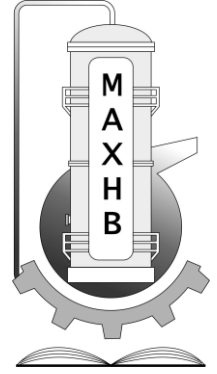


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ

по вивченню кредитного модуля
**«Розрахунок і конструювання типового обладнання – 1.
Розрахунок і конструювання тонкостінних посудин, опор та
стропових пристроїв»**

підготовки бакалаврів

напряму 6.050503 машинобудування

спеціальності «Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів»

спеціалізацій «Машини і апарати хімічних та нафтопереробних виробництв»

«Комп'ютерне проектування обладнання біохімічних виробництв»

форма навчання денна

Робочу програму затверджено на засіданні
кафедри машин і апаратів хімічних та
нафтопереробних виробництв

Протокол № 8 від 24 лютого 2015 р.

Завідувач кафедри МАХНВ

_____ Я.М. Корнієнко

Київ-2015

Методичні вказівки до самостійної роботи студентів спеціальності “Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів” з дисципліни “Розрахунок і конструювання типового обладнання – 1. Розрахунок і конструювання тонкостінних посудин, опор та стропових пристроїв”: [Електронний ресурс]:/ НТУУ „КПІ”; уклад. І.А. Андреев. – Київ: НТУУ „КПІ”, 2015. 22 с.

*Гриф надано Вченою радою
інженерно-хімічного факультету НТУУ „КПІ”
(Протокол № 3 від 23 березня 2015 р.)*

Для студентів інженерно-хімічного факультету.
Відповідальний редактор Корнієнко Ярослав Микитович, професор, д.т.н,

Рецензент:

Собченко Віктор Васильович, заступник директора Інституту газу
НАН України, к.т.н.

Навчальне видання

Андреев Ігор Анатолійович

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ
студентів спеціальності**

**“Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних
матеріалів”**

з дисципліни

**“Розрахунок і конструювання типового обладнання – 1.
Розрахунок і конструювання тонкостінних посудин, опор та
стропових пристроїв”**

**Методичні вказівки до самостійної роботи студентів по вивченню
кредитного модуля
«Розрахунок і конструювання типового обладнання – 1.
Розрахунок і конструювання тонкостінних посудин, опор та стропових
пристроїв»**

1. Мета та завдання кредитного модуля

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти після засвоєння кредитного модуля мають продемонструвати такі результати навчання:

знання:

- основні конструкції машин та апаратів, типових вузлів і деталей та вимог до них;
- матеріали, які застосовуються в хімічному машинобудуванні і їх властивості;
- розрахункові параметри і правила їх визначення;
- умови міцності, жорсткості, стійкості, вібростійкості, герметичності;
- розрахункові моделі оболонок, пластин, стержнів;
- визначення напружень, аналізу напруженого стану, допустимих та граничних навантажень;
- нормативні методи розрахунку посудин та апаратів;
- основні конструкції опорних вузлів і їх деталей та вимог до них;
- розробка конструктивно довершеного виробу.

уміння:

- на основі особливостей технологічного процесу визначати для конструкції початкові і граничні умови та схему навантажень,
- на основі робочих умов визначати напружено-деформований стан конструкції при статичних та динамічних термосилових навантаженнях,
- базуючись на знаннях теоретичної підготовки, користуючись довідниками та нормативами вибирати конструкційні матеріали та матеріали ущільнень,
- користуючись довідковими матеріалами, виконувати розрахунки щодо міцності типового устаткування,
- проводити параметричні розрахунки типового обладнання за допомогою відомих аналітичних залежностей та довідкової інформації,
- враховувати необхідність зборки, розборки, транспортування та монтажу виробу,
- на підставі отриманих знань виконувати розрахунки на жорсткість, стійкість, міцність та розробляти конструкторську документацію,
- створювати безпечні в експлуатації конструкції.

2. Структура кредитного модуля

Всього		Розподіл навчального часу за видами занять, години				Семестрова атестація
Кредитів	Годин	Лекційні заняття	Практичні заняття	Лабораторні заняття (комп'ютерний практикум)	СРС	
6,5	234	54	36	–	144	Іспит

3. Організація навчального процесу

Календарно-тематичний план засвоєння навчальної дисципліни

Тиждень	Зміст навчальної роботи
1	Лекція 1. Мета і завдання курсу. Лекція 2. Нормативні параметри. Допустимі напруження. Практичне заняття 1. Нормативні параметри і допустимі напруження.
2	Лекція 3. Основні поняття моментної та безмоментної теорій оболонки. Тонкостінні циліндричні обичайки. Практичне заняття 2. Розрахунок циліндричної обичайки, яка знаходиться під дією внутрішнього тиску.
3	Лекція 4. Опуклі днища. Конструкції і розрахунок. Лекція 5. Опуклі і конічні днища. Конструкції і розрахунок. Практичне заняття 3. Розрахунок днищ і кришок, які знаходяться під дією внутрішнього тиску.
4	Лекція 6. Плоскі днища. Конструкції і розрахунок. Практичне заняття 4. Розрахунок плоских днищ і кришок на міцність.
5	Лекція 7. Особливості роботи обичайок під зовнішнім тиском. Лекція 8. Розрахунок гладкої циліндричної обичайки, навантаженої зовнішнім тиском. Практичне заняття 5. Розрахунок циліндричної обичайки, яка знаходиться під дією зовнішнього тиску.
6	Лекція 9. Обичайки з кільцями жорсткості, навантажені внутрішнім або зовнішнім тиском. Практичне заняття 6. Розрахунок циліндричної обичайки, яка знаходиться під спільною дією зовнішнього тиску і осової стискуючої сили.
7	Лекція 10. Розрахунок і конструювання конічних днищ, які навантажені зовнішнім тиском. Лекція 11. Способи укріплення конічного днища. Практичне заняття 7. Розрахунок конічного днища, яке навантажене зовнішнім тиском.
8	Лекція 12. Розрахунок і конструювання опуклих днищ, які навантажені зовнішнім тиском. Практичне заняття 8. Розрахунок еліптичного і півсферичного днищ, які навантажені зовнішнім тиском.
9	Лекція 13. Вплив крайових навантажень на міцність апарата. Лекція 14. Визначення крайових навантажень. Практичне заняття 9. Розрахунок крайових навантажень: крайового моменту та крайової сили.

