

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

Циклова комісія технічного обслуговування авіаційної техніки

ПРОГРАМА

навчальної дисципліни
«Конструкція та міцність авіадвигунів»
обов'язкових компонент
освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

Технічне обслуговування та ремонт повітряних суден і авіадвигунів

Харків 2022

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 30.08.2022 № 8

СХВАЛЕНО

Методичною радою
Кременчуцького льотного
коледжу Харківського
національного університету
внутрішніх справ
Протокол від 22.08.2022 № 1

ПОГОДЖЕНО

Секцією науково-методичної ради
ХНУВС з технічних дисциплін
Протокол від 29.08.2022 № 8

Розглянуто на засіданні циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки, протокол від 10.08.2022р. № 1

Розробники:

1. Викладач циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки, спеціаліст вищої категорії, викладач-методист Царенко Андрій 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.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Програма навчальної дисципліни «Конструкція та міцність авіадвигунів» складена відповідно до освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти Технічне обслуговування та ремонт повітряних суден і авіадвигунів.

Предметом вивчення навчальної дисципліни є основні експлуатаційні характеристики і режими роботи газотурбінних двигунів; основні вузли та системи двигуна і правила їх експлуатації; типові несправності, методи їх усунення і попередження.

Міждисциплінарні зв'язки: дисципліна «Конструкція та міцність авіадвигунів» є основною дисципліною, що дозволяє формувати майбутнього бакалавра з авіаційного транспорту за освітньо-професійною програмою «Технічне обслуговування та ремонт повітряних суден і авіадвигунів» і ґрунтується на знаннях, отриманих під час вивчення таких навчальних дисциплін, як «Фізика», «Термодинаміка і теплопередача», «Основи аеродинаміки та динаміки польоту», «Теорія теплових двигунів», «Нарисна геометрія та інженерна графіка», «Теоретична механіка та опір матеріалів», «Матеріали і деталі», «Конструкція і технічне обслуговування авіадвигунів» та виноситься на підсумкову атестацію здобувачів вищої освіти.

Програма навчальної дисципліни складається з таких тем:

1. Загальні відомості, основні технічні дані двигуна та характеристики двигуна.
2. Компресор.
3. Камера згорання.
4. Газові турбіни. Вихідний пристрій.
5. Передачі та приводи двигуна.
6. Система змазки та суфлювання двигуна.
7. Система паливopостачання та автоматичного регулювання.
8. Повітряна система двигуна.
9. Система запуску та запалювання.
10. Допоміжна силова установка.

1. Мета та завдання навчальної дисципліни

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни «Конструкція та міцність авіадвигунів» є отримання здобувачами освіти необхідних теоретичних і практичних знань в області конструкції та міцності вузлів, деталей і агрегатів авіаційних газотурбінних двигунів (ГТД), правил їх технічного обслуговування (ТО) і експлуатації, аналіз причин найбільш часто виникаючих відмов і несправностей, методів їх виявлення, засобів усунення і попередження.

1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни «Конструкція та міцність авіадвигунів» є вивчення засвоєння основних експлуатаційних характеристик і режимів роботи газотурбінних двигунів, оволодіння знаннями з конструкції та

роботи основних вузлів, виявлення типових несправностей, методів їх усунення і засобів попередження.

1.3. Згідно з освітньо-професійною програмою здобувачі освіти повинні:

знати:

1. Основні експлуатаційно-технічні та конструктивні параметри ГТД.
2. Умови роботи і навантаження, що діють на елементи і вузли ГТД.
3. Компоновочні і силові схеми ГТД.
4. Типові конструкції основних вузлів ГТД, умови їх роботи, несправності і способи їх попередження.

вміти:

1. Обґрунтовувати основні вимоги, що пред'являються до ГТД ЦА, їх вузлів, агрегатів і систем.
2. Аналізувати різні конструктивні і схемні рішення.
3. Оцінювати статичну і динамічну міцність навантажених елементів конструкції ГТД.
4. Виявляти причини виникнення несправностей і знаходити правильні рішення для їх попередження та усунення;
5. Передбачати наслідки впливу різних експлуатаційних факторів на технічний стан ГТД.

