



Насосне та допоміжне обладнання АЕС

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>14 Електрична інженерія</i>
Спеціальність	<i>143 Атомна енергетика</i>
Освітня програма	<i>Атомні електричні станції</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>4 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>120 годин/4 кредити ЄКТС, 54 годин лекцій, 18 годин практичних занять, 48 години СРС</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік / розрахункова робота, модульна контрольна робота</i>
Розклад занять	http://roz.kpi.ua/
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: доцент, к.т.н. Бібік Тимофій Вікторович, E_mail: tymofii.bibik@gmail.com Практичні: доцент, к.т.н. Бібік Тимофій Вікторович, E_mail: tymofii.bibik@gmail.com
Розміщення курсу	https://campus.kpi.ua , https://drive.google.com

Програма навчальної дисципліни

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

Освітній компонент «Насосне та допоміжне обладнання АЕС» вивчається студентами спеціальності з метою закріпити у студентів знання з основних конструктивних рішень і фізичних процесів, які мають місце в насосному устаткуванні сучасних атомних електричних станцій, поглибити теоретичні відомості з окремих проблем забезпечення надійності роботи устаткування АЕС, які найчастіше зустрічаються в практиці, а також розвивати практичні навички, необхідні для проведення інженерних розрахунків основних елементів насосних агрегатів, аналізу умов надійної роботи насосів АЕС.

Метою навчальної дисципліни є ознайомлення студентів з важливою сферою діяльності в галузі атомної енергетики з ціллю орієнтування у виборі подальшої спеціалізації навчання в магістратурі та формування у студентів наступних здатностей (компетентностей):

1. Здатність розробляти та впроваджувати заходи з підвищення надійності та ядерно-радіаційної безпеки при проектуванні та експлуатації обладнання атомно-енергетичного комплексу (ФК 2).
2. Розробляти плани і проекти для забезпечення досягнення поставленої мети з урахуванням всіх аспектів вирішуваної проблеми, включаючи виробництво, експлуатацію, технічне обслуговування та утилізацію обладнання атомно-енергетичного комплексу (ФК 11).

3. Здатність забезпечувати якість в галузі атомної енергетики (ФК 12).
4. Здатність використовувати знання характеристик специфічних матеріалів, обладнання, процесів та продуктів у професійній діяльності в галузі атомної енергетики (ФК 13).

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі **програмні результати навчання**:

1. Розуміння широкого міждисциплінарного контексту спеціальності 143 Атомна енергетика (ПРН 2).
2. Знати і розуміти основні характеристики, сферу застосування та обмеження обладнання, матеріалів та інструментів, інженерних технологій і процесів, що використовуються при вирішенні професійних завдань (ПРН 12).
3. Розуміти нетехнічні (суспільство, здоров'я і безпека, навколишнє середовище, економіка і промисловість) наслідки інженерної практики (ПРН 13).
4. Навички аналізу та прогнозування розвитку атомної енергетики та суміжних напрямів науки і техніки (ПРН 18).
5. Розвинені навички самостійного навчання (ПРН 19).

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Пререквізити дисципліни: освітній компонент «Теорія теплообміну», «Основи конструювання».

Постреквізити дисципліни: виробнича практика.

3. Зміст навчальної дисципліни

РОЗДІЛ 1. Вступ.

Тема 1.1. Атомна енергетика.

Місце ядерної енергетики у виробленні електроенергії. Основні етапи розвитку ядерної енергетики України. Особливості, сучасний стан і перспектива розвитку АЕС.

РОЗДІЛ 2. Основне устаткування АЕС. Насоси АЕС. Призначення та типи насосів. Конструктивні схеми насосних агрегатів.

Тема 2.1. Принципові схеми АЕС з реакторами: ВВЕР-1000, РБМК-1000, БН-100. Призначення та типи насосів.

Тема 2.2. Конструктивні схеми насосних агрегатів. Проектні, технологічні та експлуатаційні вимоги до головних циркуляційних насосів (ГЦН), до живильних насосів (ЖН), конденсаційних насосів (КН) та до інших насосів.

РОЗДІЛ 3. Проточна частина відцентрових та осьових насосів.

Тема 3.1. Основні параметри насосів та їх характеристики. Класифікація насосів. Основи теорії лопатевих відцентрових насосів. Основне рівняння насосу. Подібність лопатевих насосів. Коефіцієнт швидкохідності. Втрати в насосах.

Тема 3.2. Розрахунок лопатевих насосів методом моделювання. Підводи. Випробування підводів. Спіральні та лопатеві відводи. Гідравлічний розрахунок проточної частини відцентрового насосу.

