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

Циклова комісія технічного обслуговування авіаційної техніки

МЕДОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ
до лабораторних робіт

навчальної дисципліни «Термодинаміка та теплопередача»
обов'язкових компонент
освітньої програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
Аеронавігація

Харків 2021

ЗАТВЕРДЖЕНО
Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 23.09.2021 № 8

СХВАЛЕНО
Методичною радою
Кременчуцького льотного коледжу
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 22.09.2021 № 2

ПОГОДЖЕНО
Секцією науково-методичної ради
ХНУВС з технічних дисциплін
Протокол від 22.09.2021 № 8

Розглянуто на засіданні циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки, протокол від 30.08.21 № 1

Розробники: викладач циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки Яніцький А.А.

Рецензенти:
Завідувач кафедри технологій аеропортів Національного авіаційного університету, д.т.н., професор Тамаргазін О.А.
Викладач циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки Кременчуцького льотного коледжу Харківського національного університету внутрішніх справ, к.т.н.,с.н.с. Тягній В.Г.

ЗАГАЛЬНІ ПОПЛОЖЕННЯ

Вступ. Лабораторна робота – вид навчального заняття, на якому здобувачі під керівництвом викладача проводять експерименти чи досліди в спеціально обладнаних навчальних лабораторіях х використанням устаткування, пристосованого для умов навчального процесу.

Завдання для лабораторних робіт призначені для підготовки та виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Термодинаміка та теплопередача», викладання якої забезпечує циклова комісія технічного обслуговування авіаційної техніки Кременчуцького льотного коледжу Харківського національного університету внутрішніх справ при підготовці фахівців галузі знань 27 Транспорт, спеціальності 272 Авіаційний транспорт.

. В описі до кожної лабораторної роботи подано теоретичні відомості, які потрібно пам'ятати при виконанні роботи, опис приладів, хід виконання роботи і завдання, контрольні запитання (вони охоплюють головні моменти теорії і висновки, що випливають з роботи) і експериментальні задачі, які сприяють розвитку у здобувачів мислення і уміння бачити процеси навколо себе.

Мета проведення занять: практичне підтвердження окремих теоретичних положень навчальної дисципліни «Термодинаміка та теплопередача», набуття практичних умінь та навичок роботи з лабораторним устаткуванням, обладнанням, вимірювальною апаратурою, методикою експериментальних досліджень.

У результаті виконання лабораторної роботи з навчальної дисципліни «Термодинаміка та теплопередача» здобувачі повинні:

знати:

- основи принципу роботи двигуна та його систем;
- конструкцію механізмів, вузлів та систем двигуна;
- правила та методи експлуатації двигуна в різноманітних кліматичних умовах.

1. Розподіл часу навчальної дисципліни за темами (денна та заочна форма навчання)

№ з/п	Найменування лабораторної роботи	Денна форма навчання	Заочна форма навчання
		Кількість годин	
1	Визначення відношення теплоємності при постійному тиску до теплоємності при	4	-

	постійному об’ємі (на Тему 7. Види теплообміну. Теплопровідність.)		
2	Дослідження ефективності способів регулювання охолодження двигуна внутрішнього згорання (на Тему 11. Теплообмінні апарати.)	4	-
3	Дослідження тепловіддачі горизонтальної труби при вільному русі повітря (на Тему 10. Передача теплоти через стінки. Методи теплового захисту.)	2	
	ВСЬОГО	**10**	**-**

2. Методичні вказівки до лабораторних робіт

2.1 Правила техніки безпеки при проведенні лабораторних робіт

Небезпечними факторами при виконанні лабораторних робіт є:

- падіння деталей, вузлів, агрегатів, інструмента;
- рухомі частини вузлів і агрегатів;
- незручна робоча поза;
- гострі кромки деталей, вузлів, агрегатів, інструмента і пристосування.

Тому, виконуючи лабораторні роботи, необхідно дотримуватися правил техніки безпеки:

Розбирати і збирати вузли категорично забороняється, коли вони знаходяться у підвішеному стані.

