

**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 № 1 - Проблема надійності машин та механізмів, основні причини
зміни працездатності техніки та обладнання**

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. Задачі надійності машин та механізмів.
2. Основні завдання теорії надійності.
3. Головні поняття надійності.
4. Основні причини зміни працездатності машин та механізмів

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
2. https://lad.vnau.com.ua/storage/metod_vkazivkb.pdf

Текст лекції

1. Задачі надійності машин та механізмів

На сучасному етапі розвитку машинобудування, коли в основному вирішені питання кількості машин, великого значення набуває проблема підвищення їх якості та надійності. Підвищення надійності машин є важливим завданням будь-якої галузі господарства.

Наука про надійність техніки вивчає закономірності зміни показників працездатності машин з часом, а також фізичну природу відмов і на цій основі розробляє методи, що забезпечують потрібну довговічність та безвідмовність роботи машин із найменшими витратами часу і коштів.

Надійність машин необхідна для підвищення рівня автоматизації, зменшення витрат на ремонт, збитків від простою обладнання, забезпечення безпеки людей. Більш надійна техніка дозволяє збільшити продуктивність праці, коефіцієнт використання машин і зменшити експлуатаційні витрати. Вирішення проблеми надійності – це значний резерв підвищення ефективності виробництва, зменшення матеріальних збитків і запобігання виникненню відмов машин. Особливістю проблеми надійності є її зв'язок з усіма етапами проектування, виготовлення та використання машини, починаючи з моменту формування ідеї створення машини і до прийняття рішення про її списання. Отже, проблема надійності є комплексною і потребує вирішення у сферах виробництва та експлуатації машин, акумулює і синтезує все те, що сприяє підвищенню працездатності машин. Раніше проблема надійності вирішувалася шляхом проектування машин із великим запасом міцності, що призводило до збільшення їх габаритів, ваги і металоємності.

Надійність будь-якого технічного виробу залежить не лише від якості використовуваних у ньому елементів, а й від їх кількості. Зі збільшенням кількості складових елементів, тобто зі збільшенням складності виробу, надійність (за інших однакових умов) знижується.

Велике значення для надійності машини поряд із кількістю деталей в її конструкції мають розміри і маса. Збільшуючи габаритні розміри та масу виробу конструктор може запроектувати майже необмежений запас міцності. На практиці маса сучасних машин неухильно зменшується. Наприклад, відносна маса двигунів внутрішнього згоряння у 1900 році становила приблизно 250 кг/кВт, а у сучасному літаку – 1,0–1,3 кг/кВт.

Проблема підвищення надійності машин є не лише суто технічною, а й економічною. Затрати на підвищення надійності машин у більшості випадків (крім тих, від яких залежить безпека людей) необхідно порівнювати із затратами на їх експлуатацію.

Є три періоди існування машини – *проектування, виготовлення та експлуатація*, і всі вони пов'язані з певними витратами. Для того щоб машина працювала справно впродовж усього терміну служби, необхідно здійснювати її технічне обслуговування та своєчасний ремонт. Витрати на експлуатацію всіх машин значно перевищують витрати на їх виготовлення. У сфері ремонту машин зайнято більше робітників, ніж на виробництві цих машин. Витрати металу на ремонт за повний термін служби машини наближаються до маси самої машини, а вартість усіх заходів щодо підтримування машини в працездатному стані за той самий період у середньому у 10–20 разів перевищує вартість самої машини. Особливо великі витрати ідуть на ремонт верстатів, тракторів та іншої сільськогосподарської техніки.

2. Основні завдання теорії надійності

Основні завдання теорії надійності такі: а) вивчення теоретичних аспектів надійності і розроблення методики оцінки надійності та довговічності машин і обладнання на основі використання математичної статистики і теорії ймовірності;

б) вивчення досвіду експлуатації машин, аналіз відмов (несправностей) і умов, за яких вони виникають, та розроблення на цій основі більш надійних машин;

в) організація служб надійності та збору інформації в конструкторських організаціях, на заводах і на місцях експлуатації;

г) розроблення заходів щодо створення надійних машин, систем і агрегатів у процесі проектування. При цьому особливу увагу необхідно приділяти використанню більш міцних матеріалів, уніфікованих та стандартизованих вузлів і деталей;

д) розроблення та впровадження різних заходів щодо підвищення надійності машин та систем під час їх експлуатації шляхом виконання серії доопрацювань, профілактичного обслуговування та якісного ремонту;

е) проведення спеціальних експериментальних випробувань з метою підвищення надійності окремих вузлів, конструкцій та матеріалів.

