

ЛИСТ ЗАТВЕРДЖЕННЯ

Робоча програма з навчальної дисципліни

Гідравлічна нестационарність гідроагрегатів ГЕС та ГАЕС

(назва навчальної дисципліни)

Розробники:

доц. каф. Гідравлічні машини, к.т.н., доцент

(посада, науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Юрій КУХТЕНКОВ

(ініціали та прізвище)

(посада, науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

(ініціали та прізвище)

Робоча програма розглянута та затверджена на засіданні кафедри

каф. Гідравлічні машини ім. Г.Ф. Проскури

(назва кафедри)

Протокол від « 12 » 06 2019 року № 15

Завідувач кафедри

Гідравлічні машини ім. Г.Ф. Проскури

(назва кафедри)

(підпис)

Михайло ЧЕРКАШЕНКО

(ініціали та прізвище)

ЛИСТ ПЕРЕЗАТВЕРДЖЕННЯ РОБОЧОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ПРОГРАМИ

Дата засідання кафедри – розробника РПНД	Номер протоколу	Підпис завідувача кафедри	Підпис голови НМК (для дисциплін загальної підготовки та дисциплін професійної підготовки за спеціальністю) або завідувача випускової кафедри (для дисциплін професійної підготовки зі спеціалізації, якщо РПНД розроблена не випусковою кафедрою)

МЕТА, КОМПЕТЕНТНОСТІ, РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ ТА СТРУКТУРНО-ЛОГІЧНА СХЕМА ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Мета: формування у студентів інженерних знань в галузі гідравлічних нестационарних явищ, причин їхнього утворення, способів розрахунку, зменшення їхньої інтенсивності в гідромашинах.

Компетентності: здатність виконати розрахунки амплітуд і частот пульсацій тиску, а також втрати від вихрових джугтів у відсмоктуючій трубі гідротурбін та обертового зриву у оборотній гідромашині, визначити пульсації тиску та сил експериментальним шляхом, побудувати пульсаційні характеристики, запропонувати конкретні заходи для зниження рівня нестационарності.

Результати навчання: знати причини виникнення і класифікацію нестационарних явищ у турбомашин, гідравлічні збурюючі сили, рівняння теорії вихорів, фізичні та математичні моделі вихрових джугтів та обертового зриву, амплітудні та частотні пульсаційні характеристики турбомашин, кромкові сліди, характеристики неоднорідності потоку перед та за решітками, методи експериментального визначення пульсацій тиску, сил та моментів, а також конструктивні та режимні заходи по зменшенню їхньої інтенсивності.

Структурно-логічна схема вивчення навчальної дисципліни

Попередні дисципліни:	Наступні дисципліни:
Математика	Гідравлічні турбіни та оборотні гідромашини
Фізика	Гідравлічні машини і передачі
Теоретична механіки	Експлуатація гідроенергетичного обладнання
Механіка в'язкої рідини	Проектування лопатевих гідромашин

ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

(розподіл навчального часу за семестрами та видами навчальних занять)

Семестр	Загальний обсяг (годин) / кредитів ECTS	З них		За видами аудиторних занять (годин)			Індивідуальні завдання студентів (КП, КР, РГ, Р, РЕ)	Поточний контроль	Семестровий контроль	
		Аудиторні заняття (годин)	Самостійна робота (годин)	Лекції	Лабораторні заняття	Практичні заняття, семінари			Залік	Екзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
10	150/5	80	70	64	16		Р	1	+	-

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до загального обсягу у семестрі складає 53,33 (%)

СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

№ з/п.	Види навчальних занять (Л, ЛЗ, ПЗ, СР)	Кількість годин	Номер семестру (якщо дисципліна викладається у декількох семестрах). Назви змістових модулів. Найменування тем та питань кожного заняття. Завдання на самостійну роботу.	Рекомендована література (базова, допоміжна)
1	2	3	4	5
Змістовий модуль № 1 – Вступ. Фізичні і математичні моделі джгутових пульсацій тиску за робочим колесом гідротурбіни. (2 К)				
Тема 1. Передмова.				
1	Л	2	Причини виникнення нестационарних явищ.	1-5
2	Л	2	Класифікація нестационарних явищ у лопатевих гідромашинах і приводах.	
3	С	2	Приклади пошкодження гідроагрегатів.	
Тема 2. Гідравлічні збурюючі сили.				
3	Л	2	Збурюючі сили при сталих та несталих режимах роботи.	1,4,5
4	Л	2	Вплив спіральної камери, статора та напрямного апарату на нестационарні явища в гідротурбінах та оборотних ГМ.	
5	С	4	Зрив вихорів з лопатей робочих коліс (р.к.) та вихороутворення. Нестационарність, що пов'язана з кавітацією. Нестационарність від помпажа та обертового зриву у вітродувках, компресорах і насосах.	
6	С	2		
7	С	2		
8	ЛЗ	2	Розрахунок амплітуд і частот пульсацій тиску за моделлю Пазі.	
9	ЛЗ	2	Датчики тиску й зонди. Тарировка датчиків тиску.	
Тема 3. Вихрові рухи.				
10	Л	2	Рівняння Гельмгольца. Вихрові нитки.	6,7
11	Л	2	Рух системи вихорів.	
12	Л	2	Сталість ланцюжків Кармана.	
13	Л	2	Узагальнення теореми Жуковського М.Є. на несталий рух приєднаних вихорів.	
14	С	4	Розподіл тисків при вихорі кінцевого розміру.	
Тема 4. Вихровий джгут у відсмоктуючій трубі гідротурбіни				
15	Л	2	Вихровий джгут у відсмоктуючій трубі гідротурбіни.	1,4-6,8,11,12
16	Л	2	Фізичні та математичні двовимірні та тривимірні моделі вихрового джгута.	
17	Л	2	Інтенсивність, ексцентриситет, кут підйому та діаметр поперечного перерізу вихрового джгута.	
18	Л	2	Визначення амплітуд та частот пульсацій тиску для одновихрових та багатовихрових схем.	
19	С	2	Визначення амплітуд на основі інтегралу Бернуллі.	
20	С	4	Визначення амплітуд на основі інтеграл Коші-Лагранжа.	
21	С	4	Гідравлічні втрати, обумовлені обертанням вихр.	

22	С	2	джгута. Заходи зі зменшення низькочастотних пульсацій тиску від вихрових джгутів.	
23	ЛЗ	2	Побудова пульсаційної характеристики від вихрових джгутів за спрощеною двовимірною моделлю.	
			Модульний контроль (контрольна робота)	
Змістовий модуль № 2 – Розрахунок амплітуд і частот пульсацій тиску у відсмоктуючій трубі гідротурбіни. (2 К)				
Тема 5. Моделювання гідравлічних нестационарних явищ				
24	Л	2	Моделювання гідравлічних нестационарних явищ у відсутності розриву порожнини	1,4
25	С	4	Впуск повітря та кавітаційні явища.	
Тема 6. Пульсаційні характеристики				
26	Л	2	Характеристики пульсацій тиску, сил та моментів.	1,5,8,11,12
27	Л	2	Побудова теоретичних пульсаційних і експериментальних характеристик на основі модельних випробувань.	
28	С	4	Побудова теоретичних пульсаційних і експериментальних характеристик на основі натурних випробувань.	
29	ЛЗ	2	Побудова пульсаційних характеристик в гідротурбіні	
Тема 7. Нестационарні явища у лопатевих системах				
30	Л	2	Неоднорідність потенціального потоку перед та поза решіткою.	1,2
31	Л	2	Кромкові сліди. Характеристики неоднорідності	
32	Л	2	Нестационарні гідравлічні сили, які діють на лопаті та лопатки.	
33	Л	2	Втрати, обумовлені періодичною нестационарністю.	
34	С	4	Автоколивання.	
35	Л	2	Види флатера.	
36	Л	2	Зменшення нестационарних сил.	
Тема 8. Нестационарні явища у вітродувках, компресорах та насосах.				
37	Л	2	Помпаж та обертовий зрив.	3
38	Л	2	Прості рішення задач про помпаж.	
39	ЛЗ	2	Зони зриву. Їхня ширина, число, швидкість	
40	Л	2	розповсюдження.	
41	С	4	Вихрова схема.	
42	Л	2	Розрахунок зон зриву при помпажі.	
43	С	4	Помпаж у вітродувках.	
Тема 9. Вимірювання нестационарних потоків та обробка експериментальних даних				
44	Л	2	Вимірювання пульсацій швидкостей та тисків.	1-5,9,10
45	Л	2	Параметричні та генераторні датчики тиску. Підсилювальна та реєструюча апаратура.	
46	Л	2	Аналізатори спектру частот. Термоанемометри.	
47	Л	2	Вимірювання пульсуючих моментів на лопатях р.к. та лопатках н.а.	
48	С	4	Вимірювання осьових сил, крутних моментів та радіальних сил.	
49	С	4	Модельні та натурні випробування.	
50	СР	2	Математична обробка експериментальних даних.	

