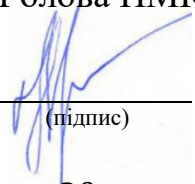
Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра *Конструкції авіаційних двигунів* (№ *203*)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова НМК 1



(підпис) *Сергій НИЖНИК* (ім'я та прізвище)

«*30*» *08* 2023 р.

СИЛАБУС *ВИБІРКОВОЇ* НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Поршневі двигуни

(назва навчальної дисципліни)

Дисципліна індивідуального вибору 2

Галузі знань: *13 «Механічна інженерія», 14 «Електрична інженерія», 27 «Транспорт»*
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальності: *131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування», 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка», 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», 142 «Енергетичне машинобудування», 144 «Теплоенергетика», 272 «Авіаційний транспорт», 274 «Автомобільний транспорт»*
(код і найменування спеціальності)

Освітні програми: *Динаміка та міцність машин; Роботомеханічні системи і логістичні комплекси; Комп'ютерний інжиніринг; Комп'ютерний дизайн та 3D моделювання; Авіаційні двигуни та енергетичні установки; Проектування, виробництво та сертифікація авіаційної техніки; Безпілотні літальні комплекси; Проектування та виробництво композитних конструкцій; Ракетні двигуни та енергетичні установки; Ракетні та космічні комплекси; Супутники, двигуни та енергетичні установки; Технології виробництва авіаційних двигунів та енергетичних установок; Інтелектуальні безпілотні транспортні засоби; Ракетно-космічна техніка; Комп'ютерно-інтегроване управління в енергетиці; Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії; Газотурбінні установки і компресорні станції; Енергетичний менеджмент; Комп'ютерно-інтегровані технології проектування енергетичних систем; Інтелектуальні транспортні системи; Технічне обслуговування та ремонт повітряних суден і авіадвигунів; Автомобілі та автомобільне господарство*
(найменування освітньої програми)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: *перший (бакалаврський)*

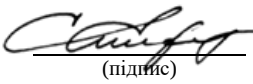
Силабус введено в дію з 01.09.2023 року

Харків 2023 рік

Розробник *Олександр БІЛОГУБ, проф. каф. 203, д.т.н., проф.*
(ім'я та прізвище, посада, науковий ступінь і вчене звання) (підпис)

Силабус навчальної дисципліни розглянуто на засіданні кафедри
Конструкції авіаційних двигунів (№ 203)
(назва кафедри)

Протокол № *1* від «*28*» *серпня* 2023 р.

Завідувач кафедри *д.т.н., професор*  *Сергій ЄПІФАНОВ*
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ім'я та прізвище)

1. Загальна інформація про викладача

Білогуб Олександр Віталійович, докт. техн. наук, професор, професор кафедри конструкції авіаційних двигунів. Викладає в університеті наступні дисципліни:

- комп'ютерні технології проектування;
- основи конструювання авіаційних двигунів;
- авіаційні поршневі двигуни;
- проектування авіаційних силових установок і агрегатів.

Напрями наукових досліджень: методи та засоби оптимізації конструкцій поршневих двигунів; робочі процеси в агрегатах авіаційних двигунів.

2. Опис навчальної дисципліни

Семестр, в якому викладається дисципліна – 7 семестр.

Обсяг дисципліни:

5 кредитів ЄКТС (**150** годин), у тому числі аудиторних – **64** годин, самостійної роботи здобувачів **– 86** годин.

Форми здобуття освіти

Денна.

Дисципліна – вибіркова.

Види навчальної діяльності – лекції, практичні роботи, самостійна робота здобувача.

Види контролю – поточний, модульний та підсумковий (семестровий) контроль (залік).

Мова викладання – українська.

Необхідні обов'язкові попередні дисципліни (пререквізити) – Початкові знання з математики, фізики, теоретичної механіки, сучасної інженерної графіки, спротиву матеріалів.

Необхідні обов'язкові супутні дисципліни (кореквізити) – немає.

3. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета

Вивчення навчальної дисципліни «Поршневі двигуни» полягає в придбанні знань щодо історії винаходу, схем та конструкцій, робочих процесів, систем та агрегатів поршневих, переважно авіаційних, двигунів.

Завдання

Придбання знань щодо:

- принципу дії 2- та 4- тактних двигунів;
- процесів, які протікають в циліндрі двигуна, включаючи такі, що впливають на екологію;
- класифікації, схем та конструкцій поршневих двигунів;
- параметрів та характеристик двигунів;
- систем паливопостачання, змащування та охолодження;
- конструкцій вузлів і деталей двигунів та їх систем;
- наслідків порушень робочого процесу, дефектів деталей, правил експлуатації, тощо.