Тема 3.3. Осьові сили в лопатевих відцентрових насосах. Способи врівноваження осьових сил. Радіальні сили. Способи зменшення радіальних сил у насосах.

Тема 3.4. Кавітація. Умови виникнення кавітації у насосах. Вплив різних факторів на кавітаційні властивості насосів. Методи виявлення та дослідження кавітації.

Тема 3.5. Осьові насоси. Основні характеристики осьових насосів. Вплив конструктивних елементів на характеристики насосів.

РОЗДІЛ 4. Спільна робота насосів та мережі.

Тема 4.1. Сталість роботи лопатевих насосів у системі насос-мережа. помпуння.

Тема 4.2. Регулювання режиму роботи насосу. Послідовна та паралельна робота насосів на мережі. Перевірочний розрахунок системи насос-мережа.

РОЗДІЛ 5. Герметичні електронасоси.

Тема 5.1. Принципова конструктивна схема безсальникового герметичного насосу. Насос із сухим статором. Статорна перегородка і статор. Будова ротора. Конструктивні особливості вітчизняних та зарубіжних герметичних насосів.

РОЗДІЛ 6. Головні циркуляційні насоси з механічним ущільненням валу.

Тема 6.1. Конструкція головного циркуляційного насосу ГЦН-317 енергоблоку з реактором ВВЕР-440. Схема ущільнення валу та радіально-осьового підшипника.

Тема 6.2. Конструкція головного циркуляційного насосу АЕС з реакторами ВВЕР-1000 (ГЦН-195М).

Тема 6.3. Конструкція головного циркуляційного насосу АЕС з реактором РБМК-1000 (ЦВН-8).

Тема 6.4. Допоміжні системи призначені для забезпечення нормального функціонування ГЦН: масляна система, система подачі запірної води, живлення ГСП, розвантаження осьових сил.

РОЗДІЛ 7. Насоси для натрієвого теплоносія.

Тема 7.1. Конструктивні особливості насосів.

Глибинний насос з нижнім гідростатичним підшипником першого контуру реактора БН-600. Малозаглиблений насос другого контуру реактора БН-600.

Тема 7.2. Ущільнення валу насосу. Системи, які обслуговують натрієві насоси: системи живлення ущільнення, підтримки рівня теплоносія у баку насосу, розігріву регулювання частоти обертів ГЦН.

РОЗДІЛ 8. Живильні, конденсаційні і циркуляційні насоси. Насоси допоміжних систем.

Тема 8.1. Схеми включення живильних насосів. Конструктивні особливості вітчизняних і зарубіжних живильних насосів.

Тема 8.2. Конденсаційні насоси. Циркуляційні насоси. Насоси допоміжних систем (для ВВЕР-1000).

РОЗДІЛ 9. Конструкція основних вузлів насосного агрегату.

Тема 9.1. Підшипникові опори. Вимоги до підшипникових опор. Конструктивні особливості підшипників сковзання.

Тема 9.2. Ущільнення. Конструктивні схеми ущільнення. Вимоги, які пред'являються до ущільнюючих пристроїв.

РОЗДІЛ 10. Основи експлуатації насосів та напрямки розвитку ГЦН АЕС.

Тема 10.1. Обслуговування насосів. Характерні неполадки насосів. Експлуатація насосів ГЦН-195М, ГЦН-317, ГВН-8.

Тема 10.2. Загальне розуміння розвитку ГЦН АЕС. Повузлове удосконалення. Можливі схеми та компоновки. Технологічність конструкцій.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова (підручники, навчальні посібники) література.

1. Срібнюк С.М. Навчальний посібник. Насоси і насосні установки. Центр навчальної літератури. 2017. – 312 с.

Додаткова (монографії, статті, документи, електронні ресурси) література.

1. Методичні вказівки до курсової роботи по курсу “Насосне та допоміжне обладнання АЕС” для студентів спеціальності 7.090502 “Атомна енергетика” /Укл. А.Ф. Васильєв – Київ: НТУУ “КПІ”, 2008. – 68 с.

Інформаційні ресурси:

1. www.energoatom.kiev.ua – Офіційний сайт НАЕК «Енергоатом»
2. www.iaea.org – Офіційний сайт МАГАТЕ.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Оскільки дисципліна „Основи фізичної ядерної безпеки” пов’язана із дисциплінами фахової підготовки, то її викладання, а особливо виконання індивідуальних завдань, є запорукою подальшого засвоєння студентами спеціальних фахових дисциплін, та формування базових основ професійної діяльності.

Практичні заняття, в основному, присвячені більш глибокому вивченню нормативно-правових актів у сфері фізичної ядерної безпеки.