3. Основні поняття надійності

Надійність – властивість об'єкта виконувати свої функції, зберігаючи з часом значення встановлених експлуатаційних показників у заданих межах, що відповідають заданим режимам і умовам використання, технічного обслуговування, зберігання і транспортування.

Об'єкт – предмет визначеного цільового призначення, який розглядають у період проектування, виготовлення і випробування.

Далі під об'єктом розумітимемо не просто якийсь технічний виріб, а певні технічні засоби, призначені для виконання заданих функцій (це – машини, агрегати, прилади тощо).

Виріб – одиниця продукції, що виробляється підприємством. Вироби бувають відновлювані і невідновлювані (підшипник, лампа тощо).

Елемент – найпростіша складова частина виробу, яка може складатися з декількох деталей.

Система – сукупність спільно діючих елементів, призначених для самостійного виконання заданих функцій.

Поняття «елемент» і «система» трансформуються залежно від умов. Насос при визначенні його надійності розглядається як система, а при визначенні надійності гідравлічної системи – як елемент.

Граничний стан – стан, при якому подальша експлуатація машини неможлива. **Відмова** – порушення працездатності машини.

Ресурс – напрацювання машини (до відмови, капітального ремонту, граничного стану та ін.).

Якість – сукупність властивостей, що обумовлюють придатність продукції задовольняти вимоги споживання згідно з її призначенням. До показників якості належать надійність, технологічність, ступінь стандартизації та уніфікації, естетичність.

Для того щоб оцінити якість будь-якої машини повністю, необхідно знати не лише показники продуктивності та економічності, а й здатність її якнайдовше зберігати ці показники під час роботи.

Надійність – обов'язкова властивість будь-якої машини або виробу. Проте сама по собі надійність ще не означає їх високої якості. Машина може бути надійною, але мати досить низькі технічні характеристики. З іншого боку, якщо машина не має потрібної надійності, то всі її технічні дані та решта показників втрачають своє практичне значення, бо вони не можуть бути використані. Отже, *надійність є особливою, найголовнішою властивістю технічних виробів, яка визначає їхню якість.*

Працездатність – стан об'єкта, при якому він здатний виконувати свої функції, зберігаючи значення заданих параметрів у межах, установлених нормативно-технічною документацією.

Працездатність оцінюють параметрами технічного стану. Розрізняють **функціональні і діагностичні** параметри.

Функціональні (структурні) параметри – це зношення, розмір деталі, зазор, вихідні та технічні характеристики машини (тиск, напір, подача, к. к. д.

тощо)

Діагностичні параметри – температура, шум, вібрація, ступінь герметичності, витіки, витрата мастила та ін.

Крім того, працездатність можна оцінювати за **якісними** показниками: наявністю витоків мастила, кольором відпрацьованих газів, скрипом, запахом горілої гуми або електропроводу. Ці ознаки не вимірюють, їх якісно оцінюють.

Розглянемо кількісні показники працездатності. До них належать: а) придатність;

б) ресурс.

Придатність машини – це відносна здатність виконувати нею задані функції упродовж певного часу.

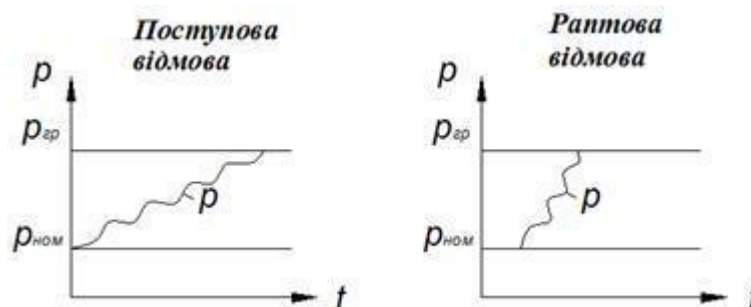
Ресурс машини – це напруження її до граничного стану, зазначеного в технічній документації.