Після опанування дисципліни здобувач набуде наступні **компетентності**:

- Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології;
- Здатність працювати в команді;
- Здатність працювати в автономну режимі;
- Здатність застосовувати фундаментальні наукові факти, концепції, теорії, принципи для розв’язування професійних задач і практичних проблем авіаційної, енергетичної галузей і галузевого машинобудування;
- Здатність застосовувати комп’ютеризовані системи проектування та спеціалізоване прикладне програмне забезпечення для вирішення інженерних завдань в галузі машинобудування;
- Здатність призначати оптимальні матеріали для елементів конструкції авіаційної, ракетно-космічної та іншої техніки;
- Здатність здійснювати розрахунки елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки на міцність;
- Здатність організовувати ефективну експлуатацію об’єктів автомобільного транспорту, їх систем та елементів;
- Інші, що стосуються механічної інженерії, авіації, енергетики та транспорту.

Очікується, що після опанування дисципліни здобувач будуть досягнуті наступні **результати навчання** і він буде:

знати:

- принципи роботи 2- та 4-тактних поршневих двигунів;
- теоретичні та реальні цикли роботи поршневих двигунів;
- класифікацію поршневих двигунів;
- палива та їх склад, що застосовуються в поршневих двигунах;
- особливості згоряння палив і утворення токсичних складових при згорянні;
- індикаторні, ефективні показники і характеристики;
- основні теплові та силові впливи на деталі;
- особливості конструкцій поршневих двигунів, їх вузлів і агрегатів;
- устрій і особливості схем і конструкцій систем паливопостачання двигунів;
- основні порушення робочого процесу, дефекти конструкції і їх наслідки.

вміти:

- виконувати розрахунки і оцінку основних геометричних параметрів поршневих двигунів;
- виконувати розрахунки і аналіз складного напружено-деформованого стану деталей шатунно-поршневої групи;
- виконувати порівняльну оцінку існуючих конструкцій.

4. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовний модуль 1. **РОБОЧІ ПРОЦЕСИ, ПОКАЗНИКИ ТА ЕЛЕМЕНТИ КОНСТРУКЦІЙ.**

Тема 1. Предмет вивчення і задачі дисципліни. Принцип дії 2- та 4-тактних двигунів внутрішнього згоряння. Визначення тактів, процесів, ступеню стиску та інших основних термінів.

- *Форма занять: лекція, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження:* ***4 години (лекції)****.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Місце дисципліни в навчальному плані. Рекомендована література. Індикаторна діаграма, як засіб пояснення процесів в ДВЗ, фази газорозподілу і особливості 2- і 4- тактного процесів, традиційні і не традиційні схеми ДВЗ, завішене, внутрішнє і комбіноване сумішоутворення. Класифікація ДВЗ за процесами, схемними, конструктивними та іншими показниками.

Обсяг самостійної роботи здобувачів: ***8 години****.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Тема 2. Робочі процеси в поршневих двигунах. Показники процесів.

- *Форма занять: лекція, практичне заняття, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження:* ***14 години (10 год. – лекція, 4 год. – практичне заняття)****.*

- *Практичне заняття «Тепловий розрахунок поршневого двигуна методом Гриневецького – Мазінга, модельний експеримент щодо впливу вхідних параметрів на розмірність двигуна»*

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): комп'ютер з програмою «Excel»* .

Палива, що застосовуються в ДВЗ. Елементарний склад палива. Хімічні реакції горіння. Склад свіжого заряду та відпрацьованих газів. Процес наповнювання. Коефіцієнт наповнювання. Чинники, що впливають на процес. Процес стискання. Чинники, що впливають на процес. Процес згоряння. Швидкість розповсюдження ламінарного та турбулентного полум'я. Утворення токсичних компонентів в відпрацьованих газах. Порушення згорання. Процеси розширювання та випуску. Чинники, що впливають на процеси. Індикаторні показники робочого процесу. Індикаторний ККД та питома індикаторна витрата пального. Чинники, що впливають на показники процесу. Ефективні показники робочого процесу. Потужність механічних втрат. Ефективний та механічний ККД. Питома ефективна витрата пального. Чинники, що впливають на ефективні показники двигуна.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів:* ***24 години***.

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Адаптація знань щодо робочих процесів до схем та конструкцій поршневих двигунів. Аналіз даних за розрахунком робочого процесу.