Для кращого засвоєння навчального матеріалу рекомендується проводити лекції з використанням наочних засобів навчання (показ слайдів, робота з роздаточним матеріалом); практичні заняття рекомендується проводити після вивчення певної частини курсу лекцій.

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
	РОЗДІЛ 1. Вступ.
1.	Тема 1.1. Атомна енергетика. Місце ядерної енергетики у виробництві електроенергії. Особливості сучасного стану та перспектив розвитку АЕС. ЛЕКЦІЯ 1. Місце ядерної енергетики у виробництві електроенергії. Основні етапи розвитку ядерної енергетики України та СНГ. Сучасний стан та перспективи розвитку АЕС у світі і на Україні. Завдання на СРС. Вивчити матеріали МАГАТЕ про сучасний стан та перспективи розвитку АЕС у світі. Література: ж-л. Інформація Магате.
	РОЗДІЛ 2. Основне устаткування АЕС. Насоси АЕС. Призначення та типи насосів. Конструкційні схеми насосних агрегатів.
2.	Тема 2.1. Принципові схеми АЕС з реакторами ВВЕР-1000, БН-100. Призначення та типи насосів. ЛЕКЦІЯ 2. Насосне обладнання АЕС. Схеми АЕС з реакторами ВВЕР-1000, РВПК-1000, БН-600. Слайди із схемами АЕС. Завдання на СРС. Ознайомитись зі схемами зарубіжних АЕС.
3.	Тема 2.2. Конструктивні схеми насосних агрегатів. Вимоги до ГЦН, ЖН, КН та інших насосів.

	<p>ЛЕКЦІЯ 3. Конструктивні схеми насосних агрегатів. Слайди: із схемою герметичного електронасосу з геометричною статорною порожниною, типова структурна схема ГЦН, схема зануреного заглибленого насосу для рідкого металу. Вимоги до ГЦН.</p> <p>Завдання на СРС. Вивчити конструкційні схеми ГЦН з різними засобами з'єднання валів, схемами насосів допоміжних систем.</p>
	<p>РОЗДІЛ 3. Проточна частина відцентрових та осьових насосів.</p>
4.	<p>Тема 3.1. Основні параметри насосів та їх характеристики. Класифікація насосів. Основи теорії лопатевих відцентрових насосів. Основне рівняння насосу. Подібність лопатевих насосів. Коефіцієнт швидкохідності. Втрати в насосах.</p> <p>ЛЕКЦІЯ 4. Принципова схема насосної установки. Основні параметри насосів та їх характеристики. Подача, тиск, питома робота та напір насосу. Кавітаційний запас, потужність, коефіцієнти корисної дії.</p> <p>Слайд із схемою насосної установки.</p> <p>Завдання на СРС. Вивчити безрозмірні характеристики для динамічних насосів.</p>
5.	<p>ЛЕКЦІЯ 5. Класифікація насосів . Основи теорії лопатевих відцентрових насосів. План швидкостей. Основне рівняння насосу. Слайд із схемою відцентрового та осьового насосів.</p> <p>Завдання на СРС. Ознайомитись з конструкціями насосів допоміжних систем.</p>
6.	<p>ЛЕКЦІЯ 6. Подібність лопатевих насосів. Коефіцієнт швидкохідності. Втрати у насосах.</p> <p>Слайд: залежність форми робочого колеса і характеристик від величини коефіцієнту швидкохідності; типи ущільнення робочого колеса.</p> <p>Завдання на СРС. Ознайомитись з методикою розрахунку гідравлічних механічних та об'ємних втрат у насосах.</p>
7.	<p>Тема 3.2.. Розрахунок лопатевих насосів методом моделювання. Підводи та відводи. Гідравлічний розрахунок проточної частини відцентрового насосу.</p> <p>ЛЕКЦІЯ 7. Розрахунок лопатевих насосів методом моделювання. Алгоритм гідравлічного розрахунку проточної частини відцентрового насосу.</p> <p>Завдання на СРС: вивчити матеріал по профілюванню каналу колеса у меридіанному перерізі і профілюванню лопасті.</p>
8.	<p>ЛЕКЦІЯ 8. Підводи. Випробування підводів. Спіральні відводи. Слайди з прямолінійним конфузором та спіральним підводом.</p> <p>Завдання на СРС. Розробити програму гідравлічного розрахунку проточної частини відцентрового насосу.</p>
9.	<p>Тема 3.3. Осьові сили в лопатевих відцентрових насосах. Засоби врівноваження осьових сил. Радіальні сили. Засоби зменшення радіальних сил в насосах.</p> <p>ЛЕКЦІЯ 9. Осьові сили в лопатевих відцентрових насосах (ЛВН). Засоби урівноваження осьових сил. Слайди: насос подвійного всмоктування, гідравлічна п'ята, схема розвантаження від осьових сил із використанням лабіринту, розвантажувальних отворів і ребер.</p> <p>Завдання на СРС: Ознайомитись з методикою розрахунку осьових зусиль в ЛВН.</p>
10.	<p>ЛЕКЦІЯ 10. Радіальні сили в лопатевих відцентрових насосах. Засоби зменшення радіальних сил у насосах. Слайд про засоби впливу на радіальну силу.</p> <p>Завдання на СРС. Ознайомитись з методикою розрахунку радіальних сил у лопатевих</p>