Граничний стан – стан, при якому використання машини технічно неможливе або економічно недоцільне. При цьому різко погіршуються показники роботи машини: знижується продуктивність, не виконуються задані функції, відбувається висока інтенсивність відмов та ін.

Параметри технічного стану машини змінюються з часом її роботи. При цьому кожний параметр змінюється від **номінального** до **граничного**.

Номінальне значення визначають функціональним призначенням машини (паспортними даними). Граничне $p_{гр}$ – це найбільше або найменше значення, що може мати працездатна машина. Допустиме значення параметра – це те значення, при якому машина після контролю зможе працювати ще один міжремонтний період.

Залежно від зміни параметра p від номінального до граничного змінюється і характер відмови машини. Розглянемо два випадки (рис. 1.1).



а)

б)

Поступова зміна параметрів від $p_{ном}$ до $p_{гр}$ призводить до поступової відмови.

Приклад: зношення підшипників, шестерень та ін.

При раптовій зміні параметрів до $p_{гр}$ відбувається раптова відмова машини (наприклад, тріщина головки болта циліндрів двигуна внутрішнього згоряння,

вихід із ладу запобіжного клапана або змащувальної системи та ін.).

Розглянемо шляхи підвищення працездатності машини.

Працездатність залежить від швидкості зміни параметрів технічного стану машини. Висока працездатність машини забезпечується поліпшенням її конструкції, фізико-механічних властивостей матеріалів і вузлів тертя. Для цього необхідно використовувати зносостійкі матеріали і високоякісні мастила, забезпечити точну обробку деталей вузлів, дотримуватися періодичності технічного обслуговування та ремонтів машини, а також якісного їх виконання. Це збільшує напрацювання машини між відмовами. Робота машини в заданому технічною документацією робочому режимі зменшує випадки її перевантаження.

1. Основні причини зміни працездатності машин та механізмів

Будь-яка машина при експлуатації, зберіганні та транспортуванні зазнає внутрішнього і зовнішнього впливу, в результаті якого порушується її працездатність. Розглянемо основні процеси пошкодження машини (рис. 1).



Рис. 1 – Основні процеси пошкодження машин

1.1. Механічні навантаження

Під дією механічних навантажень виникають різні внутрішні напруження і, як наслідок, деформації, тріщини і поломки деталей.

Деформації поділяють на пружні й пластичні.

Пружні відбуваються лише в момент прикладення навантажень. Пластичні деформації характеризуються тим, що вони залишаються після дії навантажень. При цьому змінюються форма і розміри деталі.

Тріщини є результатом дії змінних навантажень. З часом вони збільшуються і це спричинює руйнування деталі. Поломки відбуваються в найбільш неміцних місцях (переходи, різі, шпонки та ін.).

1.2. Зношування

Зношування – це процес поступової зміни деталі під дією тертя.

Характер цього процесу визначається видом тертя, фізико-хімічними властивостями матеріалу, швидкістю відносного переміщення поверхонь тертя, величиною і характером навантаження, видом і якістю мастил, умовами експлуатації та ін.

1.3.Корозія

При корозії відбувається зміна матеріалу під дією довкілля (повітря, рідини, газу, температури тощо). Метали при цьому змінюють свої властивості. Корозія – це реакція, що відбувається на межі різних фазових середовищ.

У природі цей процес відбувається з виділенням енергії. Тому його можна лише призупинити (зупинити неможливо). Найбільш поширеною є електрохімічна корозія. Під її дією руйнуються поверхні транспортних машин (крила і кабіни автомобілів, тракторів та ін.). Вплив корозії на деталі гідравлічних машин наведено на рис. 2.



Рис. 2 – Корозійне руйнування поверхні робочого колеса турбіни ГЕС

1.4. Кавітація

Кавітація (від латинського *cavitas* – порожнина) – це порушення суцільності всередині рідини, тобто утворення в ній порожнин. Кавітація характеризується виникненням у потоці рідини так званих кавітаційних бульбашок (пухирців), заповнених паром, газом або повітрям. Вони виникають у випадку, коли тиск у потоці рідини стає меншим, ніж тиск насиченої пари для даної температури, тобто . При подальшому русі утворені пухирці потрапляють у зону підвищеного тиску і відбувається їх руйнування. При захопленні пухирців тиск збільшується до десятків атмосфер, і якщо воно відбувається на поверхні деталі, то це призводить до її руйнування. Процес виникнення кавітації і її прояв наведено на рис. 3 - 6. Вперше це явище спостерігали на гвинтах кораблів.

