Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Механіко-машинобудівний інститут

Кафедра прикладної гідроаеромеханіки і механотроніки

Спеціальність - 131 Прикладна механіка
Бакалавр за освітньо-професійною програмою
Автоматизовані та роботизовані механічні системи

КАТАЛОГ

робочих програм навчальних дисциплін (Силабусів)
вибіркових освітніх компонентів циклу професійної підготовки
ОПП БАКАЛАВР

СЕРТИФІКАТНА ПРОГРАМА

«ГІДРОПНЕВМОАВТОМАТИКА СМАРТ СИСТЕМ»
«HYDROPNEUMATIC AUTOMATION FOR SMART SYSTEMS»

Київ – 2022

ЗМІСТ

(Назва дисципліни лекції/лаб/практ/СРС/РГР)

Курс 3. Семестр 5

Машинобудівна гідравліка 36/36/-/48/РГР

Об’ємні гідро- і пневмомашини і гідропередачі 36/36/-/48/-

Курс 3. Семестр 6

Газодинаміка 36/36/-/48/-

Компресорні машини 36/36/-/48/-

Об’ємний гідропривод 72/-/-/48/-

Пневмопривод і пневмоавтоматика 36/36/-/48/РГР

Курс 4. Семестр 7

Прикладна гідромеханіка 36/36/-/48/РГР

Мобільна гідравліка 36/36/-/48/-

Машинобудівна гідроавтоматика 18/54/-/48/-

Математичне моделювання і проектування систем гідро- і пневмоприводів 36/36/-/48/РГР

Лопаткові гідро- і пневмомашини і гідропередачі 36/36/-/48/РГР

Курс 4. Семестр 8

Проектування гідро- і пневмоприводів 36/-/36/48/РГР

Комп'ютерна гідромеханіка пристроїв гідроприводу 18/45/-/57/РГР

Випробування та діагностика систем приводів 18/36/-/66/РР

Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Кафедра Прикладної гідроаеромеханіки і механотроніки

МАШИНОБУДІВНА ГІДРАВЛІКА (МГ)

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни	
Рівень вищої освіти	***Перший (бакалаврський)***
Галузь знань	*13 Механічна інженерія*
Спеціальність	*131 Прикладна механіка*
Освітня програма	*Автоматизовані та роботизовані механічні системи*
Статус дисципліни	*Вибіркова*
Форма навчання	*очна(денна) /дистанційна/змішана*
Рік підготовки, семестр	*3 курс, викладається в одному семестрі (осінній/весняний)*
Обсяг дисципліни	*4 кредити ЄКТС*
Семестровий контроль/ контрольні заходи	*Залік, РГР*
Розклад занять	*http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ViewSchedule.aspx?v=0e0c55a6-1d52-4184-adeb-582104b9ba27*
Мова викладання	*Українська*
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: *к.т.н., , доцент, Семінська Наталія Валеріївна, seminska@ukr.net,* к.т.н., доцент кафедри, Муращенко Альона Миколаївна, *a_kirya@i.ua*
Розміщення курсу	https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&sd=10257&cm=23736&rcms=all&ssm=cm&tree_list= https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&sd=10257&cm=12701&rcms=all&ssm=cm&tree_list=

Програма навчальної дисципліни

1. **Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчання та результати навчання**

Програма навчальної дисципліни ***«Машинобудівна гідравліка» (далі МГ)*** *складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалавра з галузі знань 13 «Механічна інженерія» за спеціальністю 131 «Прикладна механіка».*

Метою навчальної дисципліни *є формування у студентів здатностей: - у виробничих умовах, використовуючи основні закони гідромеханіки визначити методи розрахунку гідравлічної системи, здійснити гідравлічний розрахунок трубопроводу та обраного технологічного обладнання., - побудувати та «прочитати» гідравлічні схеми; - орієнтуватися у принципі дії і конструкції елементів статичного та гідродинамічного приводів.*

Предметом навчальної дисципліни *є: принципі дії елементів гідроприводів, дію законів та закономірностей гідростатики і гідродинаміки в елементах гідроприводу, побудова та читання принципових гідравлічних схем. Ці питання в даному курсі розглядаються комплексно з урахуванням сучасних вимог до знань з технічних, технологічних і економічних аспектів машинобудівної галузі.*

Програмні результати навчання :

Компетенції, що посилюються вибірковою дисципліною: *Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності. Здатність описувати та класифікувати широке коло технічних об'єктів та процесів, що ґрунтується на глибокому знанні та розумінні основних механічних теорій та практик, а також базових знаннях суміжних наук.*

Знання: *знати основні закони гідромеханіки; принципи роботи окремих гідравлічних машин, гідро-і пневмоприводів та гідроапаратури; методику гідравлічного розрахунку трубопроводів та гідравлічних приводів, параметри, що характеризують працездатність і впливають на економічність гідромашин та гідро- і пневмоприводів.*

***Уміння**: застосовувати та користуватися вимірювальними пристроями - манометри, барометри, витратоміри, трубка Вентурі, тощо. Здійснювати вибір робочої рідини. Ефективно працювати з рівнянням гідромеханіки для вирішення актуальних проблем в галузі машинобудування. проводити інженерні розрахунки гідравлічних систем; обирати гідравлічні виконавчі пристрої, насоси, гідроапаратуру. Вміння застосовувати нормативну документацію.*

***Досвід:** застосовувати основні рівняння гідромеханіки для вирішення конкретних задач в машинобудуванні;*

2. **Пререквізити та постреквізити дисципліни**

Необхідне попереднє успішне оволодіння знаннями та уміннями, набутими при вивченні дисциплін «Теоретична механіка», «Механіка рідини та газу», «Фізика».

Результати вивчення дисципліни «Машинобудівна гідравліка» є корисними для вивчення дисциплін: «Об'ємний гідропривод», «Лопаткові гідро- і пневмомашини і гідропередачі», «Об'ємні гідро- і пневмомашини і гідропередачі», «Мобільна гідравліка», «Машинобудівна гідроавтоматика».

3. **Зміст навчальної дисципліни**

1. *Вступ до машинобудівної гідравліки. Основні закони гідромеханіки.*
2. *Область застосування гідравлічних та пневматичних машин та механізмів*
3. *Прилади для вимірювання основних параметрів гідросистеми. (класифікація, конструкція, принцип дії.)*
4. *Гідравліка трубопроводів. Режими руху рідини. Втрати тиску в гідролініях. Витрата рідини. Гідравлічний розрахунок трубопроводів*
5. *Робоча рідина, як енергоносій в гідросистемі. Класифікація основних властивостей. В'язкість. Закон тертя Ньютона. Одиниці вимірювання*
6. *Вимоги до рідин, характеристика, індекс в'язкості, тощо. Вибір і експлуатація робочих рідин.*
7. *Особливості взаємодії робочих рідин з твердими стінками, що обмежують канал. Облітерація*
8. *Гідравлічний удар, кавітація.*
9. *Гідравлічні та пневматичні системи. Призначення та побудова.*
10. *Рекомендації по зображенню принципових схем. Нормативні документи, що описують позначення елементів гідравлічних схем*
11. *Основні поняття та визначення гідропередач (насосів та двигунів).*
12. *Об'ємні гідронасоси та гідромотори. Основні параметри та конструкція*
13. *Гідроциліндри. Основні параметри та конструкція.*
14. *Направляюча і регулююча апаратура. Гідророзподілювачі.*
15. *Пристрої керування. Запобіжні клапани.*
16. *Допоміжні пристрої.*
17. *Гідродинамічний привод. Основні поняття та визначення. Класифікація динамічних гідромашин. Основні розрахункові формули.*
18. *Гідродинамічні передачі. Гідротрансформатори та гідромуфти.*

4. **Навчальні матеріали та ресурси**

Основні інформаційні ресурси

1. *Яхно О.М. та інш. Прикладна гідроаеромеханіка і мехатроніка / Під ред. Яхна О.М..- Вінниця: ВНТУ , 2019.- 711 с.*
2. *Технічна гідродинаміка і основи теорії змащування:навч. посіб / О.М. Яхно, В.М. Матієга, С.І. Одайський, - Чернівці: «Золоті літаври», 2010, 326 с.*
3. *Башта Т.М. Машиностроительная гидравлика. М.: Машиностроение, 1971, 450 с.*
4. *Башта Т.М., Руднєв С.С., Некрасов Б.Б. та ін Гідравліка, гідравлічні машини і гідравлічні приводи. - М.; Машинобудування, 1982*
5. *Фінкельштейн З.Л., О.М. Яхно, В.Г. Чебан, Лур'є З.Я., Челемасова І.А. Розрахунок, проектування та експлуатація об'ємного гідроприводу: Навч. посібник. - К.: НТУУ «КПІ», 2006. - 216 с*
6. *Гідравліка неньютнівських рідин, О.М. Яхно, В.І Желяк:Навчальний посібник.-К.: Вища*

школа, 1995-199с.

Додаткові інформаційні ресурси

1. *ДСТУ ГОСТ2.704:2014 Єдина система конструкторської документації. Правила виконання гідравлічних і пневматичних схем*
2. *ISO 1219-1:2012 «Fluid power systems and components - Graphical symbols and circuit diagrams».*
3. *Гідравлічні струмені. Яхно О.М., Матієга В.М., Семінська Н.В., Стась С.В. Чернівці: «Зелена Буковина», 2013, 186 с*
4. *Технічна гідромеханіка. Гідравліка та гідропневмопрівод: Підручник / В.О. Федорець, М. Н. Педченко, О.О. Федорець, В.Б. Струтинський та ін., За ред. В.О. Федорцов. - Житомир: ЖІТІ. 1998. - 412 л*
5. *Збірник завдань з машинобудівної гідравліки. Под ред. Куколевський І.І. і Подвідза Л.Г. - М.: Машинобудування, 1972.*
6. *Пневматичні приводи та засоби автоматизації: практикум для інженерно-технічного персоналу/ Л.О.Кривопляс –Володіна, О.Г. Смирнов, О.С. Савчук, А.Д. Зубович - К.2019 – 107*
7. *Технічна гідромеханіка та гідропневмопрвод. / За ред. В.О.Федорця. - Житомир: ЖІТІ, 1998. - 412 с.*
8. *Гідропневмосистеми .Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів спеціальності «Гідравлічні та пневматичні машини»/Уклад. Н.В. Семінська, О.М. Яхно – Київ:НТУУ «КПІ», 2014-40с.*

рекомендації та роз'яснення:

- *Всі базові літературні джерела є в бібліотеці КПІ та в методичному кабінеті кафедри;*
- *Жодне джерело, як і всі перелічені літературні джерела разом, не є достатнім для опанування дисципліни без виконання комплекту основних та кваліфікаційних лабораторних робіт та самостійного розв'язання типових задач гідравліки.*

Навчальний контент

5. **Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

ЛЕКЦІЙНІ ЗАНЯТТЯ

	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1.	*Вступ до машинобудівної гідравліки. Основні закони гідромеханіки* Література: *1 (вступ, розд.3, 4, 5), 3 (вступ, розд.1,2), 5дод. (с. 8 – 22), 8 – 11 доп.*
2.	***Область застосування гідравлічних та пневматичних машин та механізмів*** Література: *1 (вступ, розд. 4), 3 (вступ, розд.1,2)*
3.	***Прилади для вимірювання основних параметрів гідросистеми. (класифікація, конструкція, принцип дії.)*** Література: дод. 8-11[каталоги виробників].
4.	*Гідравліка трубопроводів. Режими руху рідини. Втрати тиску в гідролініях. Витрата рідини. Гідравлічний розрахунок трубопроводів* Література: 3 розд.4), *5 доп. (с. 3 – 26)*
5.	*Робоча рідина, як енергоносій в гідросистемі. Класифікація основних властивостей. В'язкість. Закон тертя Ньютона. Одиниці вимірювання* Література: *1 (розд 4), 3 (розд.2)*
6.	*Вимоги до рідин, характеристика, індекс в'язкості, тощо. Вибір і експлуатація робочих рідин.* Література: *3 (розд.2)4 доп.*
7.	***Гідравлічний удар, кавітація***. Література: *1 (розд 5), 3 (розд.2), 5*
8.	*Гідравлічні та пневматичні системи. Призначення та побудова.* Література: доп. 5,6,доп. 8-11[каталоги виробників].

9.	*Гідравлічні та пневматичні системи. Призначення та побудова.* Література: доп. 5,6,доп. 8-11[каталоги виробників].
10.	*Рекомендації по зображенню принципових схем. Нормативні документи, що описують позначення елементів гідравлічних схем* Література: доп. 5,6,доп. 8-11[каталоги виробників].
11.	*Основні поняття та визначення гідропередач (насосів та двигунів).* Література: доп. 5,6,доп. 8-11[каталоги виробників].
12.	*Об'ємні гідронасоси та гідромотори. Основні параметри та конструкція* Література: *3 (розд.2,3,4)*
13.	*Гідроциліндри. Основні параметри та конструкція.* Література: *1 (вступ, розд 5,6), 3 (розд.2), 4*
14.	*Направляюча і регулююча апаратура. Гідророзподілювачі.* Література: *3 (розд.2, 4)*
15.	*Пристрої керування. Запобіжні клапани* Література: 3 *(с. 38 – 47),4*
16.	*Допоміжні пристрої.* Література: 3 *(с. 45 – 52), 4*
17.	*Гідродинамічний привод. Основні поняття та визначення. Класифікація динамічних гідромашин. Основні розрахункові формули..* Література: 1 (розд. 5), 3 *(с. 57 – 69)*
18.	*Гідродинамічні передачі. Гідротрансформатори та гідромуфти.* Література: 1 (розд. 5), 3 *(с. 141 – 152)*

Самостійна робота студента

№ з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1.	*Підготовка до аудиторних занять*	28
2.	*Виконання РГР*	10
3.	*Підготовка до МКР*	10

Політика та контроль

6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- правила відвідування занять: відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних заняттях.

- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних заняттях, передбачені РСО дисципліни;

- використання засобів пошуку інформації на Google-сторінці викладача, в інтернеті;

- правила призначення заохочувальних та штрафних балів: заохочувальні та штрафні бали не входять до основної шкали РСО, а їх сума не перевищує 10% стартової шкали;

- політика щодо академічної доброчесності встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни;

- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соц. мережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

7. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

Поточний контроль: експрес-опитування, практичні заняття.

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.
Семестровий контроль: залік.
Умови допуску до семестрового контролю: мінімальний семестровий рейтинг більше 40 балів.
Умовою допуску до заліку може також бути: проходження одного чи двох календарних контролів, виконання МКР, відпрацювання всіх практичних занять.
Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	*Оцінка*
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

Рейтинг студента розраховується виходячи із 100-бальної шкали, з них 70 балів складає стартова шкала. Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, які студент отримує за:
– відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях;
– відповіді під час лабораторних/практичних занять (16 занять);
– виконання модульної контрольної роботи (МКР);
- *Виконання розрахунково-графічної роботи (РГР).*

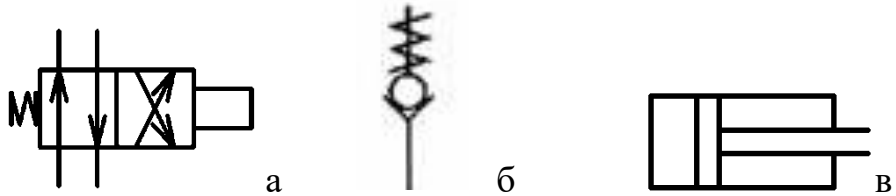
Відповіді на заліку оцінюються у 30 балів.
Робота на практичних/лабораторних заняттях (максимум 48 балів):
– активна творча робота – 1 бал;
– плідна робота – 0,5 бал;
– пасивна робота – 0 балів.
Виконання МКР:
– творчо виконана робота – 15 балів;
– роботу виконано з незначними недоліками – 12 балів;
– роботу виконано з певними помилками – 6 балів:
– роботу не зараховано (не виконано або є грубі помилки) – 0 балів.
Виконання РГР:
– якісно виконана робота – 22 бали;
– роботу виконано з незначними недоліками – 20 балів;
– роботу виконано з певними помилками – 15 балів:
– роботу не зараховано (не виконано або є грубі помилки) – 0 балів.
Штрафні та заохочувальні бали:
За правильні відповіді під час експрес-опитувань – 0,5 бала.
Студент отримує позитивну залікову оцінку без додаткових випробувань («автоматом») за результатами роботи в семестрі, якщо має підсумковий рейтинг за семестр не менше 60 балів та виконав умови допуску до семестрового контролю, які визначені РСО.
Якщо студент виконав умови РСО щодо допуску до семестрового контролю, але має підсумковий рейтинг менше 60 балів або хоче підвищити поточну оцінку, виконує залікову контрольну роботу.
На заліку студенти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить три запитання з різних тематичних розділів.
Критерії залікового оцінювання:
– вичерпні відповіді на всі питання білету, а також на додаткові питання, чітке визначення всіх понять, величин: 30 балів;
– в деяких відповідях мають місце певні неточності: 20-25 балів;
– допускаються окремі помилки, але їх можливо виправити за допомогою додаткових питань викладача, має місце знання основних понять і величин, розуміння суті процесів в гідравлічних пристроях: 15-20 балів;

– припускаються суттєві помилки у відповідях або відсутня відповідь на одне з питань залікової роботи: 10-14 балів.

8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- ***Приклад питань залікової роботи:***

1. *Поняття в'язкості.Закон тертя Ньютона.*
2. *Надати пояснення умовним позначенням*



3.. Структурна схема гідроприводу (визначення ГП, типи, схема об'ємного гідроприводу).

- ***можливе зарахування сертифікатів*** *проходження стажування на підприємствах партнерах Camozi, Festo*
- ***Рекомендована тематика РГР:***

  1. Створення гідравлічної схеми штампувальної машини. Розрахунок витрат рідини на різних ділянках схеми.

  2. Створення гідравлічної схеми верстату. Розрахунок втрат тиску рідини на різних ділянках схеми.

  3. Створення гідравлічної схеми керування підвісним маніпулятором спецтехніки. Вибір гідроапаратури.

  4. Розрахунок втрат тиску в гідросистемі.

  5. Створення системи змащування гідравлічної машини. Визначення об'єму масляного бака.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус): Машинобудівна гідравліка
Складено:
доцентом кафедри ПГМ, кандидатом технічних наук, доцентом Семінської Наталією Валеріївною
доцентом кафедри ПГМ, кандидатом технічних наук, Муращенко Альоною Миколаївною

Ухвалено кафедрою _ПГМ_ (протокол №17 від 14.06.2022 р.)
Погоджено Методичною комісією інституту (протокол № 11 від 29.08.2022)

Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Кафедра Прикладної гідроаеромеханіки і механотроніки

ОБ'ЄМНІ ГІДРО- І ПНЕВМОМАШИНИ І ГІДРОПЕРЕДАЧІ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни	
Рівень вищої освіти	***Перший (бакалаврський)***
Галузь знань	*13 Механічна інженерія*
Спеціальність	*131 Прикладна механіка*
Освітня програма	*Автоматизовані та роботизовані механічні системи*
Статус дисципліни	*Вибіркова*
Форма навчання	*очна(денна) /дистанційна/змішана*
Рік підготовки, семестр	*3 курс, викладається в одному семестрі (осінній/весняний)*
Обсяг дисципліни	*4 кредити ЄКТС*
Семестровий контроль/ контрольні заходи	*Залік*
Розклад занять	*http://rozklad.kpi.ua/Schedules/* *http://wiki.kpi.ua:8080/index.php/Гідро-_і_пневмо_двигуни_мехатронних_систем_(12601260)*
Мова викладання	*Українська*
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н. *доцент, Гришко Ігор Анатолійович, Griwkow@ukr.net*
Розміщення курсу	https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&show&irid=185132 https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&show&irid=187244

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчання та результати навчання

Програма навчальної дисципліни «Об'ємні гідро- і пневмомашини і гідропередачі» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалавра з галузі знань 13 «Механічна інженерія» за спеціальністю 131 «Прикладна механіка».

***Метою навчальної дисципліни** є формування у студентів здатностей: чітко розуміти можливості та сфери застосування різних за своєю конструкцією та вихідними параметрами гідро- і пневмомашин.*

- розв'язувати практичні задачі автоматизації технічних об'єктів шляхом підбору певного типу джерела енергії системи та .

***Предметом навчальної дисципліни** є: конструкція та процеси які протікають в різноманітних об'ємних машин (ручних, шестеренних, героторних, гвинтових, пластинчастих, аксіально та радіально поршневих насосах та моторах, які застосовуються в мехатронних систем, в якості основних та допоміжних компонентів).*

Програмні результати навчання :

***Компетенції, що посилюються вибірковою дисципліною:** здатність використовувати інструментальні засоби конструювання, обґрунтовувати та розробляти раціональні конструктивні рішення автоматизованих механічних систем, машин, систем гідропневмоавтоматики, електромеханіки, мехатроніки і робототехніки та їх елементів і агрегатів, відповідно до заданих експлуатаційних, функціональних, економічних, ергономічних та інших вимог при вирішенні практичних задач, здатність використовувати сучасні підходи та інструментальні засоби автоматизованого проектування для створення автоматизованих*

механічних систем, машин, систем гідропневмоавтоматики, електромеханіки, мехатроніки і робототехніки та їх компонентів із забезпеченням виконання заданих функцій, експлуатаційних характеристик та показників ефективності.

Знання: *розуміння принципу роботи любої об'ємної машини, її складових частин, вузлів, компонентів, процесів які протікають в середині машини та основних її характеристик, дає можливість фахово розрахувати гідравлічну систему любої складності з обґрунтованим вибором необхідної апаратури для автоматизації виробничого процесу*

Уміння*: провести попередній розрахунок по підбору джерела гідравлічної чи пневматичної енергії необхідного для автоматизації будь-якої мехатронної системи. По основним параметрам системи, визначити та підібрати необхідний, для її нормальної роботи, тип гідравлічної машини та електричного двигуна. Розробити компоновку основних елементів насосної станції в залежності від типу та вихідних параметрів. Визначити необхідну комплектацію насосної станції для нормального функціонування мехатронної системи*

Досвід:

Набуті теоретичні знання дають можливість з легкістю розуміти роботу любої гідравлічної системи. Виявляти можливі несправності та прогнозувати її подальшу роботу в різних режимах та умовах експлуатації. Практичний досвід, отриманий завдяки тісній співпраці з компанією «HIDRAVLIK Line», дає можливість застосувати навички роботи з гідравлічним обладнанням любої складності не лише на лабораторних стендах а й при роботі на потужностях цієї компанії.

2. **Пререквізити та постреквізити дисципліни**

Успішне оволодіння знаннями та уміннями, набутими при вивченні дисциплін «Математика», «Фізика», «Теорія машин та механізмів», «Деталі машин» «Основи конструювання і проектування»

Результати вивчення дисципліни «Об'ємні гідро- і пневмомашини і гідропередачі» є корисними для вивчення дисциплін: «Дискретні системи керування виконавчими пристроями», «Основи гідроавтоматики», «Проектування агрегатів автоматизованих механічних систем».

3. **Зміст навчальної дисципліни**

1. *Принцип дії об'ємного гідроприводу.*
2. *Робоча рідина гідросистем та її властивості.*
3. *Насоси з ручним та механічним приводом.*
4. *Робочі параметри та характеристики об'ємних насосів та моторів.*
5. *Об'ємні втрати рідини в машині.*
6. *Основні та допоміжні насоси.*
7. *Радіально-поршневі гідромашини, насоси та мотори.*
8. *Роторні аксіально-поршневі машини.*
9. *Пластинчасті машини.*
10. *Шестеренні машини.*
11. *Героторні машини.*
12. *Гвинтові машини.*
13. *Гідравлічні перетворювачі та насоси надвисокого тиску.*
14. *Регулювання подачі об'ємних насосів.*
15. *Регульовані об'ємні машини. Різновиди, принцип дії.*
16. *Об'ємні гідравлічні передачі обертового типу.*
17. *Випробовування гідромашин*
18. *Пневматичні об'ємні машини*

4. **Навчальні матеріали та ресурси**

Основні інформаційні ресурси

1. *Галдин Н.С. Гидравлические машины, объёмный гидропривод/ Учебное пособие. Омск: СибАДИ, 2009. – 272 с.*
2. *Орлов Ю.М. Объемные гидравлические машины М.: Машиностроение, 2006. — 223 с.*
3. *Галадин Н.С. Гидравлические схемы мобильных машин / Н.С. Галадин, И.А. Семенова /*

Учебное пособие. Омск: СибАДИ, 2013. – 297 с.
4. *Гидрооборудование мобильных машин ООО «Паркер Ханнифин»/ Под ред. Свешников В.К. : 2010, -339с.*
5. *Ермак С.А. Гидравлические и пневматические системы транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования / С.А. Ермак, В.В. Буренин, Г.С. Мазлумян и др. Москва: МАДИ 2017. 218с.*
6. *Башта Т.М. и др. Объемные насоси и гидравлические двигатели / Москва:, 1974.- 609 с.*

Додаткові інформаційні ресурси

1. *Гришко І.А. "Дросельне та об'ємне регулювання швидкості виконавчого пристрою" Методичні вказівки до лабораторних робіт, для студентів спеціальності "Гідравлічні і пневматичні машини".- Київ: НТУУ»КПІ».- електронне видання.- 2019.- 26с.*
2. *Гришко І.А. "Основні характеристики шестеренної машини" Методичні вказівки до лабораторних робіт, для студентів спеціальності "Гідравлічні і пневматичні машини".- Київ: НТУУ»КПІ».- електронне видання.- 2019.- 24с.*
3. *Гришко І.А. "Регульований аксіально-поршневий насос" Методичні вказівки до лабораторних робіт, для студентів спеціальності "Гідравлічні і пневматичні машини".- Київ: НТУУ»КПІ».- електронне видання.- 2019.- 26с.*
4. *Гришко І.А. "Виконавчий пристрій обертального типу" Методичні вказівки до лабораторних робіт, для студентів спеціальності "Гідравлічні і пневматичні машини".- Київ: НТУУ»КПІ».- електронне видання.- 2019.- 32с.*

рекомендації та роз'яснення:

- *Всі базові літературні джерела є в бібліотеці КПІ та в методичному кабінеті кафедри;*
- *Жодне джерело, як і всі перелічені літературні джерела разом, не є достатнім для опанування дисципліни без виконання комплекту основних та кваліфікаційних лабораторних робіт;*

Навчальний контент

5. **Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

ЛЕКЦІЙНІ ЗАНЯТТЯ

	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1.	*Принцип дії об'ємного гідроприводу.* Література: 1(*вступ, розд.1*), 6(*вступ, розд.1*
2.	*Робоча рідина гідросистем та її властивості.* Література: 1(розд.4), 6(розд.2) 4 (розд. 10, 11)
3.	*Насоси з ручним та механічним приводом.* Література:4 (розд. 2) 6(розд. 3).
4.	*Робочі параметри та характеристики об'ємних насосів та моторів.* Література: 4 (розд.2), *6(розд. 4)*
5.	*Об'ємні втрати рідини в машині.* Література: *4 (розд 2), 3 (розд.5)*
6.	*Основні та допоміжні насоси.* Література: *3 (розд.4)*
7.	*Радіально-поршневі гідромашини, насоси та мотори* Література: *1(розд. 2), 4(розд. 3),5 (розд 2), 6 (розд.5)*
8.	*Роторні аксіально-поршневі машини.* Література: *1(розд. 2), 3(розд. 3), 4(розд. 3),5 (розд 2), 6 (розд.6)*
9.	*Пластинчасті машини.* Література: *1(розд. 2), 4(розд. 3),5 (розд 2), 6 (розд.7)*
10.	*Шестеренні машини.* Література: *1(розд. 2), 3(розд. 4), 4(розд. 3),5 (розд 2), 6 (розд.8)*
11.	*Героторні машини.*

	Література: *1(розд. 2), 3(розд. 4,)4(розд. 3),5 (розд 2), 6 (розд.8)*
12.	*Гвинтові машини.* Література: *1(розд. 2), 3(розд. 4,)4(розд. 3),5 (розд 2), 6 (розд.8)*
13.	*Гідравлічні перетворювачі та насоси надвисокого тиску.* Література: *1(розд. 9), 5 (розд 6, 7), 6 (розд.9)*
14.	*Регулювання подачі об'ємних насосів.* Література: *1(розд. 5), 3(розд. 3, 4), 4(розд. 9),5 (розд 5), 6 (розд.10)*
15.	*Регульовані об'ємні машини. Різновиди, принцип дії.* Література: *1(розд. 5), 3(розд. 3, 4), 4(розд. 9),5 (розд 5), 6 (розд.10)*
16.	*Об'ємні гідравлічні передачі обертового типу.* Література: *1(розд. 2), 3(розд. 4), 4(розд. 13, 14),5 (розд 6).*
17.	*Випробовування гідромашин* Література: 4 (розд. 3), 6 *(розд. 12)*
18.	*Пневматичні об'ємні машини* Література: 6 (розд. 15), 3

Самостійна робота студента

№ з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1.	*Підготовка до аудиторних занять*	26
2.	*Підготовка до МКР*	8
3.	*Підготовка до заліку*	14

Політика та контроль

6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- правила відвідування занять: відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних заняттях.

- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних заняттях, передбачені РСО дисципліни;

- використання засобів пошуку інформації на Google-сторінці викладача, в інтернеті;

- правила призначення заохочувальних та штрафних балів: заохочувальні та штрафні бали не входять до основної шкали РСО, а їх сума не перевищує 10% стартової шкали;

- політика щодо академічної доброчесності встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни;

- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соц. мережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

7. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

Поточний контроль: експрес-опитування, практичні заняття.

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: іспит.

Умови допуску до семестрового контролю: мінімальний семестровий рейтинг більше 40 балів

Умовою допуску до заліку може також бути: проходження одного чи двох календарних контролів, виконання МКР, відпрацювання всіх лабораторних занять.

. Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	*Оцінка*
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

Рейтинг студента розраховується виходячи із 100-бальної шкали, з них 70 балів складає стартова шкала. Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, які студент отримує за:
– відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях;
– відповіді під час лабораторних/практичних занять (18 занять);
– виконання модульної контрольної роботи (МКР).
Відповіді на заліку оцінюються у 30 балів.
Робота на практичних/лабораторних заняттях (максимум 48 балів):
– активна творча робота – 1 бал;
– плідна робота – 0,5 бал;
– пасивна робота – 0 балів.
Виконання МКР:
– творчо виконана робота – 15 балів;
– роботу виконано з незначними недоліками – 12 балів;
– роботу виконано з певними помилками – 6 балів:
– роботу не зараховано (не виконано або є грубі помилки) – 0 балів.
Штрафні та заохочувальні бали:
За правильні відповіді під час експрес-опитувань – 0,5 бала.
Студент отримує позитивну залікову оцінку без додаткових випробувань («автоматом») за результатами роботи в семестрі, якщо має підсумковий рейтинг за семестр не менше 60 балів та виконав умови допуску до семестрового контролю, які визначені РСО.
Якщо студент виконав умови РСО щодо допуску до семестрового контролю, але має підсумковий рейтинг менше 60 балів або хоче підвищити поточну оцінку, виконує залікову контрольну роботу.
На заліку студенти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить три запитання з різних тематичних розділів та вирішують задачу.
Критерії залікового оцінювання:
– вичерпні відповіді на всі питання білету, а також на додаткові питання, чітке визначення всіх понять, величин, вірно розв'язана задача: 30 балів;
– в деяких відповідях мають місце певні неточності, задача вірно розв'язана: 20-25 балів;
– допускаються окремі помилки, але їх можливо виправити за допомогою додаткових питань викладача, має місце знання основних понять і величин, розуміння суті процесів в гідроприводах: 15-20 балів;
– припускаються суттєві помилки у відповідях або відсутня відповідь на одне з питань залікової роботи: 10-14 балів.

