

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ВНУТРІШНІХ СПРАВ  
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ**

**Циклова комісія технічного обслуговування авіаційної техніки**

**ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ**

навчальної дисципліни  
«Експлуатаційна надійність технологічних систем паливозабезпечення»  
вибіркових компонент  
освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої  
освіти

**272 Авіаційний транспорт  
Технології робіт та технологічне обладнання аеропортів**

**за темою № 4 - Вплив якості експлуатаційних матеріалів на надійність та довговічність машин та механізмів, вплив умов експлуатації на надійність рухомого складу**

**Кременчук 2023**

**ЗАТВЕРДЖЕНО**

Науково-методичною радою  
Харківського національного  
університету внутрішніх справ  
Протокол від 30.08.2023 № 7

**СХВАЛЕНО**

Методичною радою  
Кременчуцького льотного  
коледжу Харківського  
національного університету  
внутрішніх справ  
Протокол від 28.08.2023 № 1

**ПОГОДЖЕНО**

Секцією науково-методичної ради  
ХНУВС з технічних дисциплін  
Протокол від 29.08.2023 № 7

Розглянуто на засіданні циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки, протокол від 28.08.2023 № 1

**Розробник:**

*1. Викладач циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки, викладач-спеціаліст Самохліб Олександр Олександрович*

**Рецензенти:**

- 1. Завідувач кафедри технологій аеропортів Національного авіаційного університету, д.т.н., професор Тамаргазін О.А.*
- 2. Викладач циклової комісії аеронавігації КЛК ХНУВС, к.т.н., с.н.с. Тягній В.Г.*

### План лекції

1. Вплив видів та марок ПММ, що застосовуються машинах та механізмах, на надійність та довговічність їх роботи.
2. Терміни заміни та оновлення змазуючих матеріалів в процесі роботи обладнання.
3. Вплив умов експлуатації на надійність рухомого складу

### Рекомендована література

#### Основна:

1. Надійність гідромашин і гідроприводів : конспект лекцій / укладач В. Ф. Герман. Суми : Сумський державний університет, 2014. 84 с.

#### Допоміжна:

2. ДСТУ 2861-94 Основні положення аналізу надійності.
3. ДСТУ 2862-94 Методи розрахунку показників надійності.
4. ДСТУ 3433-96 Моделі відмов.
5. Нечипоренко О. М. Основи надійності літальних апаратів: навч. посіб. К.:НТУУ "КПІ", 2010. 240 с.

### Інформаційні ресурси в Інтернеті

1. [https://library.kr.ua/wpcontent/elib/chabannyi/Chabannyi\\_Pal\\_mast\\_Mater\\_kn1.pdf](https://library.kr.ua/wpcontent/elib/chabannyi/Chabannyi_Pal_mast_Mater_kn1.pdf)
2. [https://lad.vnau.com.ua/storage/metod\\_vkazivkb.pdf](https://lad.vnau.com.ua/storage/metod_vkazivkb.pdf)

### Текст лекції

#### 1. Вплив видів та марок ПММ, що застосовуються машинах та механізмах, на надійність та довговічність їх роботи

Вплив мастильних матеріалів на надійність і довговічність машин визначається здатністю матеріалів захищати тертьові поверхні від зносу, забезпечувати необхідні характеристики тертя і знижувати втрати на тертя.

Тому розглядати вплив мастильних матеріалів на надійність деталей машин - значить розглядати їх змащувальну дію і вплив на знос і тертя змащуваних поверхонь конкретних машин.

Мастильна ефективність матеріалів залежить від поєднання численних чинників, що визначають в сукупності характер впливу масла на знос і тертя змащуваних деталей. Одні з цих чинників залежать від властивостей матеріалу,

в тому числі від їх змін в процесі експлуатації, інші - від стану і властивостей, що труться, треті - від характеру взаємодії мастильного матеріалу з поверхнями, що труться і покривають їх окисними плівками, четверті - від швидкості, навантаження, температури і інших параметрів режиму тертя. Взаємодія перерахованих факторів носить складний, часом суперечливий характер.

Доцільне вирішення питань, пов'язаних зі змазуванням сполучених деталей, має першорядне значення, так як від нього залежить надійність, довговічність, працездатність і, в кінцевому підсумку, ефективність машин, що знаходяться в експлуатації.

