friction pairs using lubricants. In the work of aeronautical engineering is a special feature - work in different operating conditions. These can be critical conditions associated with node overloading, sudden changes in temperature, the use of low-quality lubricant. In modern conditions, the issue of the quality of materials for the production and maintenance of aeronautical engineering is not at a high level. First of all, this is due to improper transportation, storage, reloading and refilling of lubricant. Under these conditions, lubricants are able to accumulate moisture. This phenomenon leads to watering of the lubricant, and, accordingly, changes in the physicochemical properties of lubricants due to their watering. All this leads to increased wear of parts of the units, as well as to an early replacement of the lubricant when it is flooded, which significantly increases operating costs. In turn, analysis of the effect of different water concentrations on anti-wear and anti-friction properties of lubricants considered in the work, showed that the use of Aero Shell Grease 33 lubricant reduces wear of 30XГCA steel (leading and lagging surfaces), regardless of water concentration EPA BHIHII-286M. The state of use of the lubricant is analyzed to ensure reliable operation of the wing mechanization gearbox. The correct approach when choosing a lubricant is quite complicated and important. It is proposed to replace the BHIHII-286M lithium grease with Aero Shell Grease 33. The effect of different water concentrations on the antiwear and antifriction properties of lithium greases is analyzed.

Keywords: angular gearbox, lubricant flooding, temperature, water, oil, lithium grease, flap lift.

Referenses

1. Mehanizacija kryla samoleta [Elektronnij resurs]. – 2017. – Rezhim dostupu do resursu: <http://samoleting.ru/raznoe/mehanizatsiya-kryla-samoleta.html>.
2. Dzudzyla A. Mekhanizatsiia kryla ta khvostovoho operennia litaka [Elektronnyi resurs] / Andrii Dzudzyla // Aviatsiia. – 2016. – Rezhym dostupu do resursu: <http://dzudzyllo.com/aviatsiya/mehanizatsiya-kryla-ta-hvostovogo-operennya-litaka.html>.
3. Rukovodstvo po tehniceskoi jekspluatacii samoleta An-148-100A, An-148-100V, An-148-100E. Razdel 27. Sistema upravlenija samoletom – Kiev: GP ANTK imeni O.K. ANTONOVA, 2006. – 357 s.
4. TU 38.101950-00 Smazka Jera (VNIINP-286M). Tehnicheskie uslovija.
5. Shilin B. I. Prichiny obvodnenija motornogo masla pri jekspluatacii dvigatelej transportno-tehnologicheskikh mashin lesnogo kompleksa / B. I. Shilin. - 2017. XVIII Mezhdunarodnaja nauchno-tehnicheskaja konferencija «Les-2017» 1maja-1 ijunja, Sekcija 4. Progressivnye tehnologii i tehnika lesozagotovitel'nogo proizvodstva, Brjanskij gosudarstvennyj inženerno-tehnologicheskij universitet. g. Brjansk.
6. Shilin, B.I. Prichiny i vlijanie obvodnenija smazочно masla v jekspluatacii na izmenenie ego motornyh svojstv [Tekst] / Tezisy doklada Regional'naja nauchn.-tehn. konf. «Voprosy povysenija jeffektivnosti sudovyh tehniceskikh sredstv». Vladivostok, 1990. S. 3-4.
7. Aeroshell grease 33 [Elektronnyi resurs] // ООО «ТОРHOVЬII ДОМ «UKRSPETsSERVYS». – 2017. – Rezhym dostupu do resursu: <https://ukrspecservice.com.ua/aeroshell/aeroshell-grease-33>.
8. FMV. Aeroshell grease 33. Technical Data Sheet [Elektronnyi resurs] / FMV. – 2013. – Rezhym dostupu do resursu: https://www.fmv.se/FTP/Drivmedel%202018/EN/datablad/M0743-1210XX_ASG%2033.pdf.
9. Forecasting of the maximum linear wear of contact surfaces in extreme friction conditions / R.G.Mnatsakanov, O.A. Mikosianchuk, O. Ye.Yakobchuk, V.V.Tokaruk // Problems of friction and wear. – 2018. – №4(81). – C. 4-12.