8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- ***Приклад питань залікової роботи***

1. *Дайте визначення робочого об'єму пластинчатої гідромашини.*
2. *Які види зубчатих з'єднань у шестеренних насосах ви знаєте? У чому їхня принципова різниця?*
3. *Назвіть види гідромашин та вкажіть їх застосування.*
4. *Визначити індикаторний (теоретичний) обертальний момент* $M_т$ *та фактичний момент на валу машини при роботі у режимі насоса –* $M_н$ *та гідромотора* $M_м$*, якщо відомі її параметр регулювання* $\xi = 0,5$ *робочий об'єм* $q = 25 см^3/об$*, перепад тиску* Δp*=10 МПа, механічний та об'ємний ККД* $\eta_М = \eta_О = 0,92$.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус): Об’ємні гідро- і пневмомашини і гідропередачі
Складено:
доцентом кафедри ПГМ, кандидатом технічних наук, доцентом Гришком Ігорем Анатолійовичем

Ухвалено кафедрою _ПГМ_ (протокол №17 від 14.06.2022 р.)
Погоджено Методичною комісією інституту (протокол № 11 від 29.08.2022)

Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Кафедра Прикладної гідроаеромеханіки і механотроніки

ГАЗОДИНАМІКА

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізитинавчальної дисципліни

Рівень вищої освіти ***Перший (бакалаврський)***

Галузь знань	*13 Механічна інженерія*
Спеціальність	*131 Прикладна механіка*
Освітня програма	*Автоматизовані та роботизовані механічні системи*
Статус дисципліни	*Вибіркова*
Форма навчання	*очна(денна)/дистанційна/змішана*
Рік підготовки, семестр	*3 курс, викладається в одному семестрі (осінній/весняний)*
Обсяг дисципліни	*4 кредити ЄКТС*
Семестровий контроль/ контрольні заходи	*Залік*
Розклад занять	*http://rozklad.kpi.ua/Schedules/*
Мова викладання	*Українська /Англійська*
Інформація про керівника курсу / викладачів	*Лектор: канд. наук, професор, Турик Володимир Миколайович , Turick46@gmail.com*
Розміщення курсу	*https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&show&irid*

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчання та результати навчання

Програма навчальної дисципліни ***«Газодинаміка»*** *складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалавра з галузі знань 13 «Механічна інженерія» за спеціальністю 131 «Прикладна механіка».*

Газодинаміка *— це розділ механіки, що вивчає високошвидкісний рух газу (пари, багатофазної суміші) за умов, коли на властивості руху впливає стисливість речовини і вид термодинамічного процесу.*

Метою *викладання дисципліни «Газодинаміка» є формування у студентів здатності: самостійно формулювати, аналізувати та розв'язувати практичні задачі визначення параметрів газових потоків, які рухаються з високими до- та надзвуковими швидкостями, створення умов формування таких потоків з урахуванням їх взаємодії з обтічними тілами і стінками каналів, що дає можливість проводити розрахунки і проектування раціональних конструкцій вузлів роботизованих комплексів на базі пневмопривода і пневмоавтоматики, проточних трактів лопатевих апаратів компресорних машин і турбін, пневмогазових систем автоматичного керування авіаційних і ракетних двигунів, пристроїв керування примежовими шарами на крилах і хвостовому оперенні літаків, їх допоміжного обладнання та інших об'єктів нової техніки без небезпеки газодинамічного або теплового замикання робочих каналів.*

Предмет навчальної дисципліни: *термодинамічні та акустичні характеристики газодинамічних процесів; закони збереження мас, кількості руху, моменту імпульсу та енергії; вплив стисливості газу на параметри течії; характеристичні рівняння ізоентропійної течії; хвильові процеси малих та сильних збурень; ударні хвилі; прямі та косі стрибки ущільнення; одновимірна теорія сопла Лаваля; одновимірна течія газу с тертям; витратне, теплове, механічне сопла надзвукових швидкостей; дозвукове та надзвукове обтікання тонкого профілю; взаємодія стрибків ущільнення з примежовим шаром; плоска та вісесиметрична течії стисливого газу.*

Програмні результати навчання:

<u>Компетенції, що посилюються вибірковою дисципліною:</u> *Здатність обирати раціональні підходи і технічні засоби до створення, тестування та експлуатації систем керування технічних об'єктів та систем, машин та механізмів із засобами механіки, гідропневмоавтоматики, електромеханіки, мехатроніки і робототехніки; здатність обирати раціональні підходи і технічні засоби до автоматизації технічних об'єктів та систем, машин та механізмів засобами механіки, гідропневмоавтоматики, електромеханіки, мехатроніки і робототехніки, створювати конкурентоспроможні технічні об'єкти, застосовувати критерії для оцінки їх функціональної, експлуатаційної, енергетичної та загальної ефективності.*

Знання. *Знати фундаментальні закони газової динаміки для оцінки впливу стисливості на кількісні і якісні характеристики потоків, які залежать не тільки від виду середовища, а в першу чергу від швидкості його руху і виду термодинамічного процесу; розуміння умов виникнення явищ поширення по газу як слабких акустичних збурень, так і сильних збурень тиску – ударних хвиль, які призводить до газодинамічного замикання проточних трактів пристроїв, різкого зростання втрат енергії і до нерозрахункових режимів роботи систем при до- і надзвукових течіях* газу.

Уміння. *Застосовувати методи та методики газової динаміки при формулюванні, аналізі та розв'язуванні задач визначення просторово-часових полів параметрів газових потоків, які рухаються з високими до- та надзвуковими швидкостями та керування ними при їх взаємодії з обтічними тілами і стінками каналів в автоматизованих системах.*

Досвід. *Вибирати та застосовувати раціональні методи розрахунку робочих процесів пневмогазових систем та розробки конструктивних рішень при розв'язуванні практичних задач організації високошвидкісного руху газового середовища в пристроях, проводити оцінку їх працездатності та енергетичної ефективності у складі автоматизованих систем різноманітних технічних об'єктів.*

2. Пререквізити та постреквізити дисциплін

Дисципліна «Газодинаміка» передбачає попереднє засвоєння матеріалу дисциплін «Вища математика», «Лінійна алгебра і аналітична геометрія», «Загальна фізика», «Теоретична механіка», «Теоретичні основи теплотехніки».

Дисципліна «Газодинаміка» забезпечує теоретичну та практичну підготовку для розширеного вивчення дисциплін «Компресорні машини», «Пневмопривод і пневмоавтоматика», «Математичне моделювання і проектування систем гідро- і пневмоприводів», «Лопаткові гідро- і пневмомашини і гідропередачі», «Проектування гідро- і пневмоприводів».

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Вступ до курсу газодинаміки.

Тема 1.1. *Основні поняття, методи й моделі газодинаміки. Місце газодинаміки в підготовці фахівців з прикладної механіки.*

Тема 1.2. *Термодинамічні та акустичні характеристики газодинамічних процесів.*

Розділ 2. Фундаментальні рівняння газодинаміки.

Тема 2.1. *Загальний підхід до опису руху газу за методом Лагранжа та перехід до змінних Ейлера. Закон збереження маси.*

Тема 2.2. *Закон кількості руху. Рівняння Ейлера, Нав'є-Стокса для* ***стисливого*** *газу та можливості їх інтегрування.*

Тема 2.3. *Закони моменту імпульсу та енергії. Зв'язок із законами термодинаміки.*

Тема 2.4. *Закони збереження для багатокомпонентних хімічно реагуючих газових сумішей. Рівняння виробництва ентропії.*

Розділ 3. Пружні та нелінійні хвилі в газі.

Тема 3.1. *Вплив стисливості середовища на параметри течії за тиском і за густиною.*

Тема 3.2. *Загальна характеристика збурень в газі. Розповсюдження малих збурень в газі, що покоїться. Системи плоских (простих) хвиль та їх математичний опис.*

Тема 3.3. *Розповсюдження малих збурень в газорідинній суміші.*

Тема 3.4. *Розповсюдження малих збурень в однорідному потоці газу. Конус Маха. Поняття про нелінійні хвилі.*

Тема 3.5. *Розповсюдження збурень скінченної інтенсивності. Ударні хвилі (стрибки ущільнення): загальна характеристика.*

Розділ 4. Одновимірна течія газу.

Тема 4.1. *Нестаціонарний та стаціонарний потоки термічно ідеального газу. Інваріанти Рімана. Метод характеристик.*

Тема 4.2. *Течія з розривами. Теорія прямого стаціонарного стрибка ущільнення. Ударна адіабата Гюгоніо.*

Тема 4.3. *Косі стрибки ущільнення.*

Тема 4.4. *Течія газу через сопло Лаваля при розрахунковому та не- розрахунковому режимах. Вплив в'язкості на характер течії в каналі змінного перерізу.*

Тема 4.5. *Течія газу в до- та надзвукових дифузорах.*

Розділ 5. Потенціальні баротропні дозвукові та надзвукові течії газу.

Тема 5.1. *Загальне рівняння для потенціалу швидкостей потоку газу. Обтікання тонкого малозігнутого тіла: основні формули лінійної теорії руху газу. Лінеаризація рівняння для потенціалу швидкостей.*

Тема 5.2. *Дозвуковий рух газу при малих збуреннях. Перерахунок швидкості та тиску від нестисливої рідини на стисливу (правило Прандтля-Глауерта).*

Тема 5.3. *Надзвуковий рух газу при малих збуреннях. Загальний інтеграл рівняння для потенціалу*

швидкостей плоского руху газу. Характеристики надзвукового руху (хвилі Маха). Формула Аккерета. Хвильовий опір.

Розділ 6. Взаємодія стрибків ущільнення з примежовим шаром.

Тема 6.1. *Взаємодія стрибків ущільнення з примежовим шаром.*

Розділ 7. Принципи моделювання течій в газодинаміці.

Тема 7.1. *Види моделювання. Чисельні методи розв'язку рівнянь газової динаміки: загальна характеристика. Фізичне моделювання до- та надзвукових течій газу.*

Базова література

1. ***Теодор фон Карман.*** *Аэродинамика. Избранные темы в их историческом развитии; пер. с англ. Е. Богатырёвой под ред. д.ф.-м.н. А. В. Борисова. Москва-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. 208 с.*
2. ***Людвиг Прандтль.*** *Гидроаэромеханика; пер. со 2-го нем изд. Г. А. Вольперта. Москва-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2000. 576 с.*
3. ***Лойцянский Л. Г.*** *Механика жидкости и газа. Москва: Наука, 1987. 840 с.*
4. ***Седов Л. И.*** *Механика сплошной среды. Т. 1, 2. Москва: Наука, 1973. 536 с.; 584 с.*
5. ***Кочин Н. Е., Кибель И. А., Розе Н. В.*** *Теоретическая гидромеханика. Часть* II. *Москва: Физматгиз, 1963. 728 с.*
6. ***Абрамович Г. Н.*** *Прикладная газовая динамика. В 2 ч. Москва: Наука, 1991. 600 с.; 304 с.*

Додаткова література

1. ***Шлихтинг Г.*** *Возникновение турбулентности: монография; пер. с нем. Г. А. Вольперта; под ред. Л. Г. Лойцянского. Москва: Изд-во иностр. лит., 1962. 204 с.*
2. ***Аржаников Н. С., Садекова Г. С.*** *Аэродинамика летательных аппаратов. Москва: Высшая школа, 1983. 359 с.*
3. ***Тимошенко В. И.*** *Газовая динамика высокотемпературных технологических процессов. Днепропетровск: Институт технической механики НАНУ и НКАУ, 2003. 460 с.*
4. ***Тимошенко В. И., Лиманский А. В.*** *Технология решения на ЭВМ задач газовой динамики. Киев: НАУКОВА ДУМКА, 1985. 232 с.*
5. ***Беляев Н. М., Хрущ В. К.*** *Численный расчет свехзвуковых течений газа. Киев: Вища школа, 1984. 224 с.*
6. ***Роуч П.*** *Вычислительная гидродинамика. Москва: Мир, 1968. 556 с.*
7. ***Бонд Дж., Уотсон К., Уэлч Дж.*** *Физическая теория газовой динамики; пер. с англ. под ред. Г. А. Тирского. Москва: Мир, 1968. 556 с.*
8. ***Зельдович Я. Б., Райзер Ю. П.*** *Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений. Москва: Наука, 1966. 688 с.*
9. ***Мельников А.П.*** *Аэродинамика больших скоростей. Москва: Воениздат, 1961. 424 с.*
10. ***Липман Г.В., Рошко А.*** *Элементы газовой динамики; пер с англ. В. П. Шидловского под ред Э. И. Григолюка. Москва: ИЛ, 1960. 519 с.*
11. ***Зауер Р.*** *Течения сжимаемой жидкости; пер. с франц. под ред А. А. Померанцева. Москва: ИЛ, 1954. 312 с.*
12. ***Бай Ши-И.*** *Введение в теорию течения сжимаемой жидкости; пер. с англ. под ред. Н. И. Ющенковой. Москва: ИЛ, 1962. 411 с.*
13. ***Гудерлей К. Г.*** *Теория околозвуковых течений; пер. с нем. Г. А. Вольперта под ред. Л. В. Овсянникова. Москва: ИЛ, 1960. 422 с.*
14. ***Теодор фон Карман.*** *Сверхзвуковая аэродинамика. Принципы и приложения; пер. с англ. и редакция Н. А. Талицких. Москва: ИЛ, 1948. 100 с.*
15. ***Вулис Л. А.*** *Термодинамика газовых потоков. Москва: Госэнергоиздат, 1950. 304 с.*
16. ***Дулов В. Г., Лукьянов Г. А.*** *Газодинамика процессов истечения. Новосибирск: Наука, 1984. 235 с.*
17. ***Дейч М. Е, Филиппов Г. А.*** *Газодинамика двухфазных сред. Москва: Энергия, 1968. 424 с.*
18. ***Нигматулин Р. Н.*** *Динамика многофазных сред. В 2 ч. Москва: Наука, 1987. 464 с.; 336 с.*
19. ***Основы прикладной аэрогазодинамики.*** *В 2 кн. / Под ред. Н. Ф. Краснова. Москва: Высшая школа, 1990. 336 с.; 1991. 358 с.*
20. ***Белова А. В., Буравцев А. И., Ковалев М. А., Матвеев С. К. и др.*** *Лабораторный практикум по аэрогазодинамике. Ленинград: Изд. ЛГУ, 1980. 288 с.*

електронні ресурси

1. znaimo.com.ua>Фізика_суцільних_середовищ

2. stat.phys.spbu.ru>Courses/12.html

3. physlg.net>to Students…Continuumphysics.aspx

4. http://www.skif.biz/files/b46f4a.pdf

Рекомендації та роз'яснення

- *Всі базові літературні джерела є в бібліотеці КПІ та в методичному кабінеті кафедри, додаткові джерела спрямовані на поглиблене ознайомлення з окремими розділами;*
- *Жодне джерело, як і всі перелічені літературні джерела разом, не є достатніми для опанування дисципліни без конспекту лекцій, який побудовано за певною методикою, що враховує специфіку і об'єм лекційних занять відповідно до освітньої програми.*
- *Базові джерела містять теоретичні матеріали та приклади за темами дисципліни, що можна використовувати разом з матеріалами лекцій, але тільки під час лекцій пропонується їх інтегральний зв'язок з сучасними проблемами аеродинаміки високих швидкостей, з прикладами і методиками практичної реалізації, чого не можна отримати з жодного літературного джерела;*

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)

Методика опанування кожної теми складається з таких компонентів: теоретичні відомості за темою, методики їх застосування, приклади застосування методик, самостійне виконання модульної контрольної роботи (МКР) та домашньої контрольної роботи (ДКР).

ЛЕКЦІЙНІ ЗАНЯТТЯ

№ з/п	***Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)***
1	**<u>Розділ 1. Вступ до курсу газодинаміки.</u>** ***Тема 1.1.*** **Основні поняття, методи й моделі газодинаміки. Місце газодинаміки у фізиці енергетичних систем та у розвитку інших областей науки і техніки** Предмет, історія розвитку та місце дисципліни «Газодинаміка» при підготовці фахівців в галузі фізико-технічних проблем енергетики, у тому числі нетрадиційних методів отримання та використання енергії, енергомашинобудування, теплофізики. Структура курсу та особливості його студіювання.
Література:	[2] Розділ 4: с. 348, 349; [3] Вступ: с. 9–11; [4] Т.1, Вступ: с. 9–15; [6] Передумови: с. 8–10; [7] Передумова: с. 5–10; [8] Вступ: с. 5–6; [10] Передумова: с.6; [13] Передумова: с.6–11; [14] Розділ 1: с. 8–10; розділ 10: с.250; [16] Вступ: с.5–7; [21] Вступ: с. 4–6. *Допоміжна література:* [7–15], [21] Розділ 1: §§1, 2, с. 4–11.
Завдання на СРС:	Повторення матеріалу загальної фізики, термодинаміки і фізики суцільних середовищ
1	***Тема 1.2.*** **Термодинамічні та акустичні характеристики газодинамічних процесів.** Основні фізичні властивості газів: гіпотеза суцільності, число Кнудсена; стисливість; масштаби внутрішньої структури макроскопічно однорідних та неоднорідних середовищ, континуальний опис середовища. «Частинка» як термодинамічна система. Рівноважні та нерівноважні, оборотні та необоротні термодинамічні процеси, релаксація. Основні термодинамічні закони та рівняння. Швидкість звуку та акустичний імпеданс.
Література:	[7] Розділ 1: §1, с. 10–30; [8] Розділ 1: §§1, 2, с.7–16; [10] Лекція 1. Вступ: с. 7–11; [13] Розділ 1: §2; [14]: Розділ 4: 4.12, 4.13, с. 67–72; Розділ 10: 10.1–10.3; [16] Вступ: с.7–20. *Допоміжна література:* [2], [7–15], [21] Розділ 1: §§3, 4, с. 11–26.
Завдання на СРС:	Засвоїти теоретичний матеріал, прослуханий на лекціях. Звернути особливу увагу на поняття суцільності та сильної розрідженості газів, а також на основні поняття і співвідношення термодинаміки та акустичні параметри.
2	**<u>Розділ 2. Фундаментальні рівняння газодинаміки.</u>** ***Тема 2.1.*** **Загальний підхід до опису руху газу за методом Лагранжа та перехід до змінних Ейлера. Закон збереження маси.** Системи відліку. Підходи Лагранжа й

	Ейлера опису руху газу, їх взаємозв'язок. Похідна за часом від інтеграла від деякої функції по об'єму, що залежить від часу. Закон збереження маси: загально-інтегральна форма; рівняння нерозривності в змінних Ейлера та Лагранжа.
Література:	[3] Розділ 3, §18; [4], Т.1, Розділ 2, §§1– 3, с. 22–47, Розділ 3: §1; с. 122–124. [6], Ч.1. Розділ 1: §1; розділ 2: §§1, 2; [7] Розділ 1: §§2, с 30–38; [8] Розділ 2: §§1, 2, с. 17–21; [10] Лекція 2: с. 15–17; [11] Розділ 1: §§ 1–4, с. 9–14; §§ 14–15, с. 34–38; Розділ 2: §§ 1–4. с.39–48; [13] Розділ 1: §§1– 3, с. 13–29; ; [14] Розділ 4: 4.1, 4.2, 4.3, с. 44–49; [16] Розділ 2: 2.1. *Допоміжна література:* [21] Розділ 2: §§1–3 с. 38–43; §§6–9 с. 47–53.
Завдання на СРС:	Засвоїти теоретичний матеріал, прослуханий на лекціях. Звернути особливу увагу на диференціювання інтеграла по рухомому об'єму, що змінюється за часом.
2	***Тема 2.2.*** **Закон кількості руху. Рівняння Ейлера, Нав'є-Стокса для стисливого газу та можливості їх інтегрування.** Закон кількості руху: головні вектори масових і поверхневих сил; інтегральна форма закону кількості руху; формула Коші; тензор напружень; основні властивості напружень; рівняння динаміки суцільного середовища «в напруженнях». Рівняння руху ідеальної рідини (газу) Л. Ейлера та в'язкої рідини Нав'є-Стокса. Форма Громеки-Лемба запису рівнянь руху.
Література:	[3] Розділ 4: §21; Розділ 5: §29; Розділ 10: §§ 84 – 86; Розділ 15: §141; [4] Т.1, Розділ 3: §2; розділ 4: §§2, 3; [4], Т.2, Розділ 8: §2; [6], Ч.1, Розділ 1: §5; розділ 2: §§3 –5; [7] Розділ 1: §§2, 3, с.30–55; §8, с. 142–148; [8] Розділ 2: § 3; [10] Лекція 2: с. 17–18; [11] Розділ 3: §§ 1 – 5; Розділ 7: § 1; Розділ 8: §§1, 2; Розділ 10: §5; [13] Розділ 1: § 3; [14] Розділ 4: 4.4; Розділ 5: 5.1; Розділ 6: 6.1–6.5; [16] Розділ 2: 2.2. *Допоміжна література:* [21] Розділ 2: §§1 – 14; Розділ 3: §§1 – 8, с. 69–86.
Завдання на СРС:	Порівняти диференціальні рівняння Ейлера, Нав'є-Стокса та Громеки-Лемба з точки зору можливостей інтегрування та практичного застосування.
3	***Тема 2.3.*** **Закони моменту імпульсу та енергії. Зв'язок із законами термодинаміки.** Інтегральна та диференціальна форми запису закону моменту кількості руху. Внутрішня та повна енергії. Потужність зовнішніх сил. Вектор теплового потоку. Інтегральна та диференціальна форми запису рівняння енергії газу. Дисипативна функція. Рівняння термодинамічного закону збереження енергії, у тому числі відносно ентропії.
Література:	[3] Розділ 5: §31; розділ 15, §141; [4], Т.1, Розділ 3: §§3, 4; Розділ 5: §§ 1–11; [4], Т.2, Розділ 8: §§5, 15; [6], Ч.1, Розділ 1: §§2,4,6,7; розділ 2: §§6, 13; [7] Розділ 1: §§2, 3; [8] Розділ 2: §§4 – 7; [10] Лекція 2: с. 18–21; [11] Розділ 4: §§ 1, 2, с.57–62; Розділ 5: §§ 1 – 6, с.63–69; [14] Розділ 4: 4.5 – 4.11; [16] Розділ 2: 2.3 – 2.4; розділ 9: 9.1. *Допоміжна література:* [21] Розділ 3: §§9 – 13, с.86–99.
Завдання на СРС:	На підставі закону збереження моменту імпульсу рідини (газу) довести симетрію тензора напружень.
4	***Тема 2.4.*** **Закони збереження для багатокомпонентних хімічно реагуючих газових сумішей. Рівняння виробництва ентропії.**
Література:	[4], Т.1, Розділ 5: §§ 9–11, с.266–297; [10] Лекція 2: с. 15–21. *Допоміжна література:* [7–15], [21].
Завдання на СРС:	Засвоїти теоретичний матеріал, прослуханий на лекції. Звернути особливу увагу на різні форми рівняння енергії та складові потоку переносу ентропії.
5	**<u>Розділ 3. Пружні та нелінійні хвилі в газі.</u>** ***Тема 3.1.*** **Вплив стисливості середовища на параметри течії.** Вплив стисливості «за тиском» і «за густиною». Приклади розрахунків.
Література:	[2], Розділ 4: §1, 2, с.348-363; [3] Розділ 5: §§ 32–33; [8] Розділ 3: § 1; [10] Лекція 1, с. 7–9; [14] Розділ 5: 5.4, с. 91–94; [16] Вступ: с.16–20; [17] Розділ 1: § 1.8, с.22–25.
Завдання на СРС:	Задачі з оцінки впливу стисливості газу на параметри течії.
6	***Тема 3.2.*** **Загальна характеристика збурень в газі. Розповсюдження малих збурень в газі, що покоїться. Системи плоских (простих) хвиль та їх математичний опис.** Лінеаризована система диференціальних рівнянь розповсюдження малих збурень в газі, що є в стані спокою, та зведення її до однотипного рівняння гіперболічного типу відносно елементів (швидкості, густини й тиску) збуреного руху. Геометричне трактування отриманих одновимірних хвильових рівнянь.
Література:	[1] Розділ 4: с.108-114; [2] Розділ 4: §9, с.386-389; [3] Розділ 5: §32, с. 101-105; Розділ 8, §52, с. 214–218; [8] Розділ 8: §§1 – 3; [10] Лекція 1. Вступ: с.9-12**;** [14] Розділ 4: 4.13, с.69 – 72; Розділ 10: 10.1; [15] Розділ 6: §7, с.149-150, Розділ 8: §1, 183-186; [16] Розділ 5: 5.1 – 5.2, 5.8; [17] розділ 7: § 7.1, с. 81.

		Допоміжна література: [2] Розділ 6.
Завдання на СРС:		Особливу увагу звернути на принципову відмінність фізичного змісту збурень і хвиль скінченої інтенсивності та збурень нескінченної інтенсивності та ударні хвилі. Математично та фізично обґрунтувати існування сімей характеристик хвильових рівнянь щодо простих хвиль.
7	***Тема 3.3.*** **Розповсюдження малих збурень в газорідинній суміші.** Механізм розповсюдження збурень в двофазному середовищі. Формули Лапласа і Релея. Дисперсія звуку в двофазних середовищах та її причини. Вплив амплітуди збурень. Поняття про термодинамічний, акустичний та газодинамічний підходи при теоретичному вивченні явищ розповсюдження малих збурень. Барботаж та параметри газорідинній суміші. Баротропність розповсюдження малих збурень. Формула Вуда та її спрощення .	
Література:		[3-Лойц.] Розділ 5: §§ 32, с. 105-106. *Допоміжна література:* [17] Розділ 4: 4.1 – 4.5.
Завдання на СРС:		Теоретичні методи розрахунку швидкості малих збурень. Основні рівняння звукового поля двофазних середовищ. Аналіз хвильового рівняння і розрахунок швидкості звуку. Порівняння експериментальних даних з результатами розрахунків.
7	***Тема 3.4.*** **Розповсюдження малих збурень в однорідному потоці газу. Конус Маха. Поняття про нелінійні хвилі.** Дозвукове, звукове та надзвукове обтікання точкового джерела збурення. Утворення характеристичного конуса. «Зона мовчання». Характеристичні поверхні як допомога в розумінні закономірності утворення ударних хвиль. Нелінійні хвилі. Утворення характеристик при надзвуковому обтіканні стінки з нерівностями поверхні, що спричиняють збурення тиску. Відбиття хвиль тиску від шорстких стінок при течії газу між ним. Обтікання тонкого тіла із загостреною передньою кромкою.	
Література:		[1] Розділ 4, с. 108-114; [2] Розділ 4: §§1, 2, с. 353, 354, 370, рис. 223; [8] Розділ 4: §1; [9] Розділ 5: §§12, 13; [10] Лекція 1: с. 9–11; [14] Розділ 10: 10.1 – 10.3; 10.5.1; [17] Розділ 7: § 7.1, с.81 – 83; [19] Розділ 14: 14-3.1, с. 351 – 355; [21] Розділ 11: 11.7; [22] Розділ 2: §§6, 7. *Допоміжна література:* [7–15], [21].
Завдання на СРС:		Геометричний аналіз до- та надзвукового обтікання точкового джерела збурення. Визначення кута збурення та його зв'язок з числом Маха-Маієвського. Утворення пакету хвиль при великих збуреннях потоку при надзвуковому обтіканні тіла скінченних розмірів (наприклад, сфери).
8	***Тема 3.5.*** **Розповсюдження збурень скінченної інтенсивності. Ударні хвилі (стрибки ущільнення): загальна характеристика.** Фізичний механізм утворення ударних хвиль. Швидкість розповсюдження хвилі стиснення та порівняння її із швидкістю звуку. Надзвукове обтікання джерела, що посилає сильні ударні хвилі, плоскої перешкоди, дозвукового профілю. Особливості нагріву затуплених тіл при надзвуковому обтіканні.	
Література:		[1] Розділ 4, с. 108-114; 122-137 [2] Розділ 4: §§2, 3, с.349–363; [4] Т.1, Розділ 7: §6, с.412 – 414; [6] Ч.1, Розділ 3: §1, с. 114-126; [8] Розділ 4: §1, с. 65–66; [10] Лекція 1: с. 9–11; [14] Розділ 10: с. 265–267. *Допоміжна література:* [19] Кн. 2, Розділ 9: §9.4, с. 24 – 51.
Завдання на СРС:		Збурення скінченої та нескінченної інтенсивності, виникнення стрибка ущільнення.. Виведення співвідношень на розриві («умов на ударній хвилі») як граничних умов для одновимірної течії.
9	**<u>Розділ 4. Одновимірна течія газу.</u>** ***Тема 4.1.*** **Нестаціонарний та стаціонарний потоки термічно ідеального газу. Інваріанти Рімана. Метод характеристик.** Ізоентропійна течія. Характеристики нелінеаризованої системи рівнянь і метод характеристик. Характеристики як лінії можливого розповсюдження збурень. Інваріанти і хвилі Рімана**.** Випадок термічно ідеального газу з постійною теплоємністю. Течія типу *простої хвилі*. Перекидання (рос. «опрокидование») риманівської хвилі стиснення. Неминучість утворення в трубі ударних хвиль – стрибків ущільнення та неможливість ударних хвиль – стрибків розрідження. Стаціонарні ізотермічна та адіабатна течії термічно ідеального газу. Інтеграл Бернуллі для баротропного руху газу та його частинні випадки. Формула Бернуллі–Сен-Венана. «Ізоентропійні формули». Формули витікання Сен-Венана і Вантцеля. Газодинамічне «замикання» вихідного перерізу сопла, що звужується. Теплове «замикання» каналу з рухомим газом. Формула Гюгоніо. Закон обернення дії в	

	газодинаміці: способи отримання надзвукових швидкостей.
Література:	[2] Розділ 4 §§2–4, 6, с. 355-366; [3] Розділи 5, 6: §§33–35, с. 106–111; Розділ 6: §§43, 44, с.144-151; Розділ 8: §§65–68, с.256–276; [4], Т.2, Розділ 8: §§17, 18; [6] Ч.1, Розділ 1: §§2–4, с.13–36; [7] Розділ 2: §§1–18; [8] Розділ 8: §§2, 3; [9] Розділ 2: §§10–13; [10] Лекції 8, 9: с.57–73; Лекція 13: с. 102–112; [15] Розділ 6: §§ 2–5, с.130–143; [16] Вступ: с.18; Розділ 2: §2.7, с. 100–118; Розділ 4: с. 205–222; [18] Розділ 10: 10.5; [19] Розділ 14: с. 350–363 [22] Розділ 2: §§7, 8. *Допоміжна література:* [2] Розділ 6; [10–15], [21].
Завдання на СРС:	Приділити увагу автомодельним (центрованим) хвилям Рімана та можливостям практичного застосування особливостей розв'язків Рімана для конструювання розв'язків ряду задач. Повторити виведення всіх термогазодинамічних співвідношень для ізоентропійних процесів в газових течіях. Уяснити фізичний механізм газодинамічного «замикання» вихідного перерізу сопла, що звужується, при витіканні газу.
10	***Тема 4.2.*** **Течія з розривами. Теорія прямого стаціонарного стрибка ущільнення. Ударна адіабата**. Застосування рівнянь енергії, імпульсів та збереження маси для елемента потоку в теплоізольованій трубі в межах контрольного об'єму, що охоплює стаціонарний розрив в розподілах параметрів течії. Формула Ренкіна-Гюгоніо для прямого стрибка ущільнення. Графічне порівняння ударної адіабати з ідеальною адіабатою Пуассона. Зміна ентропії при ударному стисненні. Доведення неможливості утворення ударних хвиль розрідження в енергоізольованій системі.
Література:	[1] Розділ 4, с. 122–146; [2] Розділ 4: §5; [4], Т. 1, Розділ 7: §§4, 6; [6], Ч. 1, Розділ 1, §§1–7; Розділ 3, §1; [7] Розділ 1: §§4, с. 70–89; [8] Розділ 4: §2–4; [9] Розділ 5: §§14 – 21; [10] Лекції 10–12, с. 74–101; Лекція 20, с. 153 – 163]; [14] Розділ 10: 10.5–10.7; [17] Розділ 7: §§7.2–7.4, с. 83–94; [18] Розділ 10: §§10.7–10.9, с. 321-329; [19] Розділ 14: 14-3.3, с. 363–370; [22] Розділ 3: §§1, 2; [23] Розділ 9: §§9.8, с.80–81. *Допоміжна література:* [2] Розділ 5, §§5.1–5.4, с. 81–91; [7—15, 20, 21].
Завдання на СРС:	Довести справедливість формули Прандтля щодо добутку швидкостей газу до і після стрибка.
11	***Тема 4.3.*** **Косі стрибки ущільнення. Ударна поляра.** Газодинамічні співвідношення.
Література:	[1] Розділ 4, с. 122–146; [2] Розділ 4: §§7–11; [6], Ч. 1, Розділ 3, §§2, 3, с. 126–142; [8] Розділ 4: §§5–7; [10] Лекції 20, 21, с. 153–163; [14] Розділ 10: 10.8–10.10; [17] Розділ 7: §§7.5, с. 94, 95; [19] Розділ 14: 14-3.3, с. 370–372. *Допоміжна література:* [2] Розділ 5: **§§5.5–5.7,** с. 91–98; [8—14, 21].
Завдання на СРС:	Механізми та розрахунок утворення косих стрибків ущільнення. Принцип побудови сім'ї ударних поляр.
12	***Тема 4.4.*** **Течія газу через сопло Лаваля при розрахунковому та нерозрахунковому режимах. Вплив в'язкості на характер течії в каналі змінного перерізу.** Отримання формули сопла Лаваля без урахування в'язкості газу. Розрахунок тиску в струмені на зрізі сопла. Аналіз режимів роботи сопла Лаваля за відсутністю та за наявністю в'язкості газу.
Література:	[2] Розділ 4: §§ 3,5; с. 358-363, 369-373; [6], Ч. 1, Розділ 4, §§1,2, с. 143–155; [10] Лекція 14, с. 109–115; [14] Розділ 10: 10.3.1–10.4, с. 255–259; 10.10.4–10.10.5, с. 287–289; [15] Розділ 6: §§ 5,6; с. 139–148.
13	***Тема 4.5.*** **Течія газу в до- та надзвукових дифузорах.** Характер течії та розрахунок параметрів.
Література:	л 6: § 41, с. 137–142; [6], Ч. 1, Розділ 1, с. 42–43; Розділ 8, §§ 3,4, с. 452-491.
Завдання на СРС:	Звернути особливу увагу на відмінність робочих процесів до- та надзвукових дифузорів.
14	**<u>Розділ 5. Потенціальні баротропні дозвукові та надзвукові течії газу.</u>** ***Тема 5.1.*** Загальне рівняння для потенціалу швидкостей потоку газу. Обтікання тонкого малозігнутого тіла: основні формули лінійної теорії руху газу. Лінеаризація рівняння для потенціалу швидкостей для до- та надзвукових потоків.
Література:	[1] Розділ 4: с.108–122**;** [2] Розділ 4: §9**:** с.386–396; [3] Розділ 8: § 58, с.214-218; [9] Розділ 5: §10: с.401–403; §25: с.464–466; §26: с.466–468; [15] Розділ 8: §1, с.183–186; [16] Розділ 5: §§5.1, 5.2, с.265–271. *Допоміжна література:* [11] Розділ 2: §8, с.45–50.