Тема 3. Характеристики поршневого двигуна та тепловий баланс.

- *Форма занять: лекція, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження:* ***6 годин (лекції).***

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Швидкісні характеристики (зовнішня та часткові). Навантажувальні характеристики. Гвинтова та генераторна характеристики. Універсальна характеристика. Регулювальні характеристики. Тепловий баланс та теплова напруженість двигуна.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів:* ***6 годин.***

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Вивчення термінів та визначень. Адаптація знань щодо характеристик і теплового балансу до схем та конструкцій двигунів.

Тема 4. Особливості конструкцій поршневих двигунів та їх деталей.

- *Форма занять: практичні заняття, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження:* ***16 годин (практичні заняття).***

- *Практичне заняття: «Авіаційні поршневі двигуни різних схем»,* ***2 години***.

- *Практичне заняття: «Конструкції поршнів»,* ***2 години***.

- *Практичне заняття: «Конструкції шатунів», **2 години**.*
- *Практичне заняття: «Конструкції колінчастих валів», **2 години**,*
- *Практичне заняття: «Конструкції циліндрів і блоків», **2 години**,*
- *Практичне заняття: «3-Д моделювання геометрії поршня», **2 години**.*
- *Практичне заняття: «Аналіз складного напруженого стану поршня», **4 години.***
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): комп'ютери та програмне забезпечення для геометричного моделювання і інженерного аналізу.*

Особливості конструкцій деталей ДВЗ. Конструкції поршнів, шатунів, колінчастих валів, циліндрів та блоків. Основні етапи побудови моделі поршня. Моделювання навантажень та закріплень. Видача індивідуального завдання, обміри і ескізування (для оф-лайн режиму навчання).

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: **22 години**.*
- Опрацювання матеріалу практичної роботи. Побудова 3-Д моделі поршня, проведення аналізу щодо складного напруженого стану. Проведення модельних експериментів щодо впливу зовнішніх факторів навантаження. Оформлення протоколів експерименту. Формування питань до викладача.

Модульний контроль 1

- *Форма занять: написання модульної роботи в аудиторії (за рішенням лектора допускається проведення у дистанційній формі).*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 1 година (для оф-лайн режиму за рахунок практичних робіт).*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Обсяг самостійної роботи здобувачів – за необхідністю.

Підготовка до модульного контролю.

Модуль 2.

Змістовний модуль 2. **КІНЕМАТИКА, ДИНАМІКА, ВРІВНОВАЖЕННЯ ТА СИСТЕМИ ДВЗ.**

Тема 5. Кінематика і динаміка поршневих двигунів.

- *Форма занять: лекція, практичні заняття, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: **8 годин (4 год. – лекція, 4 год. практичне заняття).***
- *Практичне заняття «Розрахунок динаміки багатоциліндрового аксіального КШМ» – **4 години.***
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): комп'ютер з програмою «Excel».*

Кінематика руху деталей кривошипно-шатунного механізму. Переміщення, швидкість і прискорення поршня. Кінематика двигуна з причіпним шатуном. Динаміка ДВЗ. Газові та інерційні сили. Сили і реакції, що діють в основному і причіпному циліндрах. Розподіл маси шатуна. Врівноваження поршневих двигунів. Врівноваження частин що обертаються. Врівноваження частин, що рухаються поступально. Схема Ланчестера. Врівноваження багатоциліндрових двигунів.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів:* ***10 годин.***

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Вивчення термінів та визначень. Адаптація знань щодо розрахунку параметрів руху, навантажень та врівноваження.

Тема 6. Системи паливопостачання ДВЗ.

- *Форма занять: лекція, практичні заняття, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження:* ***10 години (лекції – 6 год, практичні заняття – 4 год.).***
- *Практичне заняття: «Механізм газорозподілення» –* ***2 години.***
- *Практичне заняття: «Системи паливопостачання бензинових і дизельних двигунів» –* ***2 години.***
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): Комп'ютер з виходом в інтернет.*

Паливна система ДВЗ з примусовим запалюванням. Система з карбюратором. Принцип дії карбюратора, його характеристики. Висотна корекція. Механічна паливна система впорскування бензину. Електронно керована паливна система впорскування бензину во впускний колектор. Електронно керована паливна система впорскування бензину в циліндр. Конструкція складових паливних систем. Паливна система дизеля. Механічні системи впорскування палива. Електронно керована системи впорскування палива. Конструкції паливних насосів високого тиску. Конструкції форсунок, в тому числі з електро- та п'єзогідравлічним керуванням.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів:* ***10 годин.***

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Вивчення термінів та визначень. Адаптація знань щодо відомих схем і конструкцій.

