

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Донецький національний університет економіки і
торгівлі імені Михайла Туган-Барановського

Кафедра загальноінженерних дисциплін та обладнання

О.В. Омельченко, В.В. Перекрест

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ
ДИСЦИПЛІНИ**

Технологічне обладнання харчових виробництв

Ступінь: бакалавр

Кривий Ріг
2021

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Донецький національний університет економіки і
торгівлі імені Михайла Туган-Барановського

Кафедра загальноінженерних дисциплін та обладнання

О.В. Омельченко, В.В. Перекрест

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Технологічне обладнання харчових виробництв

Ступінь: бакалавр

Затверджено на засіданні
кафедри загальноінженерних
дисциплін та обладнання
Протокол № 5
від «18» листопада 2021 р.

Рекомендовано навчально-
методичною радою ДонНУЕТ
Протокол № 3
від «28» жовтня 2021 р.

Кривий Ріг
2021

Омельченко О.В., Перекрест В.В.

О 57 Технологічне обладнання харчових виробництв: метод. рекомендації до вивч. дисц. / М-во освіти і науки України, Донец. нац. ун-т економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського, каф. загальноінженерних дисциплін та обладнання; О.В. Омельченко, В.В. Перекрест. – Кривий Ріг : [ДонНУЕТ], 2021. – 138 с.

Методичні рекомендації розроблені для надання допомоги студентам у процесі вивчення дисципліни «Технологічне обладнання харчових виробництв». Методичні рекомендації містять перелік питань для підготовки до підсумкового контролю та перелік основної та додаткової літератури

УДК 664-93(072)

© Омельченко О.В., Перекрест В.В.,
2021

© Донецький національний університет
економіки і торгівлі імені Михайла
Туган-Барановського, 2021

ЗМІСТ

ВСТУП	5
ЧАСТИНА 1. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ З ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ «ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ»	6
ЧАСТИНА 2. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ З ПІДГОТОВКИ ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ	15
Змістовий модуль 1. Загальні відомості про технологічне обладнання харчових виробництв. Типові робочі органи машин, їх конструкції та розрахунок.....	16
Змістовий модуль 2. Обладнання для підготовки сировини і технологічного обладнання до основних технологічних операцій та механічної переробки.....	32
Змістовий модуль 3. Технологічне обладнання для розділення сировини і напівфабрикатів та проведення теплових процесів.....	44
Змістовий модуль 4. Технологічне обладнання для проведення масообмінних процесів.....	57 76
ЧАСТИНА 3. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ З ОРГАНІЗАЦІЇ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ	
Змістовий модуль 1. Загальні відомості про технологічне обладнання харчових виробництв. Типові робочі органи машин, їх конструкції та розрахунок.....	67
Змістовий модуль 2. Обладнання для підготовки сировини і технологічного обладнання до основних технологічних операцій та механічної переробки.	90
Змістовий модуль 3. Технологічне обладнання для розділення сировини і напівфабрикатів та проведення теплових процесів.....	104
Змістовий модуль 4. Технологічне обладнання для проведення масообмінних процесів.....	122

ВСТУП

Основною метою вивчення дисципліни є формування професійних компетентностей у галузі технологічного обладнання харчових виробництв; здобуття практичних навичок у процесі розв'язування інженерних завдань, пов'язаних з технологічним обладнанням.

Головне завдання навчальної дисципліни полягає в ознайомленні студентів з основами теорії роботи машин і апаратів харчових виробництв, а саме обладнання для підготовки сировини та здійснення механічної переробки; розділення сировини і напівфабрикатів; технологічним обладнанням для проведення масообмінних процесів; навчити здійснювати технічний та технологічний розрахунок барабанних робочих органів просіювачів, мийних машин, сушарок; елементів мішалок та ущільнюючих пристроїв валів; сепараторів – концентраторів та сепараторів – очищувачів тощо.

Предмет: вивчення найбільш розповсюджених типів і конструкцій технологічного обладнання харчових виробництв.

ЧАСТИНА 1.
МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ З ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

1. Опис дисципліни

Найменування показників	Характеристика дисципліни
Обов'язкова (для студентів спеціальності "назва спеціальності") / вибіркова дисципліна	Обов'язкова для студентів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
Семестр (осінній / весняний)	весняний/ осінній
Кількість кредитів	10
Загальна кількість годин	300
Кількість змістових модулів	4
Лекції, годин	48/42
Практичні / семінарські, годин	32/28
Лабораторні, годин	-
Самостійна робота, годин	70/80
Тижневих годин для денної форми навчання:	
аудиторних	5/5
самостійної роботи студента	4,3/5,7
Вид контролю	залік/екзамен

2. Програма дисципліни

Мета вивчення дисципліни полягає у формування професійних компетентностей у галузі технологічного обладнання харчових виробництв; здобуття практичних навичок у процесі розв'язування інженерних завдань, пов'язаних з технологічним обладнанням.

Завдання дисципліни полягає в теоретичній і практичній підготовці здобувачів ВО з основами теорії роботи машин і апаратів харчових виробництв, а саме обладнання для підготовки сировини та здійснення механічної переробки; розділення сировини і напівфабрикатів; технологічним обладнанням для проведення масообмінних процесів; навчити здійснювати технічний та технологічний розрахунок барабанних робочих органів просіювачів, мийних машин, сушарок; елементів мішалок та ущільнюючих пристроїв валів; сепараторів – концентраторів та сепараторів – очищувачів тощо.

Предмет: вивчення найбільш розповсюджених типів і конструкцій обладнання харчових виробництв.

Зміст дисципліни розкривається в темах:

1. Загальні відомості про технологічне обладнання харчових виробництв.
2. Барабанні робочі органи.
3. Робочі органи для перемішування рідких продуктів.
4. Валкові робочі органи машин.
5. Ударні робочі органи для подрібнення твердих та крихких матеріалів.

6. Різальні робочі органи.
7. Гвинтові робочі органи.
8. Поршневі робочі органи.
9. Обладнання для відділення сировини від зайвих домішок, очищення від зовнішнього покриття та розсортування її.
10. Технологічне обладнання для миття рослинної сировини.
11. Обладнання для миття, стерилізації і санітарного оброблення тари, машин та апаратів.
12. Обладнання для з'єднання компонентів сировини при отриманні однорідної суміші.
13. Обладнання для формування сировини.
14. Технологічне обладнання для розділення неоднорідних рідких гетерогенних систем фільтруванням під дією тиску.
15. Технологічне обладнання для розділення гетерогенних рідких систем в полі дії відцентрових сил.
16. Обладнання для оброблення розчинів мембранними методами.
17. Обладнання для проведення сорбційних процесів.
18. Технологічне обладнання для проведення теплових процесів.
19. Технологічне обладнання для проведення пастеризації і стерилізації.
20. Технологічне обладнання для концентрації рідких продуктів.
21. Обладнання для перегонки і ректифікації.
22. Обладнання для проведення кристалізації.
23. Обладнання для проведення процесу екстракції.
24. Технологічне обладнання для сушіння.