1.4. Форма підсумкового контролю (екзамен).

На вивчення навчальної дисципліни відводиться 270 годин / 9 кредитів ECTS.

1.5. Програмні компетентності:

Програмні компетентності, які формуються при вивченні навчальної дисципліни:		
Інтегральна компетентність	Здатність розв'язувати спеціалізовані задачі та вирішувати практичні проблеми під час професійної діяльності у галузі транспорту або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій та методів вивчення елементів транспортної системи і характеризуються комплексністю та невизначеністю умов	
Загальні компетентності (ЗК)	ЗК-02	Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях
Фахові компетентності (ФК)	ФК-7	Навички роботи з нормативними документами, довідковою літературою та іншими джерелами інформації які регламентують діяльність авіаційного транспорту
	ФК-8	Здатність брати участь у проведенні комплексу планово-запобіжних робіт щодо забезпечення справності, працездатності та готовності об'єктів авіаційної техніки до ефективного використання їх

		за призначенням
	ФК-13	Здатність застосовувати знання з аеродинаміки та конструкції повітряних суден і авіадвигунів
	ФК-14	Здатність застосовувати знання про призначення та принципи роботи функціональних систем повітряних суден і авіадвигунів
	ФК-16	Здатність застосовувати знання про хімічні речовини, властивості металів та сплавів, їхні марки, опір матеріалів та можливості витримувати навантаження під час застосування в конструкціях повітряних суден і авіадвигунів
	ФК-18	Здатність застосовувати знання про призначення допусків, посадок та параметрів жорсткості, видів деформацій і процесів, що виникають у матеріалах під дією зовнішніх навантажень
	ФК-20	Здатність застосовувати знання з основ методики розрахунку елементів конструкції на міцність, жорсткість і стійкість, з кінематики і силових співвідношень у передачах і проектуванні механічних передач

2. Короткий опис змісту навчальної дисципліни

Тема № 1 Загальні відомості, основні технічні дані двигуна та характеристики двигуна.

Компоновочна схема двигуна. Основні технічні дані двигуна. Режим роботи двигуна. Основні обмеження величин параметрів двигуна. Характеристики двигуна.

Тема № 2 Компресор.

Призначення, конструкція, робота, обігрів пилозахисного пристрою.

Основні технічні дані компресора базового двигуна. Конструкція компресора базового двигуна.

Основи розрахунку робочих лопаток на міцність. Розрахунок лопатки на розтягнення від відцентрових сил. Вигин лопатки газовими силами. Згин лопатки відцентровими силами. Визначення напружень вигину. Визначення сумарних напружень і запасів міцності. Розрахунок на міцність замка кріплення лопатки типу "ластівчин хвіст". Зусилля, що діють на ротор компресора. Зусилля, що діють на елементи статора.

Експлуатаційні причини хитливих режимів роботи компресора і методи боротьби з ними. Можливі несправності компресора. Технічне обслуговування компресора.

Тема № 3 Камера згорання.

Основні технічні дані камери згорання базового двигуна.

Конструкція елементів камери згорання базового двигуна.

Зусилля, що діють на камеру згорання.

Несправності камери згорання, причини їх виникнення, способи знаходження та усунення. Технічне обслуговування камери згорання.

Тема № 4 Газові турбіни. Вихідний пристрій.

Конструкція турбіни компресора і вільної турбіни базового двигуна. Несправності газових турбін, причини виникнення, способи знаходження та усунення.

Конструкція вихідного пристрою базового двигуна. Несправності вихідного пристрою, причини виникнення, способи знаходження та усунення.

Зусилля, що діють на ротор турбіни. Зусилля, що діють на елементи вихідного пристрою. Розрахунок на міцність.

Тема № 5 Передачі та приводи двигуна.

Кінематична схема двигуна. Конструкція приводу регулятора частоти обертання вільної турбіни. Конструкція коробки приводів і агрегати, установлені на ній. Можливі несправності приводів і їхнє попередження.

Тема № 6 Система змазки та суфлювання двигуна.