2.2 Підготовка до виконання лабораторних робіт

Перед виконанням лабораторної роботи здобувач повинен знати теоретичну частину лабораторної роботи, орієнтуватися у фізичних величинах, знати систему одиниць СІ, чітко уявляти хід виконання лабораторної роботи, знати правила техніки безпеки при проведенні лабораторної роботи.

2.3 Структура та правила оформлення лабораторних робіт

Лабораторна робота передбачає виконання дослідних завдань згідно з порядком проведення лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Термодинаміка та теплопередача». Звіт з виконаної лабораторної роботи оформлюється за вимогами викладача.

Лабораторна робота, яка може бути написана власноруч (ручкою синього кольору,), або набрана на комп’ютері шрифтом Times New Roman, кегль – 12 або 14, звичайний, міжрядковий інтервал – 1,5 см, абзац – 1,25. Поля аркушу задаються по 2 см зверху та знизу, 3 см – зліва й 1,5 см – справа кожної сторони.

Структура звіту з виконаної лабораторної роботи:

1. Титульний аркуш (Додаток 1)
2. Мета лабораторної роботи;

3. Обладнання;
4. Короткі теоретичні відомості;
5. Хід роботи (згідно з порядком проведення лабораторної роботи);
6. Короткі відповіді на контрольні питання (відповідь повинна містити по 1-2 речення на кожне питання)
7. Висновки.

2.4 Захист лабораторних робіт

Захист кожної лабораторної роботи відбувається у здобувачів денної та заочної форми навчання. Звіт з виконаної лабораторної роботи у повному обсязі подається на перевірку викладачеві. У разі виявлення помилок, звіт може бути повернений на доопрацювання. Якщо звіт задовольняє вимогам, то він підписується до захисту.

Результати захисту визначаються чіткістю формулювань, якістю відповідей на запитання, викладання матеріалу та його оформлення, повним виконанням поставленої задачі та повинні відповідати наведеним у п. 3.4 критеріям оцінювання.

Тема № 7. Види теплообміну. Теплопровідність

Лабораторне заняття № 1 Визначення відношення теплоємності при постійному тиску до теплоємності при постійному об’ємі.

Навчальна мета заняття**:** ознайомлення з існуючими методами визначення відношення теплоємності при постійному тиску до теплоємності при постійному об’ємі.

Кількість годин – 4 (денна), 2 (заочна форма). Місце проведення - навчальна аудиторія.

Навчальні питання:

1. Вивчити види переносу теплоти.
2. Температурне поле. Тепловий потік.
3. Закон Фур'є.
4. Діференціальне Рівняння теплопровідності

Матеріально-технічне забезпечення занять: Спеціалізовані стенди, плакати.

План проведення заняття:

І. Порядок проведення вступу до заняття.

Вітання з особовим складом групи; перевірка особового складу та готовність його до навчального заняття; доведення мети заняття та навчальних питань.

ІІ. Проведення основної частини заняття.

1. Дослідити процеси теплообміну.
2. Провести аналіз процесів теплообміну.
3. Визначити відношення теплоємності при постійному тиску до теплоємності при постійному об’ємі.
4. Оформити звіт.

III. Порядок проведеня заключної частини заняття.
Підведення підсумків заняття, перевірка, захист звітів та оголошення оцінок здобувачів.

Короткі теоретичні відомості

Теплообміном називається процес перенесення теплоти в просторі. Теплообмін являє собою складне явище, яке можна умовно розділити на ряд більш простих, видів перенесення теплоти, які принципово відрізняються один від одного,:

- теплопровідність;
- конвекцию;
- теплообмін випромінюванням.

Теплопровідність складається з перенесенні теплоти мікрочастинками речовини (молекулами, атомами, іонами, електронами). Такий теплообмін відбувається в тілах при наявності перепаду температури, але механізм перенесення теплоти залежить від агрегатного стану тіла.

У газах поширення теплоти відбувається внаслідок обміну енергією при зіткненнях молекул. Молекули газу в тій його частині, яка має більш високу температуру, мають більшу кінетичну енергію хаотичного руху, ніж молекули газу в області з низькою температурою. Зазначений обмін енергією призводить до переносу теплоти від нагрітих об'ємів газу до холодних.