Опанування дисципліни дозволяє забезпечити:

1) формування:

- загальних програмних компетентностей:

здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;
 знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності;
 здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями;
 здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел;
 здатність працювати в команді;
 навички міжособистісної взаємодії;
 навички здійснення безпечної діяльності;
 здатність забезпечувати якість виконуваних робіт.

- фахових програмних компетентностей:

здатність аналізувати інформацію з літературних джерел, здійснювати патентний пошук, а також використовувати бази даних та інші джерела інформації для здійснення професійної діяльності;
 здатність застосовувати стандартні методи розрахунку при проектуванні деталей і вузлів технологічного обладнання.

2) досягнення програмних результатів навчання:

застосовувати практичні навички вирішення завдань, що передбачають реалізацію інженерних проектів і проведення досліджень;

використовувати обладнання, матеріали та інструменти, інженерні технології і процеси, а також розуміння їх обмежень при вирішенні професійних завдань;

застосовувати норми інженерної практики у сфері машинобудування;

розуміння необхідності самостійного навчання протягом життя;

аналізувати розвиток науки і техніки.

3) набуття **результатів навчання** (згідно Дублінських дескрипторів):

- **знання:** основн технологічного обладнання переробних і харчових виробництв; теорію його робочих процесів, класифікацію, будову, особливості експлуатації, основи проектування, шляхи і перспективи його вдосконалення.

- **уміння/навички:** оцінювати технічний стан технологічного обладнання та розробляти необхідну нормативно-технічну документацію; проектувати та конструювати технологічне обладнання; аналізувати шляхи розробки конструкцій нового обладнання і бачити перспективні напрямки його вдосконалення. мати навички: з експлуатації та конструювання технологічного обладнання, організації монтажу, наладки і ремонту його; з техніки безпеки та промислової санітарії.

3. Структура дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин (денна форма навчання)				
	усього	у тому числі			
		лекц.	пр./сем.	лаб.	СРС
1	2	3	4	5	6
Модуль 1					
Змістовий модуль 1. Загальні відомості про технологічне обладнання харчових виробництв. Типові робочі органи машин, їх конструкції та розрахунок.					
Тема 1. Загальні відомості про технологічне обладнання харчових виробництв.	8	2	2	-	4
Тема 2 Барабанні робочі органи.	10	4	2	-	4
Тема 3. Робочі органи для перемішування рідких продуктів.	10	4	2	-	4
Тема 4. Валкові робочі органи машин.	10	2	2	-	6
Тема 5. Ударні робочі органи для подрібнення твердих та крихких матеріалів.	14	4	4	-	6
Тема 6. Різальні робочі органи	12	4	2	-	6
Тема 7. Гвинтові робочі органи.	13	4	2	-	7
Тема 8. Поршневі робочі органи.	13	4	2	-	7
Разом за змістовим модулем 1	90	28	18	-	44
Змістовий модуль 2. Обладнання для підготовки сировини і технологічного обладнання до основних технологічних операцій та механічної переробки.					
Тема 9. Обладнання для відділення сировини від зайвих домішок, очищення від зовнішнього покриття та розсортування її.	12	4	4	-	4
Тема 10. Технологічне обладнання	10	4	2	-	4

для миття рослинної сировини.					
Тема 11. Обладнання для миття, стерилізації і санітарного оброблення тари, машин та апаратів.	14	4	4	-	6
Тема 12. Обладнання для з'єднання компонентів сировини при отриманні однорідної суміші.	12	4	2		6
Тема 13. Обладнання для формування сировини.	12	4	2	-	6
Разом за змістовим модулем 2	60	20	14	-	26
Усього модуль 1	150	48	32	-	70
Модуль 2					
Змістовий модуль 3. Технологічне обладнання для розділення сировини і напівфабрикатів та проведення теплових процесів.					
Тема 14. Технологічне обладнання для розділення неоднорідних рідких гетерогенних систем фільтруванням під дією тиску.	14	4	2	-	8
Тема 15. Технологічне обладнання для розділення гетерогенних рідких систем в полі дії відцентрових сил.	12	2	2	-	8
Тема 16. Обладнання для оброблення розчинів мембранними методами.	14	4	2	-	8
Тема 17. Обладнання для проведення сорбційних процесів.	14	4	2	-	8
Тема 18. Технологічне обладнання для проведення теплових процесів.	12	4	2	-	6
Тема 19. Технологічне обладнання для проведення пастеризації і стерилізації.	9	4	2	-	3
Тема 20. Технологічне обладнання для концентрації рідких продуктів.	9	4	2	-	3
Разом за змістовим модулем 3	84	26	14	-	44
Змістовий модуль 4. Технологічне обладнання для проведення масообмінних процесів.					
Тема 21. Обладнання для перегонки і ректифікації.	17	4	4	-	9
Тема 22. Обладнання для проведення кристалізації.	17	4	4	-	9
Тема 23. Обладнання для проведення процесу екстракції.	17	4	4	-	9
Тема 24. Технологічне обладнання для сушіння.	15	4	2	-	9
Разом за змістовим модулем 4	66	16	14	-	36
Усього модуль 2	150	42	28	-	80
Усього годин	300	90	60	-	150

