



Національний університет
водного господарства
та природокористування

Міністерство вищої освіти і науки України

Національний університет водного господарства і природокористування
Навчально-науковий інститут водного господарства та природооблаштування

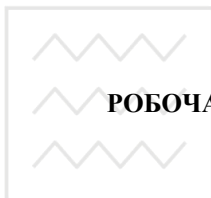
Кафедра гідроенергетики, теплоенергетики та гідравлічних машин

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Проректор з науково-педагогічної,
методичної та виховної роботи
_____ Лагоднюк О.А.

„___” _____ 2018р.

01-06-58



Національний університет

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Program of the Discipline

ТЕПЛОВІ ТА АТОМНІ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

HEAT AND ATOM POWER STATIONS

спеціальність 144 «Теплоенергетика»

speciality 144 “Heat power engineering”

Рівне-2018



Національний університет

водного господарства та природокористування
Робоча програма навчальної дисципліни: «Теплові та атомні електро-
станції». Для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика» - Рівне:
НУВГП 2018. - 14 ст.

Розробник: В.З. Кочмарський, канд. фіз. - мат. наук, доцент, доцент
кафедри гідроенергетики, теплоенергетики та гідравлічних машин.

Робочу програму схвалено на засіданні кафедри гідроенергетики, теп-
лоенергетики та гідравлічних машин.

Протокол від _____ 2018 року № ____.

Завідувач кафедри _____ (О.А. Рябенко)

Схвалено науково-методичною комісією спеціальністю 144 «Теплоє-
нергетика», протокол № від «__» _____ 2018 р.

Заст. голови науково-методичної комісії _____ О.Ю. Тимейчук

© В. Кочмарський, 2018
© НУВГП, 2018



Вступ

Програма навчальної дисципліни «Теплові та атомні електростанції» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалавра за спеціальністю 144 «Теплоенергетика». Предметом вивчення навчальної дисципліни є формування теоретичних знань та практичних навичок у студентів, що навчаються за спеціальністю 144. «Теплоенергетика» з питань досягнення економічних та екологічно безпечних режимів експлуатації теплових та атомних електростанцій. Курс має міждисциплінарний характер і є фундаментальним при підготовці теплоенергетиків. Його вивченню передують курси: вищої математики, фізики, хімії, електротехніки, гідрогазодинаміки та теплообміну.

Анотація

При вивченні дисципліни розглядається: класифікація електричних станцій (ТЕС та АЕС) та їх графіки електричного навантаження; основні термодинамічні цикли паротурбінних установок (ПТУ); шляхи підвищення ефективності ПТУ (використання перегрітої пари, проміжний пароперегрів та регенеративний підігрів живильної води). Енергетичні характеристики роботи електростанцій (абсолютний електричний ККД, його структура, питомі витрати пари та теплоти); теплофікаційні цикли та характеристики їх економічності; схеми регенеративного підігріву живильної води. Студенти знайомляться з основним та допоміжним технологічним обладнанням ТЕС. Розглядаються елементи фізики реакторів та основні типи ядерних енергетичних установок. Звертається увага на системи безпеки АЕС. Аналізуються перспективи розвитку ТЕС та АЕС в Україні, зокрема використання газотурбінних та парогазових установок. Вивчається основні фактори впливу електростанцій на довкілля: споживання природних ресурсів; теплові викиди, електромагнітне забруднення; радіація, газові викиди, забруднення води та землі.

Ключові слова: електрична енергія, теплові, атомні електростанції, регенеративний підігрів, електричний ККД, ядерні реактори, теплові викиди.

Introduction

Program of the subject “Heat and atom power stations” corresponds to educational and professional program for training bachelors by speciality 144 “Heat power engineering”. The subject of studies is formation of theoretical knowledge and practical skills for the students of the speciality 141 “Heat power engineering” are the issues of achieving ecologically safe regimes exploitation of heat and power stations. The course of study has interdisciplinary character and is the foundation for training thermal power engineering specialists. It is preceded by the courses in higher mathematics, chemistry, physics, electrical engineering and heat exchange.