Тиждень	Зміст навчальної роботи
10	Лекція 15. Розрахунок міцності обичайки в крайовій зоні Практичне заняття 10. Розрахунок міцності обичайки на краю.
11	Лекція 16. Вплив отворів на міцність обичайок. Лекція 17. Методи укріплення отворів. Практичне заняття 11. Укріплення отворів. Необхідність укріплення, взаємний вплив отворів. Напруження біля отвору.
12	Лекція 18. Розрахунок геометричних розмірів деталей укріплення отворів. Практичне заняття 12. Розрахунок геометричних розмірів укріплюючих деталей одиночного отвору.
13	Лекція 19. Роз'ємні міцно-щільні з'єднання. Лекція 20. Фланцеві з'єднання. Конструкції фланців, застосування. Практичне заняття 13. Вибір типу фланців, визначення геометричних розмірів.
14	Лекція 21. Розрахунок фланцевих з'єднань. Практичне заняття 14. Розрахунок зусиль в болтах з'єднання. Розрахунок болтів. Розрахунок фланців на міцність та жорсткість. Перевірка міцності прокладки.
15	Лекція 22. Розрахунок фланцевих з'єднань. Лекція 23. Сальникові ущільнення. Практичне заняття 15. Розрахунок сальникового ущільнення.
16	Лекція 24. Конструювання опор вертикальних та горизонтальних апаратів. Практичне заняття 16. Розрахунок деталей опори вертикального апарата.
17	Лекція 25. Розрахунок обичайок вертикальних апаратів на дію опорних навантажень. Лекція 26. Розрахунок обичайок горизонтальних апаратів на дію опорних навантажень. Практичне заняття 17. Розрахунок циліндричної обичайки горизонтальної посудини під дією опорних навантажень.
18	Лекція 27. Конструювання та розрахунок стропових пристроїв. Практичне заняття 18. Розрахунок стропових пристроїв.

Рекомендується щотижня засвоювати навчальний матеріал однієї лекції відповідно до календарно-тематичного плану та перевірити ступінь засвоєння навчального матеріалу, відповівши на контрольні запитання (Додаток А).

З метою формування умінь та поглиблення знань студентів, розвитку досвіду самостійної роботи передбачається виконання індивідуального семестрового завдання у вигляді реферату. На першому тижні студент має вибрати тему реферату із переліку (Додаток Б) та електронною поштою повідомити викладачеві для своєчасного закріплення теми (варіанту). Студент може запропонувати викладачеві ініціативну тему з актуальних питань.

Рекомендації щодо виконання та оформлення реферату надано у Додатку Б. Термін подання реферату – 2 тижні. Роботи подаються в електронному вигляді.

4. Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	Мета і завдання курсу. Зміст курсу. Основні вимоги до машин і апаратів, конструювання і проектування. Міцність, жорсткість стійкість деталей, герметичність з'єднань, довговічність та транспортабельність конструкції.

	Література [1 – 6]. <i>Завдання на СРС:</i> Матеріали, які використовуються в хімічному машинобудуванні.
2	Розрахунковий тиск, температура, допустимі напруження. Розрахункові моделі. Напружений стан. Порядок визначення напружень. Критерії міцності. Література [1 – 6]. <i>Завдання на СРС:</i> Порівняти величини розрахункового тиску при наявності гідростатичного тиску рідини і запобіжних клапанів.
3	Тонкостінні та товстостінні посудини. Тонкостінні вісесиметричні оболонки під внутрішнім тиском. Основні поняття моментної та безмоментної теорій оболонок. Умови рівноваги елемента та зони оболонок. Рівняння Лапласа. Тонкостінні циліндричні обичайки. Внутрішні зусилля та напруження в циліндричній оболонці. Розрахунок циліндричної обичайки. Література [1 – 18]. <i>Завдання на СРС:</i> Аналіз навантажень, які діють в стінках тонкостінних і товстостінних посудин.
4	Опуклі днища. Еліптичні днища. Вимоги до конструкції, Галузі застосування. Геометрія еліптичної оболонки. Визначення зусиль та напружень в еліптичній тонкостінній оболонці. Розрахунок еліптичних днищ. Конструкції та застосування напівсферичних днищ. Вимоги до конструкцій. Розрахунок на міцність при дії внутрішнього тиску. Література [1 – 18]. <i>Завдання на СРС:</i> Вимоги до конструкцій опуклих днищ.
5	Конструкції та застосування торосферичних днищ. Конічні обичайки, днища та переходи. Застосування, вимоги до конструкції. Розгортки конічних днищ. Розрахунок гладкої конічної обичайки. Література [1 – 18]. <i>Завдання на СРС:</i> Вимоги до конструкцій конічних днищ.
6	Плоскі днища та кришки. Застосування, вимоги до конструкцій. Розрахункова модель плоских днищ. Внутрішні зусилля та напруження в плоскій круглій пластині. Розрахунок днищ та кришок на міцність. Література [1 – 18]. <i>Завдання на СРС:</i> Проаналізувати вплив конструкції днищ і кришок на їх товщину. Визначення згинаючих моментів та напружень в перерізах, порівняння з опуклими днищами.
7	Особливості роботи обичайок під зовнішнім тиском. Втрата стійкості. Критичний тиск. Література [1 – 18]. <i>Завдання на СРС:</i> Порівняти значення допустимих тисків, які були визначені з умов міцності і стійкості в границях пружності.
8	Розрахунок гладкої циліндричної обичайки, навантаженої зовнішнім тиском. Література [1 – 18]. <i>Завдання на СРС:</i> Проаналізувати розрахунок обичайки на стійкість при сумісній дії зовнішнього тиску, осьової і поперечної сил, а також згинаючого моменту.
9	Обичайки з кільцями жорсткості, навантажені внутрішнім або зовнішнім тиском. Література [1 – 18]. <i>Завдання на СРС:</i> Проаналізувати конструкції кілець жорсткості.
10	Розрахунок і конструювання конічних днищ, які навантажені зовнішнім тиском. Література [1 – 18]. <i>Завдання на СРС:</i> Проаналізувати навантаження в конічному днищі, які виникають від дії зовнішнього тиску.
11	Способи укріплення конічного днища.