У твердих тілах (діелектриках) перенесення теплоти відбувається внаслідок силового взаємодії між молекулами, тобто в процесі зіткнень тих, хто вагається частинок. Ця взаємодія істотно сильніше, ніж в газах, внаслідок чого теплопровідність твердих тіл на 5 ... 6 порядків вище, ніж газів.

В металах додатковий перенос теплоти відбувається внаслідок руху і зіткнень вільних електронів. Тому метали мають кращу теплопровідність, ніж діелектрики.

У рідких середовищах, Так само як і в діелектриках, теплопровідність визначається силовим взаємодією молекул при зіткненні тих, хто вагається частинок. Цей процес доповнюється взаємної дифузією нагрітих і холодних макрооб'ёмов рідини. Зазвичай теплопровідність рідин перевершує теплопровідність газів в нормальних умовах, але вона в кілька десятків і сотень разів менше, ніж у твердих тіл. Виняток становлять рідкі метали, у яких теплопровідність близька до теплопровідності твердих металів.

Конвекція спостерігається лише в рідинах і газах. Конвективний перенесення теплоти обумовлений переміщенням макрочасток (макрооб'ёмов) речовини в просторі з області з одного температурою в область з іншою температурою, тобто перенос теплоти пов'язаний з

переносом самого речовини. Конвекція завжди супроводжується теплопровідністю.

Конвективним теплообміном називається процес спільного перенесення теплоти конвекцією і теплопровідністю.

Теплове випромінювання. При теплообміні випромінюванням перенесення теплоти здійснюється за допомогою електромагнітних хвиль. При цьому відбувається подвійне перетворення енергії. Внутрішня енергія речовини перетворюється в енергію випромінювання (енергію електромагнітних хвиль), яка поширюється в просторі і, потрапляючи на тіла, здатні її поглинати, знову перетворюється у внутрішню енергію цих тіл. Перенесення теплоти тепловим випромінюванням нерідко відбувається спільно з конвективним теплообміном, наприклад, в камерах згоряння двигунів.

Спостережувані в природі і техніці явища теплообміну зазвичай включають в себе всі розглянуті вище види перенесення теплоти.

Для зручності технічних розрахунків вводиться поняття про два види теплообміну, які називають тепловіддачею і теплопередачей.

Тепловіддачею називається процес теплообміну, що виникає між твердим тілом і омиває його рідкої або газоподібної середовищем. У загальному випадку тепловіддача включає в себе конвекцію, теплопровідність і випромінювання.

Теплопередачей називається процес теплообміну, що виникає між рідкими або газоподібними середовищами, розділеними твердою стінкою.
Одним з основних параметрів, що визначають характер теплообміну, є температура.

Перелік питань для поточного контролю знань здобувачів:

1. Назвати види теплоємності.
2. Пояснити поняття теплоємністі газів.
3. Пояснити особливості процесі передачі тепла у газових сумішах.
4. Пояснити поняття теплоємністі суміші газів.

Тема № 11. Теплообмінні апарати

Лабораторне заняття № 2
Тема роботи: Дослідження ефективності способів регулювання охолодження двигуна внутрішнього згорання.
Навчальна мета заняття: Вивчити методи регулювання охолодження двигуна внутрішнього згорання.
Кількість годин – 4 (денна), 2 (заочна форма). Місце проведення - навчальна аудиторія.
Навчальні питання:

1. Вивчити методи регулювання охолодження двигуна внутрішнього згорання.

Матеріально-технічне забезпечення занять: Спеціалізовані стенди, плакати.

План проведення заняття:

І. Порядок проведення вступу до заняття.

Вітання з особовим складом групи; перевірка особового складу та готовність його до навчального заняття; доведення мети заняття та навчальних питань.

ІІ. Проведення основної частини заняття.

1.Дослідити процеси теплообміну.

2.Провести аналіз законів теплообміну для розуміння роботи теплових машин і апаратів, правил їх експлуатації.