Основне призначення мастильних матеріалів - знизити знос сполучених деталей машин. Крім зниження зносу, що є прямою функцією мастильних матеріалів, останні повинні відводити тепло із зони тертя, а також захищати змащувані поверхні від корозії.

Певний інтерес представляє вплив мастильного матеріалу на роботу деяких рухомих зчленувань машин.

Вибір масел для підшипників ковзання ґрунтується на в'язкості, що забезпечує максимальну вантажопідйомність при мінімальному коефіцієнті тертя. В масло доцільно додавати антикорозійні присадки, здатні запобігти або послабити корозійний знос підшипників.

Зазвичай мастильний матеріал для підшипників ковзання вибирають з урахуванням величини питомої тиску вала, окружної швидкості і температури зовнішнього середовища. Застосування знаходять всі види мастильних матеріалів: моторні, трансмісійні та пластичні. Для підшипників, що працюють в умовах вологого і запиленій середовища, застосовуються пластичні мастила, які добре заповнюють всі зазори і перешкоджають проникненню пилу і вологи із зовнішнього середовища до місць тертя.

Витрата мастильного матеріалу (г / хв) для розглянутих підшипників визначається з виразу

$$Q = d^4 / 30\,000 l \eta,$$

де  $d$ - діаметр шийки або цапфи вала, м;

$l$ -довжина шийки або цапфи вала, м;

$\eta$  - в'язкість мастильного матеріалу.

В цілому при виборі мастильного матеріалу і виконанні мастильних робіт слід керуватися інструкціями і вказівками заводів-виготовлювачів конкретних машин, більш повно враховують їх особливості.

Заводи-виробники для кожної машини розробляють таблиці мастила, в яких вказуються місця змащування, що застосовуються мастильні матеріали,

кількість одночасної подачі мастильних матеріалів до тих чи інших складальних одиниць, періодичність та способи змащування.

Кількість мастильних робіт в великій мірі залежить від застосовуваного обладнання. Спеціальне обладнання дозволяє забезпечити високу якість процесу змащування, знизити втрати і рівень забруднення матеріалів і скоротити простої машин при проведенні робіт з технічного обслуговування.

Основною причиною виходу підшипників кочення з ладу є викришування. У зв'язку з цим при виборі для них мастильного матеріалу виходять з достатньою його стабільності проти окислення. Крім того, для успішної роботи підшипників важливо забезпечити мінімальні втрати на тертя в ньому і попередити нагрів. Ця обставина змушує змащувати підшипники маслами з відносно низькою робочої в'язкістю з урахуванням того, що надмірно мала в'язкість може несприятливо впливати на довговічність підшипника по викришування. Доцільно підбирати в'язкість масла в залежності від швидкісних показників.

Номінальна в'язкість масла для змащування підшипників кочення повинна бути тим нижче, чим вище швидкість підшипника, і тим вище, чим більше його

експлуатаційна температура.

Остаточню підбирають масло дослідним шляхом за перевіркою в експлуатації, при чому рекомендується застосовувати масло максимально можливої в'язкості.

У звичайних умовах можна застосовувати моторні та трансмісійні масла, а також пластичні мастила. Вибір мастильного матеріалу визначається конструкцією складальної одиниці і умовами експлуатації підшипників кочення.

Витрата пластичних мастил (г / зміну) для нормальних умов експлуатації, коли мастило змінюють в середньому через 6 міс, визначають, користуючись виразом

$$Q = 0,0065 d^3,$$

де  $d$  - внутрішній діаметр підшипника кочення, мм.

У зубчастих передачах масла високої в'язкості створюють сприятливі умови для режиму рідинного тертя. При зростанні в'язкості поліпшується здатність масла захищати поверхні від стирання, задирання і викришування, поліпшуються демпфуючі властивості і знижуються коефіцієнти тертя між зубами. Крім того, зі збільшенням в'язкості масла зменшується витік через ущільнення.

Однак застосування високов'язких мастильних матеріалів пов'язано з підвищеною витратою потужності на збовтування. Крім того, зі збільшенням в'язкості масла погіршується тепловідвід від зубів шестерень.