	Література [1 – 18]. <i>Завдання на СРС:</i> Розглянути способи укріплення конічного днища.
12	Розрахунок і конструювання опуклих днищ, які навантажені зовнішнім тиском. Література [1 – 18]. <i>Завдання на СРС:</i> Порівняти металоємності еліптичного і півсферичного днищ, які навантажені однаковим зовнішнім тиском.
13	Вплив крайових навантажень на міцність апарата. Література [1 – 18]. <i>Завдання на СРС:</i> Проаналізувати умови появи крайових навантажень.
14	Визначення крайових навантажень. Література [1 – 18]. <i>Завдання на СРС:</i> Пропозиції щодо зменшення крайових навантажень.
15	Розрахунок міцності обичайки в крайовій зоні. Література [1 – 18]. <i>Завдання на СРС:</i> Порівняти вплив форми оболонки на величину крайових напружень.
16	Вплив отворів на міцність обичайок. Взаємний вплив отворів. Отвори, які не потребують укріплення. Література [1 – 18]. <i>Завдання на СРС:</i> Проаналізувати вплив отворів на міцність оболонок.
17	Методи укріплення отворів. Література [1 – 18]. <i>Завдання на СРС:</i> Пропозиції щодо укріплення отворів.
18	Розрахунок геометричних розмірів деталей укріплення отворів. Література [1 – 18]. <i>Завдання на СРС:</i> Пропозиції щодо зменшення напружень понад отвором.
19	Роз'ємні міцно-щільні з'єднання. Класифікація, основні конструкції та застосування. Конструкції вузлів ущільнення. Прокладки та матеріали. Література [2, 3, 5, 7, 12, 13]. <i>Завдання на СРС:</i> Навести приклади використання міцно-щільних з'єднань.
20	Фланцеві з'єднання. Конструкції фланців, застосування. Література [2, 3, 5, 7, 12, 13]. <i>Завдання на СРС:</i> Проаналізувати відмінності у конструктивному оформленні фланцевих з'єднань.
21	Конструктивний розрахунок фланців. Зусилля, що виникають в деталях фланцевого з'єднання. Література [2, 3, 5, 7, 12, 13]. <i>Завдання на СРС:</i> Проаналізувати вплив конструкції фланцевого з'єднання на зусилля, що виникають в деталях цього з'єднання.
22	Розрахунок фланцевих з'єднань. Розрахунок зусиль в болтах фланцевого з'єднання. Розрахунок болтів. Розрахунок фланців на міцність та жорсткість. Розрахунок прокладок. Розрахунок фланцевих з'єднань на герметичність. Література [2, 3, 5, 7, 12, 13]. <i>Завдання на СРС:</i> Пропозиції щодо шляхів підвищення герметичності фланцевого з'єднання.
23	Сальникові ущільнення. Конструкції, застосування. Зусилля в сальниковій набивці. Умова герметичності. Література [2, 3, 5, 7, 12, 13]. <i>Завдання на СРС:</i> Конструктивне виконання сальникових ущільнень.
24	Конструювання опор вертикальних та горизонтальних апаратів. Література [2, 4, 12, 13]. <i>Завдання на СРС:</i> Основні конструкції опор і опорних вузлів.

25	Розрахунок обичайок вертикальних апаратів на дію опорних навантажень. Література [2, 4, 12, 13]. <i>Завдання на СРС:</i> Навести приклади застосування підкладного листа до опори.
26	Розрахунок обичайок горизонтальних апаратів на дію опорних навантажень. Література [2, 4, 12, 13]. <i>Завдання на СРС:</i> Конструкції опор горизонтальних апаратів.
27	Конструювання та розрахунок стропових пристроїв перевірка обичайок на дію навантажень від стропових пристроїв. Література [2, 4, 12, 13]. <i>Завдання на СРС:</i> Навести випадки застосування стропових пристроїв.

5. Практичні заняття

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	<i>Тема 1. Вимоги до машин та апаратів</i> Матеріали та їх властивості. Розрахунковий, умовний, пробний тиск; розрахункова температура; допустиме напруження, прибавка до розрахункової товщини; коефіцієнт міцності зварного шва. Теплофізичні властивості середовищ та їх визначення. Література [1 – 8, 10, 12]. <i>Завдання на СРС:</i> Порівняти величини розрахункового тиску при наявності гідростатичного тиску рідини і запобіжних клапанів.
2	<i>Тема 2. Розрахунок та конструювання тонкостінних посудин</i> Розрахунок циліндричної обичайки, яка знаходиться під дією внутрішнього тиску. Література [1 – 12, 17]. <i>Завдання на СРС:</i> Проаналізувати вплив різних факторів на товщину стінки обичайки.
3	Розрахунок днищ і кришок, які знаходяться під дією внутрішнього тиску. Література [1 – 12, 17]. <i>Завдання на СРС:</i> Проаналізувати вплив конструкції днищ і кришок на їх товщину.
4	Розрахунок плоских днищ і кришок на міцність. Література [1 – 12, 17]. <i>Завдання на СРС:</i> Визначення згинаючих моментів та напружень в перерізах, порівняння з опуклими днищами.
5	Розрахунок циліндричної обичайки, яка знаходиться під дією зовнішнього тиску. Література [1 – 12, 17]. <i>Завдання на СРС:</i> Порівняти значення допустимих тисків, які були визначені з умов міцності і стійкості в границях пружності.
6	Розрахунок циліндричної обичайки, яка знаходиться під спільною дією зовнішнього тиску і осьової стискуючої сили. Література [1 – 12, 17]. <i>Завдання на СРС:</i> Проаналізувати розрахунок обичайки на стійкість при сумісній дії зовнішнього тиску, осьової і поперечної сил, а також згинаючого моменту.
7	Розрахунок конічного днища, яке навантажене зовнішнім тиском. Література [1 – 12, 17]. <i>Завдання на СРС:</i> Розглянути способи укріплення конічного днища.
8	Розрахунок еліптичного і півсферичного днищ, які навантажені зовнішнім тиском. Література [1 – 12, 17]. <i>Завдання на СРС:</i> Порівняти металоемності еліптичного і півсферичного днищ, які навантажені однаковим зовнішнім тиском.