	відцентрових насосах.
11.	<p>Тема 3.4. Кавітація. Умови виникнення кавітації у насосах. Вплив різних факторів на кавітаційні властивості насосів.</p> <p>ЛЕКЦІЯ 11. Умови виникнення кавітації у відцентрових насосах. Кавітаційний коефіцієнт швидкохідності. Кавітаційний запас. Вплив різних факторів на кавітаційні властивості насосів.</p> <p>Завдання на СРС. Ознайомитись з методом розрахунку відцентрових насосів на кавітацію.</p>
12.	<p>Тема 3.5. Осьові насоси. Основні характеристики осьових насосів. Вплив конструктивних елементів на характеристики насосів.</p> <p>ЛЕКЦІЯ 12. Осьові насоси. Основні геометричні та гідравлічні параметри ізольованого профілю та решітки профілів. Теоретичний напір і гідравлічний ККД решітки робочого колеса. Слайд про решітку профілів і план швидкостей осьового насосу.</p> <p>Завдання на СРС. Ознайомитись з методами розрахунку осьових насосів.</p>
	РОЗДІЛ 4. Спільна робота насосів та мережі.
13.	<p>Тема 4.1. Стійкість роботи лопатевих насосів в системі насос-мережа. Помпаж.</p> <p>ЛЕКЦІЯ 13. Спільна робота насосів та мережі. Характеристика насосу та мережі. Стійкість роботи насосу в системі. Помпаж.</p> <p>Завдання на СРС. Вивчити правила побудови характеристики мережі.</p>
14.	<p>Тема 4.2. Регулювання режиму роботи насосу. Послідовна та паралельна робота насосу на мережу.</p> <p>ЛЕКЦІЯ 14. Регулювання подачі лопатевих насосів: дроселюванням, зміною частоти обертів, зміною кута установки лопатей робочого колеса, перепуском води із напірного трубопроводу у всмоктуючу лінію напірного трубопроводу. Послідовна та паралельна робота насосів на мережу.</p> <p>Завдання на СРС. Вивчити послідовність проведення перевірного розрахунку системи насос-мережа.</p>
	РОЗДІЛ 5. Геометричні електронасоси.
15.	<p>Тема 5.1. Принципова конструктивна схема безсальникового герметичного насосу. Конструктивні особливості вітчизняних та зарубіжних герметичних насосів.</p> <p>ЛЕКЦІЯ 15. Схема безсальникового герметичного насосу. Насос із сухим статором. Статорна перегородка і статор. Будова ротора. Конструктивні особливості вітчизняних та зарубіжних герметичних насосів. Слайд ГВН-310.</p> <p>Завдання на СРС. Ознайомитись з конструкцією насосу з мокрим статором.</p>
	РОЗДІЛ 6. Головні циркуляційні насоси з механічним ущільненням валу.
16.	<p>Тема 6.1. Конструкція головного циркуляційного насосу енергоблоку АЕС з реактором ВВЕР-440.</p> <p>ЛЕКЦІЯ 16. Принципова конструктивна схема ГЦН-317. Схема ущільнення валу і радіально-осьового підшипника.</p> <p>Слайди із загальним виглядом ГЦН-317, з механічним ущільненням валу, з радіально-осьовим підшипником.</p> <p>Завдання на СРС. Ознайомитись з конструкцією ГЦН зарубіжних АЕС з реакторами ВВЕР-440.</p>
17.	<p>Тема 6.2. Конструкція насосу ГЦН-195М енергоблоку АЕС з реактором ВВЕР-1000.</p> <p>ЛЕКЦІЯ 17. Головний циркуляційний насос АЕС з реактором ВВЕР-1000. Основні технічні характеристики і конструктивні особливості ГЦН-195М. Слайд із схемою насосу ГЦН-195М.</p>