Завдання на СРС:	Пригадати теорію потенціальної течії нестисливої рідини з курсу «Фізика суцільного середовища». Звернути увагу на принципово різні типи диференціальних рівнянь процесів розповсюдження збурень при до- та надзвукових швидкостях газу.
15	***Тема 5.2.*** Дозвуковий рух газу при малих збуреннях. Перерахунок швидкості та тиску від нестисливої рідини на стисливу (правило Прандтля-Глауерта).
Література:	[1] Розділ 4: с.114–122**;** [2] Розділ 4: §§9, 10**:** с.386–399; [3] Розділ 8: § 59, с.218-220; [6], Ч. 2, Розділ 10, §6, с. 30–40; [9] Розділ 5: §27: с.468-473; [15] Розділ 8: §2, с.186–189; [16] Розділ 5: §5.4, с.278–285. *Допоміжна література:* [11] Розділ 2: §9, с. 50–61.
Завдання на СРС:	З'ясувати принцип перерахунку коефіцієнтів тиску за умов обтікання тіл нестисливим газом на випадок обтікання тих саме тіл стисливим газом.
16	***Тема 5.3.*** Надзвуковий рух газу при малих збуреннях. Загальний інтеграл рівняння для потенціалу швидкостей плоского руху газу. Характеристики надзвукового руху (хвилі Маха). Формула Аккерета. Хвильовий опір при надзвуковому обтіканні профілю.
Література:	[1] Розділ 4: с.114–122**;** [2] Розділ 4: §§11, 12**:** с.399–411; [3] Розділ 8: §60: с.221–235; [9] Розділ 5: §§28–30: с. 473–490; [16] Розділ 5: §§5.5, 5.6, с.285–294. *Допоміжна література:* [11] Розділ 2: §10, с. 61–76.
Завдання на СРС:	Уяснити фізичний зміст хвильового опору.
17	**<u>Розділ 6. Взаємодія стрибків ущільнення з примежовим шаром.</u>** ***Тема 6.1.*** Взаємодія стрибків ущільнення з примежовим шаром. Порушення припущень, базових для теорії примежового шару, в зоні виникнення стрибка ущільнення. Відмінність стрибків ущільнення при ламінарному та турбулентному примежових шарах. Особливості дифузії розподілу тиску в ламінарному та турбулентному примежових шарах вздовж обтічної стінки. Вплив відриву примежових шарів на подолання градієнтів тиску, пов'язаних з сильними стрибками ущільнення. Вплив інтенсивності косих стрибків ущільнення на їх відбиття від плоскої стінки та відрив примежового шару.
Література:	[1] Розділ 4: с. 129-144**;** [6], Ч. 1, Розділ 6, §6, с. 338-348. *Допоміжна література:* [1] Розділ 13: §5, с.339-348; [22] Розділ 7: §§1–4, с. 203–221.
Завдання на СРС:	Механізм зростання втрат енергії при появі стрибків ущільнення та їх взаємодії з примежовими шарами при білязвукових та надзвукових режимах обтікання поверхонь.
18	**<u>Розділ 7. Принципи моделювання течій в газодинаміці</u>** ***Тема 7.1.*** Види моделювання. Чисельні методи розв'язку рівнянь газової динаміки: загальна характеристика. Фізичне моделювання до- та надзвукових течій газу: принципи та технічні засоби досліджень.
Література:	[28] Розділи 1–6: с.11–340; [29] Розділи 1–4: с. 17–325; [30] Розділи 1–7: с. 5–149. *Допоміжна література:* [3] Розділи 1–7: с.13–355; [4] с.14–20; 49–62; 179–218; [6] Розділи 1–7: с. 5–536; [20] Розділи 2, 3: с.52–128; [23] Розділи 1–4: с.5–286; [24] Розділ 4: с.80–110; Розділ 7: с. 189– 293; [25] Розділ 1–5: с.11– 216; Розділ 12: с.474–494.
Завдання на СРС:	Застосувати один з відомих програмних пакетів для моделювання надзвукової течії згідно із завданням. Призначення та конструкції аеродинамічних труб великих швидкостей.

Самостійна робота студента

Метою самостійної роботи є засвоєння наданих на лекціях теоретичних матеріалів. Самостійна робота студентів складається з підготовки до аудиторних занять, розв'язання завдань, які відображають окремі фрагменти лекційного матеріалу щодо його поглибленої проробки, виконання домашньої контрольної роботи.

№ з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1.	*Підготовка до аудиторних занять*	32
2.	*Виконання МКР*	8

3.	*Підготовка до заліку*	8

Приклади контрольних завдань для модульної контрольної роботи

Варіант 1. Отримати та проаналізувати інтегральні та диференціальні рівняння збереження імпульсу, моменту імпульсу, енергії та переносу тепла (**вибірково**). Навести та пояснити функцію дисипації енергії.

Варіант 2. Вивести диференціальні рівняння руху нев'язкої рідини; початкові та крайові умови. Замикання системи ДРЧП. Пояснити можливості застосування при математичному моделюванні течії рідин і газів.

Варіант 3. Отримати та проаналізувати **один з 4-х інтегралів** рівнянь руху нев'язкої рідини.

Варіант 4. Отримати лінеаризовані гіперболічні рівняння та загальні розв'язки їх для розповсюдження малих збурень в газі.

Варіант 5. Вивести формулу Вуда для швидкості розповсюдження малих збурень в газорідинному середовищі.

Варіант 6. В чому полягає графоаналітичний метод інтегрування хвильових рівнянь одновимірного руху та перехід до розповсюдження в ідеальному газі збурень скінченої інтенсивності?

Варіант 7. Записати основні рівняння газової динаміки. **Або** – **вибірково** – вивести та проаналізувати формули Сен-Венана та Вантцеля ізоентропійного витікання газу.

Варіант 8. Описати принцип побудови сопла Лаваля (загальну схему розрахунку та аналіз принципу роботи).

Варіант 9. Навести рівняння, що пояснюють фізичні причини та дають кількісні характеристики аеродинамічного нагріву тіл.

Варіант 10. Газогідравлічна аналогія розповсюдження збурень і хвиль скінченої інтенсивності.

Варіант 11. В чому полягають ідея, результати та переваги застосування потенціальної моделі баротропного дозвукового руху ідеального газу при малих збуреннях?

Варіант 12. В чому полягають ідея та результати застосування потенціальної моделі баротропного надзвукового руху ідеального газу при малих збуреннях?

Варіант 13. Фізичний зміст хвильового опору при надзвуковому обтіканні профілю.

Варіант 14. Дати характеристику взаємодії стрибків ущільнення з примежовим шаром.

Варіант 15. Дати загальну характеристику відомих Вам чисельних методів розв'язку рівнянь газової динаміки.

Варіант 16. Фізичне моделювання до- та надзвукових потоків. Види аеродинамічних труб.

Політика та контроль

6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом/аспірантом:

- *правила відвідування занять: відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних заняттях.*
- *правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних заняттях, передбачені РСО дисципліни;*
- *використання засобів пошуку інформації на Google-сторінці викладача, в Інтернеті;*
- *правила призначення заохочувальних та штрафних балів: заохочувальні та штрафні бали не входять до основної шкали РСО, а їх сума не перевищує 10% стартової шкали;*
- *політика щодо академічної доброчесності встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни;*
- *при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соц. мережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.*
- *обов'язкове відвідування лекцій та готовність відповідей при фронтальному опитуванні;*
- *необхідне виконання таких вимог: активність, підготовка коротких доповідей чи текстів, відключення телефонів; відповідно до завдання викладача використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача чи в інтернеті;*
- *захист індивідуальних завдань (ДКР) здійснюється в указаний викладачем термін;*

- *заохочувальні бали надаються у відповідності до «системи оцінювання результатів», штрафні бали є засобом протидії плагіату та несамостійному виконанню робіт;*
- *політика дедлайнів та перескладань полягає в виконанні всіх поточних робіт — ДКР та модульних контрольних робіт (МКР) до початку сесії;*
- *політика щодо академічної доброчесності відповідає загальним положенням, прийнятим в «КПІ ім. Сікорського» (детальніше*: https://kpi.ua/code*);*
- *політика навчальної дисципліни спрямована на розвиток індивідуальних здібностей в напрямку набуття компетентностей щодо створення та модернізації сучасних енергетичних систем, унікального експериментального обладнання в галузі прикладної фізики та розширення сфер застосування отриманих знань, умінь і досвіду.*
- *за бажанням студентів, допускається вивчення матеріалу за допомогою англомовних онлайн-курсів за тематикою, яка відповідає тематиці конкретних занять.*

7. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

Поточний контроль: експрес-опитування, практичні заняття.
Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.
Семестровий контроль: залік.
Умови допуску до семестрового контролю: мінімальний семестровий рейтинг більше 40 балів.
Умовою допуску до заліку може також бути: проходження одного чи двох календарних контролів, виконання МКР, відпрацювання всіх практичних занять.
Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	*Оцінка*
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

Види контролю:
- відповіді при фронтальному опитуванні на лекціях;
- виконання МКР;
- відповідь на заліку – максимально 40 балів.

Рейтинг студента з дисципліни *«Газодинаміка»* складається з балів, які він отримує за:

1) 5 відповідей в середньому кожного студента при фронтальних опитуваннях на 16 лекціях (із загальної кількості лекцій 18 вилучено Лекцію № 1 та лекцію, на якій виконується МКР протягом 1 академ. години); на одній лекції є можливість опитування приблизно 3 студентів; при середній чисельності студентів в групи 10 осіб і 16 лекціях отримуємо: $16 \cdot 3/10 \approx 5 відп.$;

2) виконання модульної контрольної роботи (МКР);

3) виконання та захист домашньої контрольної роботи ДКР);

4) відповідь на заліку.

Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

Фронтальне опитування на лекційних заняттях

Ваговий бал — 2. Максимальна кількість балів студента на всіх лекційних заняттях дорівнює $\mathbf{r_1=2 \times 5 = 10}$ **балів.**

Критерії оцінювання:

2 бали — повна відповідь; **1 бал** — неповна відповідь; **0** — відсутня або неправильна відповідь.

Модульна контрольна робота (МКР), табл. 2

Максимальна кількість балів за правильно виконану МКР: $\mathbf{r_2 = 25}$ **балів**.

Рейтингові бали за модульну контрольну роботу Таблиця 2

Бали	***Критерій оцінювання***
25	Зауважень до результату немає, є чіткі відповіді на всі запитання

20	Зауважень до ходу розв'язання немає, але є неточності і помилки в розрахунках
15	Завдання виконане не повністю
10	Неповне виконання завдання при 5-хвилинному подовженні часового регламенту
0	Завдання повністю не виконане

Максимальна кількість штрафних балів мінус 5 балів, або заохочувальних +5 балів. Бали додаються за оригінальні рішення та активність роботи на лекціях. Бали втрачаються за некоректне надання відповідей та запозичення чужих рішень.

Поточний контроль: експрес-опитування, опитування за темою заняття, виконання МКР.

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу і враховує суму поточних балів кожного студента.

Критерії оцінювання заліку

Залік складається з двох теоретичних питань (вага кожного питання 15 балів) та практичного завдання (10 балів). Максимальна кількість балів заліку становить **15+15+10 = 40 балів.**

***Розрахунок шкали рейтингу з дисципліни (r_d)*:**

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає: $\boldsymbol{R_c} = \sum_i r_i$,

де r_i - рейтингові або вагові бали за кожний вид робіт з дисципліни;

$\boldsymbol{Rc}$ **= 10+ 25+25 = 60 балів**.

Залікова складова R_E шкали дорівнює: $\boldsymbol{R_E}$ **= 40 балів**.

Таким чином, рейтингова шкала з дисципліни складає $\boldsymbol{R_D = Rc + R_E}$ **= 60 + 40= 100 балів**.

Семестровий контроль: залік.

Умови допуску до семестрового контролю: мінімальний семестровий рейтинг більше 30 балів.

Умовою допуску до заліку може також бути: проходження одного чи двох календарних контролів, виконання МКР, відпрацювання всіх практичних занять.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів, R_D	*Оцінка*
100–95	Відмінно
94–85	Дуже добре
84–75	Добре
74–65	Задовільно
64–60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

Студенти, які набрали в семестрі рейтинг з дисципліни більше, ніж 0,5 х Rc = 30 балів, допускаються до заліку.

Студенти, які набрали в семестрі рейтинг з дисципліни менше, ніж 0,5 х Rc = 25 балів, зобов'язані до початку залікової сесії підвищити його, інакше вони не допускаються до заліку з цієї дисципліни і мають академічну заборгованість.

Студент отримує позитивну залікову оцінку без додаткових випробувань («автоматом») за результатами роботи в семестрі, якщо має підсумковий рейтинг за семестр не менше 60 балів та виконав умови допуску до семестрового контролю, які визначені РСО.

Якщо студент виконав умови РСО щодо допуску до семестрового контролю, але має підсумковий рейтинг менше 60 балів або хоче підвищити поточну оцінку, виконує залікову контрольну роботу.

На заліку студенти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить три запитання з різних тематичних розділів.

Процедура оскарження результатів контрольних заходів

Студенти мають можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто згідно із наперед визначеними процедурами.

Студенти мають право оскаржити результати контрольних заходів, але обов'язково аргументовано, пояснивши з яким критерієм не погоджуються відповідно до оціночного листа та/або зауважень.

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (Детальніше: https://kpi.ua/code).

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Приклад питань залікової роботи

1. Отримати рівняння кількості руху газу, виходячи з методу Лагранжа.
2. Вивести та проаналізувати інтеграл Бернуллі–Сен-Венана для елементарної струминки газу при адіабатній течії.
3. Охарактеризувати режими «перерозширення» та «недорозширення» роботи сопла Лаваля.

Робочу програму навчальної дисципліни «Газодинаміка» (силабус):

Складено професором кафедри ПГМ, канд. технічних наук, доцентом Туриком Володимиром Миколайовичем

Ухвалено кафедрою _ПГМ_ (протокол №17 від 14.06.2022 р.)
Погоджено Методичною комісією інституту (протокол № 11 від 29.08.2022)

Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Кафедра прикладної гідроаеромеханіки і механотроніки

КОМПРЕСОРНІ МАШИНИ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	***Перший (бакалаврський)***
Галузь знань	*13 Механічна інженерія*
Спеціальність	*131 Прикладна механіка*
Освітня програма	*Автоматизовані і роботизовані механічні системи*
Статус дисципліни	*Вибіркова*
Форма навчання	*очна(денна)/дистанційна/змішана*
Рік підготовки, семестр	*3 курс, 6 семестр*
Обсяг дисципліни	*4 кредити ECTS*
Семестровий контроль/ контрольні заходи	*Залік*
Розклад занять	*http://rozklad.kpi.ua/Schedules/*
Мова викладання	*Українська/Англійська*
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лекції/практичні/лабораторні: к.т.н., ст. викладач, Бєліков Костянтин Олександрович, belikovka@gmail.com
Розміщення курсу	

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчання та результати навчання

Програма навчальної дисципліни «Компресорні машини» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалавра з галузі знань 13 «Механічна інженерія» за спеціальністю 131 «Прикладна механіка».

Метою *викладання дисципліни Компресорні машини є формування у студентів здатностей: - визначати характеристики компрессорних машин; - розуміти призначиння окремих вузлів в компресорних установках та пневмосистемах в цілому; - проводити типові розрахунки для підбору відповідного обладнання компресорних установок.*

Предмет вивчення *дисципліни: основні властивості газів і газових сумішей, як робочого тіла в компресорних машинах; класифікація компресорних машин; робочі процеси в компресорних машинах; енергетичні показники компресорних машин; кондиціонування робочого середовища; складові пневмо- і гідроліній компресорних машин, їх призначення і принцип роботи; теплообмін в компресорних машинах.*

Програмні результати навчання :

Компетенції, що посилюються вибірковою дисципліною: *Здатність обирати раціональні підходи і технічні засоби до створення, тестування та експлуатації систем керування технічних об'єктів та систем, машин та механізмів із засобами механіки, гідропневмоавтоматики, електромеханіки, мехатроніки і робототехніки; здатність обирати раціональні підходи і технічні засоби до автоматизації технічних об'єктів та систем, машин та механізмів засобами механіки, гідропневмоавтоматики, електромеханіки, мехатроніки і робототехніки, створювати конкурентоспроможні технічні об'єкти, застосовувати критерії для оцінки їх функціональної, експлуатаційної, енергетичної та загальної ефективності.*

Знання: *знати: основні властивості газів і газових сумішей, як робочого тіла в компресорних машинах; класифікацію компресорних машин; конструкції та робочі процеси в компресорних машинах; енергетичні показники компресорних машин; кондиціонування робочого середовища;*

складові пневмо- і гідроліній компресорних машин, їх призначення і принцип роботи; теплообмін в компресорних машинах.

*. **Уміння**: виконувати типові розрахунки по вибору компресору за енергетичними показниками; оцінити енергетичну ефективність компресорної установки у складі пневматичної системи; виконувати вибір обладнання для забезпечення необхідних характеристик компресорної установки і нпневмосистеми.*

***Досвід:** вибирати та застосовувати раціональні методи та конструктивні рішення для вирішення конкретних задач розробки та експлуатації компресорних машин; налагоджувати, експлуатувати, задавати параметри керування, визначати раціональні режими використання компресорних машин.*

*Отримані **компетентності** дозволять: розв'язувати практичні задачі по вибору компресорних машин відповідно до споживчих потреб пневмосистем; виконувати вибір апаратури для задач автоматичного і програмного керування компресорними установками; виконувати типові проєктні розрахунки для визначення конструктивних параметрів компресорних машин.*

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни

Для успішного засвоєння матеріалу з навчальної дисципліни Компресорні машини студенту необхідно успішно пройти навчання з наступних дисциплін: Теоретичні основи теплотехніки, Теорія механізмів і машин, Механіка рідини і газу, Деталі машин і основи конструювання, Основи конструювання і проектування.

Результати навчання за дисципліною Компресорні машини можуть бути використані при вивченні дисципілн Прикладна гідромеханіка, Математичне моделювання і проектування систем гідро- і пневмоприводів, Пневмопривод і пневмоавтоматика, а також в подальшій науковій і інженерній діяльності, як в профільних дисциплінах, так і при роботі над кваліфікаційною роботою.

3. Зміст навчальної дисципліни

1. Властивості газів і їх сумішей та їх роль в компресорних машинах, як робочого тіла. МКТ. Термодинамічні цикли
2. Компрессори. Загальні відомості. Класифікація. Принцип роботи
3. Поршневі компресори. Принцип роботи. Структура. Теоретичний цикл
4. Реальний цикл роботи поршневих компресорів. Основні фактори впливу на продуктивність
5. Енергетичні показники поршневих машин і їх оцінка
6. Ротаційні компресори. Основні типи, конструкція і принцип роботи
7. Характеристики ротаційних компресорів.
8. Лопаткові компресорні машини. Основні типи, конструкція і принцип роботи
9. Характеристики лопаткових компресорів
10. Вентилятори і їх характеристики
11. Апаратура компресорних установок. Основні характеристики і вимоги
12. Теплообмін у вузлах компресорних машин. Апарати теплообміну. Характеристики і вибір
13. Кондиціонування газів і газових сумішей.

4. Навчальні матеріали та ресурси

1. АО "Полтавский турбомеханический завод". Станции компрессорные ПКС-1,75; ПКС-3,5; ПКС-5,25А. Руководство по експлуатации. 252.00.00.00-00РЭ
2. АО "Полтавский турбомеханический завод". Агрегат компрессорный ВВ-3,5/10. Руководство по експлуатации 339.00.00.00-00РЭ.
3. Barber, Antony. Pneumatic handbook/by Antony Barber m 8th ed. P. Cm. Includes index ISBN 1-85617-249-X https://www.sciencedirect.com/book/9781856172493/pneumatic-handbook
4. Поршневые компрессоры. Теория, конструкции и основы проектирования. Френкель М. И., Изд-во «Машиностроение», 1969 . 744 стр.
5. Захаренко С. Е. Поршневыe компрессоры // с. Е. Захаренко, с. А. Анисимов, в. А. Дмитревский, г. В. Карпов, б. С. Фотин / государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы москва 1961.
6. Бондаренко Г. А. Компресорні станції : підручник / Г. А. Бондаренко, Г. В. Кирик. – Суми : Сумський державний університет, 2016. – 385 с. ISBN 978-966-657-624-1

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

ЛЕКЦІЙНІ ЗАНЯТТЯ

	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1.	Властивості газів і їх сумішей та їх роль в компресорних машинах, як робочого тіла. Література: 3, 4, 5, 6
2.	Молекулярно-кінетична теорія. Термодинамічні цикли в комперсорних машинах Література: 3, 4, 5, 6
3.	Компресори. Загальні відомості. Класифікація. Література: 3, 4, 5, 6
4.	Поршневі компресори. Принцип роботи Література: 3, 4, 5, 6
5.	Теоретичний цикл одноступеневого поршневого компресора. Література: 3, 4, 5, 6
6.	Реальний цикл одноступеневого поршневого компресора Література: 3, 4, 5, 6
7.	Енергетичні показники поршневих машин і їх оцінка Література: 3, 4, 5, 6
8.	Конструктивні елементи і будова поршневих компресорів Література: 1, 3, 4, 5, 6
9.	Багатоступеневі компресорні машини Література: 1, 3, 4, 5, 6
10.	Кінематика поршневого компресора Література: 1, 3, 4, 5, 6
11.	Динаміка поршневого компресора. Зрівноваження сил. Вібрації Література: 1, 3, 4, 5, 6
12.	Типові схеми встановлення і розміщення поршневих машин Література: 1, 3, 4, 5, 6
13.	*Ротаційні компресори. Основні типи, конструкція і принцип роботи* Література: 2, 3, 6
14.	*Характеристики ротаційних компресорів.* Література: 2, 3, 6
15.	*Апаратура компресорних установок. Основні характеристики і вимоги* Література: 1, 2, 3, 4, 5, 6
16.	*Апарати теплообміну. Характеристики і вибір* Література: 1, 2, 3, 4, 5, 6

Самостійна робота студента

№ з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1.	*Підготовка до аудиторних занять*	30
2.	*Підготовка до МКР*	8
3.	*Підготовка до заліку*	10

Політика та контроль

6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- правила відвідування занять: відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних заняттях.

- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних заняттях, передбачені РСО дисципліни;
- використання засобів пошуку інформації на Google-сторінці викладача, в інтернеті;
- правила призначення заохочувальних та штрафних балів: заохочувальні та штрафні бали не входять до основної шкали РСО, а їх сума не перевищує 10% стартової шкали;
- політика щодо академічної доброчесності встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни;
- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соц. мережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

7. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

Поточний контроль: експрес-опитування, практичні заняття.
Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.
Семестровий контроль: залік.
Умови допуску до семестрового контролю: мінімальний семестровий рейтинг більше 40 балів.
Умовою допуску до заліку може також бути: проходження одного чи двох календарних контролів, виконання МКР, відпрацювання всіх лабораторних занять.
Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	*Оцінка*
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

Рейтинг студента розраховується виходячи із 100-бальної шкали, з них 70 балів складає стартова шкала. Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, які студент отримує за:
– відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях;
– відповіді під час лабораторних/практичних занять (8 занять);
- виконання і захист лабораторних робіт (максимум 20 балів);
- виконання контрольних робіт (максимум 20 балів);
– виконання модульної контрольної роботи (МКР);
Відповіді на заліку оцінюються у 30 балів.
Робота на практичних/лабораторних заняттях (максимум 15 балів):
– активна творча робота – 1 бал;
– плідна робота – 0,5 бал;
– пасивна робота – 0 балів.
Виконання МКР:
– творчо виконана робота – 15 балів;
– роботу виконано з незначними недоліками – 12 балів;
– роботу виконано з певними помилками – 6 балів:
– роботу не зараховано (не виконано або є грубі помилки) – 0 балів.
Штрафні та заохочувальні бали:
За правильні відповіді під час експрес-опитувань – 0,5 бала.
За несвоєчасне виконання модульної контрольної роботи – 1 штрафний бал за кожний тиждень запізнення (всього не більше 5 балів).

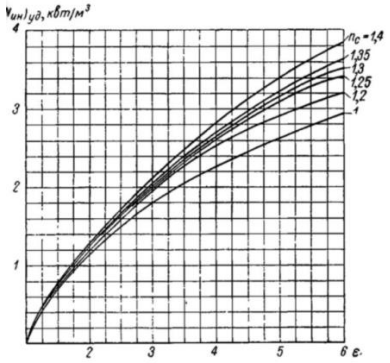
Студент отримує позитивну залікову оцінку без додаткових випробувань («автоматом») за результатами роботи в семестрі, якщо має підсумковий рейтинг за семестр не менше 60 балів та виконав умови допуску до семестрового контролю, які визначені РСО.
Якщо студент виконав умови РСО щодо допуску до семестрового контролю, але має підсумковий рейтинг менше 60 балів або хоче підвищити поточну оцінку, виконує залікову контрольну роботу.
На заліку студенти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить три запитання з різних тематичних розділів.
Критерії залікового оцінювання:
– вичерпні відповіді на всі питання білету, а також на додаткові питання, чітке визначення всіх понять, величин: 30 балів;
– допускаються окремі помилки, але їх можливо виправити за допомогою додаткових питань викладача, має місце знання основних понять і величин, розуміння суті процесів в компресорах чи їх елементах: 15-20 балів;
– припускаються суттєві помилки у відповідях або відсутня відповідь на одне з питань залікової роботи: 10-14 балів.

8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- ***Приклад питань залікової роботи***

1. Назвати основні параметри газових сумішей, які використовуються при розрахунках компресорних машин.

2. Визначити за графіком значення питомої потужності для адіабатичного процесу при коефіцієнті стиснення …



3. Конструкція, принцип дії і призначення клапану мінімального тиску

4. Визначити кінцеву температуру повітря при адіабатичному процесі для ступеня стиснення є=4 та початкової температури 296 К.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус): Компресорні машини
Складено:
Старшим викладачем кафедри ПГМ, кандидатом технічних наук, Бєліковим Костянтином Олександровичем

Ухвалено кафедрою _ПГМ_ (протокол №17 від 14.06.2022 р.)
Погоджено Методичною комісією інституту (протокол № 11 від 29.08.2022)

Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Кафедра Прикладної гідроаеромеханіки і механотроніки

ОБ'ЄМНИЙ ГІДРОПРИВОД (ОГП)

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни	
Рівень вищої освіти	***Перший (бакалаврський)***
Галузь знань	*13 Механічна інженерія*
Спеціальність	*131 Прикладна механіка*
Освітня програма	*Автоматизовані та роботизовані механічні системи*
Статус дисципліни	*Вибіркова*
Форма навчання	*очна(денна) /дистанційна/змішана*
Рік підготовки, семестр	*3 курс, викладається в одному семестрі (осінній/весняний)*
Обсяг дисципліни	*4 кредити ЄКТС*
Семестровий контроль/ контрольні заходи	*Залік*
Розклад занять	*http://rozklad.kpi.ua/Schedules/*
Мова викладання	*Українська*
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: *к.т.н., , доцент, Ганпанцурова Оксана Сергіївна, ganpantsurova@ukr.net,* к.т.н., ст. викладач, Бєліков Костянтин Олександрович, *belikivka@gmail.com*
Розміщення курсу	https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&show&irid=185132 https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&show&irid=187244

Програма навчальної дисципліни

1.Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчання та результати навчання

Програма навчальної дисципліни ***«Об'ємний гідропривод» (далі ОГП)*** *складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалавра з галузі знань 13 «Механічна інженерія» за спеціальністю 131 «Прикладна механіка».*

- ***Метою навчальної дисципліни*** *є формування у студентів здатностей: - розв'язувати практичні задачі автоматизації технічних об'єктів шляхом створення, налагодження, експлуатації та модернізації гідравлічних систем приводів із комбінуванням з засобами електрорелейної техніки та гідроавтоматики для технічних об'єктів різного призначення, - розробляти, конструювати та проектувати гідравлічні апарати та виконавчі пристрої - виконувати модернізацію та реінжиніринг систем гідроприводу на основі новітніх розробок та підходів до створення автоматизованих об'єктів з використанням засобів гідроприводу з розширеними функціональними можливостями.*

Предметом навчальної дисципліни *є: принципи дії, керування та контролю обємного гідравлічного приводу, є гідравлічний привод об'ємного типу у об'єктах експлуатаційного та виробничого призначення в різних галузях промисловості, складання та налагодження систем та пристроїв машинобудівного, модернізація систем гідроприводу автоматизованих об'єктів. Ці питання в даному курсі розглядаються комплексно з урахуванням сучасних вимог до знань з технічних, технологічних і економічних аспектів машинобудівної галузі.*

Програмні результати навчання :

Компетенції, що посилюються вибірковою дисципліною: *Здатність обирати раціональні підходи і технічні засоби до створення, тестування та експлуатації систем керування технічних об'єктів та систем, машин та механізмів із засобами механіки, гідропневмоавтоматики, електромеханіки, мехатроніки і робототехніки; здатність обирати раціональні підходи і технічні засоби до автоматизації технічних об'єктів та систем, машин та механізмів засобами механіки, гідропневмоавтоматики, електромеханіки, мехатроніки і робототехніки, створювати*

конкурентоспроможні технічні об'єкти, застосовувати критерії для оцінки їх функціональної, експлуатаційної, енергетичної та загальної ефективності.

Знання: *знати основні принципи функціонування, будови та проектування конструкцій гідравлічних апаратів систем приводів; методи проектування і модернізації ефективних за експлуатаційними показниками систем керування гідроприводами; типові розв'язки практичних задач розрахунку систем та конструювання пристроїв, що стоять перед інженером-розробником гідроприводів.*

Уміння*: застосовувати методики, методи та інструментальні засоби проектування та розрахунку конструкцій гідравлічних апаратів, виконавчих пристроїв та їх складових; проводити гідравлічний та тепловий розрахунки гідравлічної системи; виконувати опис складу і роботи системи приводів; підібирати елементний склад системи в залежності від умов експлуатації приводу; розробляти логіку взаємодії виконавчих пристроїв; складати схеми гідравлічних апаратних засобів керування та електрорелейних схем систем керування і узгоджувати їх взаємодію; виконувати складання, налагодження та діагностику гідравлічної системи приводів та ввести її в експлуатацію.*

Досвід: *вибору та використання методик та технічних засобів при проектуванні систем гідроприводу, практичної роботи із визначення робочих характеристик гідроапаратів та виконавчих пристроїв; розробки та розрахунку циклових систем гідроприводів на комплекті завдань, наближених до практичних потреб; оволодіння первинними знаннями та навичками побудови багаторежимних автоматизованих дискретних систем керування приводів технічних об'єктів різноманітного призначення.*

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни

Необхідне попереднє успішне оволодіння знаннями та уміннями, набутими при вивченні дисциплін «Об'ємні гідро- і пневмомашини», «Машинобудівна гідравліка», «Деталі машин», «Дискретні системи керування виконавчими пристроями».

Результати вивчення дисципліни «Об'ємний гідропривод» є корисними для подальшого вивчення дисциплін: «Мобільна гідравліка», «Машинобудівна гідроавтоматика», «Проектування гідро і пневмоприводів».