9	Розрахунок крайових навантажень: крайового моменту та крайової сили. Література [2, 3, 5–8, 12, 16, 17]. <i>Завдання на СРС:</i> Проаналізувати вплив форми оболонки на величину крайового моменту та крайової сили.
10	Розрахунок міцності обичайки на краю. Література [2, 3, 5–8, 12, 16, 17]. <i>Завдання на СРС:</i> Пропозиції щодо зменшення крайових навантажень.
11	Укріплення отворів. Необхідність укріплення, взаємний вплив отворів. Напруження біля отвору. Література [2, 3, 5–8, 12, 17, 18]. <i>Завдання на СРС:</i> Способи укріплення отворів.
12	Розрахунок геометричних розмірів укріплюючих деталей одиночного отвору. Література [2, 3, 5–8, 12, 17, 18]. <i>Завдання на СРС:</i> Пропозиції щодо зменшення напружень понад отвором.
13	<i>Тема 3. Конструювання та розрахунок роз'ємних міцно-цільних з'єднань.</i> Фланцеві з'єднання. Вибір типу фланців, визначення геометричних розмірів. Література [2, 3, 5 – 10, 12, 13]. <i>Завдання на СРС:</i> Класифікація фланців.
14	Розрахунок зусиль в болтах з'єднання. Розрахунок болтів. Розрахунок фланців на міцність та жорсткість. Перевірка міцності прокладки. Алгоритм розрахунку на ЕОМ Література [2, 3, 5 – 10, 12, 13]. <i>Завдання на СРС:</i> Пропозиції щодо шляхів підвищення герметичності фланцевого з'єднання.
15	Сальникове ущільнення. Конструктивний розрахунок. Визначення сили затяжки болтів та потужності на подолання сил тертя. Література [2, 3, 5 – 10, 12]. <i>Завдання на СРС:</i> Конструктивне виконання сальникових ущільнень.
16	<i>Тема 4. Конструювання та розрахунок опор та стропових пристроїв.</i> Розрахунок деталей опори вертикального апарата. Розрахунок циліндричної обичайки вертикальної посудини під дією опорних навантажень. Література [2, 4, 12, 13]. <i>Завдання на СРС:</i> Навести приклади застосування підкладного листа до опори.
17	Розрахунок циліндричної обичайки горизонтальної посудини під дією опорних навантажень. Література [2, 4, 12, 13]. <i>Завдання на СРС:</i> Конструкції опор горизонтальних апаратів.
18	Розрахунок стропових пристроїв. Література [2, 4, 12, 13]. <i>Завдання на СРС:</i> Навести випадки застосування стропових пристроїв.

Вихідні дані до практичних занять подані у Додатку В.

6. Оцінювання результатів навчання

В РСО (Додаток Г) визначено як робота студента оцінюється, розподіл балів за видами робіт, критерії оцінювання кожного виду робіт і таблиця перетворення рейтингових балів до відповідної оцінки.

7. Контакти із викладачем

Спілкування з викладачем може проводитися через електронний кампус.

9. Рекомендована література

Базова

1. Андреев І.А. Конструювання і розрахунок типового устаткування хімічних виробництв. Основні положення. Елементи тонкостінних посудин, навантажених внутрішнім тиском. Навч. посібник. – К.: «Видавництво «Політехніка», 2011. – 272 с.
2. Андреев І.А., Мікульонюк І.О. Розрахунок, конструювання та надійність обладнання хімічних виробництв: Термінологічний словник. – К.: ІВЦ “Видавництво «Політехніка», 2002. – 216 с.
3. Андреев І.А., Зубрій О.Г., Мікуленок І.О. Застосування матеріалів у хімічному машинобудуванні. Сталі і чавуни, - К.: ІЗМН, 1999. – 148 с.
4. Андреев І.А., Зубрій О.Г. Конструювання та розрахунок апаратів високого тиску, - К.: ІЗМН, 1999. – 144 с.
5. Михалев М.Ф., Третьяков Н.П., Мильченко А.И., Злобин В.В. Расчет и конструирование химических производств. Примеры и задачи: Учебное пособие под ред. Михалева М.Ф. – Л.: Машиностроение, 1984. – 301с.
6. Соколов В.И. Основы расчета и конструирования машин и аппаратов пищевых производств: Учебник – М.: Машиностроение. 1983. – 447с.
7. Лашинский А.А. Конструирование сварных химических аппаратов: Справочник. – Л.: Машиностроение, 1981. – 382 с.
8. Топтуненко Е.Т. Основны конструирования и расчета химических машин и аппаратов, часть 1. – Киев.: “Вища школа”, 1969. –175 с.
9. Правила будови та безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском, –К.: Держнаглядохорона праці, 1998. – 273с.
10. Криворот А.С. Конструирование и основы проектирования машин и аппаратов химической промышленности. – М.: Машиностроение, 1976. – 376 с.
11. ГОСТ 14249 –89. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность.
12. Андреев І.А. Методичні вказівки до практичних занять для студентів спеціальності «Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів» з дисципліни «Розрахунок і конструювання типового устаткування – 1. Розрахунок і конструювання тонкостінних посудин» [Електронний ресурс] : / НТУУ «КПІ». – Електронні текстові дані (1 файл: 6,47 Мбайт). – Київ: НТУУ «КПІ», 2014. – 103 с. Доступ: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/7701>
13. В.Г. Доброногов, І.О. Микуленок . Конструювання та розрахунок фланцевих з’єднань. Навчальний посібник.- К.: НПК ВО, 1992.-104 с.

Допоміжна

14. Кольман-Иванов Э.Э. и др. Конструирование и расчет машин химических производств: Учебник. М.: Машиностроение, 1985. – 406 с.
15. Канторович З.Б. Машины химической промышленности: Учебное пособие.- М.: Машиностроение. 1965. – 415 с.
16. Вихман Г.Л. Круглов С.А. Основы конструирования аппаратов и машин нефтеперерабатывающих заводов: Учебник.- М.: Машиностроение 1973. – 328с.
17. Андреев І.А. Методичні вказівки до практичних занять для студентів спеціальності «Обладнання лісового комплексу» з дисципліни «Розрахунок і конструювання елементів папероробних і картоноробних машин – 1» [Електронний ресурс]: / НТУУ «КПІ». – Електронні текстові дані (1 файл: 3,14 Мбайт). – Київ: НТУУ «КПІ», 2014. – 71 с. Доступ: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/7698>.
18. ГОСТ 24755-81. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность Укрепление отверстий.