4. Теми практичних/лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
Модуль 1		
1	Практичне заняття 1. Визначення технічного рівня нової розробки технологічного обладнання.	2
2	Практичне заняття 2. Розрахунок барабаних робочих органів просіювачів, мийних машин, сушарок.	2
3	Практичне заняття 3. Розрахунок елементів мішалок та ущільнюючих пристроїв валів, визначення енергетичних характеристик та вибір привода.	2
4	Практичне заняття 4. Розрахунок валкових робочих органів дробарок, нагнітачів, охолоджуючих машин та сушарок.	2
5	Практичне заняття 5. Розрахунок конструктивних елементів, продуктивності потужності привода молоткового подрібнювача.	4
6	Практичне заняття 6. Розрахунок механізмів для подрібнення сировини ножами різної конфігурації.	2
7	Практичне заняття 7. Розрахунок конструктивних елементів, продуктивності та потужності привода гвинтових транспортуючих пристроїв, гвинтових нагнітачів, пресів, для виготовлення макаронних виробів та вилучення рідкої фази з сировини.	2
8	Практичне заняття 8. Визначення геометричних розмірів, умов роботоздатності поршневих нагнітачів тіста та поршневих дозаторів цукерковідливочних та розливочних машин.	2
9	Практичне заняття 9. Розрахунок машин для відділення механічних домішок та розсортування сировини.	4
10	Практичне заняття 10. Визначення продуктивності, основних геометричних розмірів, потужності привода машин та витрати води на відмивання сировини.	2
11	Практичне заняття 11. Розрахунок машин для відмивання тари і обладнання, визначення витрат води та мийного розчину.	4
12	Практичне заняття 12. Розрахунок конструктивних елементів, продуктивності та потужності машин для змішування сипких, рідких та пластично-в'язких полуфабрикатів. Визначення робочих характеристик гомогенізаторів та емульгаторів.	2
13	Практичне заняття 13. Розрахунок конструктивних елементів, продуктивності та потужності привода обладнання для формування сировини штампуванням, округленням, розкачуванням, витяжкою та екструзією.	2
Разом модуль 1		32
Модуль 2		
14	Практичне заняття 14. Технологічні та конструктивні розрахунки фільтрів циклічної та безперервної дії.	2
15	Практичне заняття 15. Технологічні та конструктивні розрахунки сепараторів-концентраторів та сепараторів-очищувачів.	2
16	Практичне заняття 16. Технологічний та конструктивний розрахунок мембранних установок.	2
17	Практичне заняття 17. Технологічний та конструктивний розрахунок сорбційних апаратів.	2
18	Практичне заняття 18. Розрахунок площі поверхні нагрівання, витрат теплоносія, конструктивних елементів теплообмінних	2

	апаратів.	
19	Практичне заняття 19. Технологічний, тепловий та конструктивний розрахунок автоклавів, пастеризаторів та стерилізаторів.	2
20	Практичне заняття 20. Технологічний, тепловий, конструктивний розрахунок випарних та вакуум-апаратів для концентрації рідких продуктів.	2
21	Практичне заняття 21. Технологічний, тепловий та конструктивний розрахунок обладнання для виробництва спирту.	4
22	Практичне заняття 22. Технологічний, тепловий, конструктивний розрахунок сушарок для харчових продуктів.	4
23	Практичне заняття 23. Технологічний та конструктивний розрахунок екстракторів.	4
24	Практичне заняття 24. Технологічний, тепловий та конструктивний розрахунок кристалізаторів.	2
Разом модуль 2		28
Всього		60

5. Розподіл балів, які отримують студенти

Відповідно до системи оцінювання знань студентів ДонНУЕТ, рівень сформованості компетентностей студента оцінюються у випадку проведення заліку: впродовж семестру (100 балів).

Оцінювання студентів протягом семестру (очна форма навчання)

№ теми практичного заняття	Аудиторна робота				Позааудиторна робота	Сума балів
	Тестові завдання	Ситуаційні завдання, задачі	Обговорення теоретичних питань теми	ПМК	Завдання для самостійного виконання	
Модуль 1						
Змістовий модуль 1						
Тема 1		2	2		2	6
Тема 2		2	2		2	6
Тема 3		2	2		2	6
Тема 4		2	2		2	6
Тема 5			2			2
Тема 5		2			2	4
Тема 6		2	2		2	6
Тема 7		2	2		2	6
Тема 8		2	2	12	2	18
Разом за змістовим модулем 1		16	16	12	16	60
Змістовий модуль 2						
Тема 9			2			2
Тема 9		2			2	4
Тема 10		2	2		2	6
Тема 11			2			2

Тема 11		2			2	4
Тема 12		2	2		2	6
Тема 13		2	2	10	2	16
Разом за змістовим модулем 2		10	10	10	10	40
Усього годин модуль 1		26	26	22	26	100

**Оцінювання студентів протягом семестру
(заочна форма навчання)**

Поточне тестування та самостійна робота			Сума в балах
Змістовий модуль 1	Змістовий модуль 2	Індивідуальне завдання	
40	40	20	100

Відповідно до системи оцінювання знань студентів ДонНУЕТ, рівень сформованості компетентностей студента оцінюються у випадку проведення екзамену: впродовж семестру (50 балів) та при проведенні підсумкового контролю - екзамену (50 балів).

№ теми практичного заняття	Аудиторна робота				Позааудиторна робота	Сума балів
	Тестові завдання	Ситуаційні завдання, задачі	Обговорення теоретичних питань теми	ПМК	Завдання для самостійного виконання	
Модуль 2						
Змістовий модуль 3						
Тема 14		1	1		1	3
Тема 15		1	1		1	3
Тема 16		1	1		1	3
Тема 17		1	1		1	3
Тема 18		1	1		1	3
Тема 19		1	1		1	3
Тема 20		1	1	9	1	12
Разом за змістовим модулем 3		7	7	9	7	30
Змістовий модуль 4						
Тема 21			1			1
Тема 21		1			1	2
Тема 22			1			1
Тема 22		1			1	2
Тема 23			1			1
Тема 23		1			1	2
Тема 24		1	1	8	1	11
Разом за		4	4	8	4	20

змістовим модулем 4						
Усього годин модуль 2		12	14	12	12	50

**Оцінювання студентів протягом семестру
(заочна форма навчання)**

Поточне тестування та самостійна робота			Підсумковий тест (екзамен)	Сума в балах
Змістовий модуль 1	Змістовий модуль 2	Індивідуальне завдання		
15	15	20	50	100

Загальне оцінювання результатів вивчення навчальної дисципліни

Оцінка		
100-бальна шкала	Шкала ECTS	Національна шкала
90-100	A	5, «відмінно»
80-89	B	4, «добре»
75-79	C	
70-74	D	3, «задовільно»
60-69	E	
35-59	FX	2, «незадовільно»
0-34	F	

**ЧАСТИНА 2.
МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ З ПІДГОТОВКИ ДО
ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ**

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1.

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ. ТИПОВІ РОБОЧІ ОРГАНИ МАШИН, ЇХ КОНСТРУКЦІЇ ТА РОЗРАХУНОК.

Тема 1. Визначення технічного рівня нової розробки технологічного обладнання.

1. Обговорення основних положень теми та питань самостійного вивчення:

1. Основний критерій оптимальності конструкції.
2. Вибір головних властивостей (критеріїв ефективності) за допомогою яких визначається якість машини.
3. Оцінка якості машини.
4. Експертний та розрахунковий етап оцінка якості машини.
5. Максимальної уніфікації та стандартизації.

2. Опитування.

3. Практичні завдання.