	Завдання на СРС. Ознайомитись із системами, які забезпечують нормальну роботу ГЦН-195М.
18.	<p>Тема 6.3. Конструкція насосу ЦВН-8 енергоблоку АЕС з реактором РБМК-1000.</p> <p>ЛЕКЦІЯ 18. Головний циркуляційний насос енергоблоку АЕС з реактором РБМК-1000. Основні технічні характеристики та конструктивні особливості ЦВН-8. Слайд із схемою насосу для АЕС з РБМК.</p> <p>Завдання на СРС. Ознайомитись із системами, які забезпечують нормальну роботу ЦВН-8.</p>
19.	<p>Тема 6.4. Допоміжні системи, які призначені для забезпечення нормального функціонування ГЦН.</p> <p>ЛЕКЦІЯ 19. Системи забезпечення нормального функціонування ГЦН: масляна, подачі замикаючої води, живлення ГСП, розвантаження від осьових сил. Слайди: схема масляної системи насосів реактора РБМК, схема системи замикаючої води модернізованих насосів реактора РБМК-1000, схема живлення ГСП насосу реактора РБМК.</p> <p>Завдання на СРС. Ознайомитись з допоміжними системами зарубіжних ГЦН.</p>
	РОЗДІЛ 7. Насоси для натрієвого теплоносія.
20.	<p>Тема 7.1. Конструктивні особливості насосів першого та другого контурів енергоблоку АЕС з реактором БН-600.</p> <p>ЛЕКЦІЯ 20. Заглибний насос з нижнім гідростатичним підшипником першого контуру реактора БН-600. Малозаглиблений насос другого контуру реактора БН-600. Слайди насосів першого та другого контурів реактора БН-600.</p> <p>Завдання на СРС. Ознайомитись з схемами насосів зарубіжних країн.</p>
21.	<p>Тема 7.2. Системи, які обслуговують натрієві насоси.</p> <p>ЛЕКЦІЯ 21. Ущільнення валу насосу. Системи, які обслуговують натрієві насоси: системи живлення ущільнення, підтримка рівня теплоносія у баку насоса, розігріву. Слайди: маслосистеми насосів реактору БН-600, схеми системи зливу протічок у насосі реактора БН-600. Схеми ущільнення валу.</p> <p>Завдання на СРС. Ознайомитись із системою розігріву, з системою регулювання частоти обертання ГЦН, критеріями вибору схеми насосу.</p>
	РОЗДІЛ 8. Живильні, конденсаційні і циркуляційні насоси. Насоси допоміжних систем.
22.	<p>Тема 8.1. Схеми включення живильних насосів. Конструкційні особливості живильних насосів (ЖН).</p> <p>ЛЕКЦІЯ 22. Конструкційні особливості вітчизняних живильних насосів. Їх технічні характеристики. Корпус насосу. Ротор. Слайди: схема включення ЖН. Схема ЖН на невеликі напори та високонапорного ЖН, схема конструкції ротора.</p> <p>Завдання на СРС. Ознайомитись з конструкціями зарубіжних ЖН.</p>
23.	<p>Тема 8.2. Конденсаційні насоси. Циркуляційні насоси. Насоси допоміжних систем.</p> <p>ЛЕКЦІЯ 23. Конструктивні особливості та технічні характеристики конденсаційних насосів (КН), циркуляційних насосів, сітьових насосів. Слайди: конденсаційних насосів, циркуляційних та сітьових насосів.</p> <p>Завдання на СРС. Ознайомитись з ЖН зарубіжних фірм і з насосами допоміжних систем.</p>
	РОЗДІЛ 9. Конструкція основних вузлів насосного агрегату.
24.	<p>Тема 9.1. Підшипникові опори. Вимоги до підшипникових опор. Конструкційні особливості підшипників сковзання.</p> <p>ЛЕКЦІЯ 24. Підшипникові опори. Розвиток підшипникового сковзання. Тертя у опорах сковзання. Конструктивні особливості підшипникового сковзання. Слайди гідродинамічних радіальних підшипників (втулочний, сегментний, самовстановлений), гідродинамічних осьових</p>