Контрольні запитання для перевірки ступеня засвоєння навчального матеріалу

1. Визначити мету і задачу дисципліни "РК типового обладнання"
2. Проаналізувати етапи розвитку хімічної промисловості.
3. Класифікувати вимоги до машин і апаратів.
4. Класифікувати спеціальні вимоги до машин і апаратів, які забезпечують надійність при експлуатації (міцність, жорсткість, стійкість, герметичність, довговічність).
5. Дати визначення розрахунковій температурі.
6. Дати визначення робочому, розрахунковому, пробному і умовному тискам.
7. Дати визначення допустимому напруженню.
8. Проаналізувати стадії підготовки конструкторської документації.
9. Класифікувати сталі.
10. Проаналізувати вуглецеві сталі звичайної якості. Властивості, призначення і маркування.
11. Проаналізувати якісні вуглецеві сталі. Властивості, призначення і маркування.
12. Проаналізувати леговані сталі. Властивості, призначення і маркування.
13. Класифікувати чавуни. Властивості і використання.
14. Проаналізувати використання кольорових металів і неметалічних матеріалів у хімічному машинобудуванні.
15. Проаналізувати основні теорії міцності.
16. Пояснити відмінність тонкостінної оболонки від товстостінної при розрахунках на міцність.
17. Дати визначення оболонки, серединної поверхні, меридіанної площини, меридіану, паралелі, першого і другого головних радіусів.
18. Обґрунтувати виведення рівняння Лапласа.
19. Обґрунтувати вимоги до виготовлення тонкостінної циліндричної обичайки.
20. Визначити напруження у тонкостінній циліндричній обичайці, яка навантажена внутрішнім тиском.
21. Обґрунтувати формулу для розрахунку на міцність товщини стінки тонкостінної циліндричної обичайки, яка працює під внутрішнім тиском.
22. Обґрунтувати конструкції сферичних днищ і кришок.
23. Знайти напруження у тонкостінному сферичному днищі, яке навантажене внутрішнім тиском.
24. Обґрунтувати формулу для розрахунку на міцність товщини тонкостінного сферичного днища, яке працює під внутрішнім тиском.
25. Класифікувати торосферичні днища і надати приклади їх використання.
26. Обґрунтувати розрахунок торосферичних тонкостінних днищ, які працюють під внутрішнім тиском, на міцність.
27. Проаналізувати конструювання еліптичних днищ.
28. Проаналізувати різновиди конічних днищ.
29. Обґрунтувати визначення напружень у тонкостінному конічному днищі.
30. Обґрунтувати формулу для розрахунку на міцність товщини стінки тонкостінного конічного днища, яке працює під внутрішнім тиском.
31. Проаналізувати застосування плоских днищ.
32. Навести розрахункові схеми круглих пластин. Обґрунтувати формули для розрахунку товщини круглих пластин.
33. Навести алгоритм розрахунку на міцність товщини плоских круглих днищ і кришок, які знаходяться під дією тиску.
34. Проаналізувати конструювання плоских днищ і кришок.

35. Обґрунтувати розрахунок круглих кришок з додатковим крайовим моментом, які навантажені внутрішнім тиском.
36. Проаналізувати особливості розрахунку елементів апаратів, які навантажені стискувачими зусиллями.
37. Обґрунтувати отримання спрощеної формули Сазерленда виду
$$P_{кр} = \frac{2,59 E}{yx^2 \sqrt{x}}.$$
38. Обґрунтувати отримання формули Бресса.
39. Обґрунтувати отримання формули для розрахунку критичної довжини обичайки, яка навантажена зовнішнім тиском.
40. Надати алгоритм розрахунку товщини циліндричної обичайки, яка навантажена зовнішнім тиском.
41. Проаналізувати укріплення обичайок кільцями жорсткості.
42. Надати алгоритм розрахунку товщини циліндричної обичайки, яка навантажена осьовою силою, що розтягує.
43. Надати алгоритм розрахунку обичайок під спільною дією осьової сили, згинаючого моменту і поперечної сили на стійкість.
44. Надати алгоритм розрахунку товщини випуклих тонкостінних днищ, які навантажені зовнішнім тиском.
45. Надати алгоритм розрахунку на стійкість конічних тонкостінних днищ, які навантажені зовнішнім тиском.
46. Надати алгоритм розрахунку на стійкість конічного тонкостінного днища, яке навантажене осьовою силою, що розтягує.
47. Надати алгоритм розрахунку на стійкість конічного днища, яке навантажене осьовою стискувальною силою.
48. Надати поділ отворів в апаратах за призначенням. Обладнання отворів апаратів.
49. Проаналізувати концентрацію напружень понад отвором.
50. Проаналізувати способи укріплення отворів.
51. Надати алгоритм розрахунку на міцність укріплення отворів за геометричним методом.
52. Обґрунтувати отримання формули умови укріплення поодинокого отвору за рахунок стовщення стінок оболонки і штуцера, а також застосування накладного кільця.
53. Визначити розрахунковий діаметр поодинокого отвору, який не потребує додаткового укріплення.
54. Проаналізувати конструкцію і застосування опорних лап і опорних стояків.
55. Перевірити несучу спроможності обичайок від дії реакції опорних лап.
56. Проаналізувати конструкції і застосування опорних обичайок.
57. Надати алгоритм розрахунку опорних обичайок.
58. Класифікувати конструкції сідлових опор горизонтальних апаратів.
59. Класифікувати різні міцнощільні з'єднання.
60. Класифікувати фланцеві з'єднання.
61. Класифікувати конструкції фланців.
62. Проаналізувати з'єднувальні деталі фланців.
63. Дати оцінку прокладкам фланцевих з'єднань.
64. Надати алгоритм розрахунку сталевих фланцевих з'єднань.
65. Навести вимоги до сальникових ущільнень. Дати оцінку матеріалам сальникових набивок.
66. Обґрунтувати отримання формули для визначення зусилля затягування шпильок, яке забезпечує щільність сальникового ущільнення.

Теми рефератів

1. Матеріали, які використовуються в хімічному машинобудуванні.
2. Тонкостінні та товстостінні посудини.
3. Конструкції циліндричних обичайок.
4. Опуклі днища.
5. Вимоги до конструкцій днищ.
6. Методи укріплення отворів.
7. Основні конструкції роз'ємних міцно-щільних з'єднань.
8. Конічні обичайки, днища та переходи.
9. Плоскі днища та кришки.
10. Обичайки з кільцями жорсткості.
11. Способи укріплення отворів.
12. Роз'ємні міцно-щільні з'єднання.
13. Конструкції фланців.
14. Сальникові ущільнення. Конструкції, застосування.
15. Конструювання опорних стояків вертикальних апаратів.
16. Конструювання опор колонних апаратів.
17. Конструювання опор горизонтальних апаратів.
18. Літературний і патентний огляд стропових пристроїв.