Приклад. Визначення технічного рівня нової розробки машини
Технічна характеристика обладнання

№ з/п	Назва показника, одиниця виміру	Значення показника		
		АДР-2000	аналоги	
			БП (Англія)	Струминний НЦ (Німеччина)
1.	Робоча місткість, м ³	2000	1800	2200
2.	Питомі витрати повітря, м ³ /м ³ ·год	110	100	100
3.	Питома потужність на перемішування, кВт/ м ³	8,7	9,2	7,27
4.	Швидкість розчинення кисню, кг/(м ³ ·год)	7,54	9,5	7,07
5.	Об'ємний коефіцієнт масо передачі	1407	1886	1448
6.	Питомі витрати енергії на розчинення кисню, кВт·год/кг	0,8	0,97	1,02

Розв'язання

Оцінка технічного рівня біохімічного реактора АДР-2000 проводиться по шести показникам з аналогами.

Виявлено, що по чотирьом показникам (3, 4, 5, 6) поступається більш чим на 3% БП (Англія) і по трьом показникам (1,2,3) аналогу (Німеччина), а по іншим показники перевищують аналогів.

Експертний етап оцінки не дозволяє зробити однозначний вивід про ступінь відповідності біохімічного реактора АДР-2000 світовому рівню. Тому

проводиться розрахунковий етап оцінки.

Узагальнені показники степеню відповідності оцінюваної машини вищим світовим досягненням розраховуються по формулі:

для аналога БП (Англія)

$$K_{m.p.} = \frac{\sum_{i=1}^n q_i}{n} = \frac{1,11 + 0,9 + 1,06 + 1,26 + 1,34 + 1,21}{6} = 1,15$$

для аналога струминний НЦ (Німеччина)

$$K_{m.p.} = \frac{\sum_{i=1}^n q_i}{n} = \frac{1,1 + 0,91 + 0,84 + 1,07 + 1,03 + 1,28}{6} = 1,04$$

Висновок: біохімічний реактор АДР-2000 відповідає високому світовому рівню.

Задача. Визначити технічний рівень нової розробки машини.

Варіанти і вихідні дані завдання

№ вар.	Таблиця	Нова розробка
1	1	1
2	1	2
3	1	3
4	2	1
5	2	2
6	2	3
7	3	1
8	3	2
9	3	3

Технічна характеристика центрифуг осаджувальних горизонтальних із шнековим вивантаженням осаду типу ОГШ

Таблиця 1.1

№ з/п	Показники	Нова розробка		
		1	2	3
		ОГШ-321К-01	ОГШ-321К-05	ОГШ-352К-01
1.	Продуктивність по суспензії, м ³ /год	4	3	3
2.	Ротор найбільший внутрішній діаметр, мм	320	325	350
	число обертів за хвилину	4000	3500	4250
	фактор поділу	2862	2200	3535
	відношення довжини ротора до діаметра	1,8	1,65	1,8
3.	Потужність електродвигуна, кВт	11	7,5	7,5
4.	Питома потужність на центрифугування, кВт/м ³	2,75	2,5	2,5
5.	Питома продуктивність, м ³ /м ² ·год	2,2	2,0	2,02
6.	Маса установки, кг	720	702	1020

Таблиця 1.2

№ з/п	Показники	Нова розробка		
		1	2	3
		ОГШ-352К-05	ОГШ-352К-09	ОГШ-352Т-09
1.	Продуктивність по суспензії, м ³ /год	5	6	6
2.	Ротор найбільший внутрішній діаметр, мм	350	350	350
	число обертів за хвилину	4250	3600	4000
	фактор поділу	3535	2500	3140
	відношення довжини ротора до діаметра	1,8	2,85	2,85
3.	Потужність електродвигуна, кВт	18,5	30	30
4.	Питома потужність на центрифугування, кВт/м ³	3,7	5,0	5,0
5.	Питома продуктивність, м ³ /м ² ·год	1,22	1,25	1,28
6.	Маса установки, кг	1720	2660	1950

Таблиця 1.3

№ з/п	Показники	Нова розробка		
		1	2	3
		ОГШ-501К-09	ОГШ-501К-10	ОГШ-802К-04
1.	Продуктивність по суспензії, м ³ /год	10	15	15
2.	Ротор найбільший внутрішній діаметр, мм	500	500	800
	число обертів за хвилину	2650	2300	1650
	фактор поділу	1960	1900	1220
	відношення довжини ротора до діаметра	3,6	3,4	1,66
3.	Потужність електродвигуна, кВт	75	75	75
4.	Питома потужність на центрифугування, кВт/м ³	7,5	5	5
5.	Питома продуктивність, м ³ /м ² ·год	0,95	1,87	1,41
6.	Маса установки, кг	8465	5200	8310

Тема 2. Розрахунок барабаних робочих органів просіювачів, мийних машин, сушарок.

1. Обговорення основних положень теми та питань самостійного вивчення:

1. Застосування та класифікація барабаних робочих органів
2. Барабанного просіювача.
3. Барабаних мийних машин.
4. Визначення продуктивності та потужності барабаних робочих органів.

2. Опитування.

3. Практичні завдання.

Приклад розв'язування завдання.

Приклад. Виконати розрахунок безперервно діючої барабанної мийної машини, задано: діаметр барабану $D_6 = 0,8$ м, довжина $L_6 = 1,8$ м, вид сировини – кабачки.

Розв'язання

Найменше число обертів, при якому сировина, що знаходиться в барабані починає обертатись разом з барабаном не відриваючись від його стінок, називають критичним числом обертів барабану мийної машини $n_{кр}$ об/хв. Для гладкого барабану

$$n_{кр} = \frac{42,3}{\sqrt{D_6}}$$

де D_6 діаметр барабану, м.

$$n_{кр} = \frac{42,3}{\sqrt{0,8}} = 47,29 \text{ об/хв.}$$

Робоче число обертів барабану мийної машини можна визначати по формулі

$$n_p = \varphi_6 n_{кр}$$

де φ_6 – експериментальний коефіцієнт ($\varphi_6 = 0,2 \dots 0,26$)

$$n_p = \varphi_6 n_{кр} = 0,25 * 47,29 = 11,82 \text{ об/хв}$$

Приймаємо 12 об/хв.