Тема 7. Інші системі ДВЗ.

- *Форма занять: лекція, практичні заняття, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження:* ***6 години (лекції – 2 год, практичні заняття – 4 год.).***
- *Практичне заняття: «Системи охолодження ДВЗ» –* ***2 години.***
- *Практичне заняття: «Системи змащування ДВЗ» –* ***2 години.***

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): комп'ютер з виходом в інтернет.*

Рідинна система охолодження двигуна. Повітряна система охолодження двигуна. Системи змащування двигуна з «мокрим» і «сухим» картером. Система запалювання. Система газорозподілу.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів:* ***6 годин.***

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Вивчення термінів та визначень. Адаптація знань щодо тепловіддаючих та теплосприймаючих поверхонь деталей ДВЗ.

Модульний контроль 2

- *Форма занять: написання модульної роботи в аудиторії (за рішенням лектора допускається проведення у дистанційній формі).*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 1 години (для оф-лайн режиму за рахунок практичних робіт).*

Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів – за необхідністю.*

Підготовка до модульного контролю.

5. Індивідуальні завдання

Немає.

6. Методи навчання

Словесні, наочні, практичні.

7. Методи контролю

Поточний контроль (теоретичне опитування й розв'язання практичних завдань), модульний контроль (тестування за розділами курсу) та підсумковий (семестровий) контроль (іспит).

8. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Робота на лекціях	0…0,5	10	0…5
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	0…0,5	10	0…5
Модульний контроль	0…40	1	0…40
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0…0,5	6	0…3
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	0…0,5	6	0…3
Модульний контроль	0…44	1	0…44
Усього за семестр			**0…100**

Прийнята шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка для екзамену, *курсового проекту* (роботи), практики
90-100	відмінно
75-89	добре
60-74	задовільно
01-59	незадовільно з можливістю повторного складання

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту. Допуск до іспиту надається за умов відпрацювання та здачі усіх лабораторних (практичних) робіт, а також виконання та успішного захисту домашнього завдання.

Під час складання семестрового іспиту студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту складається з двох теоретичних запитань та двох тестових завдань. Теоретичні запитання розподілено таким чином:

Перше запитання - змістовий модуль 1;

Друге запитання – змістовий модуль 2;

Перше тестове завдання містить 20 тестових запитань за тематикою модуля 1, вірні (повні і неповні) відповіді на які треба обрати з тих, що пропонуються.

Друге тестове завдання містить 22 тестових запитання за тематикою модуля 2, вірні відповіді (повні і неповні) на які треба обрати з тих, що пропонуються.

Максимальна кількість балів за кожне запитання – 2. Неповна відповідь – 1.

Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

Задовільно (60-74). Мати необхідний мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі лабораторні та практичні роботи. Виконати та захистити індивідуальне завдання (розрахунково-графічну роботу). Здати модульне тестування з позитивною оцінкою. Знати принцип дії ДВЗ, що таке індикаторна діаграма, палива, які застосовуються в ДВЗ, елементарний склад палива, індикаторні та ефективні показники робочого процесу, ефективний та механічний ККД, потужність механічних втрат, зовнішню характеристику двигуна, класифікацію за конструкцією. конструкцій деталей ДВЗ. Конструкції поршнів, шатунів, колінчастих валів, циліндрів та блоків.

Добре (75-89). Твердо опанувати мінімум знань та вмінь. Відпрацювати та захистити всі лабораторні та практичні роботи. Виконати та добре захистити індивідуальне завдання. Окрім зазначених вище знань знати класифікацію ДВЗ за процесами, схемними, конструктивними та іншими показниками**,** хімічні реакції горіння, склад свіжого заряду та відпрацьованих газів, тепловий баланс двигуна, гвинтову та генераторну характеристики, універсальну характеристику, конструкції поршнів, шатунів, колінчастих валів, циліндрів та блоків, кінематику і динаміку поршневих двигунів, сили і реакції, що діють в КШМ, розподіл маси шатуна, системи паливопостачання ДВЗ, система з карбюратором, принцип дії карбюратора, його характеристики.

Відмінно (90-100). Відпрацювати та захистити всі лабораторні та практичні роботи. Виконати та добре або відмінно захистити індивідуальне завдання.