У зв'язку з викладеним мастильний матеріал для змазування гребчастих передач повинен вибиратися на основі компромісного рішення. Практично застосовуються масла порівняно невисокою в'язкості при підвищенні їх несучої здатності антизадири присадками. Для відкритих зубчастих передач застосовують пластичні мастила, а для закритих - трансмісійні масла.

Витрата мастильного матеріалу (г) для відкритих передач визначається з виразу

$$Q = 0,1 (D + d),$$

де  $b$  - ширина зуба передачі, мм;

$D + d$  - сума діаметрів зубчастих коліс, мм.

При закритих передачах в картери масло заливають з розрахунку 0,25-0,50 г на 7-8 ч роботи на кожен кілограм масла, залитого в картер.

Забезпечення надійності та довговічності сполучень машин залежить від вибору мастильного матеріалу, при якому повинні враховуватися конструкція пари, що треться, умови її роботи і ступінь зношеності.

Складальні одиниці, що працюють при значних тисках, повинні змазуватися в'язкішими маслами щоб уникнути їх видавлювання, а складальні одиниці, що працюють при підвищених швидкостях, - маслами зниженої в'язкості. При підвищених износах сполучених деталей значно збільшуються зазори, що вимагає застосування мастильних матеріалів підвищеної в'язкості.

Зі збільшенням температури знижується в'язкість, тому при високих температурах вибирають більш в'язкий, а при низьких температурах менш в'язкий мастильний матеріал. Істотний вплив на вибір мастильного матеріалу

надає ступінь обробки сполучених деталей. Складальні одиниці з низьким класом чистоти обробки змащуються маслами з високою в'язкістю і навпаки.

## **2. Терміни заміни та оновлення змазуючих матеріалів в процесі роботи обладнання**

Усі оливи нафтового походження поділяються на чотири типи:

- моторні (для авіаційних, газотурбінних, карбюраторних і дизельних);
- трансмісійні (для гідرو передач, гідродинамічних та гідрооб'ємних приводів);
- спеціальні (турбінні, компресорні тощо);
- оливи різного призначення;

Коли говорять про якість олив, то передусім звертають увагу на три їхні відмінні ознаки: в'язкість, спосіб очистки і наявність присадок. За цими ознаками й класифікують оливи.

Термін зміни оливи встановлюють експериментально. Їх указують у технічному паспорті двигуна або машин і пов'язують із часом напрацювання двигуна (в мотогодинах) або пробігом автомобіля (в кілометрах). Однак при цьому не враховуються режим роботи двигуна та запиленість навколишнього середовища. Все це призводить до того, що заміна оливи відбувається передчасно або з запізненням.

Слід пам'ятати, що термін роботи оливи визначається не тільки напрацюванням (пробігом), а й умовами її експлуатації. Тому при встановленні термінів роботи олив у двигунах користуються бракувальними показниками, які досягли гранично можливих значень, що зумовлює необхідність зміни оливи. Чим частіше міняють оливу, тим краще, оскільки при цьому зменшується зношування механізмів. Однак встановлено, що забруднення оливи механічними домішками на якомусь періоді стабілізується завдяки її фільтрації. Краще замінювати не оливу, а фільтри, щоб поліпшати тонкість фільтрації оливи. Присадки природно зношуються, але базова олива тривалий час залишається якісною, якщо не розріджується через потрапляння в неї палива. Таким чином, оливу слід міняти не за напрацюванням, а за її фактичним станом.

Усі пластичні мастила поділяються на чотири групи: антифрикційні, консерваційні, канатні та ущільнювальні.

У маркуванні пластичних мастил визначається:

1. Підгрупу по призначенню (наприклад, М – багатоцільове мастило);
2. Тип загусника (наприклад, ЛИ –літієве мило; Ка – кальцієве; На – натрієве і т. ін.);
3. Температурний діапазон застосування мастила указують дробом (наприклад, 4/13 – мастило для використання при температурі -40...130 0С);
4. Тип дисперсного середовища та наявність домішок: у – синтетичні вуглеводні, к – кремнійорганічні рідини, г – графіту, д – домішок дисульфиду молібдену;
5. Консистенцію мастила визначають умовним числом від 0 до 7.