Продуктивність Q кг/с, барабанної мийної машини можна визначити по формулі

$$Q = f v_n \varphi' \rho_c$$

де f – площа поверхні барабану, м².

$$f = \pi D_6 L_6$$

$$f = 3,14 * 0,8 * 1,8 = 4,52 \text{ м}^2$$

v_n – швидкість руху сировини вздовж барабану, м/с

$$v_n = \frac{k' D_6 t g \beta n_p}{60}$$

β – кут нахилу барабану ($\beta = 2 \dots 3^\circ$);

k' – коефіцієнт враховуючий перемішування сировини вздовж і підйом її на висоту ($k' = 1,5 \dots 2,0$)

φ' – коефіцієнт наповнення барабану або використання його перерізу ($\varphi' = 0,2 \dots 0,7$);

ρ_c – насипна щільність сировини, ($\rho_c = 500 \text{ кг/м}^3$)

$$v_n = \frac{k D_6 t g \beta n_p}{60} = \frac{1,5 * 0,8 * t g 3^\circ * 11,82}{60} = 0,013$$

$$Q = 4,54 * 0,013 * 0,5 * 500 = 14,23 \text{ кг/с}$$

Потужність двигуна визначаємо за формулою:

$$N = \frac{4Q * L_6 * g}{1000 t g \beta} = \frac{4 * 14,23 * 1,8 * 9,8}{1000 t g \beta} = 19,17 \text{ кВт}$$

Задача. Виконати розрахунок безперервно діючої барабанної мийної машини

Таблиця 2.1 – Вихідні дані для розрахунку

№ вар.	Діаметр барабану d_0 , м	Довжина барабану l_0 , м	Вид сировини
1	0,81	1,85	Кабачки
2	0,82	1,90	Перець
3	0,84	2,00	Баклажани
4	0,86	2,10	Помідори
5	0,88	2,20	Цибуля
6	0,90	2,30	Морква
7	0,92	2,40	Яблука
8	0,94	2,50	Груші
9	0,96	1,85	Сливи
10	0,98	1,95	Кабачки

Тема 3. Розрахунок елементів мішалок та ущільнюючих пристроїв валів, визначення енергетичних характеристик та вибір привода.

1. Обговорення основних положень теми та питань самостійного вивчення:

1. Способи перемішування.
2. Ефективність перемішувальних пристроїв.
3. Інтенсивність перемішування.
4. Критерії оцінки якості змішування.
5. Конструкції мішалок.
 2. Опитування.
 3. Практичні завдання.

Приклад розв'язування завдання.

Приклад. Визначити потужність N , яка витрачається на перемішування рідини пропелерною мішалкою у посудині з перегородками при таких вихідних даних: частота обертання $n=200$ хв⁻¹; діаметр посудини $D=1000$ мм; в'язкість рідини $\mu=1200 \cdot 10^{-6}$ Па·с; густина $\rho=1180$ кг/м³; діаметр мішалки $d=0,3D$.

Розв'язання

1. Визначаємо діаметр мішалки, м:
 $d = 0,3D = 1,3 \cdot 1000 = 300$ мм.
2. Знаходимо значення критерію Рейнольдса (Re) для мішалки:

$$Re = \frac{\rho n d^2}{\mu} = \frac{1180 \cdot 200 \cdot 0,3^2}{1200 \cdot 10^{-6}} = 360 \cdot 10^6$$

3. Визначаємо критерій потужності K_N для посудини з перегородками. Конструктивно приймемо, що ширина перегородок $b=40$ мм, а їх кількість складає 6.

$$K_N = 0,253 \cdot 360 \cdot 10^6 \cdot \left(\frac{0,1}{0,3}\right)^{1,7} \left(\frac{0,04}{0,3}\right)^{0,3} \cdot 6^{0,43} = 16,2 \cdot 10^6$$

4. Визначаємо потужність на перемішування пропелерною мішалкою за формулою

$$N = 16,2 \cdot 10^6 \cdot 1200 \cdot 10^{-6} \cdot 3,33^2 \cdot 0,3^3 = 5820 \text{ Вт} = 5,82 \text{ кВт.}$$

Задача. Визначити потужність N , яка витрачається на перемішування рідини пропелерною мішалкою у посудині з перегородками. Вихідні дані: частота обертання n , хв^{-1} ; діаметр посудини D , мм; в'язкість рідини μ , $\text{Па}\cdot\text{с}$; густина ρ , $\text{кг}/\text{м}^3$; діаметр мішалки $d=0,3D$ в таблиці.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані для розрахунку

№ вар.	Задані величини		Остання цифра шифру	Задані величини	
	n , хв^{-1}	D , мм		ρ , $\text{кг}/\text{м}^3$	$\mu \cdot 10^{-6}$, $\text{Па}\cdot\text{с}$
1	2	3	4	5	6
1	160	1800	0	1050	1800
2	170	1850	1	1045	1600
3	180	1900	2	1150	1300
4	190	1700	3	1030	1200
5	200	1750	4	1080	900
6	210	2000	5	990	1000
7	220	1950	6	1120	1050
8	230	1800	7	890	1250
9	240	1850	8	1100	1110
10	250	2000	9	1060	1140

Тема 4. Розрахунок валкових робочих органів дробарок, нагнітачів, охолоджуючих машин та сушарок

1. Обговорення основних положень теми та питань самостійного вивчення:

1. Валкові подрібнювачі. Класифікація.
2. Кут захоплення частинки
3. Потужність валкових робочих органів.
 2. Опитування.
 3. Практичні завдання.

Приклад розв'язування завдання.

Приклад. Розрахувати валкову дробарку з гладкими валками продуктивністю P_p , середнім розміром кусків, що завантажуються, $D_{сер}$, середнім розміром готового продукту $d_{сер}$ для подрібнювання матеріалу з наступними параметрами: границя міцності на стиск σ , модуль пружності E , густина ρ , коефіцієнт розпушення μ коефіцієнт тертя f

Вихідні дані:

Модуль пружності матеріалу: $E = 2,4 \cdot 10^4 \text{ МН}/\text{м}^2$

Границя міцності матеріалу на стиснення: $\sigma = 53 \text{ НМ}/\text{м}^2$

Густина матеріалу: $\rho = 2.2 \text{ т/м}^3$

Коефіцієнт розпушення: $\mu=0,4$

Коефіцієнт тертя: $f=0,35$

Продуктивність дробарки: $\Pi_p = 28 \text{ т/год}$

Середній розмір шматків, які надходять на подрібнення: $D_{\text{сер}} = 0.040 \text{ м}$

Середній розмір шматків готового продукту: $d_{\text{сер}} = 0.006 \text{ м}$

Розв'язання

Кут захоплення валкової дробарки. Для того, щоб куски матеріалу були затягнуті валками в завантажувальний отвір дробарки, необхідно, щоб кут захоплення був менше двох кутів тертя, тобто

$$\alpha \leq 2 \cdot \arctg(f),$$

Кут захоплення приймаємо рівним 37°C .