Призначення, основні технічні й експлуатаційні дані системи змащення. Сорти масел, що використовуються в системі змащування. Склад і робота масляної системи. Призначення, конструкція і робота агрегатів системи змащування. Система суфлювання.

Несправності системи, причини виникнення, способи знаходження та усунення. Правила технічного обслуговування системи змащування.

Тема № 7 Система паливостачання та автоматичного регулювання.

Призначення та склад паливної системи двигуна. Принцип роботи паливної системи двигуна. Загальна характеристика системи автоматичного регулювання двигуна. Програми регулювання. Структурна схема системи автоматичного регулювання двигуна. Робота системи при спільній роботі двигунів в складі силової установки вертольота. Основні агрегати системи паливоживлення і регулювання двигуна. Перевірка і регулювання агрегатів системи автоматичного регулювання. Можливі несправності системи паливоживлення і регулювання двигуна. Технічне обслуговування паливоживлення і регулювання двигуна.

Тема № 8 Повітряна система двигуна.

Склад повітряної системи двигуна. Призначення, склад і робота протильодової системи двигуна. Агрегати протильодової системи двигуна. Несправності повітряної системи, причини виникнення: способи знаходження і усунення. Правила технічного обслуговування повітряної системи.

Тема № 9 Система запуску та запалювання.

Призначення та склад системи запуску. Призначення, конструкція та робота повітряного стартеру. Призначення, склад і робота системи

запалювання. Несправності системи запуску, причини виникнення, способи знаходження і усунення. Правила технічного обслуговування системи.

Тема № 10 Допоміжна силова установка.

Основні дані, обмеження, параметри і режими роботи двигуна. Короткі відомості про конструкцію вузлів двигуна. Система змазки і суфлювання двигуна. Система паливостачання і регулювання двигуна. Система запуску двигуна. Система перепускання повітря. Можливі несправності двигуна, причини виникнення, способи знаходження усунення. Правила технічного обслуговування двигуна.

3. Рекомендована література (основна, допоміжна), інформаційні ресурси в Інтернеті

Основна література:

1. Кулик М.С., Тамаргазін О.А. Конструкція, міцність та надійність газотурбінних установок і компресорів. Київ: НАУ, 2009. 477 с.
2. Терещенко Ю.М. Газотурбінні двигуни літальних апаратів, Київ: Вища школа, 2000. 319 с.
3. Царенко А.О. «Вертоліт Мі-8МТВ-1. Блок 3 Газотурбінний двигун. (категорія В1.3): Конспект лекцій. Кременчук: КЛК НАУ, 2015. 294 с.

Допоміжна література:

4. Іноземцев А.А., Сандрацький В.Л. Газотурбінні двигуни. П.: ВАТ «Авіадвигун», 2006. 1024 с.
5. Данилов В.А., Занько В.М., Калінін Н.П., Кривко А.І. Вертоліт Мі-8МТВ. Конструкція і експлуатація. Москва: Транспорт, 1995. 295 с.
6. Богданов А.Д., Калінін Н.П., Кривко А.І. Турбовальний двигун ТВ3-117ВМ. Конструкція і технічна експлуатація. Москва: Повітряний транспорт, 2000. 392 с.
7. Данилейко І.І., Капустін Л.Н., Фельдман Е.Л. Основи конструкції авіаційних двигунів. Москва: Транспорт, 1988. 296 с.
8. Керівництво з технічної експлуатації двигуна ТВ3-117. Книги 1,2,3. Москва: Транспорт, 1987. 706 с.
9. Лозицький Л.П. Конструкція і міцність авіаційних газотурбінних двигунів. Москва: Повітряний транспорт, 1992. 536 с.
10. Орлов В.І. Конструкція і експлуатація двигуна ТВ3-117В: Навчальний посібник. Сизрань, 2003. 185 с.
11. Кеба І.В. Турбовальний двигун ТВ3 - 117ВМ / ВМА: Навчальний посібник. Кременчук, 2011. 148с.
12. Щеглов А.В. Вертоліт Мі-8МТ (МТВ). Вертоліт і двигуни: Навчальний посібник. Торжок: 344 Центр бойового застосування і перенавчання льотного складу армійської авіації, 2000. 252 с.
13. Газотурбінний двигун АІ-9. Керівництво по експлуатації та технічного обслуговування. Ростов-на-Дону, ТОВ "Авіа-Медіа", 2007. 81 с.