Рекомендації щодо виконання та оформлення реферату

Реферат складається з:

- титульного аркушу;
- змісту;
- тексту реферату;
- переліку використаних посилань

Текстові документи виконуються за допомогою комп'ютерної техніки на листах формату А4, в разі потреби (для схем, таблиць) допускається формат А3. Текст друкується на одному боці аркуша через півтора інтервали, шрифт – Times New Roman 14 пт.

Рамки та основний напис в рефераті – відсутні.

Відстань від границь аркушу до границь тексту потрібно залишати: на початку та наприкінці рядків не менш 3 мм. Відстань від верхнього або нижнього рядка тексту до верхньої та границі аркуша повинне бути не менш 10 мм.

Абзаци в тексті починають відступом, рівним 15...17 мм.

Помилки, описки і графічні неточності, виявлені в процесі виконання текстового документа, допускається виправляти підчищенням або зафарбовуванням білою фарбою і нанесенням на це ж місце виправленого тексту (графіки) чорною ручкою або вклеюванням роздрукованих фрагментів тексту.

Ушкодження аркушів текстових документів, помарки і сліди не цілком вилученого тексту (графіки) не допускаються.

При аналізі стану наукової проблеми необхідно проаналізувати результати, отримані іншими дослідниками. При цьому необхідно давати посилання на джерело, з якого взято інформацію. Посилання потрібно давати перед використанням запозиченого матеріалу або в кінці цитати у квадратних дужках.

Приклад: Питання моделювання процесу забруднення поверхні мембран викладено в роботі [12].

Усі формули, нумерують арабськими цифрами в межах розділу. Номер формули складається з номера розділу і порядкового номера формули в даному розділі, розділених крапкою. Номер вказують із правої сторони листа на рівні формули в круглих дужках. Формула знаходиться посередині рядка. Міжстрочний відступ перед формулою та після неї робиться у розмірі одного рядка.

Приклад:

Фактор розподілення рідини по поверхні частинки можна визначити за формулою [20]:

$$\eta' = \frac{6(V_1 + V_2)}{k[(d'_c)^3 - (d'_c - 2l_{min})^3]}, \quad (1.5)$$

де k – експериментальний коефіцієнт;

d'_c – діаметр зволоженої частинки;

l_{min} – мінімальна товщина шару рідини на поверхні частинки.

У випадку, коли у формулу підставляється значення, вона не нумерується.

Приклад:

Для визначення інтенсивності тепловідводу від псевдозрідженого шару до одиничної частки скористаємося формулою Забродського С.С. для розрахунку коефіцієнта конвективно-кондуктивної тепловіддачі:

$$\alpha_{к.к.} = 35.8 \cdot \rho_m^{0.2} \cdot \lambda_r^{0.5} \cdot d_s^{-0.36} = 35.8 \cdot 130^{0.2} \cdot (4.8 \cdot 10^{-2})^{0.5} \cdot (4.5 \cdot 10^{-3})^{-0.36} = 109 \text{ Вт/(м}^2\text{·К)},$$

де ρ_m – густина матеріалу, $\rho_m = 130 \text{ кг/м}^3$;

λ_r – теплопровідність газу, псевдозріджуючого шар частинок сиоліту, $\lambda_r = 4,8 \cdot 10^{-2} \text{ Вт/м·К}$;

d_s - еквівалентний діаметр часток сиопору, $d_s = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$.

Посилання в тексті на номер формули подають у дужках.

Приклад 3:

"...в формулі (4.12)".

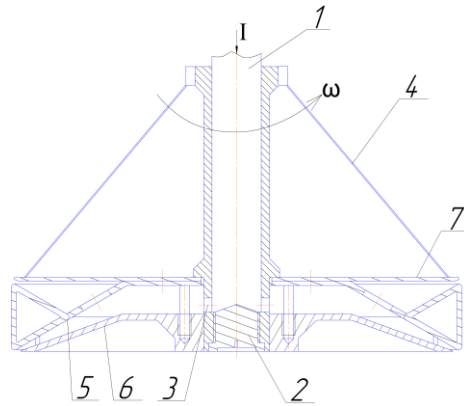
Ілюстрації повинні розташовуватися по тексту пояснювальної записки якнайближче до відповідних частин тексту. Всі ілюстрації нумерують у межах розділу арабськими цифрами. Номер ілюстрації складається з номера розділу і порядкового номера ілюстрації, розділених крапкою, після номеру крапка не ставиться.

Перед ілюстрацією в тексті повинне бути послання на цю ілюстрацію.

Ілюстрації мають найменування і, при необхідності, пояснюючі дані (текст під малюнками). Пояснюючі дані поміщають під ілюстрацією. З наступного рядка розміщується номер рисунку та його найменування.

Приклад:

Варіант дискового диспергатора зображено на рисунку 1.11 [18].



1 – патрубок; 2 – кришка; 3 – отвори; 4 – ребра жорсткості; 5 – конічний диск; 6 – нижній диск; 7 – верхній диск
I – Подача рідкої фази

Рисунок 1.11 – Дісковий розпилювач [18]

Важливою формою ілюстративних матеріалів в рефераті є графіки. У вигляді графіків необхідно представляти результати експериментальних досліджень, порівняння результатів експериментів з розрахунками за математичними моделями тощо.

Всі графіки відносяться до рисунків і нумеруються так само, як і рисунки. Осі графіків обов'язково повинні бути підписані. Підпис осей графіків включає позначення фізичної величини та її розмірності. Розмірність не проставляється лише у випадку безрозмірних величин, наприклад критеріїв подібності. Шкала осей має бути рівномірною, тобто основні і додаткові поділки по всій довжині осі повинні бути однаковими. Починати шкалу з точки 0 необов'язково. Залишати порожні місця на графіках не бажано. Якщо в одній системі координат нанесено декілька кривих чи результатів вимірювання за різних умов, необхідно надавати на полі графіку розшифрування позначень (так звану «легенду»).