Діаметр валка, м:

$$D = \frac{D_{\text{сер}} \cdot \cos\alpha/2 - e}{1 - \cos\alpha/2} = 0.618 \text{ м}$$

При розрахунку прийнято $e=d_{\text{сер}}$

Максимальна частота обертання валків, об/с:

$$n_{\text{max}} = 0.32 \cdot \sqrt{f/\rho \cdot D_{\text{сер}} \cdot D}$$

$$n_{\text{max}} = 0.32 \cdot ((0.35/2.2) \cdot 0.04 \cdot 0.618) = 0.812 \text{ об/с}$$

Продуктивність дробарки, т/год:

$$\Pi_p = 3600 \cdot \pi \cdot D \cdot L \cdot e \cdot n \cdot \rho \cdot \mu$$

$$\Pi_p = 3600 \cdot 3,14 \cdot 0,618 \cdot 0,618 \cdot 0,006 \cdot 0,812 \cdot 2,2 \cdot 0,4 = 18,512 \text{ т/год}$$

де $L=(0,8 \dots 1,3)$ - довжина валка, м.

Потужність двигуна, кВт:

$$N = \frac{\sigma^2 \cdot \Pi_v \cdot (i-1)}{2.4 \cdot E \cdot \eta_o \cdot \eta_n}$$

$$N = 17.586 \text{ кВт}$$

з урахуванням $\eta_g=0,25$ для валкових дробарок

$$\Pi_v = \Pi_p/\rho = 28/2,2 = 12,7$$

Ступінь подрібнювання:

$$i = D_{\text{сер}}/d_{\text{сер}} = 0,04/0,006 = 6,7$$

Задача. Розрахувати валкову дробарку

Таблиця 4.1 – Вихідні дані для розрахунку

№ вар	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Модуль пружності матеріалу: E , МН/м^2	2.0 10^4	2.2 10^4	2.5 10^4	2.6 10^4	2.7 10^4	2.8 10^4	2.4 10^4	2.5 10^4	2.0 10^4
Границя міцності матеріалу на стиснення: σ , НМ/м^2	50	51	52	55	50	60	53	58	50
Густина	2,0	2,1	2,3	2,5	1,9	2,0	2,5	2,3	2,4

матеріалу: ρ , т/м ³									
Коефіцієнт розпушення: μ	0,38	0,39	0,4	0,41	0,42	0,4	0,38	0,42	0,4
Коефіцієнт тертя: f	0,32	0,33	0,35	0,35	0,4	0,38	0,37	0,35	0,32
Продуктивність дробарки: P_p , т/год	25	24	26	20	30	22	26	27	20
Середній розмір шматків, які надходять на подрібнення: $D_{сер}$, м	0,035	0,04	0,038	0,04	0,045	0,05	0,04	0,06	0,05
Середній розмір шматків готового продукту: $d_{сер}$, м	0,005	0,006	0,005	0,007	0,006	0,007	0,005	0,006	0,007

Тема 5. Розрахунок конструктивних елементів, продуктивності потужності привода молоткового подрібнювача.

1. Обговорення основних положень теми та питань самостійного вивчення:

1. Стиснений, і вільний удар.
2. Межа міцності при стисненні та руйнуванні.
3. Найбільше зношення
4. Процес пружної деформації тіла
 2. Опитування.
 3. Практичні завдання.

Приклад розв'язування завдання.

Приклад. Визначити основні параметри молоткової дробарки та викреслити схему ротора, якщо відомо такі вихідні дані: маса частинки до подрібнення $m=5 \cdot 10^{-5}$ кг, тривалість удару $\tau=1,3 \cdot 10^{-5}$ с, середня миттєва сила опору руйнування частинки $P=150$ Н; довжина молотка $a=0,12$ м, ширина молотка $b=0,065$ м, кількість молотків $z=6$, діаметр диска $D=380$ мм, потужність $N=10$ кВт.

Розв'язання

Визначимо квадрат радіуса інерції відносно центра ваги для прямокутного молотка з одним отвором:

$$r_2 = \frac{0.12^2 + 0.065^2}{12} = 0,0015 \text{ м}^2$$

Відстань від осі підвіски молотка до центра ваги визначаємо за формулою:

$$c = \frac{0,12^2 + 0,065^2}{6 \cdot 0,12} = 0,025 \text{ м}$$

Припустивши, що точка прикладання удару розташована на кінці молотка, отримаємо відстань від кінця молотка до осі його підвіски:

$$l = 0,025 + 0,5 \cdot 0,12 = 0,085 \text{ м}$$

Приймаємо конструктивно відстань від осі підвіски молотка до осі ротора рівною $R = 0,110 \text{ м}$, що є більше відстані від кінця молотка до осі його підвіски.

Радіус найбільш віддаленої точки молотка від осі ротора складає:

$$R_M = 0,14 + 0,085 = 0,225 \text{ м}$$

Мінімальне значення колової швидкості молотків визначаємо з виразу:

$$v_{min} = \frac{150 \cdot 1,3 \cdot 10^{-5}}{5 \cdot 10^{-5}} = 39 \text{ м/с}$$

Кутову швидкість визначимо за формулою:

$$\omega = \frac{39}{0,19} = 205 \text{ об/с}$$

Маса молотка:

$$m_M = 0,12 \cdot 0,065 \cdot 0,010 \cdot 7800 = 0,6 \text{ кг}$$

Радіус кола розміщення центрів ваги молотків:

$$R_c = R + c = 0,14 + 0,025 = 0,165 \text{ м}$$

Відцентрова сила інерції молотка:

$$P_i = 0,6 \cdot 205^2 \cdot 0,165 = 4160 \text{ Н}$$

Діаметр осі підвіски молотка визначають з врахуванням допустимого напруження на згин $[\sigma]_{зг} = 100 \text{ МН/м}^2$:

$$d = 1,36 \sqrt[3]{\frac{4160 \cdot 0,01}{100 \cdot 10^6}} = 0,010 \text{ м}$$

Відповідно до ряду нормальних лінійних розмірів за стандартом приймаємо $d = 0,010 \text{ м}$.

Для диску зі сталі приймаємо допустиме напруження зминання $[\sigma]_{зм} = 65 \text{ МН/м}^2$ і при зрізі $[\sigma]_{зр} = 60 \text{ МН/м}^2$.

Знайдене значення приймають відповідно до ряду нормальних лінійних розмірів.