14. Регламент технічного обслуговування вертольота Мі-8МТВ-1. Частина 1. Планер і силова установка. Москва, 1995. 206 с.

Інформаційні ресурси в Інтернеті

15. [Авіація, зрозуміла всім: веб-сайт.URL.:http://avia-simply.ru/category/aviatsionnie-dvigateli/](http://avia-simply.ru/category/aviatsionnie-dvigateli/) (дата звернення 26.05.2020)

4. Засоби оцінювання здобувачів вищої освіти

Питання для підсумкового контролю (екзамену):

1. Призначення двигуна, його конструктивні вузли та системи.
2. Способи контролю роботи двигуна.
3. Параметри, за якими контролюється робота двигуна.
4. Сигнали, за якими контролюється робота двигуна та його систем.
5. Характеристика режимів роботи двигуна.
6. Правила визначення режимів роботи двигуна.
7. Залежність параметрів, що характеризують роботу двигуна від частоти обертів турбокомпресора.
8. Залежність параметрів, що характеризують роботу двигуна від висоти польоту.
9. Конструкція та робота пилотажного пристрою.
10. Призначення, основні технічні дані та основні вузли компресора.
11. Конструкція ротора компресора двигуна.
12. Призначення і конструкція статора компресора двигуна.
13. Фізична сутність помпажа компресора, його ознаки, наслідки і конструктивні засоби боротьби.
14. Експлуатаційні причини помпажа та експлуатаційні міри його попередження.
15. Причини, ознаки, наслідки та профілактика руйнування підшипників ротора компресора.
16. Причини, ознаки, наслідки та профілактика ушкодження та поламки лопаток ротора компресора.
17. Призначення, основні технічні дані та основні вузли камери згорання.
18. Конструкція жарової труби.
19. Причини зриву пламені в камері згорання та вимкнення двигуна.
20. Причини, ознаки, наслідки та профілактика прогару деталей камери згорання.
21. Причини, ознаки, наслідки та профілактика короблення появи тріщин деталей камери згорання.
22. Призначення, основні технічні дані та основні вузли турбін двигуна.
23. Конструкція роторів турбіни компресора і вільної турбіни двигуна.
24. Конструкція статорів турбіни компресора і вільної турбіни двигуна.
25. Охолодження турбін двигуна.
26. Причини, ознаки, наслідки та профілактика витяжки лопаток роторів турбін.
27. Причини, ознаки, наслідки та профілактика обгорання деталей турбін.
28. Причини, ознаки, наслідки та профілактика руйнування лопаток роторів.
29. Призначення, основні вузли вихідного пристрою.

30. Охолодження вихідного пристрою.
31. Причини, ознаки, наслідки та профілактика несправностей вихідного пристрою.
32. Принципова схема кінематичних систем двигуна.
33. Конструкція центрального приводу.
34. Конструкція коробки приводів.
35. Конструкція елементів приводу регулятора обертів вільної турбіни.
36. Конструкція першої опори двигуна.
37. Конструкція другої опори двигуна.
38. Конструкція третьої опори двигуна.
39. Конструкція четвертої та п'ятої опор двигуна.
40. Призначення, основні технічні дані та склад системи змащування.
41. Конструкція агрегатів системи змазки, і розташовані на двигуні.
42. Циркуляція мастила в мастильній системі двигуна.
43. Призначення, основні частини та робота системи суфлювання двигуна.
44. Причини та способи усунення падіння або відсутності мастила при запуску двигуна.
45. Причини та способи усунення порушення температурного режиму мастила.
46. Причини та способи усунення витіку масла по фланців відкачування масла з IV-V опор корпусу вільної турбіни.
47. Причини та способи усунення обмаслювання поворотних лопаток ВНА, текти масла з I опори.
48. Причини та способи усунення сильного димлення і течії масла з клапанів перепуску повітря, течії масла з вихлопного патрубку при зупинці двигуна.
49. Загоряння світлосигнального табло наявності стружки в двигуні. Причини та способи усунення.
50. Наявність металевих частинок на маслофільтрі. Причини та способи усунення.
51. Технічне обслуговування системи смазки та суфлювання.
52. Призначення, основні технічні дані та склад системи паливopостачання.
53. Програми регулювання двигуна.
54. Керування системою регулювання двигуна.
55. Робота системи регулювання при спільній роботі двигунів в складі силової установки вертольота.
56. Призначення, конструкція та робота паливного насосу ДЦН-70А.
57. Призначення, склад та робота дренажної системи.
58. Призначення, конструкція та робота клапана наддування повітря.
59. Призначення, основні технічні дані та будова насосу-регулятора НР-3ВМ.
60. Шлях палива від баку до форсунки та елементи, що беруть участь в регулюванні постачання палива.
61. Призначення, будова та робота насосу високого тиску насосу-регулятора НР-3ВМ.
62. Призначення, будова та робота датчика постійного тиску, датчиків командного тиску, пропорційного частоті обертання турбокомпресора і частоті обертання вільної турбіни.