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Загальні відомості і принцип дії об'ємного гідроприводу
Тема 1.1. Загальні відомості і принципи дії об'ємного гідроприводу.
Тема 1.2. Робочі рідини гідроприводів. Втрати тиску і витрата робочої рідини
Розділ 2. Об'ємні насоси і гідродвигуни.
Тема 2.1. Насоси і гідродвигуни.
Тема 2.2. Гідродвигуни з прямолінійним рухом вихідної ланки
Тема 2.3. Гідродвигуни з поворотним рухом вихідної ланки
Розділ 3. Спрямовуюча та регулююча гідроапаратура
Тема 3.1. Запірно-регулюючі пристрої гідроапаратів.
Тема 3.2. Спрямовуючі гідроапарати.
Тема 3.3. Регулюючі гідроапарати.
Тема 3.4. Гідроапарати управління витратою робочої рідини
Тема 3.5. Гідроапарати управління тиском робочої рідини
Розділ 4. Управління об'ємними гідроприводами.
Тема 4.1. Регулювання швидкості робочих органів.
Тема 4.2. Регулювання зусилля робочих органів.
Тема 4.3. Гідроприводи з автоматичним керуванням.
Тема 4.4. Приводи, що виконують необхідний закон руху.
Розділ 5. Допоміжні гідроагрегати.
Тема 5.1. Кондиціонери робочих рідин.
Тема 5.2. Гідроємності і гідроакумулятори. Гідролінії.
Тема 5.3. Герметизація з'єднань.
Тема 5.4. Пристрої живлення та забезпечення теплового режиму гідросистем.

Методичні рекомендації

Програма складена для денної форми навчання. Для успішного засвоєння курсу слід передбачити тісний взаємозв'язок всіх видів занять – лекційних, самостійної роботи та лабораторних. Теоретичний матеріал, викладений на лекційних заняттях, є основою для вирішення практичних інженерних завдань, що виконуються під час лабораторних/практичних завдань на спеціалізованому дидактичному обладнанні фірми ФЕСТО та під час виконання розрахунково-графічної роботи. За час навчання студент виконує лабораторні роботи з гідравлічним обладнанням БошРексрот, розробляє принципові та монтажні схеми для вирішення задач автоматизації різного рівня складності. Це дозволяє поглибити знання з кожної теми. З метою вивчення дисципліни під час самостійної роботи та лабораторних занять необхідно використовувати підручники, посібники, електронний конспект лекцій та практикувати навички розв'язування реальних задач на дидактичному обладнанні. Проведення індивідуального консультування відбувається протягом курсу навчання.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси

1. Яхно О.М. та інш. Прикладна гідроаеромеханіка і мехатроніка / Під ред. Яхна О.М..- Вінниця: ВНТУ , 2019.- 711 с.
2. Абрамов Е.И., Колесниченко К.А., Маслов В.Т. Элементы гидропривода: Справочник. - Киев: Техника, 1977. - 322 с.
3. Башта Т. М. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы : Учебник для машиностроительных вузов; 2-е изд., перераб. / Т. М. Башта, С. С. Руднев, Б. Б. Некрасов и др. — М. : Машиностроение, 1982. – 423 с.
4. *Функціональні модулі систем мехатроніки з пневматичними, електромеханічними та гідравлічними виконавчими пристроями [Електронний ресурс]:навч. Посіб / О.П. Губарев, О.С. Ганпанцурова, К.О. Бєліков, А.М. Муращенко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 14,7 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 104 с.*
5. Марутов В.А., Павловский С.А. Гидроцилиндры. - М.: Машиностроение, 1966. - 172 с.
6. Экснер Х. Гидропривод. Основы и компоненты / Экснер Х., Фрейтаг Р., Гайс Х., Ланг Р. и др. // Бош Рексрот АГ, Эрбах, Германия, 2003. - 323 с.

Додаткові інформаційні ресурси

1. Башта Т.М. Машиностроительная гидравлика. Справочное пособие. - М.: Машиностроение, 1971. - 672 с.
2. Башта Т.М. Объемные насосы и гидравлические двигатели гидросистем. - М., Машиностроение, 1974, - 606 с.
3. Башта Т. М., Зайченко И. З., Ермаков В. В., Хаймович Е. М. Объёмные гидравлические приводы / Под ред. Т. М. Башты. — М.: Машиностроение, 1969. — 628 с.
4. Богданович Л.Б. Гидравлические приводы. - Киев: Вища школа, 1980. - 232 с.
5. Гідроприводи та гідропневмоавтоматика: Підручник /В. О. Федорець, М. Н. Педченко, В. Б. Струтинський та ін. За ред. В. О. Федорця. — К: Вища школа — 1995. - 463 с.
6. Губарев О.П., Ганпанцурова О.С. Мехатроніка: Циклічно-модульний підхід до вирішення практичних задач автоматизації.- Київ: НТУУ«КПІ».- ВАТ ―Білоцерківська друкарня‖, 2016, 160с.
7. Губарев А.П. Дискретно-логическое управление в системах гидропневмоавтоматики: Учебное пособие.- К.: ИСМО, 1997.- 224с.
8. Свешников В.К. Гидрооборудование: Международный справочник. – ИЦ «Техинформ» МАИ, 2001 – 2003 (3 тома).
9. Свешников В.К., Усов А.А. Станочные гидроприводы: Справочник. - Машиностроение, 1988. - 512 с.
10. Шмитт А. Учебный курс гидравлики. Двухлинейные встроенные клапаны (т.4) / А. Шмитт // Маннесманн Рексрот ГмбХ, Лор-на-Майне, Германия, 2000. – 148 с.
11. Шмитт А. Учебный курс гидравлики. Пособие по гидравлике (т.1) / А. Шмитт // Маннесманн Рексрот ГмбХ, Лор-на-Майне, Германия, 2000. – 226 с.

рекомендації та роз'яснення:

- *Всі базові літературні джерела є в бібліотеці КПІ та в методичному кабінеті кафедри;*
- *Жодне джерело, як і всі джерела разом, не є достатнім для опанування дисципліни без виконання комплекту завдань до модульної контрольної роботи, самостійного розв'язання типових задач розробки схем та конструкцій і виконання індивідуальних завдань.*

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

ЛЕКЦІЙНІ ЗАНЯТТЯ

	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1.	*Загальні відомості і принципи дії об'ємного гідроприводу* Література: *2, 3, 6, доп 2 – 5*
2.	*Робочі рідини гідроприводів. Втрати тиску і витрата робочої рідини* Література: *1 (вступ, розд. 1), 2, доп 11.*
3.	*Насоси і гідродвигуни* Література: 2, 3, 6, доп. 2, 8, 9, [каталоги виробників].
4.	*Гідродвигуни з прямолінійним рухом вихідної ланки* Література: 2, 5, *доп. 4, 5*
5.	*Гідродвигуни з поворотним рухом вихідної ланки* Література: *2, 3, 5, доп. 4, 5*
6.	*Запірно-регулюючі пристрої гідроапаратів* Література: *1, 2, доп. 1, 8,* [каталоги виробників].
7.	*Спрямовуючі гідроапарати* Література: *2, 4, доп. 6, 8, 9* , [каталоги виробників].
8.	*Регулюючі гідроапарати.* Література: 2, 6, доп. 1, 8, 9, [каталоги виробників].
9.	*Гідроапарати управління витратою робочої рідини* Література: 2, 3, 4, доп 8, 9
10.	*Гідроапарати управління тиском робочої рідини* Література: 2. 3, 4, доп. 3, 4, 5, 8, [каталоги виробників].
11.	*Регулювання швидкості робочих органів* Література: 2, 3, доп. 3, 4, 5, 9
12.	*Регулювання зусилля робочих органів* Література: *3, 4, доп. 4, 5.*
13.	*Гідроприводи з автоматичним керуванням* Література: *1 (розділ 6), 4, доп. 5, 6, 7*
14.	*Приводи, що виконують необхідний закон руху* Література: *3, 4, 6, доп. 5*
15.	*Кондиціонери робочих рідин* Література: *3, 6, доп. 3, 4, 5*
16.	*Гідроємності і гідроакумулятори. Гідролінії.* Література: 2, 3, 6, доп. 3, 4, 9
17.	*Герметизація з'єднань.* Література: 2, 3, 5, доп. 5
18.	*Пристрої живлення та забезпечення теплового режиму гідросистем* Література: 1, 3, 6*, доп. 2, 3*

Самостійна робота студента

№ з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1.	*Підготовка до аудиторних занять*	32
2.	*Виконання МКР*	8
3.	*Підготовка до заліку*	8

Політика та контроль

6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- правила відвідування занять: відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних заняттях.

- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних заняттях, передбачені РСО дисципліни;

- використання засобів пошуку інформації на Google-сторінці викладача, в інтернеті;

- правила призначення заохочувальних та штрафних балів: заохочувальні та штрафні бали не входять до основної шкали РСО, а їх сума не перевищує 10% стартової шкали;

- політика щодо академічної доброчесності встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни;

- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соц. мережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

7. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

Поточний контроль: експрес-опитування, практичні заняття.

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: залік.

Умови допуску до семестрового контролю: мінімальний семестровий рейтинг більше 40 балів. Умовою допуску до заліку може також бути: проходження одного чи двох календарних контролів, виконання МКР, відпрацювання всіх лабораторних занять.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	*Оцінка*
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

Рейтинг студента розраховується виходячи із 100-бальної шкали, з них 70 балів складає стартова шкала. Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, які студент отримує за:

– відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях;

– відповіді під час лабораторних/практичних занять (16 занять);

– виконання модульної контрольної роботи (МКР);

Відповіді на заліку оцінюються у 30 балів.

Робота на аудиторних заняттях (максимум 48 балів):

– виконане індивідуальне практичне завдання – 3 бали;

– активна творча робота – 1,5 бали;

– плідна робота – 0,5 бала;

– пасивна робота – 0 балів.

Виконання МКР:

– творчо виконана робота – 22 бали;

– повністю виконана робота – 19 балів;

– роботу виконано з незначними недоліками – 16 балів;
– роботу виконано з певними помилками – 13 балів:
– роботу не зараховано (не виконано або є грубі помилки) – 0 балів.
Штрафні та заохочувальні бали:
За правильні відповіді під час експрес-опитувань – 0,5 бала.
За несвоєчасне виконання модульної контрольної роботи – 1 штрафний бал за кожний тиждень запізнення (всього не більше 5 балів).
Студент отримує позитивну залікову оцінку без додаткових випробувань («автоматом») за результатами роботи в семестрі, якщо має підсумковий рейтинг за семестр не менше 60 балів та виконав умови допуску до семестрового контролю, які визначені РСО.
Якщо студент виконав умови РСО щодо допуску до семестрового контролю, але має підсумковий рейтинг менше 60 балів або хоче підвищити поточну оцінку, виконує залікову контрольну роботу.
На заліку студенти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить три запитання з різних тематичних розділів.
Критерії залікового оцінювання:
– вичерпні відповіді на всі питання білету, а також на додаткові питання, чітке визначення всіх понять, величин: 30 балів;
– в деяких відповідях мають місце певні неточності: 20-25 балів;
– допускаються окремі помилки, але їх можливо виправити за допомогою додаткових питань викладача, має місце знання основних понять і величин, розуміння суті процесів в гідроприводі: 15-20 балів;
– припускаються суттєві помилки у відповідях або відсутня відповідь на одне з питань залікової роботи: 10-14 балів.

8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- ***можливе зарахування сертифікатів*** *проходження літньої школи «Мехатроніка в машинобудуванні» за 3 лабораторних роботи.*
- ***можливе відпрацювання*** *20% лабораторних робіт під час роботи асистентом команди 2-го етапу Всеукраїнської студентської олімпіади «Мехатроніка в машинобудуванні».*

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус): Об’ємний гідропривод
Складено:

доцентом кафедри ПГМ, кандидатом технічних наук, доцентом Ганпанцуровою Оксаною Сергіївною
професором кафедри ПГМ, доктором технічних наук, професором Губаревим Олександром Павловичем

Ухвалено кафедрою _ПГМ_ (протокол №17 від 14.06.2022 р.)
Погоджено Методичною комісією інституту (протокол № 11 від 29.08.2022)

Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Кафедра Прикладної гідроаеромеханіки і механотроніки

ПНЕВМОПРИВОД І ПНЕВМОАВТОМАТИКА

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни	
Рівень вищої освіти	***Перший (бакалаврський)***
Галузь знань	*13 Механічна інженерія*
Спеціальність	*131 Прикладна механіка*
Освітня програма	*Автоматизовані та роботизовані механічні системи*
Статус дисципліни	*Вибіркова*
Форма навчання	*очна(денна) /дистанційна/змішана*
Рік підготовки, семестр	*3 курс, викладається в одному семестрі (осінній/весняний)*
Обсяг дисципліни	*4 кредити ЄКТС*
Семестровий контроль/ контрольні заходи	*Залік, РГР*
Розклад занять	*http://rozklad.kpi.ua/Schedules/*
Мова викладання	*Українська*
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: *кандидат технічних наук, доцент, Галецький Олександр Сергійович, haletskijos@gmail.com*
Розміщення курсу	https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&sd=10257&cm=42531&rcms=all&ssm=cm&tree_list=

Програма навчальної дисципліни

1.Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчання та результати навчання

*Програма навчальної дисципліни **«Пневмопривод і пневмоавтоматика» (далі ППіПА)** складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалавра з галузі знань 13 «Механічна інженерія» за спеціальністю 131 «Прикладна механіка».*

***Метою навчальної дисципліни** є формування у студентів знань особливостей роботи пневматичних апаратів і систем, вмінь раціональної побудови пневматичних систем і здатностей: критичного аналізу та прогнозування параметрів працездатності нових та існуючих механічних конструкцій, машин, матеріалів і виробничих процесів машинобудування на основі знання та використання сучасних аналітичних та/або комп'ютеризованих методів і методик; розробляти системи керування для пневматичних приводів.*

***Предметом навчальної дисципліни** є: принципи дії систем пневмоавтоматики та пневмоприводів, автоматизація технічних об'єктів засобами пневмоавтоматики у складі об'ємного пневмоприводу, складання та налагодження прототипів систем керування з пневматичним керуванням силових елементів, модернізація систем керування. Ці питання в даному курсі розглядаються комплексно з урахуванням сучасних вимог до знань з технічних, технологічних і економічних аспектів машинобудівної галузі.*

Програмні результати навчання :

<u>Компетенції, що посилюються вибірковою дисципліною:</u> *Здатність обирати раціональні підходи і технічні засоби до створення, тестування та експлуатації систем керування технічних об'єктів та систем, машин та механізмів із засобами механіки, гідропневмоавтоматики, електромеханіки, мехатроніки і робототехніки; здатність обирати раціональні підходи і технічні засоби до автоматизації технічних об'єктів та систем, машин та механізмів засобами механіки, гідропневмоавтоматики, електромеханіки, мехатроніки і робототехніки, створювати конкурентоспроможні технічні об'єкти, застосовувати критерії для оцінки їх функціональної, експлуатаційної, енергетичної та загальної ефективності.*

<u>Знання:</u> *архітектури будови систем з пневмоприводом та елементів автоматичного управління пневматичних систем; принципів побудови алгоритмів керування засобами пневмоавтоматики з комбінованим варіантом систем керування; використання сучасних методів пошуку оптимальних рішень і раціональних параметрів технічних пристроїв; сучасних підходів, засобів і технічних рішень для створення сучасних автоматичних систем з пневматичними рушіями.*

<u>Уміння</u>*: застосовувати методики та методи створення систем пневмоавтоматики відповідно до вимог та особливостей машинобудівної галузі; використовувати інноваційні технічні рішення і підходи до створення, проектування і модернізації пневмоприводів у складі систем пневмоавтоматики.*

<u>Досвід:</u> *вибирати та застосовувати раціональні методи та технічні засоби для вирішення конкретних задач автоматизації в машинобудуванні; проводити оцінку ефективності систем пневмоавтоматики з пневматичною системою автоматичного керування; приймати рішення для раціоналізації технічних рішень при проектуванні чи модернізації об'єктів автоматизації з врахуванням технічних вимог та особливостей експлуатації.*

2.Пререквізити та постреквізити дисципліни

Необхідне попереднє успішне оволодіння знаннями та уміннями, набутими при вивченні дисциплін «Об'ємні гідро- і пневмомашини і гідропередачі», «Машинобудівна гідравліка», «Основи конструювання і проектування», «Фізика», «Дискретні системи керування виконавчими пристроями».

Результати вивчення дисципліни «Пневмопривод і пневмоавтоматика» є корисними для засвоєння матеріалу дисциплін: «Дискретні системи керування виконавчими пристроями», «Проектування агрегатів автоматизованих механічних систем», «Проектуванні гідро- і пневмоприводів», «Випробування та діагностика систем приводів».

3.Зміст навчальної дисципліни

1. *Структура пневматичних приводів та систем пневмоавтоматики*
2. *Фізичні основи функціювання пневматичних систем*
3. *Течія повітря в трубопроводах і пневмолініях*
4. *Енергозабезпечувальна підсистема пневмоприводів*
5. *Пневмоапарати, що забезпечують необхідні параметри і якісні показники стисненого повітря*
6. *Пневматичні розподільники*
7. *Пристрої регулювання витрати та тиску*
8. *Пневматичні пристрої інформаційної та логіко-розрахункової підсистем*
9. *Виконавча підсистема пневматичних приводів*
10. *Пневматичні двигуни зворотно-поступального руху*
11. *Пневматичні двигуни обертального руху, пневмомотори*
12. *Експлуатація приводів та систем пневмоавтоматики*
13. *Технічне обслуговування пневмоприводів*
14. *Пошук і усунення несправностей. Вимоги безпеки*

4.Навчальні матеріали та ресурси

<u>Основні інформаційні ресурси</u>

1. *Badr H.M., Ahmed W.H. Pumping Machinery Theory and Practice / John Wiley & Sons, Ltd., 2015. 392 p. — ISBN 978-1-118-93208-7;*

2. *Донской А.С. Математическое моделирование процессов в пневматических приводах: Учеб. пособие. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009. – 122 с.;*
3. *Пашков Е.В., Осинский Ю.А., Четверкин А.А. Электропневмоавтоматика в производственных процесах. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2003. – 496 с.;*
4. *Наземцев А.С. Гидравлические и пневматические системы. Часть 1. Пневматические приводы и средства автоматизации. Учебное пособие. – М.: Форум., 2004. – 240 с.*
5. *П. Кросер Учебный курс по технике управления, Пневматика TP101: Учебное пособие / П. Кросер, Ф. Эбель . - Киев: Изд-во ДП «Фесто», 2002. - 225с.: ил.*

Додаткові інформаційні ресурси

1. *Герц Е.В., Крейнин Г.В. Динамика пневматических приводов машин автоматов. - М. : Машиностроение, 1984. – 235 с.*
2. *Герц Е.В. Пневматические приводы. – М. : Машиностроение, 1989. – 359 с.*
3. *Элементы и устройства пневмоавтоматики високого давления: Каталог/ Под ред. А.И.Кудрявцева. – М.: ВНИИТЭМП, 1990. – 183 с.*
4. *Зелинский С.Б. и др.. Ротационные пневматические двигатели. – Л. : Машиностроение, 1986. – 240 с.*
5. *Пневматические средства автоматизации: Каталог 1998/1999. – Эсслинген (ФРГ): Festo AG CO. 2000.*
6. *Кроузер П. Электропневмоавтоматика. Основной курс/ П.Кроузер, Дж. Томсон: Пер. с англ. С.В. Сулича. – М. : Фесто – Дидактик, 1995. – 220 с.*
7. *Робототехнические системы в сборочном производстве / Под ред. Е.В.Пашкова. – К. : Вища школа, 1997. – 272 с.*
8. *Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Пневмопривод і пневмоавтоматика»(частина 1)./Укладачі: С.В.Носко, О.С.Галецький./- Київ:НТУУ «КПІ», 2018. – 50 с.(електронний варіант).*
9. *Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Пневмопривод і пневмоавтоматика»(частина2)./Укладачі: С.В.Носко, О.С.Галецький./- Київ:НТУУ «КПІ», 2018. – 60с.(електронний варіант).*

рекомендації та роз'яснення:

- *Всі базові літературні джерела є в бібліотеці КПІ та в методичному кабінеті кафедри*
- *Жодне джерело, як і всі перелічені літературні джерела разом, не є достатнім для опанування дисципліни без виконання комплекту основних та кваліфікаційних лабораторних робіт*

Навчальний контент

5.Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

ЛЕКЦІЙНІ ЗАНЯТТЯ

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань *(перелік дидактичних засобів, завдання на СРС з посиланням на літературу)*
1	*Лекція 1. Вступ. Принцип дії і основні елементи пневмоприводів. Параметри стану і рівняння стану.* Література: [2] , стор.4-8; [4] , стор.344-348; [6], стор. 273-275. [3],стор. 8-10; [4], стор.344-350; [6], стор.273-278. Завдання на СРС. Найпростіші термодинамічні процеси при постійній кількості повітря.
2	*Лекція 2. Найпростіші термодинамічні процеси при постійній кількості повітря. Структура пневматичних приводів та систем ПА.* Література: [3],стор. 8-10; [4], стор.344-350; [6], стор.273-278.
3	*Лекція 3. Фізичні величини, визначаючі властивості повітря. Рівняння енергетичного балансу при наповненні пневмокамер постійного і змінного об'єму.* Література: [2], стор.19-29; [3], стор.10-12; [6], стор.273-278. Завдання на СРС: Основні характеристики простих термодинамічних процесів.
4	*Лекція 4. Рівняння енергетичного балансу при спорожненні пневмокамер постійного і змінного об'єму.* Література: [3], стор.10-12; [6], стор.273-278.
5	*Лекція 5. Одержання стисненого повітря. Ресивери.* Література: [3], стор.12-14; [4], стор.357-367; [6], стор.273-278.

	Завдання на СРС. Залежність витрат повітря в трубопроводі від відношення тисків на його виході і вході.
6	*Лекція 6. Повітряпровід. Розрахунок і вибір повітряпроводу. Швидкість руху повітря. Рівняння швидкості.* Література: [4], стор.357-367; [5], стор.220-235; [6], стор.278-295.
7	*Лекція 7. Рівняння витрат. Витратні характеристики повітряпроводу. Визначення пропускної здатності пневматичних пристроїв і лінії зв'язку.* Література: [4], стор.357-367; [5], стор.220-235; [6], стор.278-295. [1], стор.49-63; [4], стор.357-367; [5], стор.220-235; [6], стор.278-295. Завдання на СРС. Загальні закономірності руху повітря по повітряпроводу.
8	*Лекція 8. Загальні відомості із теорії компресорів. Одержання стисненого повітря. Ресивери.* Література: [2], стор.38-41; [5], стор.220-235; [6], стор.278-295. Завдання на СРС. Способи очистки повітря. Класи забрудненості стиснутого повітря..
9	*Лекція 9. Пристрої для очищення повітря. Змащувальні пристрої. Глушники.* Література: [6], стор.278-295.
10	*Лекція 10. Класифікація пневморозподільників. Види керування пневморозподільниками. Вибір та розрахунок розподільників.* Література: [1], стор.49-63; [5], стор.232-235; [6], стор.288-292. Завдання на СРС. Умовне позначення типових пневморозподільників в схемах..
11	*Лекція 11. Конструкції ,принцип дії і способи керування пневморозподільників, промислового призначення.* Література: [3], стор.78-93; [5], стор.295-312; [9], стор.88-91. Завдання на СРС. Трьохлінійний розподільник ПВ67-21..
12	*Лекція 12. Зворотні пневмоклапани. Пневматичні дроселі. Запобіжні і редукційні пневмоклапани. Пісилювачі тиску. Блоки плавного підвищення тиску.* Література: [3], стор.78-93; [5], стор.235-250; [6], стор.295-312; [9], стор.86-92. Завдання на СРС. Пневмоклапани швидкого вихлопу.
13	*Лекція 13. Пневматичні шляхові вимикачі. Пневмоклапани послідовності. Струменеві датчики положення. Індикатори тиску.* Література: [3], стор.121-140; [5], стор.243-245; [6], стор.303-307; [9], стор.71-81. [3], стор.252-296; {5], стор.335-338; [6], стор.296-298; [9], стор.60-71. Завдання на СРС. Гальмівні золотники..
14	*Лекція 14. Основні логічні функції. Логічні пневмоклапани «АБО», «І». Приклади схематичної реалізації логічних функцій. Пневматичний клапан витримки часу.* Література: [3], стор. 170-190; [9], стор.72-75. : [3], стор.140-170; [8], стор.155-168. Завдання на СРС. Пневматичні таймери.
15	*Лекція 15. Поршневі двигуни. Основні типи. Елементи конструкції. Статичний розрахунок пневмоциліндрів.* Література: [3], стор.29-45; [5], стор.250-253; [6], стор.314-318. Завдання на СРС. Спеціальні двигуни металорізальних верстатів і маніпуляторів
16	*Лекція 16. Мембранні приводи. Галузь застосування, типи мембран. Статичний розрахунок мембранного приводу. Ефективна площа мембран.* Література: [3], стор.43-45; [5], стор.253-255; [6], стор.314-318.
17	*Лекція 17. Пневматичні двигуни зворотно-обертального руху.* Література: [3], стор.45-49; [8], стор.221-230; [11], стор. 196-201.
18	*Лекція 18. Пластинчасті пневмомотори. Поршневі пневмомотори аксіального і радіального типів.* Література: [1], стор.209-217; [11], стор.4-28; [9], стор.97-101; [3], стор.49-64; [9], стор.102-107; [11], стор.28-32

Самостійна робота студента

№ з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1.	*Підготовка до аудиторних занять*	30

2.	*Виконання РГР*	10
3.	*Підготовка до заліку*	8

Політика та контроль

6.Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- правила відвідування занять: відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних заняттях.

- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних заняттях, передбачені РСО дисципліни;

- використання засобів пошуку інформації на Google-сторінці викладача, в інтернеті;

- правила призначення заохочувальних та штрафних балів: заохочувальні та штрафні бали не входять до основної шкали РСО, а їх сума не перевищує 10% стартової шкали;

- політика щодо академічної доброчесності встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни;

- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соціальних мережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

7.Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

Поточний контроль: експрес-опитування, практичні заняття.

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: екзамен.

Умови допуску до семестрового контролю: мінімальний семестровий рейтинг більше 40 балів. Умовою допуску до заліку може також бути: проходження одного чи двох календарних контролів, виконання МКР, відпрацювання всіх лабораторних занять.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	*Оцінка*
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

Рейтинг студента розраховується виходячи із 100-бальної шкали, з них 70 балів складає стартова шкала. Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, які студент отримує за:

– відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях;

– відповіді під час лабораторних/практичних занять (18 занять);

– виконання модульної контрольної роботи (МКР);

– виконання розрахунково-графічної роботи (РГР).

Відповіді на залікy оцінюються у 30 балів.

Робота на практичних/лабораторних заняттях (максимум 48 балів):

– активна творча робота – 1 бал;

– плідна робота – 0,5 бал;

– пасивна робота – 0 балів.

Виконання МКР:
– творчо виконана робота – 15 балів;
– роботу виконано з незначними недоліками – 12 балів;
– роботу виконано з певними помилками – 6 балів:
– роботу не зараховано (не виконано або є грубі помилки) – 0 балів.
Виконання РГР:
– якісно виконана робота – 22 бали;
– роботу виконано з незначними недоліками – 20 балів;
– роботу виконано з певними помилками – 15 балів:
– роботу не зараховано (не виконано або є грубі помилки) – 0 балів.
Штрафні та заохочувальні бали:
За правильні відповіді під час експрес-опитувань – 0,5 бала.
За несвоєчасне виконання модульної контрольної роботи – 1 штрафний бал за кожний тиждень запізнення (всього не більше 5 балів).
Студент отримує позитивну залікову оцінку без додаткових випробувань («автоматом») за результатами роботи в семестрі, якщо має підсумковий рейтинг за семестр не менше 60 балів та виконав умови допуску до семестрового контролю, які визначені РСО.
Якщо студент виконав умови РСО щодо допуску до семестрового контролю, але має підсумковий рейтинг менше 60 балів або хоче підвищити поточну оцінку, виконує залікову контрольну роботу.
На заліку студенти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить три запитання з різних тематичних розділів.
Критерії залікового оцінювання:
– вичерпні відповіді на всі питання білету, а також на додаткові питання, чітке визначення всіх понять, величин: 30 балів;
– в деяких відповідях мають місце певні неточності: 20-25 балів;
– допускаються окремі помилки, але їх можливо виправити за допомогою додаткових питань викладача, має місце знання основних понять і величин, розуміння суті процесів в пневматичних системах та пристроях: 15-20 балів;
– припускаються суттєві помилки у відповідях або відсутня відповідь на одне з питань залікової роботи: 10-14 балів.

8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- ***Приклад питань залікової роботи***

Структура пневматичних систем, що включає в себе об'ємний пневматичний привод з пневматичним керуванням.

Різновиди систем підготовки стиснутого повітря.

Робота пневмоциліндру двосторонньої дії.

- **Рекомендована тематика РГР**

Задача 1. Штамповка з автоматичною подачею деталей в робочу зону.
Задача 2. Управління пневмоциліндрами роликового пресу.
Задача 3. Переміщення пакетів по конвеєру.
Задача 4. Чеканка пластмасових (композитних) деталей.
Задача 5. Операція склеювання деталей.
Задача 6. Сортування об'єктів виробництва.
Задача 7. Управління відкриттям та закриттям захисних екранів технологічного обладнання.
Задача 8. Управління роботою підйомника з контролем наявності деталі.
Задача 9. Управління висувними упорати технологічного процесу відрізання.
Задача 10. Управління переміщенням деталей в автоматизованій лінії.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус): Пневмопривод і пневмоавтоматика
Складено:
доцентом кафедри ПГМ, кандидатом технічних наук, Галецьким Олександром Сергійовичем
доцентом кафедри ПГМ, кандидатом технічних наук, доцентом Носко Сергій Вікторовичем

Ухвалено кафедрою _ПГМ_ (протокол №17 від 14.06.2022 р.)
Погоджено Методичною комісією інституту (протокол № 11 від 29.08.2022)

Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Кафедра Прикладної гідроаеромеханіки і механотроніки

ПРИКЛАДНА ГІДРОМЕХАНІКА (ПРГМ)

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	***Перший (бакалаврський)***
Галузь знань	*13 Механічна інженерія*
Спеціальність	*131 Прикладна механіка*
Освітня програма	*Автоматизовані та роботизовані механічні системи*
Статус дисципліни	*Вибіркова*
Форма навчання	*очна(денна) /дистанційна/змішана*
Рік підготовки, семестр	*3 курс, викладається в одному семестрі (осінній/весняний)*
Обсяг дисципліни	*4 кредити ЄКТС*
Семестровий контроль/ контрольні заходи	*Залік, РГР*
Розклад занять	*http://rozklad.kpi.ua/Schedules/*
Мова викладання	*Українська*
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: *докт. наук, професор, Яхно Олег Михайлович,* oleg.yakhno@gmail.com, к.т.н., ст. викладач, Костюк Дмитро Вікторович, kostiukdv@ukr.net
Розміщення курсу	

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчання та результати навчання

Програма навчальної дисципліни ***«Прикладна гідромеханіка» (далі ПРГМ)*** *складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалавра з галузі знань 13 «Механічна інженерія» за спеціальністю 131 «Прикладна механіка».*

Метою навчальної дисципліни *є навчити студентів використовувати основні закони покою та руху рідини при розрахунках, конструюванні та експлуатації гідравлічних систем та обладнання, а також ознайомлення з основними досягненнями машинобудівної гідравліки.*

Предметом навчальної дисципліни *є: основи механіки рідини і тепло-масообміну в процесах, що відбуваються в системах механотроніки і гідроприводу. Зокрема для подальшого застосування в такій галузі як аеро-гідродинамічні схеми екранопланів, вивчення пульсації гідроаеродинамічних навантажень на валу роторів у вітроагрегатів, гідродинамічні моделі різних фільтруючих елементів та багато іншого.*

Програмні результати навчання :

<u>Компетенції, що посилюються вибірковою дисципліною:</u> *Здатність обирати раціональні підходи і технічні засоби до створення, тестування та експлуатації систем керування технічних об'єктів та систем, машин та механізмів із засобами механіки, гідропневмоавтоматики, електромеханіки, мехатроніки і робототехніки; здатність обирати раціональні підходи і технічні засоби до автоматизації технічних об'єктів та систем, машин та механізмів засобами механіки, гідропневмоавтоматики, електромеханіки, мехатроніки і робототехніки, створювати конкурентоспроможні технічні об'єкти, застосовувати критерії для оцінки їх функціональної, експлуатаційної, енергетичної та загальної ефективності.*

<u>Знання:</u> *отримати рішення в розвитку гідроаеродинаміки що застосовується у вітроенергетичних агрегатах, плавальних агрегатах, літаючих агрегатах, погружних кавітаторів і інших. вивчення теорії вихрів застосовується для розвитку динаміки атмосфери, теорії крила літака, теорії пропеллера, кораберльного винта, суперкавітатора при глибинних занурювань.*

***Уміння**: Розв'язувати складні непередбачувані задачі і проблеми у спеціалізованих сферах професійної діяльності та/або навчання, що передбачає збирання та інтерпретацію інформації (даних), вибір методів та інструментальних засобів, застосування інноваційних підходів.*

***Досвід:** Будувати інформаційні моделі предмету дослідження: описувати його суттєві параметри, вхідні та змінні величини, встановлювати причинно-наслідкові зв'язки між ними.*

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни

Необхідне попереднє успішне оволодіння знаннями та уміннями, набутими при вивченні дисциплін «Механіка рідини і газу», «Газодинаміка», «Об'ємні гідро- і пневмомашини і гідропередачі», «Матеріалознавство»

Результати вивчення дисципліни «Прикладна гідромеханіка» є корисними для вивчення дисциплін: «Машинобудівна гідроавтоматика», «Основи гідроавтоматики», «Компютерна гідромеханіка пристроїв гідроприводу», «Проектування гідро- і пневмоприводів».