Товщина диска:

$$s_D = \frac{4160}{0,01 \cdot 65 \cdot 10^6} = 0,0064 \text{ м}$$

Мінімальний розмір перемички:

$$h_{min} = \frac{0,5 \cdot 4160}{0,0064 \cdot 60 \cdot 10^6} = 0,0054 \text{ м}$$

Зовнішній радіус диска:

$$R_D = 0,14 + 0,5 \cdot 0,0064 + 0,0054 = 0,1486 \text{ м}$$

Діаметр вала в небезпечному перерізі біля шківів:

$$d_{\text{в}} = 0,052 \cdot \sqrt[3]{\frac{10}{205}} = 0,020 \text{ м.}$$

Задача 1. Визначити основні параметри молоткової дробарки та викреслити схему ротора.

Вихідні дані: маса частинки до подрібнення m , кг, тривалість удару τ , с, середня миттєва сила опору руйнування частинки P , Н; довжина молотка a , м, ширина молотка b , м, кількість молотків z , потужність N , кВт.

При розрахунку визначити: мінімальне значення колової швидкості молотків v_{\min} , відцентрову силу інерції молотка P_i , товщину диска s_0 , мінімальний розмір перемички h_{\min} , діаметр вала в небезпечному перерізі d_0 . Прийняти конструктивно відстань від осі підвіски молотка до осі ротора R більшою відстані від кінця молотка до осі його підвіски. Товщина молотка $s=10$ мм, густина матеріалу, з якого виготовлено молоток $\rho=7500$ кг/м³.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані для розрахунку

Передостання цифра шифру	Задані величини			Задані величини			
	$m \cdot 10^{-5}$, кг	$\tau \cdot 10^{-5}$, с	P , Н	a , м,	b , м,	z , шт	N , кВт
1	2,5	1,0	200	0,150	0,070	4	9,5
2	3,0	1,2	190	0,120	0,065	6	7,5
3	3,5	0,9	150	0,130	0,070	8	10,5
4	4,1	0,7	180	0,110	0,060	4	11,0
5	3,8	1,0	240	0,100	0,060	6	11,8
6	4,7	0,8	160	0,125	0,065	6	12,0
7	5,4	1,1	270	0,115	0,055	8	10,0
8	4,5	0,6	250	0,135	0,070	8	12,5
9	4,0	0,7	220	0,140	0,070	4	9,0
10	2,8	1,0	300	0,120	0,065	6	10,7

Тема 6. Розрахунок механізмів для подрібнення сировини ножами різної конфігурації.

1. *Обговорення основних положень теми та питань самостійного вивчення:*

- 1 Види ножів, матеріал виготовлення
2. Витрати енергії на процес різання
3. Способи різання та характеристики ножа.
4. Різальна машина з ножами які закріплені на диску.

2. *Опитування.*

3. *Практичні завдання.*

Приклад розв'язування завдання.

Приклад. Розрахувати базові розміри відцентрової бурякорізки продуктивні-стю $G=1000$ т/добу, яка при швидкості різання $v=5$ м/с забезпечувала б одержання стружки товщиною $h=0,004$ м, маса стружки в одиниці об'єму; $\rho=550$ кг/м³, конструктивний коефіцієнт $K_k=0,98$,

експлуатаційний коефіцієнт $K_e=0.9$ та визначити орієнтійні витрати потужності.

Розв'язання

З рівняння

$$G = \frac{24 \cdot 60 \cdot 60 \cdot L \cdot h \cdot v \cdot p \cdot K_k \cdot K_e}{1000} = \text{т/добу},$$

де L - загальна довжина ріжучих країв ножів, м, h - товщина стружки, м, v - швидкість різання в м/с, p - маса стружки в одиниці об'єму, кг/м³; K_k - конструктивний коефіцієнт, K_e - експлуатаційний коефіцієнт, визначаємо довжину ріжучого леза ножів.

$$L = \frac{G \cdot 1000}{24 \cdot 60 \cdot 60 \cdot h \cdot v \cdot p \cdot K_k \cdot K_e}, \text{ м}$$

$$L = \frac{1000 \cdot 1000}{24 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 0,004 \cdot 5 \cdot 0,98 \cdot 0,9 \cdot 550} = 1,19 \text{ м}$$

Кількість ножів при їх стандартній довжині $L_1=0,165$ м буде

$$m = \frac{L}{L_1} = \frac{1,19}{0,165} = 8 \text{ штук}$$

В ножові рами відцентрових бурякорізок встановлюють по два ножі.

$$\text{Число працюючих ножових рам } K = \frac{8}{2} = 4$$

Враховуючі, що одна із рам завжди заглушена, загальна кількість p в бурякорізці становитиме 12 шт. Прийнявши орієнтовану ширину рам $\alpha = 0,155$ м і ширину проміжків між ними $\beta = 0,1$ м, знаходимо необхідну довжину кола для розміщення всіх рам

$$L_3 = (0,155 + 0,1) \cdot 12 = 3,06 \text{ м}$$

Звідси внутрішній діаметр барабана

$$D = \frac{L_3}{\pi} = \frac{3,06}{3,14} = 0,974 \text{ м}$$

З урахуванням зазарів приймаємо внутрішній діаметр барабана $D=1$ м.

Наприклад, при габаритній довжині ножових рам $N=392$ мм потребує заглушки такої же довжини N та припуск на зміну їх положення $C=10$ мм.

$$H = 2N + C = 2 \cdot 392 + 10 = 794 \text{ мм}$$

Конструкція приводу повинна забезпечувати зміну швидкості різання.

При завитку, розміщеному барабані діаметром 2 м і бажаній зміні швидкості

в межах 5-9 м/с.

$$n_{min} = \frac{60 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{60 \cdot 5}{3,14 \cdot 1} = 96 \text{ об/хв.}$$

$$n_{min} = \frac{60 \cdot 9}{3,14 \cdot 1} = \frac{172 \text{ об}}{\text{хв}}$$

Конструктивний коефіцієнт для бурякорізки відцентрового типу, що має трьохлопатевої завиток з трьома контр ножами (кожен з максимальною товщиною кінцевої частини $\delta=40$ мм),

Визначимо за рівнянням

$$K_k = \frac{\pi D - \sum \delta}{\pi D} = \frac{3,14 * 1 - 3 * 0,04}{3,14 * 1} = 0,96$$

Перевірочний розрахунок продуктивності бурякорізки за даними одержаними з технічної характеристики при $L=12 \times 165 \times 2=3,96\text{м}$; $h=0,004\text{м}$; $V_{\text{сер}} = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$;

$$G = \frac{24 * 60 * 60 * L * h * v * p * K_k * K_e}{1000}$$

$$G = \frac{24 * 60 * 60 * 3,96 * 0,004 * 5 * 550 * 0,9 * 0,96}{1000} = 3300 \text{т/добу}$$

Визначимо необхідну потужність приводу.