3.Дослідити ефективність способів регулювання охолодження двигуна внутрішнього згорання.

4. Оформити звіт.

ІІІ. Порядок проведеня заключної частини заняття.

Підведення підсумків заняття, перевірка, захист звітів та оголошення оцінок здобувачів.

Перелік питань для поточного контролю знань здобувачив:

1.Назвати види переносу теплоти. Пояснити поняття температурного поля, теплового потоку.

2.Пояснити основні поняття теплового випромінювання.

3.Пояснити методи теплового захисту.

4.Пояснити зміну температури теплоносіїв по тракту аівадвигуна.

Короткі теоретичні відомості

Конвективне охолодження використовують для охолодження:

– камер згоряння;
– дисків турбін;
– лопаток турбін;
– вихідних пристроїв;
- блоків електро - і радіоапаратури і т.п .

Загороджувальне охолодження

Сутність такого охолодження полягає в тому, що на деякій ділянці охолоджувальної стінки організовується протягом загороджувального захисного шару охолоджувача (холодного газу) між гарячим газом і стінкою. Цей захисний шар називають завісою.

Проникаюче охолодження

При проникаючому охолодженні стінка виготовляється з пористого материала або має велике число дрібних отворів, рівномірно розташованих на її поверхні. Ці отвори створюються або шляхом перфорації стінки, або за рахунок її виготовлення з пористого матеріалу.

Через отвори охолоджувач подається в прикордонний шар гарячого газу. Що випливає з отворів охолоджувач зменшує швидкість і температуру

гарячого газового потоку поблизу стінки і збільшує товщину прикордонного шару. Це зменшує коефіцієнт тепловіддачі від гарячого газу в стінку.

Проникаюче (пористе) охолодження по суті є комбінованим, так як в ньому присутні елементи конвективного і загороджувального охолодження. Крім того, при русі через стінку по малорозмірних каналах (порах або спеціально створеним отворів) охолоджувач (газ або рідина) сприймає теплоту від стінки і тим самим значно зменшує її температуру.

Тугоплавкі теплозахисні покриття. До тугоплавким відносяться покриття з малими значеннями коефіцієнта теплопровідності, які не руйнуються високотемпературним газовим потоком. Тому їх розмір (товщина) не змінюється в процесі роботи. Покриття, що наноситься на поверхню, що захищається стінки з боку гарячого теплоносія, являє собою додаткове теплове опір між стінкою і теплоносієм. Теплозащитное покриття дозволяє зменшити температуру захищається стінки лише при наявності теплового потоку через стінку, тобто при наявності відведення теплоти від неї, наприклад, за рахунок конвективного охолодження.

Тема № 10. Передача теплоти через стінкі. Методи теплового захисту.

Лабораторне заняття № 3

Тема роботи: Дослідження тепловіддачі горизонтальної труби при вільному русі повітря.

Навчальна мета заняття**:** Вивчити процеси тепловіддачі горизонтальної труби при вільному русі повітря.

Кількість годин – 2 (денна), - (заочна форма). Місце проведення - навчальна аудиторія.

Навчальні питання:

1. Дослідження тепловіддачі горизонтальної труби при вільному русі повітря.

Матеріально-технічне забезпечення занять: Спеціалізовані стенди, плакати.

План проведення заняття:

І. Порядок проведення вступу до заняття.

Вітання з особовим складом групи; перевірка особового складу та готовність його до навчального заняття; доведення мети заняття та навчальних питань.

ІІ. Порядок проведення основної частини заняття.

1.Дослідити процеси теплообміну.

2.Провести аналіз ефективності теплообмінних апаратів.

3.Дослідити ефективність способів охолодження двигуна внутрішнього згорання.

4. Оформити звіт.

ІІІ. Порядок проведеня заключної частини заняття.

Підведення підсумків заняття, перевірка, захист звітів та оголошення оцінок здобувачів.

Перелік питань для поточного контролю знань здобувачив:

1.Назвати види теплообмінних апаратів.

2.Пояснити основні способи підвищення ефективності теплообмінних апаратів.