3. Зміст навчальної дисципліни

1. *Фізичні властивості й моделі рідин та газів.*
2. *Гідростатика*
3. *Кінематика рідини*
4. *Динаміка ідеальної рідини*
5. *Елементи динаміки одновимірних потоків в'язкої нестисливої рідини*

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси

1. *Яхно О.М. та інш. Прикладна гідроаеромеханіка і мехатроніка / Під ред. Яхна О.М..- Вінниця: ВНТУ , 2019.- 711 с.*
2. *Гідравліка : навчальний посібник / Л. В. Возняк, П. Р. Гімер, М. І. Мердух, О. В. Паневник ; М-во освіти і науки України, Івано-Франківський нац. технічний ун-т нафти і газу. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2015. – 327 с.*
3. *Гідрогазомеханіка : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів, які навчаютьсяза напрямом підготовки "Енергомашинобудування" / Р.О. Макаренко, О.Д. Коваль, О.І. Хлистун ; Міністерства освіти і науки України, Національний авіаційний університет. Київ: [НАУ], 2016. – 219 с.*
4. *Коваль, О. Д. Прикладні питання механіки рідини і газу [Електронний ресурс] : навчальний посібник / О. Д. Коваль, О. М. Яхно ; НТУУ «КПІ». – Електронні текстові дані (1 файл: 1,50 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2011.*
5. *Яхно О.М. Основы гидродинамической теории смазки / Яхно О.М., В. А. Ковалев, Н. В. Семинская, Разави Ф. – Харьков: Вид-во НТМТ, 2015. – с. 196.*
6. *Яхно О.М. Технічна гідродинаміка та основи теорії змащування : навч. посібник / О. М. Яхно, В. М. Матієга, С. І. Одайський ; дар. М. С. Степанов. - Чернівці : Золоті литаври, 2010. - 326 с.*

Додаткові інформаційні ресурси

1. *Идельчик И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. – М.: Машиностроение, 1975 – 559 с.*
2. *Лойцянський Л.Г. Механіка рідини та газу. – М.:Наука, 1970.*
3. *Повх И.Л. Техническая гидромеханика. -М.: Машиностроение, 1969. – 504 с.*
4. *Войтов В.А. Конструктивная износостойкость узлов трения гидромашин. Часть 2. Методология моделирования граничной смазки в гидромашинах. – Харьков: Центр Леся Курбаса, 1997. – 154 с.*
5. *Ковалев В.А. Гидродинамические особенности циркуляционных потоков в замкнутих объемах / Ковалев В.А., Яхно О.М. - Ноулидж: Донецьк, 2014. – 324 с.*
6. *Майер Э. Торцовые уплотнения: Пер. с нем. – М. : Машиностроение, 1978. – 288 с.*
7. *Бафоев Д. Х., Каландаров Н. О. Выбор и расчет расхода смазочных материалов для подшипников скольжения // Молодой ученый. — 2014. — №19. — С. 177-178.*

рекомендації та роз'яснення:

- *Всі базові літературні джерела є в бібліотеці КПІ та в методичному кабінеті кафедри;*
- *Жодне джерело, як і всі перелічені літературні джерела разом, не є достатнім для опанування дисципліни без виконання комплекту основних та кваліфікаційних лабораторних робіт та самостійного розв'язання типових задач проектування систем керування гідро- і пневмоприводами;*

Навчальний контент

5.Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

ЛЕКЦІЙНІ ЗАНЯТТЯ

	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1.	*РОЗДІЛ 1 Фізичні властивості й моделі рідин та газів* *Вступ. Предмет та задачі курсу. Історія розвитку гідравліки. Роль гідравліки в промисловості та машинобудуванні. Значення курсу в підготовці майбутніх фахівців.* Література: *1 (вступ, розд.3, 4, 5), 3 (вступ, розд.1,2),5доп (с. 8 – 22), 8 – 11 доп.*
2.	*Сучасні уявлення про модель рідкого середовища. Гіпотеза суціль¬ності. Густина й питома вага рідини. Сили та напруження, що діють у рідині.* *В'язкість. Ньютонівські та неньютонівські рідини (класифікація рідин за Доджем)* Література: *1 (вступ, розд.3, 4, 5), 3 (вступ, розд.1,2),5доп (с. 8 – 22), 8 – 11 доп.*
3.	*Стисливість рідин та газів (коефіцієнт об'ємного стиску; модуль об'ємної пружності рідини; швидкість звуку в середовищі та її ізотермічна й ізое¬нтропійна моделі; число Маха-Маєвського).* *Термодинамічні та гідромеханічні моделі газів і краплинних рідин. Поверхневий натяг. Кавітація.* Література: *1 (вступ, розд. 4), 3 (вступ, розд.1,2)*
4.	*РОЗДІЛ 2. Гідростатика* *Гідростатика. Властивості гідростатичного тиску. Основне рів¬няння гідростатики. Потенціал масових сил.* Література: *1 (вступ, розд.3, 4, 5), 3 (вступ, розд.1,2),5доп (с. 8 – 22), 8 – 11 доп.*
5.	*Диференціальні рівняння рівноваги Л. Ейлера та умови їх інтегрування.* *Тиск рідини на поверхню. Закон Паскаля та його практичне засто¬сування при розрахунку елементів гідроприводу та гідроавтоматики.* Література: *1 (вступ, розд.3, 4, 5), 3 (вступ, розд.1,2),5доп (с. 8 – 22), 8 – 11 доп.*
6.	*Напруження, що виникають у рідині, що знаходиться в стані спокою.* *Абсолютна та відносна рівновага рідини. Визначення сил і момен¬тів, що діють на поверхні та тіла в рідині при абсолютному й відносному спокої.* Література: доп. 8-11[каталоги виробників].
7.	*РОЗДІЛ 3. Кінематика рідини* *Системи відліку. Метод Лагранжа й Ейлера, їх взаємозв'язок. Потік рідини та поле швидкостей. Стаціонарний та нестаціонарний рух рідини.* Література: доп. 8-11[каталоги виробників].
8.	*Лінія течії і траєкторія, їх диференціальні рівняння. Гідравлічні елементи потоку: трубка течії, елементарний струмінь та його властивості, живий переріз, змочений периметр, гідравлічні радіус та діаметр. Класифікація потоків: напірні, безнапірні потоки й струмені.* Література: 3 розд.4), 5 доп. (с. 3 – 26)
9.	*РОЗДІЛ 3. Кінематика рідини* *Системи відліку. Метод Лагранжа й Ейлера, їх взаємозв'язок. Потік рідини та поле швидкостей. Стаціонарний та нестаціонарний рух рідини.* Література: 3 розд.4), *5 доп. (с. 3 – 26)*
10.	*Витрата та її види. Середня швидкість рідини. Рівняння нерозрив¬ності. Ламінарний та турбулентний режими течії рідини; досліди О. Рейнольдса;* Література: *1 (розд 4), 3 (розд.2)*

11.	*“миттєві” (актуальні), “місцеві усереднені за часом” та “пульсаційні” швидкості. Поняття про епюри швидкостей в ламінарному та турбулентному потоках. Прискорення рідкої частинки, локальна та конвективна похідні. Диференціальні рівняння нерозривності.* Література: доп. 5,6,доп. 8-11[каталоги виробників].
12.	*РОЗДІЛ 4 Динаміка ідеальної рідини* *Модель ідеальної рідини. Диференціальні рівняння руху нев’язкої рідини Л.Ейлера (початкові та крайові умови).* Література: *3 (розд.2,3,4)*
13.	*Інтеграл Бернуллі та Ейлера щодо одновимірних стаціонарних те¬чій нестисливої рідини. Фізичний зміст та геометрична інтерпретація рівнянь Бер¬нуллі та Ейлера-Бернуллі.* Література: *1 (розд 5), 3 (розд.2), 5*Література: *1 (вступ, розд 5,6), 3 (розд.2), 4*
14.	*Рівняння кількості руху та моменту кількості руху за методом Ей¬лера. Силова дія стаціонарного потоку нестисливої рідини на тверді поверхні (од- новимірні задачі). Інтеграл Бернуллі для нестаціонарного руху.* Література: доп. 5,6,доп. 8-11[каталоги виробників].
15.	*РОЗДІЛ 5. Елементи динаміки одновимірних потоків в'язкої нестисливої рідини* *Рівняння Бернуллі для елементарного струменя та для цілого по¬току в”язкої нестисливої рідини. Коефіцієнт кінетичної енергії Коріоліса.* Література: 3 *(с. 38 – 47),4*
16.	*Гідравлічні опори, їх природа. Структура загальних формул щодо гідравлічних втрат напору. Коефіцієнт кількості руху (потоку імпульсу) Буссинеска. Втрати напору на тертя за довжиною каналу. Гідравлічно гладкі та гідравлічно шорсткі труби. Ділянки гідродинамічної стабілізації (“початкова ді¬лянка”) ламінарного та турбулентного потоків в трубах. Місцеві втрати напору. Теорема Борда-Карно.* Література: 3 *(с. 45 – 52), 4*
17.	*Стаціонарне витікання рідини через отвори та насадки; діючий напір; коефіцієнти швидкості, витрати, стиску. Одновимірний нестаціонарний рух нестисливої рідини. Витікання рідини при змінному напорі; час спорожнення та наповнення резервуарів.* Література: 1 (розд. 5), 3 *(с. 57 – 69)*
18.	*Гідравлічний удар в трубопроводах. Формула Жуковського. Міри боротьби з гідравлічним ударом. Моделювання гідромеханічних процесів. Теореми подібності. Ма¬тематичне та фізичне моделювання. Гідравлічний розрахунок простих та складних трубопроводів.* Література: 1 (розд. 5), 3 *(с. 141 – 152)*

Самостійна робота студента

№ з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1.	*Підготовка до аудиторних занять*	30
2.	*Виконання РГР*	10
3.	*Підготовка до заліку*	8

Політика та контроль

6.Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- правила відвідування занять: відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних заняттях.

- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних заняттях, передбачені РСО дисципліни;

- використання засобів пошуку інформації на Google-сторінці викладача, в інтернеті;

- правила призначення заохочувальних та штрафних балів: заохочувальні та штрафні бали не входять до основної шкали РСО, а їх сума не перевищує 10% стартової шкали;

- політика щодо академічної доброчесності встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни;

- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соц. мережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

7.Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

Поточний контроль: експрес-опитування, практичні заняття.

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: залік.

Умови допуску до семестрового контролю: мінімальний семестровий рейтинг більше 40 балів. Умовою допуску до заліку може також бути: проходження одного чи двох календарних контролів, виконання МКР, відпрацювання всіх лабораторних занять.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	*Оцінка*
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

Рейтинг студента розраховується виходячи із 100-бальної шкали, з них 70 балів складає стартова шкала. Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, які студент отримує за:

– відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях;

– відповіді під час лабораторних/практичних занять (16 занять);

– виконання модульної контрольної роботи (МКР);

– виконання розрахунково-графічної роботи (РГР).

Відповіді на заліку оцінюються у 30 балів.

Робота на практичних/лабораторних заняттях (максимум 48 балів):

– активна творча робота – 1 бал;

– плідна робота – 0,5 бал;

– пасивна робота – 0 балів.

Виконання МКР:

– творчо виконана робота – 15 балів;

– роботу виконано з незначними недоліками – 12 балів;

– роботу виконано з певними помилками – 6 балів:

– роботу не зараховано (не виконано або є грубі помилки) – 0 балів.

Виконання РГР:

– якісно виконана робота – 22 бали;

– роботу виконано з незначними недоліками – 20 балів;

– роботу виконано з певними помилками – 15 балів:

– роботу не зараховано (не виконано або є грубі помилки) – 0 балів.

Штрафні та заохочувальні бали:

За правильні відповіді під час експрес-опитувань – 0,5 бала.

За несвоєчасне виконання модульної контрольної роботи – 1 штрафний бал за кожний тиждень запізнення (всього не більше 5 балів).

Студент отримує позитивну залікову оцінку без додаткових випробувань («автоматом») за результатами роботи в семестрі, якщо має підсумковий рейтинг за семестр не менше 60 балів та виконав умови допуску до семестрового контролю, які визначені РСО.
Якщо студент виконав умови РСО щодо допуску до семестрового контролю, але має підсумковий рейтинг менше 60 балів або хоче підвищити поточну оцінку, виконує залікову контрольну роботу.
На заліку студенти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить три запитання з різних тематичних розділів.
Критерії залікового оцінювання:
– вичерпні відповіді на всі питання білету, а також на додаткові питання, чітке визначення всіх понять, величин: 30 балів;
– в деяких відповідях мають місце певні неточності: 20-25 балів;
– допускаються окремі помилки, але їх можливо виправити за допомогою додаткових питань викладача, має місце знання основних понять і величин, розуміння суті гідромеханічних процесів: 15-20 балів;
– припускаються суттєві помилки у відповідях або відсутня відповідь на одне з питань залікової роботи: 10-14 балів.

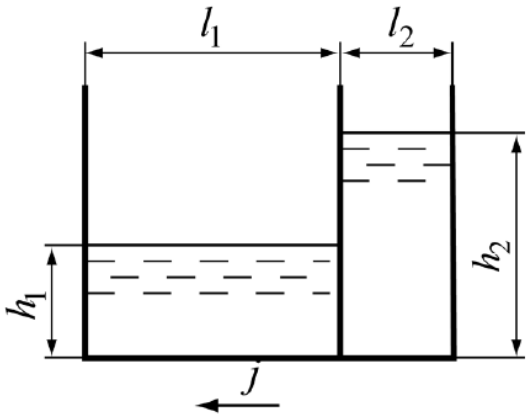
8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Приклад питань залікової роботи

1. Рівняння Бернуллі для потоку в'язкої рідини

2. Гідравлічні втрати енергії,

3. Визначити горизонтальне прискорення резервуара з рідиною, при якому повністю розвантажується перегородка між його частинами, довжини яких l1, l2 = 1,5 м і глибини у резервуарах відповідно h1 і h2 , якщо: а) l1 = 2 м , h1 = 1,2 м і h2 = 1,4м



Робочу програму навчальної дисципліни (силабус): Прикладна гідромеханіка
Складено:
професором кафедри ПГМ, доктором технічних наук, професором Яхном Олегом Михайловичем
ст. викладачем кафедри ПГМ, кандидатом технічних наук, Костюком Дмитром Вікторовичем

Ухвалено кафедрою _ПГМ_ (протокол №17 від 14.06.2022 р.)
Погоджено Методичною комісією інституту (протокол № 11 від 29.08.2022)

Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Кафедра Прикладної гідроаеромеханіки і механотроніки

МОБІЛЬНА ГІДРАВЛІКА (МГ)

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	***Перший (бакалаврський)***
Галузь знань	*13 Механічна інженерія*
Спеціальність	*131 Прикладна механіка*
Освітня програма	*Автоматизовані та роботизовані механічні системи*
Статус дисципліни	*Вибіркова*
Форма навчання	*очна(денна) /дистанційна/змішана*
Рік підготовки, семестр	*4 курс, викладається в одному семестрі (осінній/весняний)*
Обсяг дисципліни	*4 кредити ЄКТС*
Семестровий контроль/ контрольні заходи	*Залік*
Розклад занять	*http://rozklad.kpi.ua/Schedules/*
Мова викладання	*Українська*
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: *к.т.н., , доцент, Левченко Олег Васильович, tudasuda@ua.fm*
Розміщення курсу	https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&show&irid=6112

Програма навчальної дисципліни

1.Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчання та результати навчання

*Програма навчальної дисципліни **«Мобільна гідравліка» (далі МГ)** складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалавра з галузі знань 13 «Механічна інженерія» за спеціальністю 131 «Прикладна механіка».*

***Метою навчальної дисципліни** є формування у студентів здатностей: - розв'язувати практичні задачі систем мобільного гідроприводу, - виконувати модернізацію та реінжиніринг мехатронних систем на основі новітніх розробок та підходів до створення автоматизованих об'єктів гідропневмоавтоматики і мехатроніки зі складними алгоритмами експлуатації.*

***Предметом навчальної дисципліни** є: принципи дії систем мобільного гідро- та пневмоприводами, автоматизація технічних об'єктів засобами мобільної гідропневмоавтоматики та електрорелейних схем, складання та налагодження прототипів систем керування, модернізація систем керування. Ці питання в даному курсі розглядаються комплексно з урахуванням сучасних вимог до знань з технічних, технологічних і економічних аспектів машинобудівної галузі.*

Програмні результати навчання :

***Компетенції, що посилюються вибірковою дисципліною:** Здатність обирати раціональні підходи і технічні засоби до створення, тестування та експлуатації систем керування технічних об'єктів та систем, машин та механізмів із засобами механіки, гідропневмоавтоматики, електромеханіки, мехатроніки і робототехніки; здатність обирати раціональні підходи і технічні засоби до автоматизації технічних об'єктів та систем, машин та механізмів засобами механіки, гідропневмоавтоматики, електромеханіки, мехатроніки і робототехніки, створювати конкурентоспроможні технічні об'єкти, застосовувати критерії для оцінки їх функціональної, експлуатаційної, енергетичної та загальної ефективності.*

***Знання:** знати основні підходи керування в мобільних системах; методи синтезу, технічні засоби керування в промислових системах мобільного гідроприводу.*

***Уміння**: застосовувати методики та методи проектування систем мобільного гідроприводу відповідно до вимог та особливостей машинобудівної галузі; використовувати спеціальні методи при створенні пневматичних та гідравлічних систем керування в задачах автоматизації об'єктів машинобудування.*

***Досвід:** вибирати та застосовувати раціональні методи та технічні засоби для вирішення конкретних задач мобільної гідравліки в машинобудуванні; проводити оцінку ефективності систем керування мобільних машин; обирати раціональні технічні засоби відповідно до конкретних практичних задач; складати, налагоджувати, корегувати системи керування мобільних машин з пневматичними, електрорелейними і гідравлічними пристроями.*

2.Пререквізити та постреквізити дисципліни

Необхідне попереднє успішне оволодіння знаннями та уміннями, набутими при вивченні дисциплін «Об'ємний гідропривод», «Машинобудівна гідравліка», «Деталі машин», , «Основи конструювання і проектування».

Результати вивчення дисципліни «Мобільна гідравліка» є корисними для засвоєння дисциплін: «Машинобудівна гідроавтоматика», «Проектування агрегатів автоматизованих механічних систем», «Проектування гідро- і пневмоприводів».

3. Зміст навчальної дисципліни

1. *Напрямки застосування мобільного гідроприводу.*
2. *Відкритий та закритий гідравлічні контури.*
3. *Гідростатичні трансмісії, підживлювальні насоси, промивочні блоки, байпасні клапани.*
4. *Гідравлічні системи, чутливі до навантаження: з відкритим та закритим центром.*
5. *Регульовані насоси мобільних машин з ручними та автоматичними регуляторами.*
6. *Двонасосні системи з клапанами розвантаження.*
7. *Дільники та суматори потоку.*
8. *Секційні розподільники мобільних машин, 7/3 розподільники, клапани різниці тиску, антикавітаційні клапани, ударні клапани, перекидні клапани.*
9. *6/3 розподільники з відкритим центром: паралельне, тандемне та послідовне підключення.*
10. *Схеми незалежного від навантаження регулювання витрати, передвключені та післявключені.*
11. *Утримання і безпечне опускання вантажу, керовані зворотні клапани, гальмівні та зрівноважувальні клапани.*
12. *Гідравлічні та електронні джойстики.*
13. *Клапани пріоритету, статичні та динамічні.*
14. *Рульове керування, з відкритим та закритим центром, реактивне та нереактивне.*
15. *Спеціалізоване програмне забезпечення для моделювання роботи гідравлічних систем мобільних машин (FluidSim-Hydraulics 5.0).*
16. *Виявлення та усунення несправностей в гідравлічних системах мобільних машин.*
17. *Техніка безпеки при роботі з практичними системами мобільного гідроприводу.*

4.Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси

1. *Яхно О.М. та інш. Прикладна гідроаеромеханіка і мехатроніка / Під ред. Яхна О.М..- Вінниця: ВНТУ , 2019.- 711 с.*
2. *Ölhydraulik, Handbuch der hydraulischen Antriebe und Steuerungen, Dietmar Findeisen, Siegfried Helduser, 6. Auflage, ©Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2015, DOI 10.1007/978-3-642-54909-0*
3. *Synthesis of discrete drives control systems, M. Cherkashenko, Hydraulic machines and hydrounits 1322 (46), 4-9*
4. *Hydraulik, Grundlagen, Komponenten, Systeme, Dieter Will, Norbert Gebhardt, 6. Auflage, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2014, DOI 10.1007/978-3-662-44402-3*
5. *Mobile equipment hydraulics: a systems and troubleshooting approach, Ben Watson, © 2011 Delmar, Cengage Learning*
6. *Synthesis of control schemes for hydroficated automation objects.- GmbH & Co. KG. Printed*

in Germany, 2018 Y. Sokol, M. Cherkashenko, etc

Додаткові інформаційні ресурси

7. *Parr Andrew. Hydraulics and Pneumatics: A Technician's and Engineer's Guide, Publisher: Butterworth-Heinemann Ltd, 2011.*
8. *Elliott Brian. Compressed Air Operations Manual, McGraw-Hill Education, 2006.*
9. *Wu, P., Lai, Z., Wu, D., Wang, L. (2014). "Optimization Research of Parallel Pump System for Improving Energy Efficiency". Journal of Water Resources Planning and Management, DOI: 10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000493.*
10. *Miller, R., Liberi, T., Scioscia, J. Analyzing Pump Energy through Hydraulic Modeling / Pipelines 2015. pp. 869-877.*
11. *Bin Zhang, Jien Ma, Analysis of the flow dynamics characteristics of an axial piston pump based on the computational fluid dynamics method, Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics, Volume 11, 2017 - Issue 1*
12. *Helduser, S.: Grundlagen elektrohydraulischer Antriebe und Steuerungen, 1. Aufl. Vereinigte Fachverlage, Mainz (2013). ISBN 978-3-7830-0387-1*
13. *Scherf, H.E.: Modellbildung und Simulation dynamischer Systeme (mit Matlab- und Simulink-Beispielen). Oldenbourg Verlag, München,Wien (2003)*
14. *Egeland, O., Gravdahl, J.T.: Modeling and Simulation for Automatic Control. Marine Cybernetics, Trondheim, Norway (2002)*

рекомендації та роз'яснення:

- *Всі базові літературні джерела є в бібліотеці КПІ та в методичному кабінеті кафедри;*
- *Жодне джерело, як і всі перелічені літературні джерела разом, не є достатнім для опанування дисципліни без виконання комплекту основних та кваліфікаційних лабораторних робіт та самостійного розв'язання типових задач проектування гідравлічними приводами;*

Навчальний контент

5.Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

ЛЕКЦІЙНІ ЗАНЯТТЯ

	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1.	*Напрямки застосування мобільного гідроприводу.* Література: *1 (вступ, розд.3, 4, 5), 3 (вступ, розд.1,2),5доп (с. 8 – 22), 8 – 11 доп.*
2.	*Відкритий та закритий гідравлічні контури.* Література: *1 (вступ, розд. 4), 3 (вступ, розд.1,2)*
3.	*Гідростатичні трансмісії, підживлювальні насоси, промивочні блоки, байпасні клапани.* Література: доп. 8-11[каталоги виробників].
4.	*Гідравлічні системи, чутливі до навантаження: з відкритим та закритим центром.* Література: 3 розд.4), *5 доп. (с. 3 – 26)*
5.	*Регульовані насоси мобільних машин з ручними та автоматичними регуляторами.* Література: *1 (розд 4), 3 (розд.2)*
6.	*Двонасосні системи з клапанами розвантаження.* Література: *3 (розд.2)4 доп.*
7.	*Дільники та суматори потоку.* Література: *1 (розд 5), 3 (розд.2), 5*
8.	*Секційні розподільники мобільних машин, 7/3 розподільники, клапани різниці тиску, антикавітаційні клапани, ударні клапани, перекидні клапани* Література: доп. 5,6,доп. 8-11[каталоги виробників].
9.	*6/3 розподільники з відкритим центром: паралельне, тандемне та послідовне підключення.* Література: доп. 5,6,доп. 8-11[каталоги виробників].
10.	*Схеми незалежного від навантаження регулювання витрати, передвключені та післявключені.* Література: доп. 5,6,доп. 8-11[каталоги виробників].
11.	*Утримання і безпечне опускання вантажу, керовані зворотні клапани, гальмівні та зрівноважувальні клапани.*

	Література: доп. 5,6,доп. 8-11[каталоги виробників].
12.	*Гідравлічні та електронні джойстики* Література: *3 (розд.2,3,4)*
13.	*Клапани пріоритету, статичні та динамічні.* Література: *1 (вступ, розд 5,6), 3 (розд.2), 4*
14.	*Рульове керування, з відкритим та закритим центром, реактивне та нереактивне* Література: *3 (розд.2, 4)*
15.	*Спеціалізоване програмне забезпечення для моделювання роботи гідравлічних систем мобільних машин (FluidSim-Hydraulics 5.0)* Література: 3 *(с. 38 – 47),4*
16.	*Виявлення та усунення несправностей в гідравлічних системах мобільних машин* Література: 3 *(с. 45 – 52), 4*
17.	*Техніка безпеки при роботі з практичними системами мобільного гідроприводу* Література: 1 (розд. 5), 3 *(с. 57 – 69)*

Самостійна робота студента

№ з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
4.	*Підготовка до аудиторних занять*	30
5.	*Підготовка до МКР*	4
6.	*Підготовка до заліку*	14

Політика та контроль

6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- правила відвідування занять: відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних заняттях.

- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних заняттях, передбачені РСО дисципліни;

- використання засобів пошуку інформації на Google-сторінці викладача, в інтернеті;

- правила призначення заохочувальних та штрафних балів: заохочувальні та штрафні бали не входять до основної шкали РСО, а їх сума не перевищує 10% стартової шкали;

- політика щодо академічної доброчесності встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни;

- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соц. мережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

7.Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

Поточний контроль: експрес-опитування, практичні заняття.

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: залік.

Умови допуску до семестрового контролю: мінімальний семестровий рейтинг більше 40 балів. Умовою допуску до заліку може також бути: проходження одного чи двох календарних контролів, виконання МКР, відпрацювання всіх лабораторних занять.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	*Оцінка*
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

Рейтинг студента розраховується виходячи із 100-бальної шкали, з них 70 балів складає стартова шкала. Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, які студент отримує за:
– відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях;
– відповіді під час лабораторних/практичних занять (16 занять);
– виконання модульної контрольної роботи (МКР);
Відповіді на заліку оцінюються у 30 балів.
Робота на практичних/лабораторних заняттях (максимум 48 балів):
– активна творча робота – 1 бал;
– плідна робота – 0,5 бал;
– пасивна робота – 0 балів.
Виконання МКР:
– творчо виконана робота – 15 балів;
– роботу виконано з незначними недоліками – 12 балів;
– роботу виконано з певними помилками – 6 балів:
– роботу не зараховано (не виконано або є грубі помилки) – 0 балів.
Штрафні та заохочувальні бали:
За правильні відповіді під час експрес-опитувань – 0,5 бала.
За несвоєчасне виконання модульної контрольної роботи – 1 штрафний бал за кожний тиждень запізнення (всього не більше 5 балів).
Студент отримує позитивну залікову оцінку без додаткових випробувань («автоматом») за результатами роботи в семестрі, якщо має підсумковий рейтинг за семестр не менше 60 балів та виконав умови допуску до семестрового контролю, які визначені РСО.
Якщо студент виконав умови РСО щодо допуску до семестрового контролю, але має підсумковий рейтинг менше 60 балів або хоче підвищити поточну оцінку, виконує залікову контрольну роботу.
На заліку студенти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить три запитання з різних тематичних розділів.
Критерії залікового оцінювання:
– вичерпні відповіді на всі питання білету, а також на додаткові питання, чітке визначення всіх понять, величин: 30 балів;
– в деяких відповідях мають місце певні неточності: 20-25 балів;
– допускаються окремі помилки, але їх можливо виправити за допомогою додаткових питань викладача, має місце знання основних понять і величин, розуміння суті процесів в мобільному гідроприводі: 15-20 балів;
– припускаються суттєві помилки у відповідях або відсутня відповідь на одне з питань залікової роботи: 10-14 балів.

8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- ***Приклад питань залікової роботи***

1.Двонасосні системи з клапанами розвантаження.

2.Схеми незалежного від навантаження регулювання витрати, передвключені та післявключені

3.Техніка безпеки при роботі з практичними системами мобільного гідроприводу.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус): Мобільна гідравліка
Складено:
доцентом кафедри ПГМ, кандидатом технічних наук, доцентом Левченком Олегом Васильовичем

Ухвалено кафедрою _ПГМ_ (протокол №17 від 14.06.2022 р.)

Погоджено Методичною комісією інституту (протокол № 11 від 29.08.2022)

Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Кафедра Прикладної гідроаеромеханіки і механотроніки

МАШИНОБУДІВНА ГІДРОАВТОМАТИКА

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни	
Рівень вищої освіти	***Перший (бакалаврський)***
Галузь знань	*13 Механічна інженерія*
Спеціальність	*131 Прикладна механіка*
Освітня програма	*Автоматизовані та роботизовані механічні системи*
Статус дисципліни	*Вибіркова*
Форма навчання	*очна(денна) /дистанційна/змішана*
Рік підготовки, семестр	*4 курс, викладається в одному семестрі (осінній/весняний)*
Обсяг дисципліни	*4 кредити ЄКТС*
Семестровий контроль/ контрольні заходи	*Залік*
Розклад занять	*http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ViewSchedule.aspx?v=71f34f3e-2c85-436b-8626-f293567d656d*
Мова викладання	*Українська*
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: *докт. наук, професор, Луговський Олександр Федорович, atoll-sonic@ukr.net, асистент кафедри Зілінський Андрій Іванович, zilinski.andrew@gmail.com*
Розміщення курсу	*https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&show&irid=65549*

Програма навчальної дисципліни

1. **Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчання та результати навчання**

Програма навчальної дисципліни ***«Машинобудівна гідроавтоматика»*** *складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалавра з галузі знань 13 «Механічна інженерія» за спеціальністю 131 «Прикладна механіка».*

Метою навчальної дисципліни *є формування у студентів здатностей: - Здатність аналізу матеріалів, конструкцій та процесів на основі законів, теорій та методів математики, природничих наук і прикладної механіки; Здатність описувати та класифікувати широке коло технічних об'єктів та процесів, що ґрунтується на глибокому знанні та розумінні основних механічних теорій та практик, а також базових знаннях суміжних наук*

Предметом навчальної дисципліни *є: елементна база та мехатронні системи гідроавтоматики. Ці питання в даному курсі розглядаються комплексно з урахуванням сучасних вимог до знань з технічних, технологічних і економічних аспектів машинобудівної галузі.*

Програмні результати навчання: *Вибирати та застосовувати для розв'язання задач прикладної механіки придатні математичні методи; використовувати знання теоретичних основ механіки рідин і газів, теплотехніки та електротехніки для вирішення професійних завдань; виконувати геометричне моделювання деталей, механізмів і конструкцій у вигляді просторових моделей і проекційних зображень та оформлювати результат у виді технічних і робочих креслень; створювати і теоретично обґрунтовувати конструкції машин, механізмів та їх елементів на основі методів прикладної механіки, загальних принципів конструювання, теорії взаємозамінності, стандартних методик розрахунку деталей машин*

Компетенції, що посилюються вибірковою дисципліною: *Здатність обирати раціональні підходи і технічні засоби до створення, тестування та експлуатації систем керування технічних об'єктів та систем, машин та механізмів із засобами механіки, гідропневмоавтоматики, електромеханіки, мехатроніки і робототехніки; здатність обирати раціональні підходи і технічні засоби до автоматизації технічних об'єктів та систем, машин та механізмів засобами механіки, гідропневмоавтоматики, електромеханіки, мехатроніки і робототехніки, створювати*

конкурентоспроможні технічні об'єкти, застосовувати критерії для оцінки їх функціональної, експлуатаційної, енергетичної та загальної ефективності.