51	ЛЗ	2	Побудова пульсаційних характеристик від вихрового джгута за моделлю Григор'єва.	
52	ЛЗ	2	Вимірювання моментів на лопатях р.к. та лопатках н.а.	
Тема 10. Візуалізація течій				
53	Л	2	Способи візуалізації потоків у проточній частині.	1,3,4
54	Л	2	Способи візуалізації потоків у окремих її елементах.	
55	Л	2	Способи візуалізації потоків на моделях гідромашин.	
56	С	4	Способи візуалізації потоків в натурних гідромашинах	
57	С	4	Експериментальні стенди й устаткування.	
58	С	4	Апаратура, що використовується при візуалізації потоків.	
59	ЛЗ	2	Візуалізація течій в проточній частині гідромашини за допомогою стробоскопу.	
60	С	4		
Разом (годин)		150	Залік	

Примітки

1. Номер семестру вказують, якщо дисципліна викладається у декількох семестрах.
2. У показнику «Разом (годин)» кількість годин буде відрізнятися від загальної кількості аудиторних годин на кількість годин, що відведена на вивчення тем та питань, які вивчаються студентом самостійно (п. 3 додатку 8).
3. У графі 5 вказується номер відповідно до Додатку 14

САМОСТІЙНА РОБОТА

№ з/п	Назва видів самостійної роботи	Кількість годин
1	Опрацювання лекційного матеріалу	16
2	Підготовка до практичних(лабораторних) занять	8
3	Самостійне вивчення тем та питань, які не викладаються на лекційних заняттях	16
4	Виконання індивідуального завдання (Р)	30
5	Інші види самостійної роботи	-
	Разом	70

ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ

Розрахункова робота

(вид індивідуального завдання)

№ з/п	Назва індивідуального завдання та (або) його розділів	Терміни виконання (на якому тижні)
1	Розрахунок параметрів пульсаційних характеристик на основі двовимірної моделі руху від вихрового джгута у відсмоктуючій трубі гідротурбіни. Побудова амплітудної та частотної характеристик пульсації тиску від обертання вихрового джгута за робочим колесом.	15-16

МЕТОДИ НАВЧАННЯ

На лекціях використовуються відеоматеріали, інтерактивні методики, логічні методи, відбувається робота з науковою літературою, складання графічних схем і таблиць. В організації занять застосовуються плакати, креслення, макети, експериментальний стенд, ЕОМ, підсилювальна та реєструюча апаратура, аналізатори спектра частот, стробоскоп. Для придбання навичок самостійної роботи на лабораторних роботах кожний студент в процесі навчання виконує завдання творчого характеру. На практичних заняттях прищеплюються навички практичного застосування знань та вмінь, які отримані на лекціях.

Для досягнення основної мети навчання програмою передбачені наступні форми навчання:

- фронтальна форма навчання, коли усі студенти під контролем викладача виконують одне і теж завдання одночасно;
- індивідуальна форма навчання, коли студенти виконують завдання послідовно, один за одним.