3.Пояснити методи способів охолодження двигуна внутрішнього згорання.

4.Пояснити зміну температури теплоносіїв теплообмінних апаратів.

Короткі теоретичні відомості

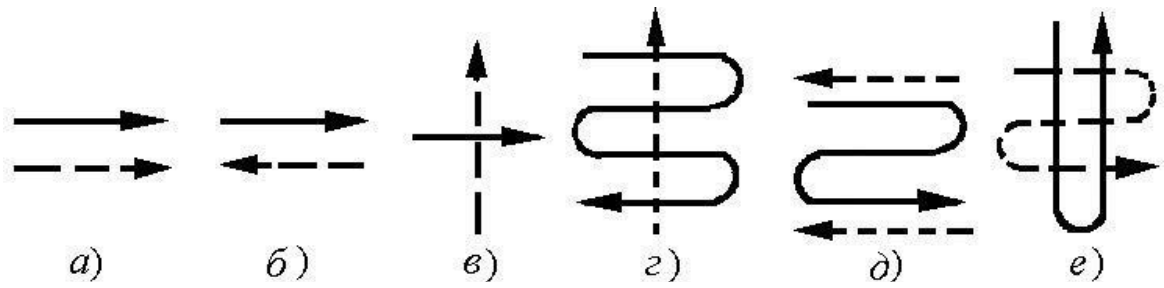
За принципом дії теплообмінні апарати поділяють на три основних типи: рекуперативні, регенеративні і змішувальні.

У рекуперативних теплообмінниках передача теплоти від одного теплоносія до іншого здійснюється через поверхню розділяє їх теплопровідної стінки, званої робочої поверхнею теплообмінника. При роботі цих теплообмінників напрямок теплового потоку через стінку не змінюється, і процес теплопередачі є найчастіше стаціонарним.

Рекуперативні теплообмінники класифікують за рядом ознак.

1. **У напрямку руху теплоносіїв.** Теплообмінники поділяють на такі типи:

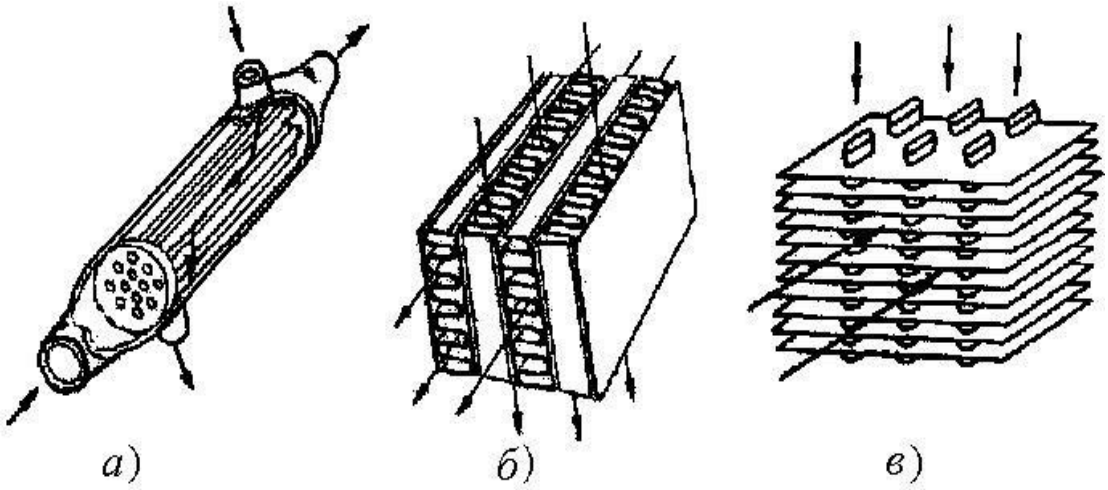
а) прямоточні (а), коли обидва теплоносія рухаються паралельно в одному напрямку;



б) протиточні (б), коли теплоносії рухаються в протилежних напрямках;
в) теплообмінники з перехресним струмом (в і г),
коли теплоносії рухаються у взаємно перпендикулярних напрямках; при цьому перехресний струм може бути одноразовим і багаторазовим;

г) комбіновані (д і е), в яких поєднуються елементи прямотока, противотока і перехресного струму.