Знання: *Можна навчитися основним принципам побудови циклових систем гідроавтоматики із шляховим керуванням, керуванням по тиску або по часу. Дізнатися основних принципів побудови циклових систем з логічними блоками керування. Розібратися в існуючій елементній базі систем гідроавтоматики, розібратися з можливостями програмування циклових систем. Розібратися з прикладами реалізації циклових систем в промисловості, сільському господарстві та медицині.*
Уміння*: Перевіряти відповідність системи управління якістю вимогам міжнародних стандартів; Розробляти робочі проекти і конструкторську документацію до виконавчих, керуючих, контролюючих і допоміжних пристроїв та енергетичних агрегатів систем гідропневмоавтоматики згідно вимог нормативних документів, зокрема, оптимізовані та інноваційні технічні рішення; Комплектувати, монтувати, налагоджувати та вводити в експлуатацію гідравлічні та пневматичні машини і системи гідропневмоавтоматики технічних об'єктів з врахуванням режимів та умов їх експлуатації.*
Досвід: *Підвищувати ступінь та якість автоматизації існуючих об'єктів шляхом модернізації та реінжинірингу систем машинобудівної гідроавтоматики, оптимізації режимів роботи і складу, використання інноваційних технічних рішень і підходів. Оформлення конструкторської документації..*

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни

Необхідне попереднє успішне оволодіння знаннями та уміннями, набутими при вивченні дисциплін «Об'ємний гідропривод», «Машинобудівна гідравліка», «Об'ємні гідро- і пневмомашини і гідропередачі».
Результати вивчення дисципліни «Машинобудівна гідроавтоматика» є корисними для вивчення дисциплін: «Проектування гідро- і пневмоприводів», «Компютерна гідромеханіка пристроїв гідроприводу», та при виконанні дипломного проекту.

3. Зміст навчальної дисципліни

1. Гідравлічні пристрої систем гідроавтоматики в машинобудуванні.
2 Аналіз виконуючих пристроїв засобів автоматизації..
3. Гідродроселі і дроселюючі гідророзподільники.
4. Регулювання швидкості в гідравлічних приводах.
5. Регулювання швидкості в слідкуючих гідроприводах.
6. Дросельний спосіб регулювання швидкості в слідкуючих гідроприводах.
7. Гідросистеми збалансованих маніпуляторів
8. Гідроприводи маніпуляторів, що збалансовані. Пантограф маніпулятора, що збалансований.
9. Гідропідсилювачі у використанні гідроавтоматики машинобудування.
10. Принципи побудови електрогідравлічних підсилювачів.
11. Врахування витрата рідини через робоче вікно золотника в гідро автоматизованих пристроях.
12. Статичні характеристики золотникових розподільників.
13. Порівняльний аналіз перетинів золотникових розподільників.
14. Рівняння сил, що діють на золотник розподільника.
15. Розв'язок задач на рівняння сил, що діють на золотник розподільника
16. Статичні характеристики та ККД гідропідсилювача "сопло-заслінка".
17. Статичні характеристики та ККД струминевого гідропідсилювача.
18. Гідравлічне обладнання мобільних машин.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси

1. *Яхно О.М. та інш. Прикладна гідроаеромеханіка і мехатроніка / Під ред. Яхна О.М..- Вінниця: ВНТУ , 2019.- 711 с.*
2. *Андренко П.Н. Проектирование и расчет элементов и устройств гидропневмоавтоматики. Учеб.пос.- Киев, УМК ВО, 1990. – 124 с.*
3. *Башта Т.М. Гидропривод и гидропневмоавтоматика. – М.: Машиностроение, 1972. – 320 с.*
4. *Абрамов Е.И., Колесниченко К.А., Маслов В.Т. Элементы гидропривода.: Справочник. – Киев: Вища школа, 1977 г.*

5. *Черкашенко М.В. Основы гидропневмоавтоматики.-Х.: НТУ «ХПИ», 2010.- 80 с.*

Додаткові інформаційні ресурси

1. *Башта Т.М. Гидравлические приводы летательных аппаратов. – М.: Машиностроение, 1967.*
2. *Богданович Л.Б. Гидравлические приводы. – Киев.: Вища школа, 1980*
3. *Бурєнніков Ю.А. Гідравліка, гідро- та пневмоприводи: навчальний посібник /Ю.А.Бурєнніков, І.А.Немировський, Л.Г.Козлов. Вінниця: ВНТУ, 2013. – 273 с.*
4. *Гидравлика, гидромашины и гидроприводы / Башта Т.М., Руднев С.С., Некрасов Б.Б. и др. – М.: Машиностроение, 1982.*
5. *Погорелов В.И. Элементы и системы гидропневмоавтоматики. – Л.: Из-во Ленингр. Ун-та, 1979. – 184 с.*
6. *Навроцкий К.Л. Теория и проектирование гидро- и пневмоприводов. – М.: Машиностроение, 1991.*
7. *Свешников В.К., Усов А.А. Станочные гидроприводы: Справочник (2-е изд.)- М.: Машиностроение, 1988.*
8. *Федорец В.А., Педченко М.Н. и др. Гидроприводы и гидропневмоавтоматика станков. Уч.пос. Вища школа, 1987.-375 с.*
9. *Чупраков Ю.И. Гидропривод и средства гидроавтоматики.- М.: Машиностроение, 1979.- 232 с.*
10. *Луговський О.Ф. Аналітична модель процесу ультразвукового розпилення в тонкому шарі // Наукові вісті НТУУ "КПІ". – 2002. -№ 3 (23).- С. 53-58.*
11. *Rexroth: https://drive.google.com/file/d/1OigpC6vnCUo-5VwY35h_CtyCdv42H0G-/view*
12. *Rexroth: https://drive.google.com/file/d/142bGsS8uilEU1Z6Dt2asLw2dHCB6JNj2/view*

рекомендації та роз'яснення:

- *Всі базові літературні джерела є в бібліотеці КПІ та в методичному кабінеті кафедри;*
- *Жодне джерело, як і всі перелічені літературні джерела разом, не є достатнім для опанування дисципліни без виконання комплекту основних та кваліфікаційних лабораторних робіт та самостійного розв'язання типових задач машинобудівної гідроавтоматики.*

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

ЛЕКЦІЙНІ ЗАНЯТТЯ

	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1.	*Гідравлічні пристрої систем гідроавтоматики в машинобудуванні.* Література: *1 (вступ, розд.3, 4, 5), 3,4 (вступ, розд.1,2), дод. 1-4*
2.	*Аналіз виконуючих пристроїв засобів автоматизації..* Література: *3-4, дод.2-8*
3.	*Гідродроселі і дроселюючі гідророзподільники.* Література: *3-4, дод.2-8*
4.	*Регулювання швидкості в гідравлічних приводах.* Література: *3-4, дод.2-8*
5.	*Регулювання швидкості в слідкуючих гідроприводах.* Література: *3,4, дод. 2-8*
6.	*6. Дросельний спосіб регулювання швидкості в слідкуючих гідроприводах.* Література: *3 (розд.2)4 доп.*
7.	*Гідросистеми збалансованих маніпуляторів* Література: *2-5, дод.6*
8.	*Гідроприводи маніпуляторів, що збалансовані. Пантограф маніпулятора, що збалансований.* Література: 2-5
9.	*Гідропідсилювачі у використанні гідроавтоматики машинобудування.* Література: 2-5
10.	*Принципи побудови електрогідравлічних підсилювачів* Література: 4-5,дод. 2-8

11.	*Витрата рідини через робоче вікно золотника. Статичні характеристики золотникових розподільників.* Література: 2-4, дод.2-8,
12.	*Статичні характеристики золотникових розподільників.* Література: 2-4, дод.2-8
13.	*Порівняльний аналіз перетинів золотникових розподільників.* Література: 2-4, дод.2-8
14.	*Рівняння сил, що діють на золотник розподільника.* Література: 2-4, дод.2-8
15.	*Розв'язок задач на рівняння сил, що діють на золотник розподільника.* Література: 2-4, дод.2-8
16.	*Статичні характеристики та ККД гідропідсилювача "сопло-заслінка".* Література: 2-4, дод.2-8
17.	*Статичні характеристики та ККД струминевого гідропідсилювача.* Література: 2-4, дод.2-8
18.	*Гідравлічне обладнання мобільних машин.* Література: дод.10-11

Самостійна робота студента

№ з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1.	*Підготовка до аудиторних занять*	30
2.	*Підготовка до МКР*	4
3.	*Підготовка до заліку*	14

Політика та контроль

6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:
- правила відвідування занять: відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних заняттях.
- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних заняттях, передбачені РСО дисципліни;
- використання засобів пошуку інформації на Google-сторінці викладача, в інтернеті;
- правила призначення заохочувальних та штрафних балів: заохочувальні та штрафні бали не входять до основної шкали РСО, а їх сума не перевищує 10% стартової шкали;
- політика щодо академічної доброчесності встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни;
- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соц. мережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

7. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

Поточний контроль: експрес-опитування, практичні заняття.
Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.
Семестровий контроль: залік.
Умови допуску до семестрового контролю: мінімальний семестровий рейтинг більше 40 балів.
Умовою допуску до заліку може також бути: проходження одного чи двох календарних контролів, виконання МКР, відпрацювання всіх лабораторних занять.
Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	*Оцінка*
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре

74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

Рейтинг студента розраховується виходячи із 100-бальної шкали, з них 70 балів складає стартова шкала. Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, які студент отримує за:
– відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях;
– відповіді під час лабораторних/практичних занять (27 занять);
– виконання модульної контрольної робот (МКР).
Відповіді на заліку оцінюються у 30 балів.
Робота на практичних/лабораторних заняттях (максимум 48 балів):
– творча робота за індивідуальним завданням – 2 бали;
– активна творча робота – 1 бал;
– плідна робота – 0,5 бал;
– пасивна робота – 0 балів.
Виконання МКР:
– творчо виконана робота – 15 балів;
– роботу виконано з незначними недоліками – 12 балів;
– роботу виконано з певними помилками – 6 балів:
– роботу не зараховано (не виконано або є грубі помилки) – 0 балів.
За несвоєчасне виконання модульної контрольної роботи – 1 штрафний бал за кожний тиждень запізнення (всього не більше 5 балів).
Студент отримує позитивну залікову оцінку без додаткових випробувань («автоматом») за результатами роботи в семестрі, якщо має підсумковий рейтинг за семестр не менше 60 балів та виконав умови допуску до семестрового контролю, які визначені РСО.
Якщо студент виконав умови РСО щодо допуску до семестрового контролю, але має підсумковий рейтинг менше 60 балів або хоче підвищити поточну оцінку, виконує залікову контрольну роботу.
На заліку студенти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить три запитання з різних тематичних розділів.
Критерії залікового оцінювання:
– вичерпні відповіді на всі питання білету, а також на додаткові питання, чітке визначення всіх понять, величин: 30 балів;
– в деяких відповідях мають місце певні неточності: 20-25 балів;
– допускаються окремі помилки, але їх можливо виправити за допомогою додаткових питань викладача, має місце знання основних понять і величин, розуміння суті процесів в системах та пристроях гідроавтоматики: 15-20 балів;
– припускаються суттєві помилки у відповідях або відсутня відповідь на одне з питань залікової роботи: 10-14 балів.

8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- ***Приклад питань залікової роботи***
  1. *Регулювання швидкості в слідкуючих гідроприводах.*
  2. *Гідроприводи маніпуляторів, що збалансовані. Пантограф маніпулятора, що збалансований.*

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус): Машинобудівна гідроавтоматика
Складено:
професором кафедри ПГМ, доктором технічних наук, професором Луговським Олександром Федоровичем

Ухвалено кафедрою _ПГМ_ (протокол №17 від 14.06.2022 р.)
Погоджено Методичною комісією інституту (протокол № 11 від 29.08.2022)

Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Кафедра Прикладної гідроаеромеханіки і механотроніки

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ І ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ ГІДРО І ПНЕВМОПРИВОДІВ (ММПСГП)

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни	
Рівень вищої освіти	***Перший (бакалаврський)***
Галузь знань	*13 Механічна інженерія*
Спеціальність	*131 Прикладна механіка*
Освітня програма	*Автоматизовані та роботизовані механічні системи*
Статус дисципліни	*Вибіркова*
Форма навчання	*очна(денна)/дистанційна/змішана*
Рік підготовки, семестр	*4 курс, викладається в одному семестрі (весняний)*
Обсяг дисципліни	*4 кредити ЄКТС*
Семестровий контроль/ контрольні заходи	*Залік, МКР, РГР*
Розклад занять	*http://rozklad.kpi.ua/Schedules/*
Мова викладання	*Українська*
Інформація про керівника курсу / викладачів	*Лектор: докт. наук, професор, Узунов Олександр Васильович, o.uzunov@kpi.ua, к.т.н., , доцент, Ночніченко Ігор Вікторович, igornoch@gmail.com, к.т.н., ст. викладач, Галецький Олександр Сергійович, haletskijos@gmail.com*
Розміщення курсу	*https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&show&irid=185132 https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&show&irid=187244*

Програма навчальної дисципліни

1. **Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчання та результати навчання**

Програма навчальної дисципліни ***«Математичне моделювання і проектування систем гідро і пневмоприводів» (далі ММПСГП)*** *складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалавра з галузі знань 13 «Механічна інженерія» за спеціальністю 131 «Прикладна механіка».*

Метою навчальної дисципліни *є формування у студентів здатностей: - розв'язувати практичні задачі забезпечення потрібних експлуатаційних характеристик пристроїв та систем гідро і пневмоприводів шляхом математичного моделювання робочих процесів, - виконувати модернізацію існуючих технічних систем та проектування нових систем відповідно до сучасних вимог.*

Предметом вивчення дисципліни є*: принцип та мова взаємодії розробника з комп'ютерним середовищем, принцип побудови алгоритмів моделювання компонентів та систем, методи представлення математичних моделей систем гідро і пневмоприводів, тестування моделей гідро і пневмоприводів та систем на їх основі, способи представлення характеристик систем та показники їх оцінювання. Аналітичні та чисельні методи, а також програмні інструментальні засоби визначення характеристик систем, алгоритми проектування систем та приклади вирішення задач.*

Програмні результати навчання:

Компетенції, що посилюються вибірковою дисципліною: *Здатність обирати раціональні підходи і технічні засоби до створення, тестування та експлуатації систем керування технічних об'єктів та систем, машин та механізмів із засобами механіки, гідропневмоавтоматики, електромеханіки, мехатроніки і робототехніки; здатність обирати раціональні підходи і технічні засоби до автоматизації технічних об'єктів та систем, машин та механізмів засобами механіки, гідропневмоавтоматики, електромеханіки, мехатроніки і робототехніки, створювати конкурентоспроможні технічні об'єкти, застосовувати критерії для оцінки їх функціональної, експлуатаційної, енергетичної та загальної ефективності.*

Знання: *основних принципів, мов та інструментальних програмних засобів взаємодії розробника з комп'ютером, методів побудови алгоритмів та моделей для моделювання компонентів та систем, методів налаштування та тестування моделей систем, способів представлення, визначення та оцінювання статичних та динамічних характеристик, методів проектування систем.*

Уміння*: застосовувати методи побудови математичних описів, алгоритмів та моделей для моделювання робочих процесів, використовувати інструментальні програмні засоби для представлення і тестування моделей систем гідро і пневмоприводів та їх компонентів, оцінювання характеристик та отримання їх запланованих якісних та кількісних показників.*

Досвід: *розроблення алгоритмів та комп'ютерних моделей робочих процесів в системах гідро і пневмоприводів за допомогою математичних та програмних інструментальних засобів, тестування моделей, визначення, представлення та оцінювання характеристик аналітичним та чисельним шляхом.*

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни

Необхідне попереднє успішне оволодіння знаннями та уміннями, набутими при вивченні дисциплін «Фізика», «Машинобудівна гідравліка» «Об'ємні гідро- і пневмомашини і гідропередачі», «Газодинаміка» «Об'ємний гідропривод», «Пневмопривод і пневмоавтоматика» «Основи математичного моделювання фізично різнорідних систем».

Результати вивчення дисципліни «Математичне моделювання і проектування фізично різнорідних систем» є корисними для подальшого вивчення дисциплін: «Проектування гідро- і пневмоприводів», «Комп'ютерна гідромеханіка пристроїв гідроприводу», «Випробування та діагностика систем приводів».

3. Зміст навчальної дисципліни

1.Основні складові та структура процесу вирішення інженерних задач моделювання. Засоби виконання обчислювальних операцій.

2. Засоби виконання обчислювальних операцій (продовження). Засоби організації багаторазового виконання операцій.

3. Засоби керування ходом обчислювального процесу. Засоби збереження поточної інформації.

4. Засоби отримання інформації від користувача. Засоби передачі інформації користувачеві.

5.Розробка та представлення алгоритмів та програм моделювання складних технічних систем.

6. Підхід до формування математичних описів динамічних процесів. Стандартна та безрозмірна форма запису диференційних рівнянь.

7.Операторна та операційна форма представлення диференційних рівнянь.

8. Представлення диференційних рівнянь на основі передаточних функцій.

9.Загальна концепція імітаційного моделювання другого покоління. Бібліотека типових елементів для побудови технічних систем.

10.Таблиця відповідності елементарних процесів типовим елементам, які їх реалізують. Технологія побудови математичних описів процесів.

11. Підходи до тестування систем гідро і пневмоприводів. Типові сигнали для визначення динамічних характеристик технічних систем.
12. Приклад тестування математичної моделі процесів в гідро і пневмоприводах.
13.Перехідна та вагова функція. Показники швидкодії та сталості гідро і пневмориводів.
14.Аналітичний метод оцінюванні робото спроможності та точності систем з різним ступенем астатизму у сталому режимі.
15.Інструментальні засоби моделювання процесів в системах гідро і пневмоприводу та особливості побудови моделей, описи яких містять диференційні рівняння.
16.Постановка задачі проектування системи гідро і пневмоприводів. Загальний алгоритм проектування систем гідро і пневмоприводів.
17.Розробка функціональної та принципової схеми гідро і пневмоприводів та систем.
18.Трансформація принципової схеми у математичний опис процесів та математичну модель. Тестування, налаштування моделі та визначення параметрів технічної системи для забезпечення потрібних експлуатаційних характеристик.

4. **Навчальні матеріали та ресурси**

Основні інформаційні ресурси

1. *Яхно О.М., Узунов О.В., Луговський О.Ф., Ковалев В.А., Мовчанюк А.В., Коц І.І., Губарев О.П. Прикладна гідроаеромеханіка і механотроніка. Вінниця: ВНТУ, 2020. – 712с. id: 1683*
2. *Введение в мехатронику/ О.М. Яхно, А.В. Узунов, А.Ф. Луговской, А.П. Губарев, В.А. Ковалев, Ю.А. Пыжиков// К.: НТУУ «КПИ», 2008, ISBN 966-8454-19-7. - 528 с.*
3. *Узунов О.В. Моделювання та проектування автоматизованих мультифізичних систем та їх елементів. Для виконання графічно-розрахункових, курсових та дипломних робіт, групових лабораторних робіт, самостійних робіт, пов'язаних з розробкою, моделюванням, проектуванням та дослідженням мехатронних та гідропневматичних систем [Електронний ресурс] :навч. посіб. для студ. Спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» та освітньої програми «автоматизовані і роботизовані механічні системи»/ О.В. Узунов; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 16,7 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 125 с.*
4. *System dynamic: a unified approach/ Dean C. Karnopp, Donald L. Margolis, Ronald C. Rosenberg. - A WILEY-INTERSCIENCE PUBLICATION John Wiley & Sons Inc. 1990.- 514p.*
5. *VDI2206: Design methodology of mechatronical systems. Beuth. Berlin, 2004.*

Додаткові інформаційні ресурси

1. *Губарев, А.П. Имитационное моделирование и численное интегрирование: два подхода к одной задаче/ А.П. Губарев, А.В. Узунов. - В кн.: Вестник Национального технического университета Украины («КПИ») Серия машиностроение.- Киев.: НТУУ, вып. 33, 1998. - С.275-291.*
2. *Ertas, Atila. The engineering design process/Atila Ertas, Jesse C. Jones //John Wiley& Sons, Inc. 1993. -515p.*
3. *Бурєнніков Ю.А.Гідравліка, гідро- та пневмоприводи: навчальний посібник /Ю.А.Бурєнніков, І.А.Немировський, Л.Г.Козлов. Вінниця: ВНТУ, 2013. – 273 с.*
4. *Залманзон Л.А. Теория аэрогидродинамических систем автоматического управления.- М.: 1977.- 416с.*
5. *Литвинов А.П. Моржаков С.П. Фабрикант Е.А. Основы автоматики, М.:Машиностроение. 1967. - 272с.*
6. *Киндлер Е.Я. Языки моделирования.-М.:Энергоатомиздат, 1985.*
7. *Моделювання та проектування автоматизованих мультифізичних систем та їх елементів для виконання графічно-розрахункових, курсових та дипломних робіт, групових*

лабораторних робіт, самостійних робіт, пов'язаних з розробкою, моделюванням, проектуванням та дослідженням мехатронних та гідропневматичних систем [Електронний ресурс] :навч. посіб. для студ. Спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» та освітньої програми «автоматизовані і роботизовані механічні системи»/ О.В. Узунов; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 16,7 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 125 с.

8. *Узунов, О.В. Математична модель робочого процесу у гідравлічному автомобільному амортизаторі/ О.В. Узунов, І.В. Ночніченко// Гідравліка і гідротехніка.: Науково-технічний збірник. - Вип. 65.- К.: НТУ, 2011. - С. 71-83.*
9. *Узунов, А. Развивающаяся модель и алгоритм проектирования мехатронных объектов/ А. Узунов// Промислова гідравліка і пневматика. Всеукраїнський науково-технічний вісник, 2011. - №2(32). - С.87-90.*
10. *Узунов, А. Циклично-модульный подход в задаче моделирования объектов с гидравлическими компонентами/ А. Узунов// Промислова гідравліка і пневматика. Всеукраїнський науково-технічний вісник, 2009. - №1(23). - С.61-66.*
11. *Узунов, А. Циклично-модульный подход в моделировании многорежимных гидросистем/ А. Узунов//Промислова гідравліка і пневматика. Всеукраїнський науково-технічний вісник,2009. - №3(25). - С.71-76.*
12. *Узунов А.В. Эффективность проектирования и модульный подход/ А.В. Узунов// Вісник Східноукраїнського національного університету імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ, №3(109) Част. 2, Луганськ, 2007. - С.177-182.*
13. *Узунов, А. В. Особенности функционально-блочного проектирования клапана давления/ А. В. Узунов// Промислова гідравліка і пневматика. Всеукраїнський науково-технічний вісник,2007. - №1(15). - С.7-13.*
14. *Узунов, А.В. Иерархическое представление развития модели на примере гидромеханического преобразователя/ А.В. Узунов// Вестник НТУУ «КПИ», Машиностроение, 2010. - №58. - С.134-146.*
15. *Uzunov, O. The Cyclic-modular Approach in Simulating of Multi - Regime Mechatronic Systems with Hydraulic Components/ O. Uzunov// Solid State Phenomena, Mechatronic Systems and Materials III Trans Tech Publication, Volume 164. – 2010. - P.165-170.*
16. *Колосов, С.П. Элементы автоматики/ С.П. Колосов, И.В. Калмыков, В.И. Нефедова. - М. : Машиностроение, 1970. - 632с.*
17. *Р.Шеннон. Имитационное моделирование систем- искусство и наука. – М.:Мир, 1978.- 418с.*
18. *Томашевський В.М. Моделювання систем. - К.: Видавнича група BHV,2005.-352с.*
19. *. Simulink 4. Секреты мастерства / Дж.Б. Дэбни, Т. Л. Харман, пер с англ. – М: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003. – 403с.*
20. *Ю. Лазарев Матлаб 5.х. К.: Издательская группа BHV, 2000. — 384 с. (Серия Библиотека студента)*

рекомендації та роз'яснення:

- *Всі базові літературні джерела є в бібліотеці КПІ та в методичному кабінеті кафедри;*
- *Жодне джерело, як і всі перелічені літературні джерела разом, не є достатнім для опанування дисципліни без виконання комплекту лабораторних робіт та самостійного розв'язання типових задач моделювання систем гідро і пневмоприводів.*

Навчальний контент

5. **Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)**

ЛЕКЦІЙНІ ЗАНЯТТЯ

	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	*Основні складові та структура процесу вирішення інженерних задач моделювання. Засоби виконання обчислювальних операцій Література: 1,доп. 20*
2	*Засоби виконання обчислювальних операцій (продовження). Засоби організації багаторазового виконання операцій. Література: 1,2, доп. 18-20.*
3	*Засоби керування ходом обчислювального процесу. Засоби збереження поточної інформації. Література: 1,2, доп. 18-20.*
4	*Засоби отримання інформації від користувача. Засоби передачі інформації користувачеві.. Література: 1,2, доп. 18-20..*
5	*Розробка та представлення алгоритмів та програм моделювання складних технічних систем. Література: 1,2, доп. 17-20.*
6	*Підхід до формування математичних описів динамічних процесів. Стандартна та, безрозмірна форма запису диференційних рівнянь. Література: доп.16.*
7	*Операторна та операційна форма представлення диференційних рівнянь Література: доп. 16.*
8	*Представлення диференційних рівнянь на основі передаточних функцій. Література: доп. 16.*
9	*Загальна концепція імітаційного моделювання другого покоління. Бібліотека типових елементів для побудови технічних систем. Література: доп.1, 12.*
10	*Таблиця відповідності елементарних процесів типовим елементам, які їх реалізують. Технологія побудови математичних описів процесів. Література: 1,доп.1, 12.*
11	*Підходи до тестування систем гідро і пневмоприводів. Типові сигнали для визначення динамічних характеристик технічних систем. Література: доп.5, с.24-25,*
12	*Приклад тестування математичної моделі процесів в гідро і пневмоприводах. Література:1, доп.13.*
13	*Перехідна та вагова функція. Показники швидкодії та сталості гідро і пневмориводів. Література: доп.5.*
14	*.Аналітичний метод оцінюванні роботоспроможності та точності систем з різним ступенем астатизму у сталому режимі. Література: 1,доп.5.*
15	*Інструментальні засоби моделювання процесів в системах гідро і пневмоприводу та особливості побудови моделей, описи яких містять диференційні рівняння. Література: 1,2, доп.13..*

16	*Постановка задачі проектування системи гідро і пневмоприводів. Загальний алгоритм проектування систем гідро і пневмоприводів.* *Література: вступ.1, 2, доп.9..*
17	*Розробка функціональної та принципової схеми гідро і пневмоприводів та систем.* *Література: 1, 2, доп.13*
18	*Трансформація принципової схеми у математичний опис процесів та математичну модель. Тестування, налаштування моделі та визначення параметрів технічної системи для забезпечення потрібних експлуатаційних характеристик.* *Література: 1,2, доп.13.*

Самостійна робота студента

№ з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1.	*Підготовка до аудиторних занять*	28
2.	*Виконання РГР*	10
3.	*Підготовка до заліку*	10

Політика та контроль

6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- правила відвідування занять: відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних заняттях.

- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних заняттях, передбачені РСО дисципліни;

- використання засобів пошуку інформації на Google-сторінці викладача, в інтернеті;

- правила призначення заохочувальних та штрафних балів: заохочувальні та штрафні бали не входять до основної шкали РСО, а їх сума не перевищує 10% стартової шкали;

- політика щодо академічної доброчесності встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни;

- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соц. мережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

7. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

Поточний контроль: експрес-опитування, практичні заняття.

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: залік.

Умови допуску до семестрового контролю: мінімальний семестровий рейтинг більше 40 балів.

Умовою допуску до заліку може також бути: проходження одного чи двох календарних контролів, виконання МКР, відпрацювання всіх лабораторних занять.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	*Оцінка*
100-95	Відмінно

94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

Рейтинг студента розраховується виходячи із 100-бальної шкали, з них 70 балів складає стартова шкала. Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, які студент отримує за:
– відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях;
– відповіді під час лабораторних/практичних занять (16 занять);
- виконання модульної контрольної роботи (МКР)
– виконання розрахунково-графічної роботи (РГР).
Відповіді на заліку оцінюються у 30 балів.
Робота на практичних/лабораторних заняттях (максимум 30 балів):
– активна творча робота – 1 бал;
– плідна робота – 0,5 бал;
– пасивна робота – 0 балів.
Виконання МКР:
– творчо виконана робота – 15 балів;
– роботу виконано з незначними недоліками – 12 балів;
– роботу виконано з певними помилками – 6 балів:
– роботу не зараховано (не виконано або є грубі помилки) – 0 балів.
Виконання РГР:
– якісно виконана робота – 25 балів;
– роботу виконано з незначними недоліками – 20 балів;
– роботу виконано з певними помилками – 15 балів:
– роботу не зараховано (не виконано або є грубі помилки) – 0 балів.
Штрафні та заохочувальні бали:
За правильні відповіді під час експрес-опитувань – 0,5 бала.
Студент отримує позитивну залікову оцінку без додаткових випробувань («автоматом») за результатами роботи в семестрі, якщо має підсумковий рейтинг за семестр не менше 60 балів та виконав умови допуску до семестрового контролю, які визначені РСО.
Якщо студент виконав умови РСО щодо допуску до семестрового контролю, але має підсумковий рейтинг менше 60 балів або хоче підвищити поточну оцінку, виконує залікову контрольну роботу.
На заліку студенти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить три запитання з різних тематичних розділів.
Критерії залікового оцінювання:
– вичерпні відповіді на всі питання білету, а також на додаткові питання, чітке визначення всіх понять, величин: 30 балів;
– в деяких відповідях мають місце певні неточності: 20-25 балів;
– допускаються окремі помилки, але їх можливо виправити за допомогою додаткових питань викладача, має місце знання основних понять і величин, розуміння суті і знання опису процесів в обєкті моделювання: 15-20 балів;
– припускаються суттєві помилки у відповідях або відсутня відповідь на одне з питань залікової роботи: 10-14 балів.

8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Приклад питань залікової роботи

Питання 1*. Засоби побудови алгоритмів програм моделювання систем гідро і пневмоприводів.*
Питання 2. *Формування математичного опису процесу в гідравлічному приводі односторонньої дії для визначення динамічних характеристик.*

В кожному білеті 3 задачі. Типи задач наведені нижче.

Задача 1. *Перетворення структурної схеми системи гідро і пневмоприводів до форми, яка забезпечує визначення точності системи в усталеному режимі.*

Задача 2. *Побудова моделі гідроприводу або пневмоприводу (системи) в комп'ютерному середовищі засобами програми Сімулінк або визначення передаточної функції компоненту за заданим математичним описом.*

Задача 3. *Оцінювання точності в усталеному режимі гідросистеми (пневмосистеми) з заданим ступенем астатизму та заданому закону зміни вхідного сигналу.*

- **Рекомендована тематика РГР**

Задача 1. Математичне моделювання процесів в пневматичній камері змінного об'єму.
Задача 2. Математичне моделювання процесів в пневматичному приводі односторонньої дії.
Задача 3. Математичне моделювання процесів поршневому компресорі.
Задача 4. Математичне моделювання процесів в механічному приводі обертової дії.
Задача 5. Математичне моделювання процесів гідравлічному приводі односторонньої дії.
Задача 6. Математичне моделювання процесів в поворотному гідроприводі.
Задача 7. Математичне моделювання процесів в пневматичному циліндрі двосторонньої дії.
Задача 8. Математичне моделювання процесів в гідравлічному приводі змінної швидкості.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус): Математичне моделювання і проектування систем гідро і пневмоприводів

Складено:

професором кафедри ПГМ, доктором технічних наук, професором Узуновим Олександром Васильовичем

Ухвалено кафедрою_ПГМ_(протокол №17 від 14.06.2022 р.)