63. Призначення, будова та робота основної дозуючої голки та клапана постійного перепаду тиску.
64. Призначення, будова та робота регулятора частоти обертів турбокомпресора з температурним коректором .
65. Призначення, будова та робота регулятора частоти обертів вільної турбіни.
67. Призначення, будова та робота синхронізатора потужності з блокувальним золотником.
68. Призначення, будова та робота клапанів мінімального тиску.
69. Призначення, будова та робота автомата запуску насосу-регулятора НР-3ВМ.
70. Призначення, будова та робота автомата прийманості насосу-регулятора НР-3ВМ.
71. Призначення, будова та робота регулятора напрямних апаратів компресора.
72. Призначення, будова та робота нижнього гідроциліндра з кінцевим перемикачем.
73. Призначення, склад та робота системи обмеження частоти обертання ротора турбокомпресора.
74. Призначення, склад та робота системи обмеження температури газів перед турбіною компресора.
75. Призначення, склад та робота системи системи захисту турбіни гвинта.
76. Технологія перевірки системи захисту турбіни гвинта.
77. Перевірка і регулювання максимальної частоти обертання ротора турбокомпресора на злітному режимі, обмеженою електронним регулятором двигуна.
78. Призначення, принципова будова та робота паливної форсунки.
79. Відсутнє займання або пізнє займання палива при запуску. Причини та способи усунення.
80. Відсутня розкрутка або зависання частоти обертання ротора турбокомпресора при запуску. Причини та способи усунення.
81. Закид температури газу перед турбіною при прийманості вище допустимого. Причини та способи усунення.
82. Причини і способи усунення несінхронної роботи двигунів на сталих режимах.
83. Перевірка роботи клапанів перепуску повітря.
84. Перевірка і регулювання характеристики напрямних апаратів компресора.
85. Технічне обслуговування системи паливopостачання та автоматичного регулювання.
86. Призначення, склад та робота протильодової системи двигуна.
87. Управління та контроль роботи ПОС двигуна.
88. Ознаки та наслідки обледеніння вхідної частини двигуна.
89. Експлуатаційні заходи боротьби з обледенінням вхідних пристроїв двигуна.
90. Призначення та склад системи запуску двигуна.
91. Призначення, будова та робота повітряного стартеру СВ-78БА.
92. Призначення, будова та робота агрегату запалювання СК-22-2К.
93. Призначення, будова та робота свічки запалювання СП-26ПЗТ.

94. Основні дані, обмеження, параметри і режими роботи двигуна АІ-9В.
95. Стисла характеристика конструкції вузлів двигуна АІ-9В.
96. Призначення, склад та робота системи змазки і суфлювання двигуна АІ-9В.
97. Призначення та склад системи паливopocтачання і регулювання двигуна АІ-9В.
98. Призначення, будова та робота насоса-регулятора НР-9В.
99. Призначення, склад та робота системи запуску двигуна АІ-9В.
100. Призначення, будова та робота клапану перепускання повітря КП-9В.