	<p>підшипників, радіально-опірного підшипника, гідростатичних радіальних підшипників та ін.</p> <p>Завдання на СРС. Ознайомитись з різними конструкціями підп'ятників гідродинамічних осьових підшипників.</p>
25.	<p>Тема 9.2. Ущільнення. Конструкційні схеми ущільнень. Вимоги, які висувуються до ущільнюючих пристроїв.</p> <p>ЛЕКЦІЯ 25. Ущільнення валу з радіальним зазором. Торцеві ущільнення валу. Слайди ущільнення з плаваючим кільцем, конструкції торцевого ущільнення насосів реактора РБМК-1000.</p> <p>Завдання на СРС. Ознайомитись з конструкціями ущільнень насосів зарубіжних фірм.</p>
	<p>РОЗДІЛ 10. Основи експлуатації насосів та напрямки розвитку ГЦН АЕС.</p>
26.	<p>Тема 10.1. Обслуговування насосів. Характерні неполадки насосів. Експлуатація ГЦН-195М, ГЦН-317, ЦВН-8.</p> <p>ЛЕКЦІЯ 26. Основи експлуатації насосів. Характерні неполадки насосів. Обв'язка ГЦН-195М. Слайд обв'язки ГЦН-195М.</p> <p>Завдання на СРС. Ознайомитись із схемами обв'язки ГЦН-317 та ЦВН-8.</p>
27.	<p>ЛЕКЦІЯ 27. Залік</p>

Основною метою практичних занять є допомога з обранням спеціалізації на магістерському рівні навчання і майбутнім працевлаштуванням. Нижче наведено приблизний перелік тем практичних занять:

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1.	Тема 3.1. Розрахунок основних параметрів насосів та їх характеристик. <u>Заняття 1.</u> Визначення подачі, тиску, питомої роботи та напору насосу, кавітаційного запасу, потужності, коефіцієнту корисної дії.
2.	Тема 3.2. Втрати у насосах. Розрахунок гідравлічних, об'ємних та механічних втрат. <u>Заняття 2.</u> Розрахунок гідравлічних, об'ємних та механічних втрат.
3.	Тема 3.3. Розрахунок та профілювання робочих коліс відцентрових насосів. <u>Заняття 3.</u> Алгоритм розрахунку та профілювання робочих коліс відцентрових насосів.
4.	Тема 3.4. Розрахунок та профілювання лопасті робочого колеса відцентрового насосу. <u>Заняття 4.</u> Алгоритм розрахунку та профілювання лопасті робочого колеса відцентрового насосу.
5.	Тема 3.5. Розрахунок та профілювання спірального відводу відцентрового насосу. <u>Заняття 5.</u> Алгоритм розрахунку та профілювання спірального відводу відцентрового насосу. <u>Заняття 6.</u> Алгоритм гідравлічного розрахунку проточної частини відцентрового насосу.
6.	Тема 3.6. Осьові сили у лопатевих відцентрових насосах (ЛВН). Визначення статичного тиску на виході із колеса ЛВН. <u>Заняття 7.</u> Розрахунок статичного тиску на виході із колеса ЛВН. Модульна контрольна робота.
7.	Тема 3.7. Спільна робота насосів та мережі. <u>Заняття 8.</u> Перевірочний розрахунок системи насос-мережа при їх спільній роботі.
8.	Тема 3.8. Регулювання режиму роботи насосу. <u>Заняття 9.</u> Розрахунок характеристик мережі та насосу при різних режимах роботи.

6. Самостійна робота студента/аспіранта

РОЗДІЛ 3. Проточна частина відцентрових та осьових насосів.

Тема 3.1. Основні параметри насосів та їх характеристики. Класифікація насосів. Основи теорії лопатевих відцентрових насосів. Основне рівняння насосу. Подібність лопатевих насосів. Коефіцієнт швидкості в насосах. Втрати в насосах.

Завдання на СРС. Вивчити безрозмірні характеристики для динамічних насосів. Ознайомитись з методикою розрахунку гідравлічних, механічних та об'ємних втрат у насосах.

Тема 3.2. Розрахунок лопатевих насосів методом моделювання. Підводи. Випробування підводів. Спіральні та лопатеві відводи. Гідравлічний розрахунок проточної частини відцентрового насосу.

Завдання на СРС. Вивчити матеріал по профільованню каналу колеса у меридіанному перерізі і профільованню лопасті.

Розробити програму гідравлічного розрахунку проточної частини відцентрового насосу, профілю лопаті та профілю гвинтового відводу.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Академічна доброчесність

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>

Норми етичної поведінки

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>

Відвідування занять

Відвідування лекцій, практичних занять та консультацій не оцінюється. Однак, студентам рекомендується їх відвідувати, оскільки на них викладається теоретичний та практичний матеріал, розвиваються навички, необхідні для виконання практичних завдань та успішного написання КР, виконання РР та самостійних робіт.

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 (згідно "Положення про систему забезпечення якості вищої освіти у Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, "Положення про організацію навчального процесу”).

Дотримання положень «Кодексу честі КПІ ім. Ігоря Сікорського» (розділи 2 та 3)

Співпраця студентів у розв'язанні проблемних завдань дозволена, але відповіді кожний студент захищає самостійно. Взаємодія студентів під час іспиту категорично забороняється і будь-яка така діяльність буде вважатися порушенням академічної доброчесності згідно принципів університету щодо академічної доброчесності.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Види контролю знань студента з дисципліни:

- відповіді на лекційних та практичних заняттях;
- виконання СРС;
- виконання МКР;
- календарний контроль (проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог PCO);
- відповідь на заліку.