Погоджено Методичною комісією інституту (протокол № 11 від 29.08.2022)

Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Кафедра Прикладної гідроаеромеханіки і механотроніки

ЛОПАТКОВІ ГІДРО- І ПНЕВМОМАШИНИ І ГІДРОПЕРЕДАЧІ (ЛГПГ)

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни	
Рівень вищої освіти	***Перший (бакалаврський)***
Галузь знань	*13 Механічна інженерія*
Спеціальність	*131 Прикладна механіка*
Освітня програма	*Автоматизовані та роботизовані механічні системи*
Статус дисципліни	*Вибіркова*
Форма навчання	*очна(денна) /дистанційна/змішана*
Рік підготовки, семестр	*3 курс, викладається в одному семестрі (осінній/весняний)*
Обсяг дисципліни	*4 кредити ЄКТС*
Семестровий контроль/ контрольні заходи	*Залік, РГР*
Розклад занять	*http://rozklad.kpi.ua/Schedules/*
Мова викладання	*Українська*
Інформація про керівника курсу / викладачів	*Лектор: ст. викл. Костюк Д.В. kostiukdv@ukr.net*
Розміщення курсу	

Програма навчальної дисципліни

1.Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчання та результати навчання

Програма навчальної дисципліни ***«Лопаткові гідро- і пневмомашини і гідропередачі» (далі)*** *складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалавра з галузі знань 13 «Механічна інженерія» за спеціальністю 131 «Прикладна механіка».*

Метою навчальної дисципліни *є підготовка спеціалістів в галузі теорії, розрахунку, конструювання, виробництва та експлуатації гідродинамічних машин та систем гідродинамічного принципу дії.*

Предметом навчальної дисципліни *є: поглиблене вивчення типових представників класу гідродинамічних машин та систем, що використовуються в практичній діяльності людини, лопаткових динамічних насосів і насосних установок, їх техніко-економічного аналізу і розробки; гідротурбін та їх роботи в складі, як гідроенергетичних установок, так і в ролі природних двигунів іншого призначення; гідродинамічних передач та їх роботи в складі приводів машин і технологічного обладнання.*

Програмні результати навчання :

<u>Компетенції, що посилюються вибірковою дисципліною:</u> *Здатність обирати раціональні підходи і технічні засоби до створення, тестування та експлуатації систем керування технічних об'єктів та систем, машин та механізмів із засобами механіки, гідропневмоавтоматики, електромеханіки, мехатроніки і робототехніки; здатність обирати раціональні підходи і технічні засоби до автоматизації технічних об'єктів та систем, машин та механізмів засобами механіки, гідропневмоавтоматики, електромеханіки, мехатроніки і робототехніки, створювати конкурентоспроможні технічні об'єкти, застосовувати критерії для оцінки їх функціональної, експлуатаційної, енергетичної та загальної ефективності.*

Знання: *знати основні принципи роботи лопаткових гідро- і пневмомашини і гідропередач, методики розробки і конструктивні рішення гідравлічних та пневматичних машин, гідро- та пневмоприводів.*

Уміння*: здійснювати проектування систем гідро- та пневмоприводів, гідравлічних і пневматичних машин за заданими експлуатаційними характеристиками, режимами та показниками. Знаходити типові розв'язки практичних задач розрахунку систем та конструювання пристроїв, що стоять перед інженером-розробником гідроприводів*

Досвід: *проектувати та розраховувати конструкції гідравлічних машин. Розробляти конструкторську документацію для гідравлічного обладнання. Підбирати обладнання для гідравлічної системи в залежності від технічних вимог.*

Проводити складання, налагодження та діагностику гідравлічних систем приводів та вводити їх в експлуатацію

2.Пререквізити та постреквізити дисципліни

Необхідне попереднє успішне оволодіння знаннями та уміннями, набутими при вивченні дисциплін «Машинобудівна гідравліка», «Газодинаміка», «Механіка матеріалів і конструкцій».

*Результати вивчення дисципліни «**Лопаткові гідро- і пневмомашини і гідропередачі**» є корисними для засвоєння дисциплін: «Машинобудівна гідроавтоматика», «Проектування агрегатів автоматизованих механічних систем», «Проектування гідро- і пневмоприводів», «Компютерна гідромеханіка пристроїв гідроприводу», а також при виконання дипломного проектування.*

3.Зміст навчальної дисципліни

1. Визначення, конструктивні схеми та принцип дії гідродинамічних машин і передач. Галузі та особливості використання.
2. Основні параметри гідродинамічних машин і передач. Геометричні та енергетичні параметри і поняття лопаткових гідромашин і гідродинамічних передач
3. Основне рівняння лопаткових гідродинамічних машин і передач. Просторове поле швидкостей, його особливості. Абсолютний, переносний та відносний рух рідини в лопатковому насосі.
4. Основне рівняння Ейлера для гідромашин: відцентрових і осьових. Статична і динамічна складові теоретичного напору.
5. Особливості передачі енергії в робочому колесі.
6. Роль коріолісових і циркуляційних сил, які виникають при обтіканні лопаті у відносному русі, в передачі енергії рідини. Теоретичні та робочі характеристики. Теорії руху рідини у лопатковому колесі. Кавітаційні процеси в гідродинамічних машинах, вихроутворення.
7. Плани швидкостей. Фізичні основи роботи лопаткового відцентрового колеса з нескінченною і скінченною кількістю лопатей. Трикутники швидкостей потоку рідини у відцентровому насосі. Швидкості рідини при вході до лопаткового колеса. Швидкості рідини при виході із лопаткового колеса.
8. Вплив геометричних параметрів робочого колеса на його характеристики. Типи лопатей робочого колеса і трикутники швидкостей на виході із колеса. Коефіцієнт реакції колеса. Коефіцієнт напору. Вплив кута установки лопаті на виході на характеристики колеса. Вплив геометричних розмірів лопаткового колеса на його характеристики.
9. Урахування дії скінченної кількості лопатей на напір колеса. Особливості руху рідини у лопатковому насосі із скінченною кількістю лопатей. Рекомендації по використанню наближених залежностей для урахування впливу скінченної кількості лопатей. Проектні розрахунки лопаткових насосів. Досвід проектування. Нові конструктивні рішення.
10. Види втрат енергії в лопаткових гідродинамічних машинах і передачах. Механічні втрати. Втрати дискового тертя. Об'ємні втрати в лопатковому насосі гідромуфти і гідротрансформаторі. Гідравлічні втрати енергії в лопатевій гідромашині і передачі.
11. Баланс енергії і ККД гідродинамічної машини. Баланс енергії у лопатковій гідромашині (насосі). Визначення механічного, об'ємного і гідравлічного коефіцієнтів корисної дії (ККД). Визначення повного ККД насосу. Шляхи підвищення ККД. Прогресивні конструкції лопаткових гідромашин.

12. Баланс енергії і ККД гідродинамічної машини. Баланс енергії у лопатковій гідромашині (насосі). Визначення механічного, об'ємного і гідравлічного коефіцієнтів корисної дії (ККД). Визначення повного ККД насосу. Шляхи *підвищення ККД. Прогресивні конструкції лопаткових гідромашин.*

4.Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси

1. Кабанов В. И. Гидропневмоавтоматика и гидропривод мобильных машин. Лопастные машины и гидродинамические передачи: Учеб. пособие для вузов; Под ред. В. В. Гуськова -Мн.: Выш. шк. 1989. 183с.

2. Стесин С.П., Яковенко Є. А. Лопастные машины и гидродинамические передачи: Учебник для студентов вузов по специальности "Гидравлические машины, гидропривод и гидропневмоавтоматика" - М.: Машиностроение, 1990. - 240с.

3. Види втрат у гідродинамічних машинах і передачах. Текст лекції з дисципліни "Гідродинамічні машини і передачі" для студентів спеціальності 7.05050205 "Гідравлічні і пневматичні машини" денної форми навчання /Укл.Д.Д.Рябінін,- К.:НТУУ "КПГ,1999. - 20с.

4. Вплив геометричних параметрів лопатевого колеса на його характеристики: Текст лекції з дисципліни "Гідродинамічні машини і передачі" для студ. спец."Гідравлічні і пневматичні машини" денної форми навчання [Текст] /Укл. Д.Д.Рябінін,- К.:НТУУ "КШ", 2008. - 20с.

5. Коефіцієнт швидкохідності: Текст лекції з дисципліни "Гідродинамічні машини і передачі" для студентів спеціальності "Гідравлічні і пневматичні машини" денної форми навчання [Текст] /Укл. Д.Д.Рябінін,- К.:НТУУ "КШ", 2008. - 20с.

6. Методичні вказівки до практичних занять і виконання розрахунково-графічних і курсових робіт та курсових і дипломних проектів з дисципліни "Гідродинамічні машини і передачі" для студентів спеціальності 7.090209 "Гідравлічні і пневматичні машини" денної форми навчання. Розрахунок робочого колеса відцентрового консольного насоса з циліндричними лопатями /Укл. Д.Д.Рябінін, О.О. Антіпін - К.:НТУУ "КПІ", 1999. - 12с.

Додаткові інформаційні ресурси

1. Атлас конструкций гидромашин и гидропередач: Учеб. пособие для студентов машиностроительных специальностей вузов/Б. М. Бим-Бад, М Г. Кабаков, В. Н. Прокофьев и др. - М.: Машиностроение,. 1981. -136с.

2. Боровский Б. И. Энергетические параметры и характеристики высокооборотных лопастных насосов.- М.: Машиностроение, 1989,- 183с.

3. Евтушенко А.О. Гідродинамічні машини і передачі: Навчальний посібник. Суми: Вид-во СумДУ, 2005. - 255с.

4. Ломакин А. А. Центробежные и осевые насосы. - М.: -Машиностроение, 1966. - 364с.

5. Лопастные насосы: Справочник / В.А. Зимницкий, А.В. Каплун, А.Н. Папир, В.А. Умов; Под общ. ред. В.А. Зимницкого и В.А. Умова - Л.: Машиностроение, Ленингр. Отд-ние, 1986.-334с.

6. Малюшенко В.В. Динамические насосы: Атлас. - М.: Машиностроение, 1984.- 84с.

7. Малюшенко В. В., Михайлов А. К Энергетические насосы: Справочное пособие. - М.": Знергоиздат, 1981.-200с.

8. Михайлов А.К.Малюшенко В. В. Лопастные насосы. Теория, расчет и конструирование -М. Машиностроение, 1977,-288с.

9. Марцинковский В. А.. Гидродинамика и прочность центробежных насосов - М , Машиностроение, 1970.-271с.

10. Марцинковский В.А., Ворона П.Н. Насосы атомных электростанций - М.: Энергоатомиздат, 1987. -256с.

11. Михайлов А. К., Малюшенко В. В.- Конструкции и расчет центробежных насосов, високого давлення,- М.: Машиностроение, 1971. — 304с.

12. Насоси и насосние станции / В. Ф. Чебаевский, К П. Вишневский, Н.Н. Накладок, В.В Кондратьев; Под ред. В. Ф. Чебаевского. -М.: Агропромиздат, 1989.

13. Овсянников Б.В. Боровский Б.И. Теория и расчет агрегатов питания жидкостных ракетных двигателей - М.: Машиностроение, 1971. -376с.

14. Передачі гідродинамічні. Терміни та визначення. ДСТУ 2404-94.-Київ. Держстандарт

України, 1994 - 83с.

рекомендації та роз'яснення:

- *Всі базові літературні джерела є в бібліотеці КПІ та в методичному кабінеті кафедри;*
- *Жодне джерело, як і всі перелічені літературні джерела разом, не є достатнім для опанування дисципліни без виконання комплекту основних та кваліфікаційних лабораторних робіт та самостійного розв'язання типових задач проектування систем керування гідро- і пневмоприводами.*

Навчальний контент

5.Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

ЛЕКЦІЙНІ ЗАНЯТТЯ

	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1.	*Вступ. Предмет курсу. Визначення, конструктивні схеми та принцип дії гідродинамічних машин і передач. Галузі та особливості використання. Конструктивні схеми і принцип дії відцентрового і осьового насосів, гідромуфти і гідротрансформатора, світові тенденції розвитку гідродинамічних машин.* • Література: [1] Вступ:§1; розділ 1§§1. 1, 1.2; розділ 6: §§ 6.1, 6.2; [2] Вступ: §1; розділ 1:§1Л; [16] Розділ І §1.2; [20] Розділ 2: §2.2.
2.	*Основні параметри гідродинамічних машин і передач. Геометричні та енергетичні параметри і поняття лопаткових гідромашин і гідродинамічних передач. Основні параметри насосів і турбін. Внутрішні і зовнішні параметри гідродинамічних передач. Конструктивні особливості лопаткових гідромашин.* • Література: [1] Розділ 2: §§ 2.1, 2.3, 2.5; Розділ 8: §8.1; Розділ 11: §11.1; [2] Розділ 1: §1.2;[16] Розділ 1: §1.2; [28] Розділ 1: §1.1.
3.	*Основне рівняння лопаткових гідродинамічних машин і передач. Просторове поле швидкостей, його особливості. Математичне моделювання поля швидкостей. Абсолютний, переносний та відносний рух рідини в лопатковому насосі. Напір, теоретичний напір гідромашин з теоретичний напір за нескінченною кількістю лопатей. Визначення та зв'язок між ними. Основне рівняння роботи гідромашини - рівняння Ейлера.* • Література: [1] Розділ 2: §§2.3,2.4; [2] Розділ 1: §1.5, 1.6;
4.	*Аналіз основного рівняння гідродинамічних машин і передач.* *Основне рівняння Ейлера для гідромашин: відцентрових і осьових. Статична і динамічна складові теоретичного напору.* • Література: [2] Розділ 1: §1.6;
5.	*Особливості передачі енергії в робочому колесі.* *Роль коріолісових і циркуляційних сил, які виникають при обтіканні лопаті у відносному русі, в передачі енергії рідини. Теоретичні та робочі характеристики. Теорії руху рідини у лопатковому колесі. Кавітаційні процеси в гідродинамічних машинах, вихроутворення.* • Література: [1] Розділ 2: §2.11; [2] Розділ 1: §1.8; Розділ 2: §2.1;
6.	*Плани швидкостей. Фізичні основи роботи лопаткового відцентрового колеса з нескінченною і скінченною кількістю лопатей. Трикутники швидкостей потоку рідини у відцентровому насосі. Швидкості рідини при вході до лопаткового колеса. Швидкості рідини при виході із лопаткового колеса. Математичне моделювання поля швидкостей на вході і виході.* • Література: [1] Розділ 1: §2.2; [2] Розділ 1: §1.3; [12] Розділ 2: §22.
7.	*Вплив геометричних параметрів робочого колеса на його характеристики. Типи лопатей робочого колеса і трикутники швидкостей на виході із колеса. Коефіцієнт реакції колеса. Коефіцієнт напору. Вплив кута установки лопаті на виході на характеристики колеса. Вплив геометричних розмірів лопаткового колеса на його характеристики.* • Література: [1] Розділ 1: §2.11; [6] Розділ 1: §§1,2,3,4.

8.	*Урахування дії скінченної кількості лопатей на напір колеса. Особливості руху рідини у лопатковому насосі із скінченною кількістю лопатей. Рекомендації по використанню наближених залежностей для урахування впливу скінченної кількості лопатей. Проектні розрахунки лопаткових насосів. Досвід проектування. Нові конструктивні рішення.* • Література: [2] Розділ 1: §1.4; [36] Розділ 1: §§1,2,3,4,5,6,7;
9.	*Види втрат енергії в лопаткових гідродинамічних машинах і передачах. Механічні втрати. Втрати дискового тертя. Об'ємні втрати в лопатковому насосі гідромуфти і гідротрансформаторі. Гідравлічні втрати енергії в лопатевій гідромашині і передачі. Математичне моделювання і мінімізація втрат енергії.* • Література: [1] Розділ 2: §2.9; [2] Розділ | §1.5; [4] Розділ 1 §1,2,3; [12] Розділ 1: §§4,5,6; [19] Розділ 1: §1,2; [34] Розділ 1: §§1,2,3;
10	*Баланс енергії і ККД гідродинамічної машини. Баланс енергії у лопатковій гідромашині (насосі). Визначення механічного, об'ємного і гідравлічного коефіцієнтів корисної дії (ККД). Визначення повного ККД насосу. Шляхи підвищення ККД. Прогресивні конструкції лопаткових гідромашин.* • Література: [1] Розділ 2: §2.9;
11	*Регулювання гідромуфт. Основні параметри регулювання. Регулювання зміною наповнення робочої порожнини. Регулювання зміною форми робочої порожнини. Регулювання зміною властивостей робочої рідини. Обмежувальні гідромуфти.* • Література: [1] стор.72-87, [2] стор.52-62.

Самостійна робота студента

№ з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1.	*Підготовка до аудиторних занять*	30
2.	*Виконання РГР*	10
3.	*Підготовка до заліку*	8

Політика та контроль

6.Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- правила відвідування занять: відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних заняттях.

- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних заняттях, передбачені РСО дисципліни;

- використання засобів пошуку інформації на Google-сторінці викладача, в інтернеті;

- правила призначення заохочувальних та штрафних балів: заохочувальні та штрафні бали не входять до основної шкали РСО, а їх сума не перевищує 10% стартової шкали;

- політика щодо академічної доброчесності встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни;

- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соц. мережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

7.Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

Поточний контроль: експрес-опитування, практичні заняття.

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: залік.

Умови допуску до семестрового контролю: мінімальний семестровий рейтинг більше 40 балів.

Умовою допуску до заліку може також бути: проходження одного чи двох календарних контролів, виконання МКР, відпрацювання всіх практичних занять.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	*Оцінка*
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

Рейтинг студента розраховується виходячи із 100-бальної шкали, з них 70 балів складає стартова шкала. Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, які студент отримує за:
– відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях;
– відповіді під час лабораторних/практичних занять (16 занять);
– виконання модульної контрольної роботи (МКР);
– виконання розрахунково-графічної роботи (РГР).
Відповіді на заліку оцінюються у 30 балів.
Робота на практичних/лабораторних заняттях (максимум 48 балів):
– активна творча робота – 2 бали;
– плідна робота – 1 бал;
– пасивна робота – 0 балів.
Виконання МКР:
– творчо виконана робота – 15 балів;
– роботу виконано з незначними недоліками – 12 балів;
– роботу виконано з певними помилками – 6 балів:
– роботу не зараховано (не виконано або є грубі помилки) – 0 балів.
Виконання РГР:
– якісно виконана робота – 22 бали;
– роботу виконано з незначними недоліками – 20 балів;
– роботу виконано з певними помилками – 15 балів:
– роботу не зараховано (не виконано або є грубі помилки) – 0 балів.
Штрафні та заохочувальні бали:
За правильні відповіді під час експрес-опитувань – 0,5 бала.
За несвоєчасне виконання модульної контрольної роботи – 1 штрафний бал за кожний тиждень запізнення (всього не більше 5 балів).
Студент отримує позитивну залікову оцінку без додаткових випробувань («автоматом») за результатами роботи в семестрі, якщо має підсумковий рейтинг за семестр не менше 60 балів та виконав умови допуску до семестрового контролю, які визначені РСО.
Якщо студент виконав умови РСО щодо допуску до семестрового контролю, але має підсумковий рейтинг менше 60 балів або хоче підвищити поточну оцінку, виконує залікову контрольну роботу.
На заліку студенти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить три запитання з різних тематичних розділів.
Критерії залікового оцінювання:
– вичерпні відповіді на всі питання білету, а також на додаткові питання, чітке визначення всіх понять, величин: 30 балів;
– допускаються окремі помилки, але їх можливо виправити за допомогою додаткових питань викладача, має місце знання основних понять і величин, розуміння суті процесів в лопаткових машинах та гідродинамічних передачах: 15-20 балів;
– припускаються суттєві помилки у відповідях або відсутня відповідь на одне з питань залікової роботи: 10-14 балів.

8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- ***Приклад питань залікової роботи***

1. *Рівняння Ейлера для динамічного насосу.*

2. *Гідромуфта. Конструкція та призначення. Основні характеристики.*
3. *Побудувати трикутник швидкостей на виході з робочого колеса відцентрового насоса з коеф. швидкохідності 140, потужністю 5 кВт який забезпечує подачу, 10 м3/год. Зовнішній діаметр робочого колеса 200 мм, ширина – 25 мм.*

- ***Рекомендована тематика РГР***

1. *Задача 1. Розрахунок і проектування робочого колеса відцентрового консольного насоса.*
2. *Задача 2. Розробка твердотільної комп'ютерної моделі робочого колеса.*
3. *Задача 3. Розрахунок сил, які діють на ротор відцентрового насоса*
4. *Задача 4. Розрахунок і проектування проточної частини відцентрових насосів*
5. *Задача 5. Розрахунок і проектування проточної частини осьових насосів*

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус): Лопаткові гідро- і пневмомашини і гідропередачі
Складено:
Ст. викл. кафедри ПГМ, Костюком Дмитром Вікторовичем

Ухвалено кафедрою _ПГМ_ (протокол №17 від 14.06.2022 р.)

Погоджено Методичною комісією інституту (протокол № 11 від 29.08.2022)

Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Кафедра Прикладної гідроаеромеханіки і механотроніки

ПРОЕКТУВАННЯ ГІДРО-ТА ПНЕВМОПРИВОДІВ (ПГП)

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	***Перший (бакалаврський)***
Галузь знань	*13 Механічна інженерія*
Спеціальність	*131 Прикладна механіка*
Освітня програма	*Автоматизовані та роботизовані механічні системи*
Статус дисципліни	*Вибіркова*
Форма навчання	*очна(денна) /дистанційна/змішана*
Рік підготовки, семестр	*4 курс, викладається в одному семестрі (весняний)*
Обсяг дисципліни	*4 кредити ЄКТС*
Семестровий контроль/ контрольні заходи	*Залік, РГР*
Розклад занять	*http://rozklad.kpi.ua/Schedules/*
Мова викладання	*Українська*
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор:кандидат. *наук, доцент Носко Сергій Вікторович, noskosv @ukr net*
Розміщення курсу	https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&show&irid=185132 https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&show&irid=187244

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчання та результати навчання

. Розробка технологічних процесів є сучасним етапом автоматизації. а системи гідро-та пневмоавтоматики це найвідповідальніша ланка автоматизованого об’єкту, будь якого виробництво. Практична робота з будь-яким пневматичним обладнанням (розробка або модернізація систем, технічне обслуговування, налаштування параметрів, виявлення та усунення неполадок тощо) потребує базових знань як з конструктивних особливостей окремих пневматичних пристроїв, так і вміння розробляти системи пневмоавтоматики.

Метою навчальної дисципліни є*: формування у студентів здатностей: - використовувати о*сновні принципи будови та розрахунку гідропневматичних приводів; застосовувати методи проектування і модернізації ефективних за експлуатаційними показниками систем керування гідро-та пневмоприводами,типові розв’язки практичних задач розрахунку систем та проектування, що стоять перед інженером-розробником гідро-та пневмоприводів

Предметом навчальної дисципліни *є: р*озробка та побудова гідропневматичних систем управління технологічним обладнанням, розрахунок основних параметрів, вибір апаратури апаратів, та методики проектування гідро-та пневмоприводів; розробка технічної документації.

Програмні результати навчання:

Компетенції, що посилюються вибірковою дисципліною :

Здатність аналізу матеріалів, конструкцій та процесів на основі законів, теорій та методів математики, природничих наук і прикладної механіки. Здатність робити оцінки параметрів працездатності матеріалів, конструкцій і машин в експлуатаційних умовах та знаходити відповідні рішення для забезпечення заданого рівня надійності конструкцій і процесів, в тому числі і за наявності деякої невизначеності

Знання*: знати основні принципи будови та розрахунку гідро-та пневматичних приводів; методи проектування і модерннізації ефективних за експлуатаційними показниками систем керування гідропневмоприводами; типові роз язки практичних задач розрахунку та проектування систем, що стоять перед інженером-розробникомметоди пошуку несправностей та тестування систем керування.*

Уміння*: застосовувати методики розрахунку та проектування гідро-та пневмоприводів відповідно до вимог і особливостей машинобудівної галузі; використовувати спеціальні методи при створенні гідравлічних та пневматичних приводів в задачах автоматизації об'єктів машинобудування. Використовувати знання теоретичних основ механіки рідин і газів, теплотехніки та електротехніки для вирішення професійних завдань.*

Досвід: *вибирати та застосовувати раціональні методи та технічні засоби для вирішення конкретних задач автоматизації в машинобудуванні; проводити оцінку ефективності гідро-та пневматичнихприводів; обирати раціональні технічні засоби відповідно до конкретних практичних задач з врахуванням об'єкту автоматизації; складати, налагоджувати, корегувати системи з гідравлічними пневматичними пристроями.*

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни

Необхідне попереднє успішне оволодіння знаннями та уміннями, набутими при вивченні дисциплін «Теоретична механіка», «Пневмопривод і пневмоавтоматика», «Фізика», «Об'ємний гідропривод», «Об'ємні гідро- і пневмомашини і гідропередачі».

Результати вивчення дисципліни «Проектування гідро-та пневмоприводів» є корисними для вивчення дисципліни «Випробування та діагностика систем приводів» та при виконанні дипломного проектування.

3. Зміст навчальної дисципліни

1. Конструктивні вимоги до гідроприводів. Вибір гідравлічної схеми. Вибір тиску.

2. Теоретичні відомості. Алгоритм розрахунку параметрів і вибір гідроциліндра (гідромотора).

3. Теоретичні відомості. Алгоритм розрахунку і вибір насоса.

4. Гідророзподільники. Клапани тиску. Дроселі та регулятори витрати. Зворотні клапани та гідрозамки.

5. Вихідні дані для проектування. Розробка принципової схеми приводу.

6. Статичний розрахунок пневмоциліндрів і мембранних камер.

7.Задачі динамічного розрахунку. Розрахункова схема пневмоприводу. Знаходження пропускної здатності пневмоліній.

8. Визначення часу підготовчого періоду, часу руху і заключного періоду

9. Окремі випадки динамічного розрахунку пневмоприводів..

4. Навчальні матеріали та ресурси

базова (підручники, навчальні посібники) література

1. Навроцкий К.Л. Теория и проектирование гидро-и пневмоприводов. – М.: Машиностроение, 1991. – 364 с.
2. Башта Т.М. .Гидравлика, гидромашины и гидроприводы: Учебник для машиностроительных ВУЗов. Т. М. Башта, С. С. Руднев Б. Б. Некрасов и др – 4-е (2-е) изд., перераб. – М.: Машиностроение, 2010. – 423 с.
3. Свешников В. К. Станочные гидроприводы: Справочник. Библиотека конструктора. – 4-е (5-е) изд. - М,: Машиностроение, 2004.- 512 с.
4.Наземцев А.С. Пневматические и гидравлыческие при воды и системы. Часть 1и 2. Учебн.пособие / А.С. Наземцев, Д.Е. Рыбальченко. – М.: Форум, 2007. – 304 с.
5.Бурєнніков Ю.А. Гідравліка, гідро-та пневмоприводи. Навч. посібник./Ю.А.Бурєнніков, Л.Г. Козлов, В.П.Пурдик, С.В.Репінський./ - Вінниця: ВНТУ, 2014. – 238с.
6.Орлов Ю.М. Обьемные гидравлические машины. Конструкция, проектирование, расчет. / Ю.М. Орлов. / - М.: Машиностроение. 2016. – 223 с.

додаткова (монографії, статті, документи, електронні ресурси) література

1. Норенков И.П. Основи автоматизированного проектирования./ И.П. Норенков. – М.: изд . МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015 . – 300 с.

2. П. Кросер Учебный курс по технике управления, Пневматика TP101:
Учебное пособие / П. Кросер, Ф. Эбель . - Киев: Изд-во ДП «Фесто», 2002. - 225с.: ил.
3. Федорец В.О., Педченко М.Н. та ін. Гідроприводи та гідро пневмоавтоматика.-
Киев: Вища школа, 1995. – 463 с.
4. Донской А.С. Математическое моделирование процессов в пневматических приводах: Учеб. пособие. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009. – 122 с.
5. Схиртладзе А.Г. Гидравлические и пневматические системы./ А.Г. Схиртладзе, В.И. Иванов, В.Н. Кареев. – М.: Высшая школа, 2006. – 534 с.
6. Носко С.В. Проектування гідро-та пневмоприводів. Навч. посібник. / С.В.Носко. – Київ. КПІ ім.Ігоря Сікорського, 2019. – 82 с.
7. Методичні вказівки до курсової роботи з дисципліни «Проектування гідро-та пневмоприводів. / С.В.Носко. – Київ. КПІ ім.Ігоря Сікорського, 2019 -58с.
8. Свешников, В.К. Гидрооборудование : м еждународный спра-вочник: в3 кн./ В.К.Свешников. – М. : ООО «Издательский центр «Техинформ» МАИ», 2002. – Кн. 2 : Гидроаппаратура: номенклатура, параметры, размеры, взаимозаменяемость. – 508 с.
Вавилов, А.В. Проектирование гидроприводов строительных и дорожных ма-шин: учебно-методическое пособие для студентов специальности 1-36 11 01 «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные ма-шины и оборудование»/ А.В.Вавилов, А.Н.Смоляк. – Минск : БНТУ, 2012. – 74 с.ISBN 978-985-525-871-2.
9. Герц Е.В. Пневматические приводы. – М. : Машиностроение, 1989. – 359 с.
10 . Элементы и устройства пневмоавтоматики високого давления: Каталог/ Под ред..
А.И.Кудрявцева. – М.: ВНИИТЭМП, 1990. – 183 с.
11. Пневматические средства автоматизации: Каталог 1998/1999. – Эсслинген (ФРГ):
Festo AG CO. 2000.
12. Герц Е.В. Динамика пневматических систем машин. – М.: Машиностроение,
1985. – 256 с.
13. Попов Д. Н. Механика гидро- и пневмоприводов: Учебн. для вузов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001. –320 с.
14. Свешников В. К. Станочные гидроприводы: Справочник. Библиотека конструктора. – 4-е (5-е) изд. - М,: Машиностроение, 2004.- 512 с.

рекомендації та роз'яснення:

- *Всі базові літературні джерела є в бібліотеці КПІ та в методичному кабінеті кафедри, додаткові джерела спрямовані на ознайомлення з елементною базою, відомими теоретичними підходами до синтезу систем, сприяють розширенню світогляду на будову технічних систем;*
- *Жодне джерело, як і всі перелічені літературні джерела разом, не є достатнім для опанування дисципліни без виконання комплекту практичних занять та самостійного розв'язання типових задач проектування гідро-та пневмоприводів;*
- *Базові джерела містять теоретичні матеріали та приклади за всіма темами дисципліни і їх можна використовувати так само, як матеріал лекцій, але під час лекцій надається їх зв'язок з фрагментами методик та практичним рішенням задач проектування, чого не можна отримати з жодного літературного джерела;*

Навчальний контент

5 Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

ЛЕКЦІЙНІ ЗАНЯТТЯ

	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1.	*Вступ. Конструктивні вимоги до гідроприводів. Вибір гідравлічної схеми. Вибір тиску. Література до розділу 1: 1-6, дод. 1-3*
2.	*Теоретичні відомості. Алгоритм розрахунку параметрів і вибір гідроциліндра (гідромотора).* *Література до розділу 2: дод.4-6.*
3.	*Теоретичні відомості. Алгоритм розрахунку і вибір насоса.* *Література до розділу 2: дод.8-12*
4.	*Гідророзподільники. Клапани тиску. Дроселі та регулятори витрати. Зворотні клапани та гідрозамки.* *Література до розділу 3:4-6, дод. 1-13.*
5.	*Вихідні дані для проектування. Розробка принципової схеми приводу*. Література до розділу 4: 5-9.
6.	Статичний розрахунок пневмоциліндрів і мембранних камер. Література до розділу 4: 7-12.

7.	Задачі динамічного розрахунку. Розрахункова схема пневмоприводу. Знаходження пропускної здатності пневмоліній. *Література до розділу 5:5-17.*
8.	Визначення часу підготовчого періоду, часу руху і заключного періоду. Література: 5-17.
9.	Окремі випадки динамічного розрахунку пневмоприводів. *Література:6-9.*

Самостійна робота студента

№ з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1.	*Підготовка до аудиторних занять*	26
2.	*Виконання РГР*	12
3.	*Підготовка до заліку*	10

Політика та контроль

6. **Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- правила відвідування занять: відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних заняттях.

- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних заняттях, передбачені РСО дисципліни;

- використання засобів пошуку інформації на Google-сторінці викладача, в Інтернеті;

- правила призначення заохочувальних та штрафних балів: заохочувальні та штрафні бали не входять до основної шкали РСО, а їх сума не перевищує 10% стартової шкали;

- політика щодо академічної доброчесності встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни;

- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соц. мережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

7. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

Поточний контроль: експрес-опитування, практичні заняття.
Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.
Семестровий контроль: залік, РГР.
Умови допуску до семестрового контролю: мінімальний семестровий рейтинг більше 40 балів.
Умовою допуску до заліку може також бути: проходження одного чи двох календарних контролів, виконання МКР, відпрацювання всіх практичних занять.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	*Оцінка*
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

Рейтинг студента розраховується виходячи із 100-бальної шкали, з них 70 балів складає стартова шкала. Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, які студент отримує за:
– відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях;
– відповіді під час практичних занять (18 занять);

– виконання модульної контрольної роботи (МКР);
– виконання розрахунково-графічної роботи (РГР).
Відповіді на заліку оцінюються у 30 балів.
Робота на практичних заняттях (максимум 48 балів):
– активна творча робота – 2 бали;
– плідна робота – 1 бал;
– пасивна робота – 0 балів.
Виконання РГР:
– якісно виконана робота – 22 бали;
– роботу виконано з незначними недоліками – 20 балів;
– роботу виконано з певними помилками – 15 балів:
– роботу не зараховано (не виконано або є грубі помилки) – 0 балів.
Штрафні та заохочувальні бали:
За правильні відповіді під час експрес-опитувань – 0,5 бала.
За несвоєчасне виконання модульної контрольної роботи – 1 штрафний бал за кожний тиждень запізнення (всього не більше 5 балів).
Студент отримує позитивну залікову оцінку без додаткових випробувань («автоматом») за результатами роботи в семестрі, якщо має підсумковий рейтинг за семестр не менше 60 балів та виконав умови допуску до семестрового контролю, які визначені РСО.
Якщо студент виконав умови РСО щодо допуску до семестрового контролю, але має підсумковий рейтинг менше 60 балів або хоче підвищити поточну оцінку, виконує залікову контрольну роботу.
На заліку студенти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить три запитання з різних тематичних розділів.
Критерії залікового оцінювання:
– вичерпні відповіді на всі питання білету, а також на додаткові питання, чітке визначення всіх понять, величин: 30 балів;
– в деяких відповідях мають місце певні неточності: 20-25 балів;
– допускаються окремі помилки, але їх можливо виправити за допомогою додаткових питань викладача, має місце знання основних понять і підходів до проектування пристроїв гідро- і пневмоприводу, розуміння суті проектування та вимог до результату: 15-20 балів;
– припускаються суттєві помилки у відповідях або відсутня відповідь на одне з питань залікової роботи: 10-14 балів.