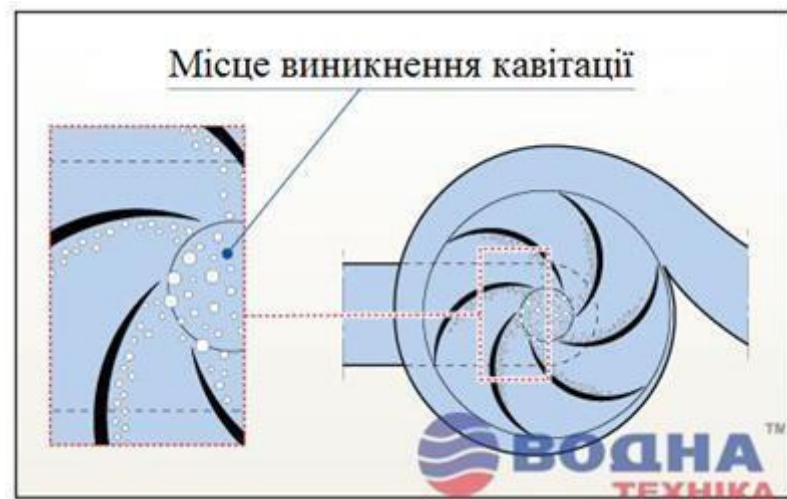


Рис. 3 – Місця виникнення кавітації

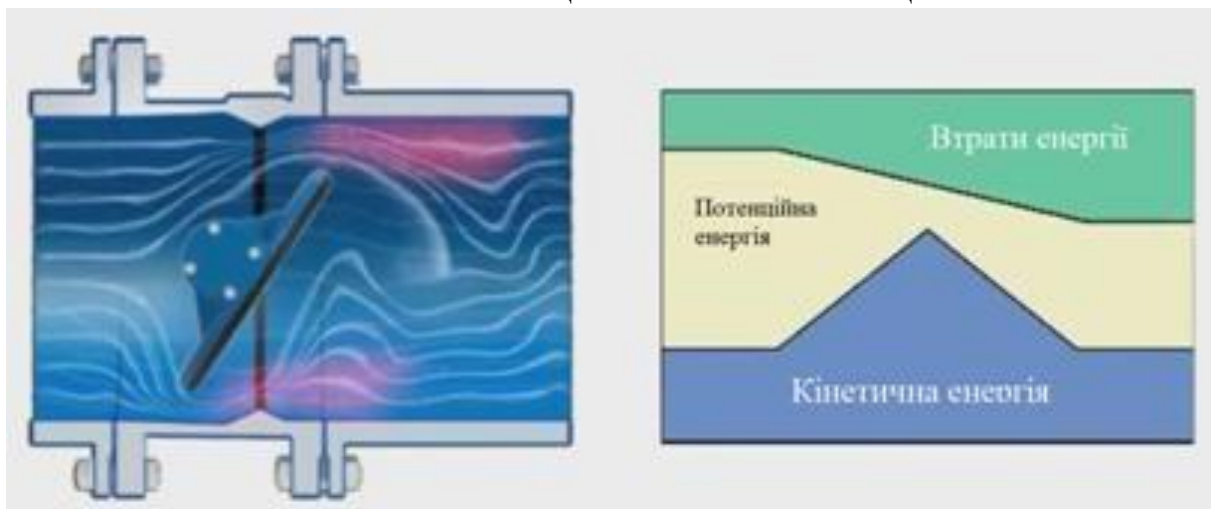


Рис. 4 – Причини виникнення кавітації

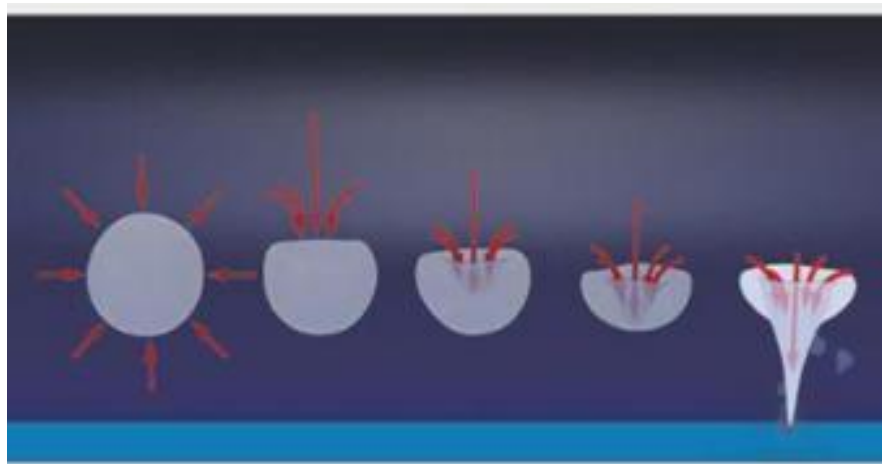


Рис. 5 – Схлопування кавітаційних бульбашок



Рис. 6 – Принцип дії кавітації на поверхні обладнання

Кавітація негативно впливає на роботу машин і їх технічний стан. При цьому відбуваються зміна характеристик роботи машини (зменшення подачі, напору, к. к. д.), руйнування поверхонь деталей (викришування металу, рис. 7), спостерігаються шум і вібрація.

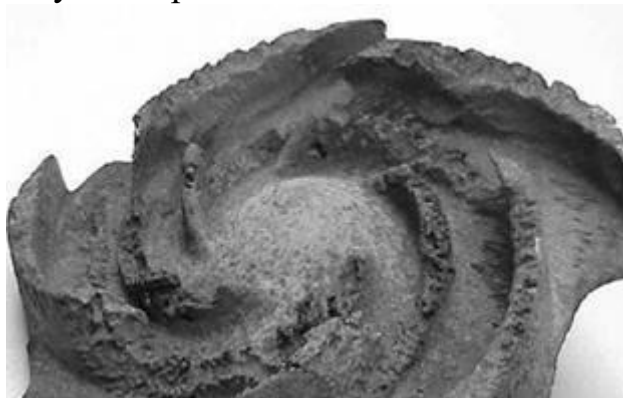


Рис. 7 – Негативний вплив кавітації на напрямний апарат насоса

1.5. Перегрів

Нагрівання деталей до температури, вищої за критичну, спричиняє зміну структури матеріалу і, як наслідок, деформації і прогорання деталей (рис. 8).



Рис. 8 – Наслідок перегрівання деталей машин (двигун автомобіля)

Citroen C4, на якому проїхали 220 км на першій передачі)

Крім того, на їх поверхні може виникати «нагар» від дії дуже нагрітих газів і продуктів згоряння палива і мастил (рис. 9). Це спричинює перегрів деталей і появу тріщин, а також порушення нормального процесу тепловіддачі.



Рис. 9 – Нагар на впускному колекторі (складається із мастила та частиноксажі)