Abstract

Program stipulates complex study of classification of electric power plants (TPP, NPP); graphs of electric load of plants, main thermodynamic cycles of steam turbine units (STU); ways of increasing of STU efficiency (use of overheated steam, intermediate steam overheating and regeneration heating of feed water); power characteristics of plants operation (absolute electric efficiency and its structure); power and heat generation cycles and characteristics of their economy. Students get aware of main and additional equipment of heat power plants; deal with elements of physics of reactors and the main types of nuclear power units; security systems of atomic power plants are given attention; perspectives of heat power and nuclear power stations development in Ukraine is analyzed, in particular, use of gas turbine and steamgas units; main factor of influence of power stations on the environment, in particular, consumption of natural resources; heat effluents; electromagnetic pollution; radiation emission, water and land pollutions.

Key words: power energy, heat, nuclear power plants, regeneration heating, electric efficiency, nuclear reactors, heat effluents.



1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів 5,0	Галузь знань 14 Електрична інженерія	Цикл фахової підготовки	
Модулів: 1	Спеціальність: 144 Теплоенергетика	Рік підготовки	
Змістовних модулів: 2		4-й	5-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання - немає		Семестр	
Загальна кількість годин: 150		7-й	9-й
		Лекції	
		28 год.	6 год.
		Практичні	
	28 год.	8 год.	
Тижневих годин денної форми навчання: аудиторних: 4,0 СРС: 6,7	Рівень вищої освіти: Бакалавр	Самостійна робота	
		94	136
		Індивідуальні завдання	
		немає	18 год.
		Вид контролю	
екзамен	екзамен		

Зауваження.

Співвідношення кількості аудиторних занять до самостійної та індивідуальної роботи складає:

для денної форми навчання: 37% до 63%;

для заочної форми навчання: 9% до 91%.



Мета дисципліни - ознайомити студентів з основними технологічними процесами і устаткуванням електростанцій (ТЕС і АЕС) та їх перспективами розвитку.

Завдання дисципліни - оволодіти способами та засобами підвищення ефективності перетворення теплової енергії в електричну; засвоїти способи захисту довкілля від шкідливого впливу виробництва електроенергії.

В результаті вивчення дисципліни студент повинен:

Знати структуру ТЕС та АЕС, цехову організацію керування виробничими процесами, розуміти будову та принципи роботи основного обладнання електростанцій, бачити перспективи розвитку нових технологій генерації електроенергії., зокрема використання газотурбінних та парогазових установок.

Вміти читати, складати і розраховувати принципові теплові схеми ТЕС, АЕС і ТЕЦ. Розраховувати термодинамічні процеси в їх основних елементах, та енергетичні характеристики ПТУ ТЕС, ТЕЦ та АЕС. Вибирати технологічні режими, що мінімізують затрати палива на генерацію тепла і електроенергії.

3 Програма навчальної дисципліни

Змістовний модуль 1. Типи електростанцій та підвищення їх теплової ефективності. Типові та принципові схеми енергетичних установок. Керування процесами на ТЕС та АЕС. Технічне водопостачання електростанцій.

Тема 1. Електричні станції та їх основні типи. Перспективи розвитку ТЕС та АЕС. Графіки навантаження електростанцій

Характеристика стану електроенергетики на сучасному етапі та її перспективи розвитку за енергетичною програмою розвитку до 2030 року. Графіки навантаження електростанцій. Структура пилувугільної електростанції.

Тема 2. Способи підвищення теплової економічності паротурбінних електростанцій. Термодинамічні цикли з проміжним пароперегрівом та регенеративним підігрівом живильної води

Термодинамічний аналіз можливостей збільшення ККД завдяки проміжному пароперегріву та регенеративному підігріву живильної води. Термодинамічне обґрунтування температури живильної води на вході в паровий котел.

Тема 3. Енергетичні характеристики роботи теплових та атомних електростанцій. Теплофікаційні цикли і економічні характеристики ТЕЦ

Структура коефіцієнтів корисної дії ТЕС та ТЕЦ. Їх вираження через енергетичні коефіцієнти. Питомі затрати теплоти і палива та їх зв'язок з ККД. Енергетичні показники атомної електростанції.