Здати модульне тестування з відмінною оцінкою (припускається здати один з двох модулів з оцінкою «добре» і сумарною кількістю балів не менше 80). Повно знати основний та додатковий матеріал, що викладено в описі змістових модулів вище. Пояснювати вплив охолодження на термодинамічну ефективність двигуна. Знати умови роботи лопаток, дисків та корпусів турбін, які спричинюють необхідність охолодження. Знати головні втрати, пов'язані з охолодженням деталей двигунів. Виконувати аналіз переваг та недоліків усіх схем охолодження лопаток. Виконувати розрахунки граничних умов теплообміну та тривимірні розрахунки температур та напружень. Знати теорію загороджувального охолодження. Пояснювати фізичні чинники виникнення температурних напруг та методи їх усунення. Володіти основами аналізу деталей з нерівномірним розподілом температури за перерізами. Володіти основами оптимізації систем охолодження.

9. Політика навчального курсу

Відпрацювання пропущених занять відбувається відповідно до розкладу консультацій, за попереднім погодженням з викладачем. Питання, що стосуються академічної доброчесності, розглядає викладач або за процедурою, визначеною у Положенні про академічну доброчесність.

10. Методичне забезпечення та інформаційні ресурси

Підручники, навчальні посібники, навчально-методичні посібники, конспекти лекцій, методичні рекомендації з проведення лабораторних робіт тощо, які видані в Університеті знаходяться за посиланням:

– http://library.khai.edu/catalog?

– Сторінка дисципліни знаходиться за посиланням: https://mentor.khai.edu/course/view.

11. Рекомендована література

Базова

1. Д'яченко, В. Г. Теорія двигунів внутрішнього згоряння: підручник / В. Г. Дьяченко. – Х. : ХНАДУ, 2009. – 500с.
https://faculty6.khai.edu/uk/library/dviguni-vnutrishnogo-zgoryannya-teoriya.html

2. Ganesan, V. IC Engines/ V. Ganesan, Fourth Edition. Tata McGraw Hill Education Private Limited, New Delhi. 2012 - 719 p.

3. Стеркенбург, Рональд і Пен Хао Ван. 2022. Довідник із стандартних авіаційних двигунів . 1-е вид. Нью-Йорк: McGraw Hill.
https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9781264259144

4. Хейвуд, Джон Б. 2018. Основи двигуна внутрішнього згоряння. 2-е вид. Нью-Йорк: McGraw-Hill Education.
https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9781260116106

Допоміжна

1. Білогуб, О. В. Кінематика, динаміка та зрівноваження авіаційних поршневих двигунів [Електронний ресурс] : навч. посіб. / О. В. Білогуб. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2019. – 40 с.

2. Гусев, Ю. А. Коленчатые валы: учеб. пособие / Ю. А. Гусев, А. В. Белогуб, Ю. А. Воробьев. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т», 2016. – 28 с.

3. Белогуб, А. В. Цилиндры и блоки авиационных поршневих двигателей: учеб. пособие / А. В. Белогуб, Ю. А. Гусев, А. И. Гаркуша. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т», 2016. – 31 с.

4. Белогуб, А. В. Шатуны авиационных поршневых двигателей: учеб. пособие / А. В. Белогуб, Ю. С. Шошин, Ю. А. Гусев. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т», 2015. – 32 с.

5. Белогуб, А. В. Механизм газораспределения 4-тактных поршневих двигателей: учеб. пособие / А. В. Белогуб. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т». 2013. – 23 с.

6. Репухов В.М. Теория тепловой защиты стенки вдувом газа [Текст] / В.М. Репухов. – Киев : Наукова думка, 1980. – 296 с.

7. Шошин, Ю. С. Тепловой расчет авиационного поршневого двигателя: учеб. пособие / Ю. С. Шошин, Ю. А. Гусев, А. В. Белогуб. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т», 2012. – 37 с.

8. Цилиндро-поршневая группа. Техника и технология: учеб. пособие. – Х.: Автрамат, 2012. – 39 с.

9. Кириченко, В. И. Динамический расчет поршневого звездообразного двигателя: учеб. пособие / В. И. Кириченко. – Х.: Харьк. авиац. ин-т, 1973. – 67 с.

10. Гусев, Ю. А. Поршни двигателей внутреннего сгорания / Ю. А. Гусев, С. В. Епифанов. – Х.: Гос. аэрокосмический ун-т, 1998. – 28 с.

11. Кормилов, Н. И. Расчет на прочность деталей поршневого двигателя / Н. И. Кормилов. – Х.: Харьк. авиац. ин-т, 1974. – 76 с.