2. По конфігурації робочої поверхні. Робоча поверхня теплообмінників може виконуватися у вигляді трубок або пластин (гладких або оребренних). Відповідно до цього розрізняють трубчасті (а), пластинчасті (б) і ребристі (в) теплообмінники.



3. За агрегатним станом і роду теплоносіїв. Гарячими і холодними теплоносіями можуть бути самі різні речовини, що знаходяться або в рідкому, або в газоподібному станах. Відповідно до стану теплоносіїв теплообмінники можуть бути: рідинно-рідинними (наприклад, паливо-олійними), рідинно-газовими (наприклад, паливо-повітряними) або газо-газовими (наприклад, повітро-повітряними). Агрегатний стан теплоносіїв може змінюватися при їхньому проходженні через теплообмінний апарат. До таких теплообмінників відносяться: теплообмінник - конденсатор, в якому в результаті охолодження відбувається перехід газоподібного (пароподібного) теплоносія частково або повністю в рідку фазу; випарний теплообмінник, де рідкий теплоносій, сприймаючи теплоту, випаровується, тобто переходить в газову фазу.

В регенеративних теплообмінниках одна і та ж робоча поверхня, так звана насадка, по черзі омивається то гарячим, то холодним теплоносієм. При зіткненні з гарячим теплоносієм насадка акумулює одержувану теплоту, а потім при обтіканні холодним теплоносієм віддає йому цю теплоту. Насадка повинна мати значну теплоємність і розвиненою робочою поверхнею контактує з теплоносієм.

Щоб процес теплообміну протікав безперервно, теплообмінник має зазвичай дві паралельно працюють секції. Конструктивно ці секції можуть бути виконані або у вигляді двох камер, які по черзі підключаються то до холодного, то до гарячого теплоносія, або в них розміщується обертається теплообмінник, елементи якого також по черзі взаємодіють з гарячим і холодним теплоносіями.

У змішувальних теплообмінниках процес теплообміну відбувається при безпосередньому контакті (перемішуванні) теплоносіїв один з одним. Тому змішувальні теплообмінники називаються також контактними.

3 ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

Основна література:

1. Котовський В. Н. Технічна термодинаміка: тексти лекцій / В.

Н.Котовський. - К.: НАУ, 2015.-88 с.
2. Котовський В. Н. Теплопередача: тексти лекцій / В. Н. Котовський. - К.: НАУ, 2015. - 76 с.

Додаткова література:

1. Базаров І. П. Термодинаміка: підручник / І. П. Базаров. - СПб: Видавництво «Лань», 2010. - 384 с.
2. Баранов В. М. Термодинаміка і теплопередача: навчальний посібник; 2-е видання, перероблене / В. М. Базаров, А. Ю. Коньков. - Хабаровськ: Видавництво ДВГУПС, 2004. - 91 с.
3. Кудінов В. А. Технічна термодинаміка і теплопередача: підручник для академічного бакалаврату; 3-е изд., Испр. і доп. / В. А. Кудінов, Е. М. Карташов, Є. В. Стефанюк. - М.: Видавництво «Юрайт», 2016. - 442 с.

Інформаційні ресурси в Інтернеті

1. http://klk.univd.edu.ua/uk/dir/177/biblioteka
2. https://works.doklad.ru/view/SvJcm0v0liM.html
3. https://uchitel.pro/
4. http://www.dstu.dp.ua/Portal/Data/6/29/6-29-kl76.pdf

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

Циклова комісія технічного обслуговування авіаційної техніки

ЗВІТ ВИКОНАНОЇ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ №___
з навчальної дисципліни Термодинаміка та теплопередача
на тему
_____

Здобувач групи _____

Спеціальності 272 Авіаційний транспорт
Спеціалізації Аеронавігація

Керівник

_____
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)
Національна шкала _____

Кількість балів _____ Оцінка: ECTS _____

Кременчук 2021