Тема 4. Схеми регенеративного підігріву живильної води

Регенеративний підігрів у ТО зі змішуванням теплоносіїв. Каскадний регенеративний підігрів у РП поверхневого типу (РПП). Регенеративний підігрів у РПП з переохолодженням конденсату та охолодженням перегрітої пари. Будова РПНТ та РПВТ. Схеми включення РП.

Тема 5. Типові та принципові схеми енергетичних установок теплових та атомних електростанцій. Цехова структура ТЕС та АЕС

Теплові та технологічні схеми ТЕС і АЕС. Принципові теплові схеми ТЕС та АЕС. Розрахунок принципових теплових схем. Цехова структура ТЕС і АЕС. Функції підрозділів ТЕС та АЕС. Керування виробничими процесами на ТЕС та АЕС.

Тема 6. Елементи водопідготовки на ТЕС та АЕС. Деаерація

Вимоги до якості живильної води електростанцій. Способи зниження солевмісту та корозійно активних газів. Деаерація води. Типи деаeratorів, їх будова та схеми включення. Тепловий розрахунок деаeratorів.

Тема 7. Технічне водопостачання електростанцій

Споживачі технічної води. Розрахунок витрати оборотної води та її параметрів. Нагрівання оборотної води в конденсаторах турбін (КТ. Типи та охолоджувачі систем оборотного водопостачання. Баланси охолоджуючої води.

Змістовний модуль 2. Ядерні енергетичні установки, їх схеми та елементи фізики реактора. Основне обладнання першого контуру. Матеріальні баланси і тепловий розрахунок парогенератора. Системи безпеки та допоміжне обладнання першого контуру АЕС. Компонування головних будівель ТЕС і АЕС. Газотурбінні, парогазові та інші перспективні типи енергетичних установок. Принципи безпеки на електростанціях.

Тема 8. Ядерні енергетичні установки, їх схеми та елементи фізики реактора.

Класифікація ланцюгових реакцій. Типи реакторів та їх будова. Реактор ВВЕР-1000. Циркуляційні петлі та система компенсації об'єму реактора.

Тема 9. Парогенератори

Схеми парогенераторів. Тепловий розрахунок парогенератора. Будова парогенераторів АЕС з реакторами ВВЕР-1000. Водний режим першого контуру та матеріальні баланси другого.

Тема 10. Системи безпеки та допоміжне обладнання першого контуру АЕС

Групи відповідальних споживачів електроенергії. Категорії пристроїв безпеки АЕС. Класифікація систем безпеки. Системи байпасної очистки води та інше допоміжне обладнання.



Тема 11. Компонування головних будівель електростанцій

Структура головної будівлі. Компонування головних будівель ТЕС та АЕС. Компонування реакторного відділення. Компонування деаераторного і турбінного відділень.

Тема 12. Газотурбінні, парогазові та інші типи енергетичних установок

Принципові схеми і показники газотурбінних установок електростанцій. Парогазові установки електростанцій. Електростанції з МГД-установками. Сонячні та геотермальні електростанції.

Тема 13. Проблема забруднення поверхонь теплопередачі в енергетичних установках

Умови утворення високо та низькотемпературних відкладень на котловому та охолоджувальному обладнанні. Технічні та економічні наслідки відкладень. Способи та засоби протидії відкладенням.

Тема 14. Вплив роботи електростанцій на довкілля та принципи їх безпечної експлуатації.

Види забруднень довкілля від енергетичних об'єктів. Надійність і безпека роботи ТЕС. Принципи безпеки роботи АЕС та термоядерних електростанцій.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістовних модулів і тем	Кількість годин									
	денна форма					заочна форма				
	всього	лекц.	прак.	інд. роб.	сам. роб.	всього	лекц.	прак.	інд. роб.	сам. роб.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Змістовний модуль 1. Типи електростанцій та підвищення їх теплової ефективності. Типові та принципові схеми енергетичних установок. Керування процесами на ТЕС та АЕС. Технічне водопостачання електростанцій.										
Тема 1. Електричні станції та їх типи. Перспективи розвитку ТЕС та АЕС. Графіки навантаження електростанцій.	11	2	2	-	7	11	-	1	-	10