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, які він отримує за:

- 1) шість відповідей в середньому кожного студента на лекційних і практичних заняттях (на одному занятті опитуються приблизно 2 студенти; при середній чисельності групи 10 осіб, двадцять три лекції і три практичних заняття: $2 \cdot 26 / 10 \approx 6$ відповідей);
- 2) виконання завдань СРС;
- 3) виконання однієї МКР;
- 4) відповідь на заліку при виконанні умов допуску і бажанні студента підвищити оцінку.

Система рейтингових балів та критерії оцінювання

1. Опитування

Ваговий бал — 5. Максимальна кількість балів студента на всіх заняттях: $r_1 = 5$ балів $\times 6 = 30$ балів.

Критерії оцінювання:

5 балів — повна вірна відповідь на поставлене запитання; **4 бали** — відповідь має несуттєві помилки; **3 бали** — неповна відповідь; **2 бали** — наявність несуттєвих помилок в неповній відповіді, **1 бал** — наявність суттєвих помилок в неповній відповіді, **0 балів** — відсутність відповіді.

2. Виконання СРС

Лекційні заняття

Ваговий бал — 1. Максимальна кількість балів студента за десять завдань (завдання СРС видаються після лекції, строк задачі завдання – не пізніше ніж через тиждень): $r_{2л} = 1$ бал $\times 10 = 10$ балів. Виконане завдання надається викладачу у вигляді конспекту, виконання завдань СРС обов'язкове.

Критерії оцінювання:

1 бал — в повному об'ємі і вчасно надане завдання; **0 балів** — не вчасно надане завдання.

Штрафні бали:

– несвоєчасне представлення виконаного завдання СРС без поважної причини (хвороба) — **1 бал**.

Практичні заняття

Ваговий бал — 5. Максимальна кількість балів студента за чотири заняття (завдання СРС видаються після практичного заняття, строк задачі завдання – не пізніше ніж через тиждень): $r_{2пр} = 5$ балів $\times 4 = 20$ балів. Виконане завдання надається викладачу у вигляді конспекту, виконання завдань СРС обов'язкове.

Критерії оцінювання:

5 бали — в повному об'ємі, вчасно і вірно виконане завдання; **4 бали** — в повному об'ємі, вчасно але з несуттєвими недоліками виконане завдання; **3 бали** — в повному об'ємі, вчасно але з суттєвими недоліками виконане завдання; **2 бали** — в повному об'ємі, але не вчасно та з несуттєвими недоліками виконане завдання; **1 бал** — в не повному об'ємі, не вчасно та з суттєвими недоліками виконане завдання; **0 балів** — не вчасно, або не вірно виконане завдання.

Штрафні бали:

– несвоєчасне представлення виконаного завдання СРС без поважної причини (хвороба) — **1 бал**.

Максимальна кількість балів $r_2 = r_{2л} + r_{2пр} = 30$ балів.

3. Модульна контрольна робота (МКР)

Максимальна кількість балів за МКР дорівнює $r_3 = 40$ балів.

Критерії оцінювання:

40...36 балів — повна вірна відповідь на завдання; **35..30 бали** — відповідь має несуттєві помилки; **29..25 бали** — неповна відповідь; **24..15 бали** — неповна відповідь з несуттєвими недоліками; **14...0 балів** — наявність суттєвих помилок в неповній відповіді або відсутність відповіді, МКР не зараховано.

4. Залік

Залік проводиться у письмово-усній формі. Залікова робота складається з чотирьох теоретичних питань. Тобто, максимальна кількість балів за виконану залікову роботу: $10 \cdot 4 = 40$ балів.

Критерії оцінювання:

Кожне питання залікової роботи оцінюється згідно до системи оцінювання:

- правильне раціональне рішення, або повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – **10...9 балів**;
- достатньо повна відповідь, правильне рішення (не менше 70% потрібної інформації, або незначні неточності) – **9...7 балів**;
- неповна відповідь, рішення з помилками (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – **6...4 балів**;
- незадовільна відповідь, або відсутність рішення (менше 60% потрібної інформації та помилки) – менше **3 балів**.

Штрафні бали:

- додаткове питання з тем лекційного курсу та практичних занять отримують студенти, які не брали участі у роботі певного заняття. Незадовільна відповідь з додаткового питання знижує загальну оцінку на **3 бали**.