При цьому, залежно від необхідності досягнення рівнів знання чи вміння викладач повинен використовувати наступні методи:

пояснювально-ілюстраційний метод, при якому викладач доводить готову інформацію різними засобами, а студенти її сприймають, усвідомлюють та фіксують у пам'яті. Цей метод є одним із найбільш економічних способів передачі знань, передбачає використання таких засобів інформації, як слово (усне і друковане), різні наочні посібники, плакати, відео- і кінофільми, комп'ютерний ілюстраційний матеріал і т. ін. Знання, які отримані в результаті реалізації цього методу не формують вміння, цей метод використовується для досягнення рівня "Знати";

репродуктивний метод, головною ознакою якого є доведення і повторення способу діяльності, згідно завдання викладача. Він повинен використовуватися при проведенні практичних занять. Використовуючи цей метод, викладач досягає рівня "Вміти" при вивченні теми.

Вищевказані методи надають студентам знання, вміння, навички. Для розвитку їх творчих здібностей викладач повинен використовувати методи проблемного навчання: проблемне викладання, частково-пошуковий (евристичний) метод, винахідницький метод.

Проблемне викладання використовується викладачем при постановці проблеми перед тими, хто навчається і подальшого її вирішення, але при цьому викладач показує шляхи рішення, розкриває хід своєї думки. Цей метод повинен застосовуватись викладачем під час проведення практичних занять. Безпосереднім результатом проблемного викладання повинно бути засвоєння студентом способу і логіки вирішення конкретної проблеми, але ще без вміння застосовувати їх самостійно. Цей метод навчає студентів способу отримання знань. З його допомогою вони отримують навички творчого мислення.

Частково-пошуковий (евристичний) метод служить меті поступового наближення студентів до самостійного вирішення проблем шляхом попереднього навчання

виконання окремих елементів рішення. Використовується при виконанні практичних завдань по прийняттю рішення коли спосіб пошуку оптимального рішення визначає викладач, але рішення знаходить сам студент.

Винахідницький метод є необхідним для повноцінного засвоєння досвіду творчої діяльності. Викладач використовує його для забезпечення творчого застосування знань, оволодіння методами наукового пізнання, формування риси творчої діяльності є умовою формування зацікавленості, потребу в такій формі діяльності. Формами застосування цього методу є: завдання на самостійну роботу.

Тільки проблемні методи забезпечують глибоке засвоєння знань на рівні їх творчого застосування, оволодіння методами творчого мислення, досвідом практичної і творчої діяльності.

Професійна спрямованість навчання студентів забезпечується застосуванням методу проблемно-пошукового подання навчального матеріалу і нормативного обґрунтування практичного навчання. Цей метод реалізується дотриманням положень нормативної частини освітньо-кваліфікаційної характеристики випускника університету щодо відповідності змісту і повноти набутих студентами вмій функціям та типовим завданням діяльності на інженерних посадах за призначенням

МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

Складовою частиною процесу навчання є система контролю та звітності студентів за якістю засвоєння навчального матеріалу. Головна мета контролю полягає у забезпеченні наукового рівня придбаних студентами знань, міцності сформованих у них вмій та навичок.

Контроль успішності та якості підготовки студентів включає:

вхідний контроль; поточний контроль; самоконтроль;
модульний контроль; підсумковий контроль.

Кількість контрольних заходів, форми їх проведення, періодичність доводяться до студентів на початку вивчення дисципліни та навчального семестру.

Вхідний контроль проводиться перед вивченням навчальної дисципліни з метою визначення рівня підготовки студентів із навчальних дисциплін, які забезпечують цю дисципліну. Він проводиться на одному з перших занять за завданнями (тестами), які відповідають навчальному матеріалу попередніх дисциплін. За результатами вхідного контролю розробляються заходи з надання індивідуальної допомоги студентам, коригування навчального процесу.

Поточний контроль – опитування за теоретичним матеріалом, захист індивідуальних завдань, що були запропоновані в процесі навчання, виконання самостійних робіт, написання контрольних робіт, семестровий контроль – усний іспит. Проводиться викладачами на всіх видах навчальних занять.