Тема 2. Способи підвищення теплової економічності паротурбінних електростанцій. Термодинамічні цикли з проміжним пароперегрівом та регенеративним підігрівом живильної води.	10	2	2	-	6	10	1	-	-	9
Тема 3. Енергетичні характеристики роботи теплових та атомних електростанцій. Теплофікаційні цикли і економічність ТЕЦ.	11	2	2	-	7	11	1	1	-	9
Тема 4. Схеми регенеративного підігріву живильної води.	10	2	2	-	6	10	-	1	-	9
Тема 5. Типові та принципові схеми енергетичних установок теплових та атомних електростанцій. Цехова структура ТЕС і АЕС.	11	2	2	-	7	11	-	-	-	11
Тема 6. Елементи водопідготовки на ТЕС та АЕС. Деаерація води.	11	2	2	-	7	11	1	-	-	10
Тема 7. Технічне водопостачання електростанцій.	11	2	2	-	7	11	-	1	-	10
Разом за модулем 1	75	14	14	-	47	75	3	4	-	68

Змістовний модуль 2. Ядерні енергетичні установки, їх схеми та елементи фізики реактора. Основне обладнання першого контуру. Матеріальні баланси і тепловий розрахунок парогенератора. Системи безпеки та допоміжне обладнання першого контуру АЕС. Компонування головних будівель ТЕС і АЕС. Газотурбінні, парогазові та інші перспективні типи енергетичних установок. Принципи безпечної експлуатації електростанцій.

Тема 8. Ядерні енергетичні установки, їх схеми, фізика реактора.	11	2	2	-	7	11	1	1	-	8
Тема 9. Парогенератори.	10	2	2	-	6	10	1	1	-	9
Тема 10. Системи безпеки та допоміжне обладнання першого контуру АЕС.	11	2	2	-	7	11	-	1	-	9
Тема 11. Компонування головних будівель електростанцій.	10	2	2	-	6	10	-	-	-	9
Тема 12. Газотурбінні, парогазові та інші типи енергетичних установок.	11	2	2	-	7	11	1	1	-	9
Тема 13. Принципи термоядерної енергетики.	11	2	2	-	7	11	-	-	-	9
Тема 14. Вплив роботи електростанцій на довкілля та їх безпечна експлуатація.	11	2	2	-	7	11	-	-	-	10
Разом за модулем 2	75	14	14	-	47	75	3	4	-	68
Всього годин	150	28	28	-	94	150	6	8		136



5. Теми практичних занять

№ п/п	Теми занять	Кількість годин	
		ДФН	ЗФН
1	Інструктаж з охорони праці при роботі в комп'ютерному класі. Тема 1. Електричні станції та їх основні типи. Планування навантаження станцій.	2	-
2	Тема 2. Дослідження графіків навантаження електростанцій та систем.	2	1
3	Тема 3. Розрахунок ККД електростанцій. Порівняння споживання звичайного та ядерного палива на блоках однакової потужності.	2	-
4	Тема 4. Розрахунки основних енергетичних показників роботи конденсаційних електростанцій (ТЕС і АЕС).	2	1
5	Тема 5. Порівняння енергетичних та ексергічних показників роботи ТЕС та ТЕС.	2	-
6	Тема 6. Аналіз енергетичних показників економічності ТЕЦ.	2	1
7	Тема 7. Аналіз і розрахунок схем регенеративного підігріву живильної води.	2	-
8	Тема 8. Дослідження потреб у ядерному паливі на прикладі реактора ВВЕР-1000.	2	1
9	Тема 9. Вивчення водообміну та концентрування домішок в системах охолодження ТЕС і АЕС.	2	1
10	Тема 10. Розрахунок режимних параметрів КТ ТЕС і АЕС.	2	1
11	Тема 11. Вивчення принципів роботи ядерної енергетичної установки.	2	
12	Тема 12. Тепловий розрахунок парогенератора.	2	1
13	Тема 13. Газотурбінні та парогазові установки. Будова і оцінка їх ККД.	2	1
14	Тема 14. Порівняння існуючих на сьогодні ядерних енергетичних установок. Їх переваги та недоліки в порівнянні між собою та з котлами на хімічному паливі.	2	
Всього		28	8



7 Самостійна робота

З 94 годин на самостійну роботу ДФН 28 планується на вивчення і оформлення відповідей на контрольні питання до кожної лекції; 42 год. на оформлення звітів до практичних робіт (1.5год. на кожну роботу); 24 год. на самостійне вивчення тем за списком 7.1.