Під час роботи з пластичними мастилами слід дотримуватись правил:

- не використовувати суміш різних мастил, а також мастила з домішками води або ті, що мають механічні домішки та паливо;
- не заповнювати вузли тертя мастильним матеріалом повністю, оскільки під час роботи при нагріванні він збільшуватиметься в об'ємі, так, що частина його може витекти. Тому вузли тертя треба заповнювати мастильним матеріалом на 30...60% їхнього об'єму;
- не використовувати мастильний матеріал при температурах, які перевищують температуру крапання, та не нагрівати вище цієї температури, оскільки перегріте мастило, як правило, втрачає свої властивості;
- дотримуватись правил зберігання мастильних матеріалів, тому що під дією температури, вологи, пилу та сонячних промінів їхні властивості можуть змінюватись.

### **1. Вплив умов експлуатації на надійність рухомого складу**

На ефективність експлуатації транспортних машин впливає довговічність основних агрегатів і вузлів. Конструкторами при проектуванні та заводом при виготовленні закладається певний рівень надійності. В період експлуатації, під впливом навколишнього середовища, в вузлах автомобіля відбуваються незворотні процеси, які призводять до відмов як окремих вузлів і систем, так машини в цілому. Для уповільнення негативних процесів порушення працездатності в період життєвого циклу проводяться профілактичні обслуговування (ЩО, ТО, СО), якщо настає відмова, то виконується поточний ремонт (ПР) машини. В кінці циклу транспортний засіб вилючається з експлуатації та піддається капітальному ремонту або утилізації.

Проведення технічного обслуговування та поточного ремонту машин пов'язано з вимушеними витратами часу, матеріальних і фінансових ресурсів. Скорочення періодичності профілактичних робіт зумовлює збільшення витрат

на проведення ТО, але знижує ймовірність аварійної відмови машини на лінії. Збільшення періодичності ТО – знижує їх кількість, але збільшує трудовитрати з відновлення. Оптимальна періодичність технічних впливів настає при балансі всіх витрат.

Транспортні машини працюють в різних умовах експлуатації. На ефективність роботи впливають дорожні, транспортні, атмосферно-кліматичні умови і культура праці. Але найбільший вплив на надійність транспортних машин має стан поверхні дороги, який в нашій країні не завжди відповідає нормативним вимогам. Поганий стан дороги призводить до підвищених витрат енергії в підвісці автомобіля і надмірному динамічному навантаженню в трансмісії при передачі крутного моменту від двигуна до коліс, що негативно позначається на технічному стані у цих системах. В складних умовах необхідно знижувати періодичність профілактичних робіт та збільшувати трудомісткість відновлювальних робіт.

Дорожні умови характеризуються типом, станом і міцністю покриттів, подовженим профілем дороги, режимом руху, видимістю і так далі. Кліматичні, у різні періоди роки визначаються температурою і вологістю повітря,

атмосферним тиском, кількістю опадів, силою та напрямом вітру, тривалістю снігового покриву. Транспортні умови включають об'єм і відстань перевезень, умови вантаження і розвантаження, особливості організації перевезень, умови зберігання, обслуговування і ремонту автомобілів. Залежно від умов експлуатації змінюються швидкісні і навантажувальні режими деталей, механізмів і агрегатів автомобілів і термін їх безвідмовної роботи. Наприклад, на коротких маршрутах частіше користуються зчепленням, гальмами, перемикають передачі, унаслідок чого збільшується вірогідність їх відмов. При експлуатації автомобілів у важких дорожніх умовах збільшуються навантаження на деталі автомобіля, викликаючи прискорене зношування, втому металу, порушення стабільності кріплень і регулювань, а у ряді випадків поломку деталей тертям ходової частини і рульового управління. Різні дорожні умови впливають на зміну характеру дії навантажень. Вібрації рами унаслідок нерівностей дороги ослаблюють заклепувальні з'єднання, порушують співвісність двигуна і коробки передач, викликають додаткові навантаження в корпусах.

Вібрація автомобіля прискорює знос і приводить до поломки кріпильних деталей карданної передачі, радіатора і підвіски. Пониження температури навколишнього повітря, погіршення із стояння дорогі унаслідок сніжних занесень або бездоріжжя викликають додатковий передчасний знос або поломки деталей автомобіля (знос шліців, вилок, шпильок і підшипників хрестовини, зріз шпильок кріплення підвісної опори і ін.). З метою зменшення впливу кліматичних умов на протікання робочих процесів автомобіля створені спеціальні змащувальні матеріали.