Форми проведення поточного контролю та критерії оцінки рівня знань визначаються кафедрою. Основні форми поточного контролю: усне опитування, письмовий контроль, тестування в т.ч. із застосуванням ЕОТ, виконання та захист

лабораторних і практичних, передбачених робочою програмою модуля навчальної дисципліни

Основна мета поточного контролю - постійне отримання викладачем інформації про якість засвоєння студентами матеріалу навчальної дисципліни, перевірка готовності студентів до виконання наступних навчальних завдань, а також управління їх навчальною мотивацією.

Результати поточного контролю використовуються для коригування методів і засобів навчання та враховуються на іспитах.

Кількість балів для визначення результатів поточного контролю залежить від рівня знань студента, вміння використовувати їх при виконанні практичних завдань, навичок роботи з електронно-обчислювальною технікою тощо.

Результати поточного контролю фіксуються в журналі обліку навчальних занять наступним чином: у чисельнику - по 4-бальній шкалі, в знаменнику - кількість балів, яка відповідає даній оцінці по 100-бальній шкалі.

Самоконтроль призначений для самооцінки студентами якості засвоєння навчального матеріалу з конкретної теми навчальної дисципліни. З цією метою в навчальних завданнях з кожної теми передбачаються питання для самоконтролю. Більша ефективність самоконтролю забезпечується спеціальними програмами самоконтролю та самооцінки, які є складовими частинами електронних тестових програм.

Самоконтроль здійснюється у формі тестування на ПЕОМ за тему, розділ, навчальну дисципліну.

Модульний контроль полягає в оцінюванні результатів навчання студентів із вивчення навчального матеріалу змістового модуля за результатами поточних контролів і контрольних заходів.

Структура завдань, система проведення модульного контролю та критерії оцінки рівня знань, розробляються кафедрою та визначаються в програмах (робочих програмах) навчальних дисциплін. Він проводиться у тижні для контрольних заходів відповідно до графіку навчального процесу.

Модульний контроль є обов'язковим. За результатами поточного контролю студент не може бути звільненим від модульного контролю.

До модульних контролів студенти допускаються без будь-яких обмежень. Критерії оцінювання результатів виконання завдань за контрольний захід доводиться до відома студентів перед початком його проведення.

У разі порушення студентом встановленого порядку здійснення контрольного заходу (списування, підміна завдання, використання недозволених матеріалів чи засобів) викладач відстороняє цього студента від виконання завдання, робить позначку в журналі обліку навчальних занять, оцінює його роботу в нуль балів (незадовільно).

Студентам забороняється обмінюватись інформацією у будь-якій формі, або використовувати інші матеріали та засоби, крім дозволених.

Студент, який на модульному контролі отримав оцінку «незадовільно», повинен скласти його повторно і отримати позитивну оцінку, в іншому випадку він до

підсумкового контролю не допускається. Студент не може повторно скласти модульний контроль з метою підвищення оцінки.

Відмова студента від відповіді на білет (тест) оцінюється як незадовільна відповідь. Форми модульного контролю: усне опитування; письмовий контроль; тестування (в т.ч. із застосуванням ЕОТ); виконання практичних завдань. Модульний контроль проводиться в ході одного із навчальних занять наприкінці вивчення змістового модулю протягом 90 хвилин у вигляді контрольної роботи.

Розроблені для проведення білети (тести) повинні забезпечувати перевірку теоретичної та практичної підготовки тих, хто навчається.

Для проведення модульного контролю та оцінки якості засвоєння змісту навчання для кожного змістового модуля встановлюється максимальна кількість балів - 100, яку може набрати студент під час навчання та за результатами контрольних заходів.

Підсумковий контроль проводиться у вигляді іспиту в термін, встановлений графіком навчального процесу та в обсязі навчального матеріалу, визначеному робочою програмою навчальної дисципліни.

Форма проведення контролю обговорюються на засіданні кафедри і затверджуються завідувачем кафедри не пізніше ніж за місяць до початку складання контрольного заходу. Названі матеріали дійсні протягом навчального року, вони є складовою навчально-методичної документації з дисципліни і зберігаються на кафедрі. Можливе поєднання різних форм контролю.

НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Розширений план лекцій, плани практичних занять, завдання для лабораторних робіт, самостійної роботи, питання й задачі для поточного та підсумкового контролю знань і вмінь студентів, завдання для комплексної контрольної роботи розміщені на сайті кафедри: <http://www.kpi.kharkiv.edu/gdm>

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Базова література

1	Владиславлев Л.А. Вібрації гідроагрегатів гідроелектричних станцій. - К.: Машинобудування, 1972. - 176 с.
2	Самойлович Г.Г. Порушення коливань лопаток турбомашин.- К.: Машинобудування, 1975.-288с.
3	Єршов В.М. Несталі режими турбомашин. - К.: Машинобудування, 1996.
4	Аносов Ф.В. та ін Модельні дослідження гідротурбін. - К.: Машинобудування, 1971.
5	Довідник з гідротурбін / За ред. Н.М. Ковальова. - К.: Машинобудування, 1984. - 496 с.
6	Сєдов Л.І. Механіка суцільних середовищ. - К.: Наука, 1970. - Т.2. - 568 с.
7	Лойцянский Л.Г. Механіка рідини та газу. - К.: Наука, 1950. - 678 с. (http://library.kpi.kharkov.ua)
8	Бондаренко А.В. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи "Вимірювання пульсацій тиску в гідротурбінах". - Харків: ХПІ, 1984.
9	Менлі Р. Аналіз та обробка записів. - К.: Машинобудування, 1972. - 322 с.
10	Зав'ялов П.С., Краснопольська Л.І. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи «Розрахунок статичних характеристик нестационапностей у гідромашинах з використанням ЕОМ». – Харків: ХПІ, 1986. – 16 с.

Допоміжна література

11	Зав'ялов П.С., Кухтенков Ю.М. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи «Вимір статичної в динамічної складових поворотного моменту поворотно-лопатевих осьових і діагональних турбін» за курсами «Нестационарні явища в гідромашинах», «Гідравлічні турбіни і оборотні гідромашини», «НДРС» для студентів усіх форм навчання спеціальності 7.090209 «Гідравлічні і пневматичні машини». – Харків: ХДПУ, 2000. – 24 с.
12	Зав'ялов П.С., Жиленко В.Д., Бондаренко А.В. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи «Вимірювання пульсації моменту на лопатках напрямного апарату гідротурбін і оборотних гідромашин». – Харків: ХДПУ, 2001. – 16 с.

ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ В ІНТЕРНЕТІ

<http://www.kpi.kharkiv.edu/gdm/>

<http://library.kpi.kharkov.ua>

<http://library.nung.edu.ua/>

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

Кафедра _____ Гідравлічні машини ім. Г.Ф. Проскури _____

Спеціальність _____ 145 – Гідроенергетика _____
(шифр і назва)

Освітня програма _____ Гідроенергетика _____

Форма навчання _____ денна _____
(денна / заочна)

Навчальна дисципліна _____ Гідравлічна нестационарність гідроагрегатів ГЕС та ГАЕС _____
(назва навчальної дисципліни)

Семестр 9 .

КОМПЛЕКС ЗАДАЧ ПОТОЧНОГО ТА ПІДСУМКОВОМУ КОНТРОЛЮ

Модульні контрольні роботи №1,2 – Розрахувати і побудувати у програмі «Surfer» амплітудно-частотні пульсаційні характеристики по математичним моделям Пазі, Мураками:

ПБ	Тип турбіни	$\frac{r_2}{R_2}$	R_2 , м	H_p , м	n_c , мин^{-1}	Q'_0 , $\text{м}^3/\text{с}$	n'_0 , мин^{-1}
1.	PO45	0,327	2	39	88,3	1,330	91
2.	PO75	0,329	2	67	125	1,15	78,5
3.	PO115	0,353	2	97	125	0,9	71
4.	PO170	0,512	1,5	157	200	0,7	0,7
5.	PO190	0,532	1,5	167	187,5	0,6	69
6.	PO230	0,565	1,5	197	187,5	0,58	67
7.	PO310	0,38	1,5	250	200	0,4	62,5
8.	PO45	0,327	2	38	88,3	1,380	93
9.	PO75	0,329	2	66	125	1,2	80,5
10.	PO115	0,353	2	96	125	0,93	73

Дані до розрахункових завдань 1-2

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**

Кафедра Гідравлічні машини ім. Г.Ф. Проскури

Спеціальність 145 – Гідроенергетика

(шифр і назва)

Освітня програма Гідроенергетика

Форма навчання денна

(денна / заочна)

Навчальна дисципліна Гідравлічна нестационарність гідроагрегатів ГЕС та ГАЕС

(назва навчальної дисципліни)

Семестр 9 .

**ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ ТА ЗАВДАНЬ, ВКЛЮЧЕНИХ ДО
ЕКЗАМЕНАЦІЙНИХ БІЛЕТІВ ІЗ ДИСЦИПЛІНИ**

Кількість білетів 20

Затверджено на засіданні кафедри

протокол № 5 від 15 грудня 2021 р.

Зав. кафедрою Роговий А.С.

(скорочена назва)

Екзаменатор Кухтенков Ю.М.

Додаток 6

ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ ДЛЯ ПРИЙОМУ ЗАЛІКУ

1. Приклади пошкодження гідроагрегатів.
2. Установлений і невстановлений режими. Аналітичний опис режимів.
3. Установлений режим: механічні, гідравлічні, електричні збурюючі сили.
4. Невстановлений режим: механічні, гідравлічні, електричні збурюючі сили.
5. Нерівномірність поля швидкостей у ПЧ гідротурбін: спіральна камера.
6. Нерівномірність поля швидкостей у ПЧ гідротурбін: статор та НА.
7. Нерівномірність поля швидкостей у ПЧ гідротурбін: РО робочі колеса.
8. Нерівномірність поля швидкостей у ПЧ гідротурбін: ПЛ робочі колеса.
9. Вимірювання параметрів вихрових джгутів на моделі та натурі.

10. Нерівномірність поля швидкостей у ПЧ гідротурбін: частоти збурюючих сил.
11. Вихровий джгут у відсмоктуючій трубі гідротурбіни. Дослідження Філатова.
12. Вихровий джгут у відсмоктуючій трубі гідротурбіни. Формули Рейнганса, Пазі, Тімме.
13. Флаттер робочих коліс гідротурбін: дослідження Келдиша.
14. Флаттер робочих коліс гідротурбін: дослідження Гроссмана Е.
15. Флаттер робочих коліс гідротурбін: дослідження Шліппе Р.
16. Дослідження висотного становища робочих коліс гідротурбін.
17. Підйом роторів гідротурбін.
18. Вихровий джгут в відсмоктуючій трубі. Перерахунок із моделі на натуру.
19. Плоска математична модель руху вихрових джгутів у ВТ. Швидкості, що індексуються вихорами. Застосування рівняння Бернуллі до розрахунку НЧПД.
20. Швидкості, що індукуються вихорями по моделі Нехліба.
21. Визначення циркуляції, частоти, ексцентриситету за втулковими перерізами для ПР та РО ГТ.
22. Побудова універсальної характеристики ПТ для гідротурбін.
23. Математична модель для визначення ПТ від вихорів з урахуванням вихрового шару 24. Визначення циркуляції за РК турбіни на середній поверхні струму (метод Мураками).
25. Рівняння Коші-Лагранжа.
26. Розподіл тисків у поперечному перерізі кругового циліндричного вихору.
27. Розподіл тисків у прямовісному циліндричному джгуті.
28. Вплив спеціальних конструктивних заходів на величину НЧПД у відсмоктуючій трубі.
29. Вплив впуску повітря на величину НЧПД у відсмоктуючій трубі.
30. Просторова математична модель розрахунку НЧПД у відсмоктуючій трубі
31. Спостереження за вібрацією гідроагрегату
32. Таблиця допустимих режимів роботи гідротурбін з вібрацією.
33. Номограми (Ротбона та Васильєва) на вібрацію гідроагрегатів.
34. Втрати в відсмоктуючих трубах гідротурбін.
35. Чотирьохкварантна характеристика ГАЕС.