Для ЗФН зі 136 год. для самостійної роботи: 16 год. на оформлення практичних робіт; 18 год. на виконання РГР; 78 год. на вивчення тем за I та II модулями і 24 год. на вивчення тем за списком 7.1.

Список 7.1

№ п/п	Теми занять	Кількість годин
1	Перспективи розвитку теплової енергетики, зокрема впровадження котлів зі спалюванням палива у киплячому шарі.	2
2	Технологічна схема ТЕС, що спалює газ. Основні елементи та їх призначення.	2
3	Технологічна схема мазутного господарства ТЕС та її основні елементи. Способи очистки димових газів від оксидів сірки.	2
4	Склад та призначення допоміжного устаткування енергоблоків електростанцій. Мотивація вибору допоміжного устаткування котельного відділення ТЕС.	2
5	Класифікація та джерела втрат пари і конденсату на електростанціях. Методи утилізації цих втрат.	2
6	Причини забруднень технологічних поверхонь та зміна якості теплоносія впродовж робочого контуру ТЕС. Способів очистки живильної води (основного конденсату).	2
7	Термічне знесолення води. Типи та призначення випарників ТЕС і АЕС та їх схеми вмикання.	2
8	Принцип дії та склад живильних установок електростанцій та їх схеми вмикання на ТЕС.	2
9	Способи відпуску пари з ТЕЦ.	2
10	Склад генерального плану ТЕС. Вимоги до вибору площадки для будівництва електростанцій. та додаткові вимоги для АЕС.	2
11	Будова реактора ВВЕР-1000 та склад його	2



	го активної зони. Способи регулювання тепловиділення реактора.	
12	Ядерний паливний цикл. Основні вимоги та структура.	2
Всього		24

7.2 Оформлення звіту про самостійну роботу

Підсумком самостійної роботи вивчення дисципліни є складання письмового звіту за темами вказаними у таблиці.

Загальний обсяг звіту визначається з розрахунку 1,5 сторінки на 1 год. самостійної роботи.

Звіт включає план, основну частину, висновки та список літератури. Оформлюється на стандартному папері формату А4 (210 x 297) з одного боку. Поля: верхнє, нижнє та ліве - 20 мм, праве - 10 мм. Звіт може бути рукописним або друкованим і виконується українською мовою.

Захист звіту про самостійну роботу відбувається у терміни, спільно обумовлені студентом і викладачем.

8. Методи навчання

На лекційних заняттях використовуються конспекти лекцій в електронній формі, які подаються студентам мультимедійними засобами. Зокрема використовуються навчальні відеофрагменти про обладнання ТЕС та АЕС, їх зображення та схеми. Для унаочнення предмету вивчення проводяться екскурсії на Рівненську ТЕЦ і Хмельницьку АЕС.

Розрахунки до практичних занять рекомендуємо проводити у комп'ютерних класах, де виконуються симуляційні експерименти з використанням оболонки MathCAD.

9. Методи контролю

Поточний контроль знань студентів денної та заочної форм навчання здійснюється:

- шляхом підготовки письмових звітів про вивчення поточних тем;
- виконання модульних контрольних робіт після вивчення кожного змістовного модуля;
- на *практичних заняттях* шляхом захисту робіт;
- на *консультаціях* – індивідуальним захистом самостійних та контрольних робіт.

Підсумковий контроль знань студентів денної (заочної) форми навчання у *сьомому (десятому) семестрі* робиться за результатами контролю поточних занять, та за результатами *складання іспиту*.