Приклад оформлення графіка:

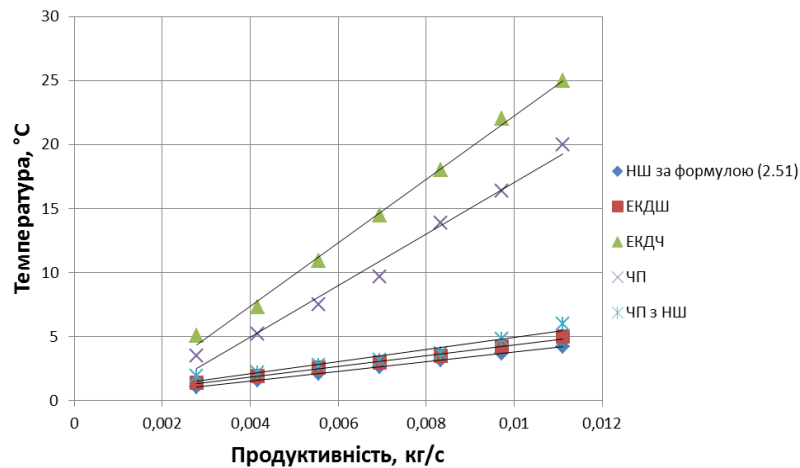


Рисунок 3.6 – Підвищення температури розплаву при різних схемах екструзії

Масиви цифрових даних (експериментальні дані, результати багатоваріантних розрахунків, порівняльні характеристики інших досліджень тощо), як правило представляють у вигляді таблиць. Усі таблиці нумерують у межах розділу арабськими цифрами. Номер таблиці складається з розділу і порядкового номера таблиці, розділених крапкою. Над лівим верхнім кутом таблиці поміщають напис "Таблиця" із вказівкою

номера таблиці, наприклад : "Таблиця 4.1". Таблиці повинні мати заголовки, які розміщуються після номера таблиці через тире. На всі таблиці повинні бути посилання в тексті, причому посилання повинні зустрічатися раніше, ніж сама таблиця. Графу „Номер по порядку” включати до таблиці заборонено.

Приклад:

Результати дослідів запишемо до таблиці 4.1.

Таблиця 4.2– Результати експериментів

Густина, кг/м ³	Час, с	Маса, кг
1025	35	180
1035	45	195
1045	55	200

Якщо таблиця не поміщається на одній сторінці, її можна продовжити на наступній, продублювавши заголовки стовпчиків таблиці або використавши нумерацію стовпчиків. При цьому потрібно над лівим кутом вказати «Продовження таблиці ...».

Зразок титульного аркуша реферату

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”**

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

РЕФЕРАТ

з дисципліни

«Способи підвищення ефективності масообміну»

на тему: Конструкції механічних форсунок

напрямок 6.050503 Машинобудування

зі спеціальності 05050315 Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів

Виконав: студент IV курсу, групи ЛН-71 Мельник М. П. _____

Керівник: к.т.н., доцент Степанюк А. Р. _____

Засвідчую, що у рефераті немає запозичень
праць інших авторів без відповідних посилань

Студент _____ М.П.Мельник

Київ 2014

Завдання на виконання модульної контрольної роботи
з кредитного модуля
«Розрахунок і конструювання типового обладнання – 1.
Розрахунок і конструювання тонкостінних посудин, опор та стропових
пристроїв»

Розрахувати товщину ребра жорсткості опори типу «лапа» вертикального апарата з оболонкою. Література [12, 17].

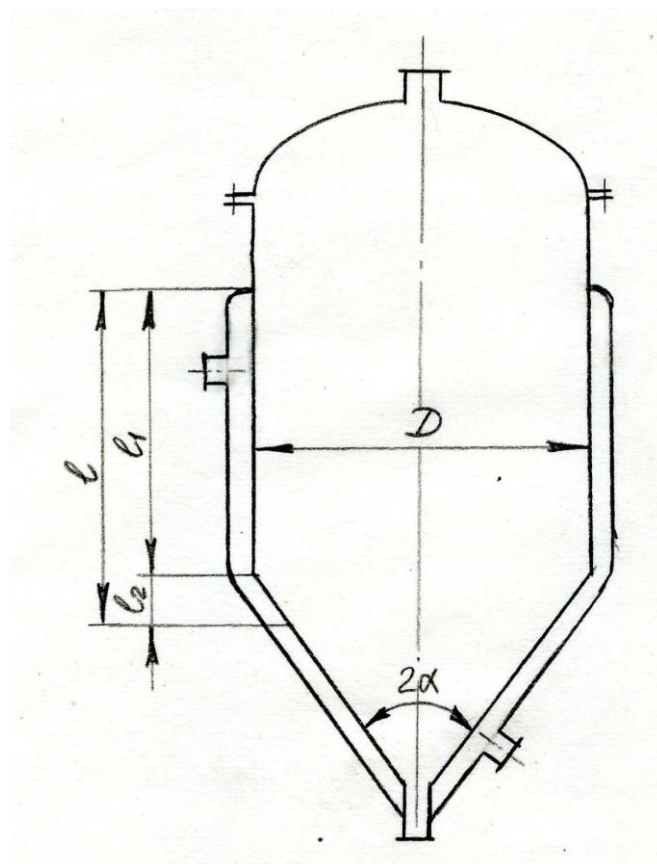


Рис. В.1. Схема апарата

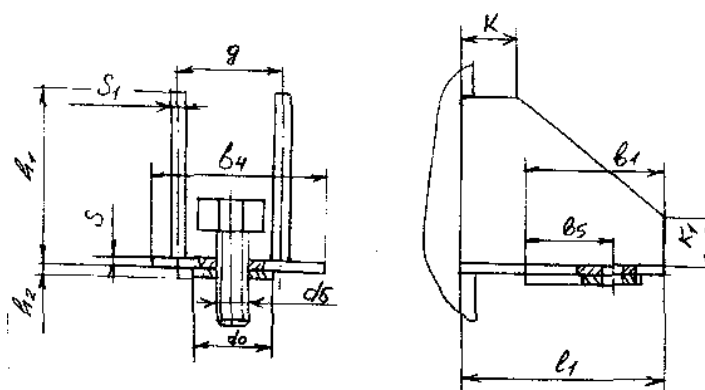


Рис. В.2. Конструкція опорних лап

Таблиця В.1. Вихідні дані для розрахунку:

Варіант	D , м	α , град	$l_{1, м}$	Тиск в реакт., ата	Тиск в обол., ата	t сер., °C	ρ , кг/м ³	H , м	Матеріал стінки	$V_{кор}$, мм/рік	τ , років	Коеф. міцн. з.ш. φ
1	0,9	45	0,6	12	9	170	1400	0,9	09Г2С	0,03	10	0,9
2	1	30	0,8	11	7	160	1450	1,2	20К	0,08	15	0,9
3	1	45	0,9	12	8	165	1350	1,2	16ГС	0,03	20	1
4	1,2	30	1,1	9	6	155	1250	1,7	20	0,08	20	1
5	1,2	45	1,2 5	11	8	165	1150	1,7	09Г2С	0,04	15	0,9
6	1,4	30	1,4	8	5	150	1500	2	Ст3пс	0,05	20	0,9
7	1,4	45	1,6	10	7	160	1400	2,1	16ГС	0,03	10	0,9
8	1,6	30	1,6	7	5	150	1300	2,3	20	0,06	15	1
9	1,6	45	1,8	9	7	100	1200	2,4	09Г2С	0,04	20	1
10	1,8	30	1,6	7	5	150	1450	2,4	20	0,05	10	1
11	1,8	45	1,8	8	5	150	1350	2,5	20К	0,06	15	1
12	2	30	2,2	6	4	140	1250	3,2	Ст3пс	0,04	20	1
13	2	45	2,5	8	6	155	1150	3,3	20К	0,07	10	1
14	2,2	30	1,6	6	5	150	1500	2,7	10	0,08	15	1
15	2,2	45	1,8	7	6	155	1400	2,8	Ст3пс	0,05	20	1
16	2,4	45	2,8	5	4	140	1300	2,9	10	0,07	10	1
17	2,6	45	2,8	6	5	150	1200	3	Ст3пс	0,05	15	1
18	2	30	2	7	5	170	1100	3,1	09Г2С	0,07	20	0,9
19	2	45	2,1	8	6	175	1000	3,2	16ГС	0,06	15	0,9
20	2	30	2,3	9	7	160	1150	3,3	09Г2С	0,05	10	1

Продовження табл. В.1

Варіант	Маса апарата, кг	Виліт опори, м	Кількість опор, <i>n</i>	Кількість ребер в опорі, <i>i</i>
1	330	0,25	2	2
2	440	0,25	2	2
3	440	0,25	2	2
4	720	0,25	2	2
5	720	0,25	2	2
6	1030	0,25	2	2
7	1030	0,25	2	2
8	1330	0,25	2	2
9	1330	0,25	2	2
10	1600	0,25	2	2
11	1600	0,25	2	2
12	2200	0,25	2	2
13	2200	0,25	2	2
14	2200	0,25	2	2
15	2200	0,25	2	2
16	3050	0,25	2	2
17	3400	0,25	2	2
18	2100	0,25	2	2
19	2200	0,25	2	2
20	2300	0,25	2	2

Таблиця В.2. Вид зварного шва

Варіант	Вид зварного шва
1, 2	Стиковий, що виконується вручну з одного боку
3, 4	Стиковий з двобічним суцільним проваром, що виконується автоматичним зварюванням
5, 6, 7	Стиковий, що доступний для зварювання з одного боку і що має у процесі зварювання металеву підкладку з боку кореня шва, яка прилягає по всій довжині шва до основного металу
8, 9, 10, 11	Стиковий з підварюванням кореня шва, що виконується вручну
12, 13	Стиковий з двобічним суцільним проваром, що виконується автоматичним зварюванням
14, 15	Стиковий з підварюванням кореня шва, що виконується вручну
16, 17	Стиковий з двобічним суцільним проваром, що виконується автоматичним зварюванням
18, 19, 20	Стиковий з підварюванням кореня шва, що виконується вручну

**Положення про рейтингову систему оцінювання
з кредитного модуля
«Розрахунок і конструювання типового обладнання – 1.
Розрахунок і конструювання тонкостінних посудин, опор та стропових
пристроїв»**

для студентів спеціальності:

8.05050315 – Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів
інженерно-хімічного факультету

Розподіл навчального часу за видами занять і завдань з кредитного модуля згідно з робочим навчальним планом:

Семестр	Розподіл за семестрами та видами занять				МКР	Семестр. атестація
	Всього	Лекції	Практичні	СРС		
6	234	54	36	144	1	Іспит

Рейтинг студента з кредитного модуля складається з балів, які він отримує за

- 1) активну участь у роботі 17* практичних занять;
- 2) виконання модульної контрольної роботи.

Зазначаємо розмір РС = 60 балів.

Система рейтингових балів

1. Практичне заняття:

- «відмінно», творче розкриття одного з питань, вільне володіння матеріалом – 3 бали;
- «добре», глибоке розкриття одного з питань дискусії – 2 бали;
- присутність на практичному занятті – 1 бал;
- відсутність на практичному занятті – мінус 1 бал.

Одному або двом кращим студентам на кожному семінарському занятті можуть додаватися 1 заохочувальний бал.

2. Модульна контрольна робота:

- «відмінно» – 9 балів;
- «добре» – 7–8 балів;
- «задовільно» – 6 балів;
- «незадовільно» – 0 балів.

Максимальна сума балів стартової складової дорівнює 60. Необхідною умовою допуску до екзамену є зарахування всіх практичних занять, контрольної модульної роботи і стартовий рейтинг не менше 30 балів.

За результатами навчальної роботи за перші 7 тижнів «ідеальний студент» має набрати 24 бали. На першій атестації (8-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше $0,5 \cdot 24 = 12$ балів.

За результатами 13 тижнів навчання «ідеальний студент» має набрати 43 бали. На другій атестації (14-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше $0,5 \cdot 43 = 21$.

На екзамені студенти отримують екзаменаційний білет. Кожний білет містить чотири питання (два з яких більш складні).

Кожне складне питання оцінюється у 12 балів, а простіше – 8 балів.

* 3 розрахунку, що на кожному практичному занятті бере активну участь (оцінюються) у середньому біля половини навчальної групи.

- Система оцінювання складних питань:
- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 11-12 балів;
 - «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) – 9-10 балів;
 - «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 7-8 балів;
 - «незадовільно», незадовільна відповідь – 0 балів.
- Система оцінювання простіших питань:
- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 7-8 балів;
 - «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) – 5-6 балів;
 - «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 3-4 бали;
 - «незадовільно», незадовільна відповідь – 0 балів.

Сума балів переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею:

Бали $R = r_{\text{МКР}} + r_1 + r_2$	ECTS оцінка	Залікова оцінка
95–100	A	відмінно
85–94	B	добре
75–84	C	
65–74	D	задовільно
60–64	E	
Менше 60	Fx	незадовільно
МКР не зараховано або $r_c < 24$	F	не допущено

Склав: _____ доцент кафедри МАХНВ, к.т.н., доц. Андрєєв І.А.
(посада викладача, прізвище та ініціали, підпис)

Ухвалено на засіданні кафедри МАХНВ
Протокол № 11 від 15 травня 2014 р.
Завідувач кафедри

_____ Я.М. Корнієнко _____
(підпис) (ініціали, прізвище)