8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- ***Приклад питань залікової роботи***

1. *Захист від перевантаження і розвантаження насосів .*
2. *Діаграма роботи пневмоциліндра двосторонньої дії.*

- **Рекомендована тематика РГР.**

До приведеної схеми розташування приводів, задані робочі цикли, вказаний вид управління, що вимагаються в режимі автоматичної роботи. Кожен варіант відрізняється вихідними даними для розрахунку приводу.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус): «Проектування гідро-та пневмоприводів»
Складено:
Доцентом кафедри ПГМ, кандидатом технічних наук, доцентом Носко Сергієм Вікторовичем.

Ухвалено кафедрою _ПГМ_ (протокол №17 від 14.06.2022 р.)

Погоджено Методичною комісією інституту (протокол № 11 від 29.08.2022)

Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Кафедра Прикладної гідроаеромеханіки і механотроніки

КОМП'ЮТЕРНА ГІДРОМЕХАНІКА ПРИСТРОЇВ ГІДРОПРИВОДУ (КГПГ)

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	***Перший (бакалаврський)***
Галузь знань	*13 Механічна інженерія*
Спеціальність	*131 Прикладна механіка*
Освітня програма	*Автоматизовані та роботизовані механічні системи*
Статус дисципліни	*Вибіркова*
Форма навчання	*очна(денна) /дистанційна/змішана*
Рік підготовки, семестр	*3 курс, викладається в одному семестрі (осінній/весняний)*
Обсяг дисципліни	*4 кредити ЄКТС*
Семестровий контроль/ контрольні заходи	*Залік, РГР*
Розклад занять	*http://rozklad.kpi.ua/Schedules/*
Мова викладання	*Українська*
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: *ст. викл. Костюк Дмитро Вікторович kostiukdv@ukr.net*
Розміщення курсу	https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&show&irid=185132 https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&show&irid=187244

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчання та результати навчання

Програма навчальної дисципліни ***«Комп'ютерна гідромеханіка пристроїв гідроприводу» (далі КГПГ)*** *складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалавра з галузі знань 13 «Механічна інженерія» за спеціальністю 131 «Прикладна механіка».*

Метою навчальної дисципліни *є надання студентам знань про основні функціональні можливості сучасних комп'ютерних програмних комплексів для моделювання гідродинамічних процесів, методику їх використання та методику обробки результатів; вивчення основних методик отримання результатів розрахунку у різноманітному вигляді у рамках функціональних можливостей програмного забезпечення; ознайомлення з сферою використання програмних продуктів призначених для комп'ютерного моделювання гідродинамічних процесів у техніці; вивчення та засвоєння методик проведення моделювання гідродинамічних явищ у техніці та проведення віртуальних випробувань новітніх зразків розроблюваної техніки*

Предметом навчальної дисципліни *є: принципи проведення вивчення, дослідження, розробки, модернізації пристроїв та систем гідроприводу за допомогою спеціалізованих програмних пакетів комп'ютерного моделювання гідромеханічних систем.*

Програмні результати навчання :

Компетенції, що посилюються вибірковою дисципліною: *Здатність обирати раціональні підходи і технічні засоби до створення, тестування та експлуатації систем керування технічних об'єктів та систем, машин та механізмів із засобами механіки, гідропневмоавтоматики, електромеханіки, мехатроніки і робототехніки; здатність обирати раціональні підходи і технічні засоби до автоматизації технічних об'єктів та систем, машин та механізмів засобами механіки, гідропневмоавтоматики, електромеханіки, мехатроніки і робототехніки, створювати конкурентоспроможні технічні об'єкти, застосовувати критерії для оцінки їх функціональної, експлуатаційної, енергетичної та загальної ефективності.*

Знання: *основні функціональні можливості сучасних програмних комплексів для моделювання гідродинамічних процесів у техніці; методологію створення розрахункових 3D моделей пристроїв та їх вузлів; методологію та функціональні можливості програмного забезпечення для отримання результатів моделювання гідромеханічних процесів; область застосування результатів моделювання гідродинамічних процесів*

Уміння*: застосовувати методики та методи комп'ютерного моделювання гідромеханічних процесів в пристроях гідроприводу відповідно до вимог та особливостей машинобудівної галузі; використовувати спеціальні методи при дослідженні та розробці гідравлічних пристроїв в задачах дослідження об'єктів машинобудування.*

Досвід: *обирати програмне забезпечення для моделювання гідродинамічних процесів в пристроях гідроприводу виходячи з поставленої мети; виконувати розрахункову 3D модель пристрою з використанням сучасних САПР враховуючи вимоги та особливості різного програмного забезпечення для послідуючого моделювання гідромеханічних процесів; отримувати результати моделювання у потрібному вигляді в залежності від поставленої мети.*

2.Пререквізити та постреквізити дисципліни

Необхідне попереднє успішне оволодіння знаннями та уміннями, набутими при вивченні дисциплін «Інформатика», «Основи конструювання і проектування», «Прикладна гідромеханіка», «Газодинаміка», «Математичне моделювання і проектування систем гідро- і пневмоприводів», «Лопаткові гідро- і пневмомашини і гідропередачі»

Результати вивчення дисципліни «Комп'ютерна гідромеханіка пристроїв гідроприводу» є корисними для засвоєння дисципліни «Проектування гідро- і пневмоприводів», а також для виконання дипломного проектуваггя.

3.Зміст навчальної дисципліни

1. *Історія програми ANSYS, її можливості, інтерфейс*
2. *Створення засобами ANSYS геометрії елементів систем гідроприводу*
3. *Основні теоретичні положення та методи, на підставі яких здійснюється моделювання та чисельний аналіз в програмі ANSYS*
4. *Введення в методологію CFD. Структура інтерфейсу ANSYS FLUENT*
5. *Граничні умови в ANSYS FLUENT.*
6. *Питання точності і збіжності чисельного рішення. Налаштування розв'язувача.*
7. *Моделювання турбулентності.*
8. *Моделювання процесів теплообміну.*
9. *Функції користувача (UDF).*
10. *Складні фізичні моделі.*
11. *Моделювання нестаціонарних течій.*
12. *Обробка результатів розрахунку.*

4.Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси

1. *Яхно О.М. та інш. Прикладна гідроаеромеханіка і мехатроніка / Під ред. Яхна О.М..- Вінниця: ВНТУ , 2019.- 711 с.*
2. *ANSYS Documentation*
3. *Федорова Н.Н., Вальгер С.А., Данилов М.Н., Захарова Ю.В. Основы работы в ANSYS 17. – М: ДМК Пресс, 2017. – 210 с.:ил.*
4. *Миньков Л.Л., Моисеева К.М. Численное решение задач гидродинамики с помощью вычислительного пакета ANSYS FLUENT: учеб. пособие – Томск: STT, 2017. – 122 с*
5. *Лавріненко Н.М. Кінцево-елементне моделювання в інженерних розрахунках / Н.М. Лавріненко [та ін.]. – Донецьк: Норд-Прес, 2008. – 668 с.*
6. *Загорулько А.В. Програмний комплекс ANSYS в інженерних задачах: Навч. Посіб. – Суми: Вид-во СумДУ, 2008*

Додаткові інформаційні ресурси

1. *Інтернет ресурси: https://www.ansys.com/academic*
2. *Інтернет ресурси: https://www.youtube.com/results?search_query=CFD+Expert*

рекомендації та роз'яснення:

- *Всі базові літературні джерела є в бібліотеці КПІ та в методичному кабінеті кафедри;*
- *Жодне джерело, як і всі перелічені літературні джерела разом, не є достатнім для опанування дисципліни без виконання комплекту основних та кваліфікаційних лабораторних робіт та самостійного розв'язання типових задач проектування гідроприводів.*

Навчальний контент

5.Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

ЛЕКЦІЙНІ ЗАНЯТТЯ

	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1.	*Історія програми ANSYS, її можливості, інтерфейс* Література: *2-6*
2.	*Створення засобами ANSYS геометрії елементів систем гідроприводу* Література: *2-6*
3.	*Основні теоретичні положення та методи, на підставі яких здійснюється моделювання та чисельний аналіз в програмі ANSYS* Література: *1-6*
4.	*Введення в методологію CFD. Структура інтерфейсу ANSYS FLUENT* Література: *2-6*
5.	*Граничні умови в ANSYS FLUENT.* Література: *2-6*
6.	*Питання точності і збіжності чисельного рішення. Налаштування розв'язувача.* Література: *2-6*
7.	*Моделювання турбулентності.* Література: *2-6*
8.	*Моделювання процесів гідромеханіки.* Література: *2-6*
9.	*Функції користувача (UDF).* Література: *2-6*
10.	*Складні фізичні моделі.* Література: *2-6*
11.	*Моделювання нестаціонарних течій.* Література: *2-6*
12.	*Обробка результатів розрахунку.* Література: *2-6*

Самостійна робота студента

№ з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1.	*Підготовка до аудиторних занять*	33
2.	*Виконання РГР*	14
3.	*Підготовка до заліку*	10

Політика та контроль

6.Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- правила відвідування занять: відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних заняттях.

- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних заняттях, передбачені РСО дисципліни;

- використання засобів пошуку інформації на Google-сторінці викладача, в інтернеті;

- правила призначення заохочувальних та штрафних балів: заохочувальні та штрафні бали не входять до основної шкали РСО, а їх сума не перевищує 10% стартової шкали;

- політика щодо академічної доброчесності встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни;

- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соц. мережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

7.Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

Поточний контроль: експрес-опитування, лабораторні заняття.

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: залік.

Умови допуску до семестрового контролю: мінімальний семестровий рейтинг більше 40 балів.

Умовою допуску до заліку може також бути: проходження одного чи двох календарних контролів, виконання МКР, відпрацювання всіх лабораторних занять.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	*Оцінка*
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

Рейтинг студента розраховується виходячи із 100-бальної шкали, з них 70 балів складає стартова шкала. Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, які студент отримує за:

– відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях;

– відповіді під час лабораторних/практичних занять (22 заняття);

– виконання модульної контрольної роботи (МКР);

– виконання розрахунково-графічної роботи (РГР).

Відповіді на заліку оцінюються у 30 балів.

Робота на практичних/лабораторних заняттях (максимум 48 балів):

–творча робота за індивідуальним завданням – 3 бали;

– активна творча робота – 2 бали;

– плідна робота – 1 бал;

– пасивна робота – 0 балів.

Виконання МКР:

– творчо виконана робота – 15 балів;

– роботу виконано з незначними недоліками – 12 балів;
– роботу виконано з певними помилками – 6 балів:
– роботу не зараховано (не виконано або є грубі помилки) – 0 балів.
Виконання РГР:
– якісно виконана робота – 22 бали;
– роботу виконано з незначними недоліками – 20 балів;
– роботу виконано з певними помилками – 15 балів:
– роботу не зараховано (не виконано або є грубі помилки) – 0 балів.
Приклади завдань на РГР:
Розробити комп'ютерну модель зворотного клапану;
Розробити комп'ютерну модель розгалужувача клапану;
Розробити комп'ютерну модель фільтру напірного;
Розробити комп'ютерну модель фільтру всмоктуючого;
Розробити комп'ютерну модель входу рідини до гідроциліндру.
Штрафні та заохочувальні бали:
За правильні відповіді під час експрес-опитувань – 0,5 бала.
За несвоєчасне виконання модульної контрольної роботи – 1 штрафний бал за кожний тиждень запізнення (всього не більше 5 балів).
Студент отримує позитивну залікову оцінку без додаткових випробувань («автоматом») за результатами роботи в семестрі, якщо має підсумковий рейтинг за семестр не менше 60 балів та виконав умови допуску до семестрового контролю, які визначені РСО.
Якщо студент виконав умови РСО щодо допуску до семестрового контролю, але має підсумковий рейтинг менше 60 балів або хоче підвищити поточну оцінку, виконує залікову контрольну роботу.
На заліку студенти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить три запитання з різних тематичних розділів.
Критерії залікового оцінювання:
– вичерпні відповіді на всі питання білету, а також на додаткові питання, чітке визначення всіх понять, величин: 30 балів;
– в деяких відповідях мають місце певні неточності: 20-25 балів;
– допускаються окремі помилки, але їх можливо виправити за допомогою додаткових питань викладача, має місце знання основних понять розробки і використання моделей пристроїв гідроприводу, розуміння суті гідромеханічних процесів: 15-20 балів;
– припускаються суттєві помилки у відповідях або відсутня відповідь на одне з питань залікової роботи: 10-14 балів.

8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- ***Приклад питань залікової роботи***

1. *Типи граничних умов, підтримуваних пакетом ANSYS;*
2. *Способи відображення результатів розрахунку;*
3. *Дослідити потік робочої рідини в'язкістю 10 сСт у відводі радіусом 50 мм, діаметр каналу 10 мм.*

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус): Комп'ютерна гідромеханіка пристроїв гідроприводу
Складено:
Ст. викл., к.т.н., Костюком Дмитром Вікторовичем

Ухвалено кафедрою _ПГМ_ (протокол №17 від 14.06.2022 р.)
Погоджено Методичною комісією інституту (протокол № 11 від 29.08.2022)

Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Кафедра Прикладної гідроаеромеханіки і механотроніки

ВИПРОБУВАННЯ ТА ДІАГНОСТИКА СИСТЕМ ПРИВОДІВ (ВТАДСП)

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни	
Рівень вищої освіти	***Перший (бакалаврський)***
Галузь знань	*13 Механічна інженерія*
Спеціальність	*131 Прикладна механіка*
Освітня програма	*Автоматизовані та роботизовані механічні системи*
Статус дисципліни	*Вибіркова*
Форма навчання	*очна(денна) /дистанційна/змішана*
Рік підготовки, семестр	*4 курс, викладається в одному семестрі (осінній/весняний)*
Обсяг дисципліни	*4 кредити ЄКТС*
Семестровий контроль/ контрольні заходи	*Залік, РР*
Розклад занять	*http://rozklad.kpi.ua/Schedules/*
Мова викладання	*Українська*
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: *к.т.н., доцент, Ночніченко Ігор Вікторович, igor-nochnichenko@ua.fm*
Розміщення курсу	https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=plans

Програма навчальної дисципліни

1.Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчання та результати навчання

Програма навчальної дисципліни ***«Випробування та діагностика систем приводів» (далі КОМП. ВТАДСП)*** *складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалавра з галузі знань 13 «Механічна інженерія» за спеціальністю 131 «Прикладна механіка».*

Метою навчальної дисципліни *є формування у студентів здатностей: виконувати монтаж та пробний пуск гідро пневмосистем, проводити випробування гідро та пневмо систем та апаратури систем приводів.*

Предметом навчальної дисципліни *є: основні поняття та різновиди випробування та діагностики основних несправностей технічних фізичнорізнорідних систем, електро-пневматичних позиційних приводів, електро-гідравлічних систем. Основні рівняння, що характеризують, надійність та причини несправності агрегатів систем приводів; аналіз показників надійності та визначення статистичних характеристик приводів, визначення надійності привода на етапі проектування, прогнозування надійності приводів, технічне обслуговуваання та ремонт.*

Програмні результати навчання :

Компетенції, що посилюються вибірковою дисципліною: *Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт. Здатність представлення результатів своєї інженерної діяльності з дотриманням загальноприйнятих норм і стандартів. Здатність виконувати технічні вимірювання, одержувати, аналізувати та критично оцінювати результати вимірювань. Здатність використовувати сучасні інструментальні засоби для розробки математичних і імітаційних моделей автоматизованих механічних систем, машин, систем гідропневмоавтоматики, електромеханіки, мехатроніки і робототехніки та їх компонентів з метою визначення раціональних конструктивних та експлуатаційних параметрів, режимів і умов експлуатації, оцінки функціональності і ефективності шляхом комп'ютерного моделювання.*

Знання: *основ визначення характерних несправностей гідро- пневмосистеми; виконання монтажу та пробного пуску гідро пневмосистеми; визначення методів захисту обладнання від вібрації; проведення випробувань гідро та пневмо систем та апаратури;технічне обслуговування гідравлічних і пневматичних систем, приводів, засобів управління і автоматизації в технічних системах. технічне обслуговування гідравлічних і пневматичних систем, приводів, засобів управління і автоматизації в технічних системах*

Уміння*: за існуючими методиками та алгоритмами, при відомій схемі організовувати монтаж, пусконалагоджувальні роботи та дослідну перевірку гідропневматичного устаткування і систем; розробити і провести регламентне технічне обслуговування гідравлічних і пневматичних пристроїв та систем, здійснювати перевірку і оцінювати технічний стан гідропневматичного устаткування; організовувати профілактичний контроль і ремонт з заміною модулів; модернізувати існуючі гідро-і пневмосистеми під відомі умови експлуатації, навантаження, швидкість, витрату робочої рідини.*

Досвід: *визначення характерних несправностей гідро пневмосистеми; виконання монтажу та пробного пуску гідро пневмосистеми; визначення методів захисту обладнання від вібрації; проведення випробувань гідро та пневмо систем та апаратури;технічне обслуговування гідравлічних і пневматичних систем, приводів, засобів управління і автоматизації в технічних системах. технічне обслуговування гідравлічних і пневматичних систем, приводів, засобів управління і автоматизації в технічних системах;*

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни

Необхідне попереднє успішне оволодіння знаннями та уміннями, набутими при вивченні дисциплін «Об'ємний гідропривод», «Об'ємні гідромашини і гідропередачі», «Мобільна гідравліка», «Пневмопривод і пневмоавтоматика»..

Результати вивчення дисципліни «Випробування та діагностика систем приводів» є корисними для засвоєння дисциплін: «Проектування гідро- і пневмоприводів», «Компютерна гідромеханіка пристроїв гідроприводу» та при роботі над дипломним проектом.

3.Зміст навчальної дисципліни

1. *Тенденції розвитку систем приводів. Основні поняття. Відмови елементів приводу.*
2. *Надійність гідро- і пневмоприводів систем.*
3. *Основні фактори надійності та причини . несправності агрегатів систем приводів*
4. *Класифікація відмов.*
5. *Показники надійності та визначення статистичних характеристик приводів.*
6. *Показники надійності невідновлювальних приводів. Показники надійності приводів які відновлюються.*
7. *Джерела інформації про надійності привода.*
8. *Критерії узгодженоті статистик.*
9. *Методи оцінки розподілень.*
10. *Наближене визначення законів розподілень.Оцінка кореляційних моментів та коефіцієнтів регресії.*
11. *Визначення надійності привода на етапі проектування.*
12. *Загальні задачі розрахунку показників і контролю надійності.*
13. *Загальні рівняння надійності привода.*
14. *Прогнозування надійності приводів.*
15. *Прогнозування надійності привода в процесі експлуатації.*
16. *Прогнозування надійності привода методом експертних оцінок.*
17. *Підготовка систем до запуску та введення в експлуатацію, експлуатація гідро та пневмосистем.*
18. *Методи діагностування роботи окремих пристроїв та системи в цілому.*

4.Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси

1. *Аврунин Г.А. Эксплутация гидравлического оборудования строительных и дорожных машин: (учебное пособие) / Г. А. Аврунин, И. Г. Кириченко, В. Б. Самородов; под ред. Г. А. Аврунина.– Х. : ХНАДУ, 2013. – 438 с.*

2. *Аврунін Г.А. Гідравлічне обладнання будівельних та дорожніх машин: підручник / (Г. А. Аврунін, І. Г. Кириченко, В. Б. Самородов); під ред. Г. А. Авруніна. – Харків: ХНАДУ, 2016. – 438 с.*
3. *Експлуатація, обслуговування та надійність гідравлічних машин і гідроприводів. ЗЛ Фінкельштейн, ПМ Андренко, ОВ Дмитрієнко. НТУ" ХПІ", 2014.*
4. *Надійність, технічне діагностування та експлуатація гідро- і пневмоприводів". П.М. Андренко, А.Ю. Лебедєв, О.В.Дмитрієнко, М.С. Свинаренко ; під ред. проф. П.М. ... Харків : ФОП Панов А.М., 2018.-520с.*
5. *Аврунин Г.А. Гидравлическое оборудование строительных и дорожных машин: учебное пособие / (Г. А. Аврунин, И. Г. Ки¬ри¬ченко, В. Б. Самородов); под ред. Г. А. Аврунина. – Х. : ХНАДУ, 2012. – 467 с.*

Додаткові інформаційні ресурси

1. *Сырицын Т.А. Эксплуатация и надежность гидро- и пневмоприводов. – М.: Машиностроение, 1990. – 248с.*
2. *Лозовецкий В.В. Гидро - и пневмосистемы транспортно-технологических машин Издательство: Лань, 2012.-551с.*
3. *Харазов А.М. Техническая диагностика гидроприводов машин М.: Машиностроение, 1979. – 112 с.*
4. *В. А. Федорец, М. Н. Педченко, А. Ф. Пичко, Ю. В. Пересадько, В. С. Лысенко; Под ред. д-ра техн. наук В. А. Федорца. Гидроприводы и гидропневмоавтоматика станков, К. : В ища шк. Головное изд-во, 1987, — 375 с.*
5. *Лепешкин А.В., Михайлин А.А. Гидравлические и пневматические системы, изд-во Академия, 2004.-336.*
6. *Колчинский Ю.Л., Дудко Г.Д. Монтаж смазочных, гидравлических и пневматических систем общепромышленного назначения — М.: Высш. шк. , 1983. — 255.*
7. *Богдан Н.В Жилевич М.И., Красневский Л.Г.Техническая диагностика гидросистем издание. - Мн.: Белавтотракторостроение ,2000. – 120.*
8. *Двукраев И.А. ремонта гидросистем и ее элементов -М.: Машиностроение, 1971. -48.*
9. *Башта Т. М. Расчёты и конструкции самолётных гидравлических устройств. — Изд. 3-е, перераб. и доп. — М.: Оборонгиз, 1961. — 475.*
10. *П.П. Лукин, Г.А. Гаспарянц, В.Ф. Родионов Конструирование и расчет автомобиля: Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности "Автомобили и тракторы". - Машиностроение, 1984. - 376 с.*
11. *Иванов А.М., Солнцев А.Н., Гаевский В.В Основы конструкции автомобиле-.: За рулем 2005.-336*
12. *Свешников В.К. Станочные гидроприводы. Справочник. – М.: Машиностроение, 2008.*
13. *Свешников В.К. Гидрооборудование: Международный справочник. Книга 2. Вспомогательные элементы гидропривода: Номенклатура, параметры, размеры, взаимозаменяемость. Издательский центр «Техинформ» МАИ - 2003 – 445.*
14. *Никитин О.Ф. Надёжность, диагностика и эксплуатация гидропривода мобильных объектов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007.*

рекомендації та роз'яснення:

- *Всі базові літературні джерела є в бібліотеці КПІ та в методичному кабінеті кафедри;*
- *Жодне джерело, як і всі перелічені літературні джерела разом, не є достатнім для опанування дисципліни без виконання комплекту основних та кваліфікаційних лабораторних робіт та самостійного розв'язання типових задач.*

Навчальний контент

5.Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

ЛЕКЦІЙНІ ЗАНЯТТЯ

	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)

1.	Вступ. Надійність гідро- і пневмоприводів систем. (Презентація. Завдання на СРС: Показники надійності: працездатний стан, непрацездатний стан, безвідмовність, напрацювання, відмова, довговічність, граничний стан, коефіцієнт технічного використання, ремонтопридатність, збереженість, відновлення системи. Л-ра: 1 -9)
2.	Основні фактори надійності та причини. несправності агрегатів систем приводів. Класифікація відмов. (Презентація. Завдання на СРС: Застосування рівняння рівноваги рідини Проблеми та задачі вдосконалення гідроприводів та їх основні тенденція. Л-ра: 1-9)
3.	Показники надійності та визначення статистичних характеристик приводів. Показники надійності невідновлювальних приводів. Показники надійності невідновлювальних приводів. (Презентація. Завдання на СРС: Поняття відмов та їх причини. Л-ра: 1, 3, 5, 8, 10, 11, 14)
4.	Джерела інформації про надійності привода. Критерії узгодженоті статистик. (Презентація. Завдання на СРС: Основні критерії надійності. Л-ра: 1-9)
5.	Методи оцінки розподілень. Наближене визначення законів розподілень. (Презентація. Завдання на СРС: Методи оцінки розподілень. Л-ра: 1-9)
6.	Оцінка кореляційних моментів та коефіцієнтів регресії. Загальні задачі розрахунку показників і контролю надійності. (Презентація. Завдання на СРС:Засоби контролю надійності. Л-ра: 1-14)
7.	Загальні рівняння надійності привода. Прогнозування надійності привода в процесі експлуатації. (Презентація. Завдання на СРС:Рівняння для розрахунку надійності. Л-ра: 1-9)
8.	Прогнозування надійності привода методом експертних оцінок. Підготовка систем до запуску та введення в експлуатацію, експлуатація гідро та пневмосистем. (Презентація. Завдання на СРС: Основні етапи підготовки системи для запуску. Л-ра: 1-9)
9.	Методи діагностування роботи окремих пристроїв та системи в цілому. (Презентація. Завдання на СРС: Типи датчиків для діагностування. Л-ра: 1-14)
10.	Вступ. Надійність гідро- і пневмоприводів систем. (Презентація. Завдання на СРС: Показники надійності: працездатний стан, непрацездатний стан, безвідмовність, напрацювання, відмова, довговічність, граничний стан, коефіцієнт технічного використання, ремонтопридатність, збереженість, відновлення системи. Л-ра: 1 -9)
11.	Основні фактори надійності та причини . несправності агрегатів систем приводів. Класифікація відмов. (Презентація. Завдання на СРС: Застосування рівняння рівноваги рідини Проблеми та задачі вдосконалення гідроприводів та їх основні тенденція. Л-ра: 1-9)
12.	Показники надійності та визначення статистичних характеристик приводів. Показники надійності невідновлювальних приводів. Показники надійності невідновлювальних приводів. (Презентація. Завдання на СРС: Поняття відмов та їх причини. Л-ра: 1, 3, 5, 8, 10, 11, 14)
13.	Джерела інформації про надійності привода. Критерії узгодженоті статистик. (Презентація. Завдання на СРС: Основні критерії надійності. Л-ра: 1-9)
14.	Методи оцінки розподілень. Наближене визначення законів розподілень. (Презентація. Завдання на СРС: Методи оцінки розподілень. Л-ра: 1-9)
15.	Оцінка кореляційних моментів та коефіцієнтів регресії. Загальні задачі розрахунку показників і контролю надійності. (Презентація. Завдання на СРС:Засоби контролю надійності. Л-ра: 1-14)
16.	Загальні рівняння надійності привода. Прогнозування надійності привода в процесі експлуатації. (Презентація. Завдання на СРС:Рівняння для розрахунку надійності. Л-ра: 1-9)
17.	Прогнозування надійності привода методом експертних оцінок. Підготовка систем до запуску та введення в експлуатацію, експлуатація гідро та пневмосистем. (Презентація. Завдання на СРС: Основні етапи підготовки системи для запуску. Л-ра: 1-9)
18.	Методи діагностування роботи окремих пристроїв та системи в цілому. (Презентація. Завдання на СРС: Типи датчиків для діагностування. Л-ра: 1-14)

Самостійна робота студента

№ з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1.	*Підготовка до аудиторних занять*	46
2.	*Виконання РР*	12
3.	*Підготовка до заліку*	8

Політика та контроль

6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- правила відвідування занять: відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних заняттях.

- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних заняттях, передбачені РСО дисципліни;

- використання засобів пошуку інформації на Google-сторінці викладача, в інтернеті;

- правила призначення заохочувальних та штрафних балів: заохочувальні та штрафні бали не входять до основної шкали РСО, а їх сума не перевищує 10% стартової шкали;

- політика щодо академічної доброчесності встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни;

- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соц. мережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

7.Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

Поточний контроль: експрес-опитування, практичні заняття.

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: залік.

Умови допуску до семестрового контролю: мінімальний семестровий рейтинг більше 40 балів.

Умовою допуску до заліку може також бути: проходження одного чи двох календарних контролів, виконання МКР, відпрацювання всіх лабораторних занять.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	*Оцінка*
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

Рейтинг студента розраховується виходячи із 100-бальної шкали, з них 70 балів складає стартова шкала. Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, які студент отримує за:

– відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях;

– відповіді під час лабораторних (18 занять);

– виконання модульної контрольної роботи (МКР);

– виконання розрахункової роботи (РР).

Відповіді на заліку оцінюються у 30 балів.
Робота на практичних/лабораторних заняттях (максимум 48 балів):
– активна творча робота – 1 бал;
– плідна робота – 0,5 бал;
– пасивна робота – 0 балів.
Виконання МКР:
– творчо виконана робота – 15 балів;
– роботу виконано з незначними недоліками – 12 балів;
– роботу виконано з певними помилками – 6 балів:
– роботу не зараховано (не виконано або є грубі помилки) – 0 балів.
Виконання РР:
– якісно виконана робота – 22 бали;
– роботу виконано з незначними недоліками – 20 балів;
– роботу виконано з певними помилками – 15 балів:
– роботу не зараховано (не виконано або є грубі помилки) – 0 балів.

Штрафні та заохочувальні бали:
За правильні відповіді під час експрес-опитувань – 0,5 бала.
За несвоєчасне виконання модульної контрольної роботи – 1 штрафний бал за кожний тиждень запізнення (всього не більше 5 балів).
Студент отримує позитивну залікову оцінку без додаткових випробувань («автоматом») за результатами роботи в семестрі, якщо має підсумковий рейтинг за семестр не менше 60 балів та виконав умови допуску до семестрового контролю, які визначені РСО.
Якщо студент виконав умови РСО щодо допуску до семестрового контролю, але має підсумковий рейтинг менше 60 балів або хоче підвищити поточну оцінку, виконує залікову контрольну роботу.
На заліку студенти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить три запитання з різних тематичних розділів.
Критерії залікового оцінювання:
– вичерпні відповіді на всі питання білету, а також на додаткові питання, чітке визначення всіх понять, величин: 30 балів;
– в деяких відповідях мають місце певні неточності: 20-25 балів;
– допускаються окремі помилки, але їх можливо виправити за допомогою додаткових питань викладача, має місце знання основних причин та наслідків конкретних несправностей та методів їх визначення, є розуміння суті процесу діагностики та його звязку з експлуатаційними процесами: 15-20 балів;
– припускаються суттєві помилки у відповідях або відсутня відповідь на одне з питань залікової роботи: 10-14 балів.

8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- ***Приклад питань залікової роботи***
- *Показники надійності та визначення статистичних характеристик приводів.*
- *Показники надійності невідновлювальних приводів.*
- *Схема стенду випробування гідравлічного амортизатора.*
- ***Рекомендована тематика РР:***

1. Випробування та діагностика клапанів тиску в гідросистемі заданого технологічного обладнання.
2. Випробування та діагностика керуючих апаратів в гідросистемах з послідовним і синхронним рухом виконавчих пристроїв.
3. Випробування та діагностика основні види та типів демпферних пристроїв, зняття характеристика демпфера.
4. Контрольні випробування та налаштування елементів клапанно-дросельних груп демпферів різного типу та призначення під задану характеристику .
5. Контрольні випробування напірного клапана з пропорційним електричним управлінням.

6. Контрольні випробування гідравлічного розподільника з пропорційним електричним управлінням.
7. Випробування гідравлічної арматури.
8. Контрольні випробування гідроапаратів.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус): Випробування та діагностика систем приводів
Складено:
доцентом кафедри ПГМ, кандидатом технічних наук, доцентом Ночніченком Ігорем Вікторовичем

Ухвалено кафедрою _ПГМ_ (протокол №17 від 14.06.2022 р.)
Погоджено Методичною комісією інституту (протокол № 11 від 29.08.2022)