Розрахунок шкали рейтингу з дисципліни (R_D):

Сума вагових балів контрольних заходів в семестрі (стартовий рейтинг) складає:

$$R_C = r_1 + r_2 + r_3.$$

де r_i — рейтингові або вагові бали за кожний вид робіт з дисципліни.

Максимально можливий стартовий рейтинг: $R_C = 30+30+40= 100$ балів.

Необхідною умовою допуску до заліку є позитивна оцінка з виконання всіх завдань СРС та стартовий рейтинг не менше $0,25 \times R_C = 25$ балів.

Якщо в продовж семестру студент отримав більше 60 балів, він має право отримати оцінку «автоматом» згідно таблиці відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою (див. нижче). **Найвища оцінка «автоматом» не виставляється.**

Студенти, які набрали в семестрі рейтинг з дисципліни менше ніж 25 балів, або не виконали умов допуску на залік, зобов'язані до початку екзаменаційної сесії підвищити його, інакше вони не допускаються до заліку з цієї дисципліни і мають академічну заборгованість.

Залікова складова R_3 шкали складає: **$R_3 = 40$.**

Таким чином, максимальна кількість балів при здачі заліку за рейтинговою шкалою з дисципліни (у рейтингових балах не враховуються бали за виконання завдань МКР) складає:

$$R_D = R_C + R_3 = 60 + 40 = 100 \text{ балів.}$$

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

Процедура оскарження результатів контрольних заходів

Студенти мають право і можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто згідно із наперед визначеними процедурами (детальніше: https://osvita.kpi.ua/2020_7-170, https://document.kpi.ua/files/2020_7-170.pdf).

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)

В умовах дистанційного режиму організація освітнього процесу здійснюється з використанням технологій дистанційного навчання: платформи дистанційного навчання «Сікорський» та «Електронний кампус». Навчальний процес у дистанційному режимі здійснюється відповідно до затвердженого розкладу навчальних занять. Заняття проходять з використанням сучасних ресурсів проведення онлайн-зустрічей (організація відео-конференцій на платформі Zoom).

Навчання в умовах правового режиму воєнного стану передбачає:

- проведення усіх видів занять дистанційно (з використанням синхронної або асинхронної моделі освітньої взаємодії), у відповідності до Регламенту організації освітнього процесу в дистанційному режимі та Положення про дистанційне навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського;
- перенесення кінцевих термінів виконання індивідуальних завдань і завдань самостійної роботи на кінець семестру (з обов'язковим виконанням і захистом);
- внесення у рейтингову систему оцінювання змін стосовно нарахування штрафних балів - за не своєчасне виконання завдань: штрафні бали не нараховуються.

Для студентів існує можливість зарахування (у вигляді додаткових балів до рейтингу до 20 балів):

- сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за тематикою дисципліни;
- сертифікатів, які підтверджують участь у науково–практичних і наукових конференціях за тематикою дисципліни;
- публікація статті у науковому журналі за тематикою дисципліни.

Додаток 1

Перелік питань, які виносяться на модульну контрольну роботу

1. Розрахунок основних параметрів насосів: подачі, тиску, питомої роботи, напору, кавітаційного запасу, потужності та ККД.
2. Алгоритм гідравлічного розрахунку проточної частини відцентрового насосу.
3. Розрахунок та профілювання лопаті робочого колеса відцентрового насосу.
4. Розрахунок і профілювання спірального відводу відцентрового насосу.
5. Подібність лопатевих насосів. Рівняння подібності. Розрахунок лопатевих насосів методом моделювання.
6. Регулювання режиму роботи насосу. Розрахунок характеристик мережі та насосу при різних режимах роботи.

Додаток 2

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль

1. Розрахунок основних параметрів насосів: подачі, тиску, питомої роботи, напору, кавітаційного запасу, потужності та коефіцієнту корисної дії.
2. Алгоритм гідравлічного розрахунку проточної частини відцентрового насосу.
3. Розрахунок і профілювання лопаті робочого колеса відцентрового насосу.
4. Розрахунок та профілювання спірального відводу відцентрового насосу.
5. Подібність лопатевих насосів. Рівняння подібності. Коефіцієнт швидкохідності.
Розрахунок лопатевих насосів методом моделювання.
6. Регулювання режиму роботи насосу. Розрахунок характеристик мережі насосу при різних режимах роботи.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом каф. АЕС і ІТФ, к.т.н. Бібіком Тимофієм Вікторовичем

Ухвалено: кафедрою АЕС і ІТФ (протокол № 15/а від 30.06. 2022 р.)

Погоджено: Методичною комісією ТЕФ (протокол № 9 від 30.06. 2022 р.)