Робота автомобіля на вологих дорогах, а також в умовах вологого клімату викликає корозію деталей підвіски, рами, кузова, крил, кабіни і тому подібне. На термін служби силових передач автомобіля істотно впливає їх тепловий режим. Він визначається температурою повітря, ступенем завантаження автомобіля, його швидкістю і залежить від довжини їзди, тривалості простою під вантаженням і вивантаженням, якістю технічного обслуговування в процесі роботи і іншими показниками. В процесі роботи і зберігання автомобіля ряд його агрегатів і деталей знаходяться в постійній взаємодії з експлуатаційними матеріалами. Властивості цих матеріалів і умови їх застосування позначаються на процесі зношування і корозії деталей, витраті масла, продуктивності автомобіля. Вживані експлуатаційні матеріали повинні відповідати конструктивним і технологічним особливостям агрегатів автомобіля, їх технічному стану і умовам експлуатації.

Значний вплив на технічний стан автомобіля надає якість його водіння, від якого залежать динамічні навантаження в деталях трансмісії автомобіля. Найбільш дієві режими чіпання з місця у разі застрягання автомобіля. При різкому включенні зчеплення момент, що крутить, прикладається до трансмісії, може значно перевищити максимальний момент двигуна, що крутить, з урахуванням коефіцієнта запасу. Цим пояснюються поломки в трансмісії автомобіля, що працює в умовах поганих доріг

Можуть бути випадки, коли машина хоч і використовується для виконання призначених для неї операцій, але характер завантаження впливає на

нерівномірне зношування деталей. Обробка коротких гвинтів на верстатах, призначених для виготовлення довгих гвинтів, приводить до підвищеного зношування ходових гвинтів верстатів на короткій ділянці і робить їх в подальшому непридатними для експлуатації.

Непередбачені силові навантаження інтенсифікують зношування деталей. Тому, на прецизійних металорізальних верстатах не можна проводити обдирочні роботи; допуск на викінчувальні операції повинен бути мінімальний, у відповідності з нормативами.

Період запуску машини пов'язаний з підвищеною інтенсивністю зношування, що залежить від тривалості простою машини перед пуском, від температури деталей і властивостей змащувального матеріалу. Періодом запуску необхідно рахувати проміжок часу від моменту запуску до моменту стабілізації теплового стану машини. Період запуску супроводжується змінами величини і форм зазорів; в окремих січеннях зазори можуть бути нульовими.

Значне зношування при запуску двигуна внутрішнього згорання обумовлений рядом причин. Після зупинки двигуна нагріте мастило швидко стікає по гарячих стінках циліндрів і залишається на підшипниках в незначній кількості. В момент сходження поршня тертя тим більше, чим більша перерва між зупинкою і наступним запуском. Навіть в літній період тепловий режим двигуна при запуску понижений, і температура стінок циліндра нижча температури роси кислот, що знаходяться в продуктах згорання. Конденсуючись на стінках, кислоти здійснюють корозійну дію. Суттєва і абразивна дія продуктів зношення, що збереглися і утворилися при пуску. Нормальна подача масла в верхню робочу зону циліндра починається лише через 3...12 хвилин після початку пуску двигуна. В зимовий період масло на стінках циліндра замерзає і при пуску руйнується.

Перехід на більш форсований режим роботи машини може значно погіршити умови роботи деталей, що труться. При експлуатації дизелів помічено, що із збільшенням частоти обертання колінчастого вала тиск подачі мастила в підшипниках значно зменшується і, тільки через деякий час починає зростати до величини, що відповідає швидкісній роботі машини.

Підвищене зношування деталей ходової частини транспортних машин відбувається і в період їх зупинки. При моменті гальмування колеса, що рівний або перевищує момент від сили зчеплення колеса з полотном дороги, відбувається перехід від кочення до ковзання (юз).

Робота машини характеризується навантаженням, швидкісним і тепловим режимами. Одна і та ж продуктивність машини може бути досягнута при різних сполученнях параметрів навантаженого і швидкісного режимів. Деякий діапазон сполучення може бути найбільш вигідним з точки зору зносостійкості, задовольняючи разом з тим вимоги економічності.