1.6. Біологічні пошкодження

Перше місце серед біологічних ушкоджень належить шкоді від плісняви (рис. 10). У прошарку плісняви виникають ферменти, що знищують матеріал. Крім того, кислоти (лимонна, щавлева) спричинюють корозію металів.

Пліснявоутворення – це складний процес. Залежить він від температури, вологості, сонячної радіації. Пліснява роз’їдає ізоляційний матеріал і деякі види пластмас.



Рис. 10 – Пліснява на моторі-редукторі очисника фар автомобіля
Крім того, шкоди завдають *моллюски* та *гризуни* (миші та пацюки, рис. 11).



Рис. 11 – Приклад дії моллюсків на занурені у воду деталі машин

1.7. Негативний вплив людини

Система «людина – машина» може впливати на зміну технічного стану машини. Негативний вплив людини може бути у випадках недостатнього знання машини, халатності, втоми та ін. Наслідки при цьому можуть бути різними.

Моральне зношення машини характеризується використанням малопродуктивних, металоемних, неекономічних машин, в основному через відсутність коштів. При цьому витрачаються марно електроенергія, тепло, матеріальні ресурси, кошти.

Шкода, яку спричиняють морально зношені машини, дуже велика. Це спонукає споживача до розроблення нових машин і енергозберігаючих технологій.