До іспиту допускаються студенти, які за підсумками поточного контролю набрали *не менше 30 балів*.



10. Розподіл балів, які отримують студенти при поточному та підсумковому тестуванні (екзамен)

Поточне тестування та самостійна робота														Екзамен	Всього
Змістовний модуль 1							Змістовний модуль 2								
30							30								
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	40	100
4	5	5	4	4	4	4	5	4	4	5	4	4	4		

Шкала оцінювання

Сума балів за всіма формами навчальної діяльності	Оцінювання за національною шкалою (для іспиту)
90 – 100	5 – відмінно
82 – 89	4 – добре
74 – 81	4 – добре
64 – 73	3 – задовільно
60 – 63	3 – задовільно
35 – 59	2 – незадовільно (повторна здача)
0 – 34	2 – незадовільно (повторний курс)

11. Методичне забезпечення дисципліни

Методичне забезпечення навчальної дисципліни включає:

- конспект лекцій на паперовому та електронному носіях;
- методичні вказівки до виконання практичних робіт;
- методичних вказівок до виконання самостійних робіт;
- методичних вказівок до виконання РГР.

12. Рекомендована література

Базова

1. Рыжкин В. Я. Тепловые электрические станции.- М.: Энергоатомиздат. 1987.- 327 с.
2. Тепловые электрические станции. Ред. Лавыгин В.М., Седлов А.С., Цанев С.В. – Москва: Изд. дом МЭИ, 2009. – 465 с.
3. Маргулова Т. Х. Атомные электростанции. - М.: Высшая школа, 1984. - 304 с.
4. Стерман Л. С, Лавигин В. М., Тишин С. Г. Тепловые и атомные электростанции.- М.: Энергоатомиздат. 1995. - 416 с.



5. М.В. Топольницький. Атомні електричні станції. – Львів: видавництво "Бескид Біт", 2005. -523 с.
6. Тевлин С.А.. Атомные электрические станции с реакторами ВВЭР-1000. – Москва: Изд. дом МЭИ, 2008. – 358 с.

Допоміжна література

1. Гиршфельд В. Я., Морозов Г. Н. Тепловые электрические станции. - М.: Энергоатомиздат. 1986. - 224 с.
2. Энергетика и охрана окружающей среды / Под ред. Н. Г. Залогина и др. - М.: Энергия, 1979. - 342 с.
6. Вукалович М.П. Таблицы водяного пара.- М. 1970. – 460 с.
7. Ривкин С.А. Термодинамические свойства водяного пара. - М. 1979 – 345 с.
1. 8. Теплотехнический справочник в 2-х томах. Ред. В.Н. Юреньева и Лебедева. - М., Энергия, 1971.

13. Інформаційні ресурси

1. Наукова бібліотека НУВГП (м. Рівне, вул. Олекси Новака, 75) / [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://nuwm.edu.ua> /naukova-biblioteka.
2. Рівненська обласна універсальна наукова бібліотека (м. Рівне, пл. Короленка, 6) / [Електронний ресурс].- Режим доступу: <http://libr.rv.ua>.
3. Національна бібліотека України ім. В.І. Вернадського (м. Київ, Голосіївський проспект, 3) [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://nbuv.gov.ua/>.
4. Державна науково-технічна бібліотека України (м. Київ, вул. Антоновича, 180) / [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://gnbt.gov.ua/>.
5. Науково-технічна бібліотека ім. Г.І. Денисенка Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (м. Київ, Проспект Перемоги, 37)/ [Електронний ресурс].- Режим доступу: <http://www.library.kpi.ua/>. <http://culonline.com.ua/>. <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/2145>.
6. Національна бібліотека України імені Ярослава Мудрого (м. Київ, вул. Грушевського, 1) / [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://elib.npl.org/>.
7. Науково-технічна бібліотека Національного університету «Львівська політехніка» (м. Львів, вул. Професорська. 1) у [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://library.lp.edu.ua/ttp>.
8. Науково-технічна бібліотека Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» (м. Харків, вул. Кирпичева, 2) / [Електронний ресурс]. - Режим доступу: bl@kpi.kharkov.ua, <http://repositorv.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/2810>