Необхідна для розгона буряків потужність

$$N_1 = \frac{(G_1 + Q)v^2}{2g * 102}, \text{ кВт}$$

При рухомому об'ємі буряків над завитком $v=1,4 \text{ м}^3$. об'ємній їх масі кг/м^3 маса рухомих буряків $G_1 = V_p = 1,4 * 550 = 770 \text{кг}$

Маса рухомих складових завитка $Q=450 \text{кг}$. Середня швидкість різання м/с .

$$N_1 = \frac{(770 + 450)v^2}{2 * 9,81 * 102} = 15,24 \text{ кВт}$$

Потужність приводу в кВт для виконання процесу різання при середньої швидкості $v=5 \text{м/с}$

знаходимо за рівнянням

$$N_2 = 1,91 * f * L_1 * m * n_{\text{від}} * v * K_k$$

де f -питоме зусилля різання в Н/м ; L_1 -довжина ножа, м ; m -кількість ножових рам; K_k – конструктивний коефіцієнт ($\sim 0,9$) $n_{\text{від}}$ – коефіцієнт порозності, який враховує повітряні проміжки в шарі буряків; для мов знаходження буряків у бурякорізці. $n_{\text{від}}=0,55 \dots 0,6$

$$N_2 = 1,91 * 1,45 * 0,165 * 2 * 12 * 5 * 0,96 = 31,65 \text{кВт}$$

Потужність в кВт на подолання сил тертя буряків по корпусу та рамі рівнянням $v=5 \text{м/с}$

$$N_3 = 9,2 * 10^{-3} * \frac{1}{9,81} * 550 * 5^3 * 0,5 * 0,165 * 0,96 = 5,12 \text{кВт}$$

де g -прискорення вільного падіння тіла, м/с^2 ; де R -радіус різання (дорівнює радіусу барабана. В якому встановлені ножі) у дискових бурякорізках він дорівнює радіусу кола, що проходить через середину ножів

Потужність для подолання сил тертя між рухомими та нерухомими шарами буряків за формулою

$$N_4 = 6 \text{кВт}$$

Загальна потужність приводу без врахування сил тертя механізмів приводу

$$N' = N_1 + N_2 + N_3 + N_4, \text{ кВт}$$

$$N' = 15,24 + 31,65 + 5,12 + 6 = 58 \text{кВт}$$

З врахуванням $3 \dots 3,2\%$ приросту одержаної потужності на подолання сил механічного тертя загальна потужність приводу становить

$$N=1.03 \cdot N' = 1,03 \cdot 58 = 59,7 \text{ кВт}$$

Задача . Розрахувати потужність бурякорізки .

Таблиця 6.1 – Вихідні дані для розрахунку

№ вар.	G, т/добу	h, м	V, м/с	ρ , кг/м ³
1	900	0,004	5	500
2	1000	0,005	4	550
3	1100	0,006	6	580
4	1200	0,004	5	570
5	1300	0,006	4	550
6	1400	0,005	5	590
7	1500	0,004	6	560
8	1000	0,005	4	520
9	1200	0,006	5	530
10	1000	0,004	4	540

Тема 7. Розрахунок конструктивних елементів, продуктивності та потужності привода гвинтових транспоруючих пристроїв, гвинтових нагнітачів, пресів, для виготовлення макаронних виробів та вилучення рідкої фази з сировини.

1. Обговорення основних положень теми та питань самостійного вивчення:

1. Гвинтові робочі органи
2. Кут підйому гвинтових ліній
3. Коефіцієнт подачі
4. Продуктивність та потужність пристроїв.

2. Опитування.

3. Практичні завдання.

Приклад розв'язування завдання.

Приклад. Визначити теоретичну продуктивність пресуючого шнека Q_T , якщо:

m – число заходів шнека; $m = 1$

γ – об'ємна маса тіста; $\gamma = 1360 \text{ кг/м}^3 \div 1440 \text{ кг/м}^3$

S – крок шнека; $S = 0,075 \text{ м}$

D_1 – внутрішній діаметр шнека; $D_1 = 30,0 \text{ мм}$

D_2 – зовнішній діаметр шнека; $D_2 = 62,0 \text{ мм}$

b_1 і b_2 – ширина гвинтової лопаті в її нормальному перетині по зовнішньому і внутрішньому радіусах, відповідно, $b_1 = 8 \text{ мм}$, $b_2 = 15 \text{ мм}$

k_B – коефіцієнт, що враховує профіль та кут підйому витка шнека по середній лінії; $k_B = 0,13 \dots 0,15$

k_H – коефіцієнт наповнення; $k_H = 0,8$

k_{II} – коефіцієнт пресування; $k_{II} = 0,5 \dots 0,55$

k_c – коефіцієнт, що враховує ступінь зменшення подачі спресованого тіста в залежності від властивостей тіста, параметрів шнека і пропускної спроможності матриці; $k_c = 0,9$

n – частота обертання шнека, $n = 70$ об/хв.

Розв'язання

Теоретична продуктивність пресуючого шнека Q_T враховує ступінь заповнення витків тістом, фізико-механічні властивості тіста, опір матриці та інші фактори і може бути визначена за формулою:

$$Q_T = 60\pi m n \left(\frac{D_2^2 - D_1^2}{4} \right) \left(S - \frac{b_2 - b_1}{2} \right) \gamma k_a k_n k_p k_c$$

$$Q_T = 60 * 3,14 * 1 * 70 * \left(\frac{0,062^2 - 0,03^2}{4} \right) \left(0,075 - \frac{0,015 - 0,008}{2} \right) 1400 * 0,15 * 0,8 * 0,5 * 0,9 = 50,2 \text{ кг/год}$$

Знайдена продуктивність враховує вологість тіста, отже, визначає продуктивність преса по вологим виробам. Для порівняння теоретичної, паспортної і фактичної продуктивності необхідно визначити, наскільки зменшиться маса порції вологих виробів при просушуванні:

$$Q_\phi = Q_B \frac{100 - W_B}{100 - W_C}$$

де Q_ϕ – фактична продуктивність машини по сухим виробам, кг/год;

Q_B – маса вологих виробів за 1 год роботи преса, кг/г;

W_B – вологість виробів після пресування; $W_B = 30...35$ %;

W_C – вологість виробів після просушування; $W_C = 13...14$ %.

$$Q_\phi = 50,2 \frac{100 - 35}{100 - 14} = 37,9 \text{ кг/год}$$

Задача. Визначити продуктивність пресуючого шнека.

Таблиця 7.1 – Вихідні дані для розрахунку

№ вар.	$S_1, \text{м}$	$D_1, \text{м}$	$D_2, \text{м}$	$B_1, \text{м}$	$B_2, \text{м}$	$n, \text{об/хв}$
1	0,075	0,03	0,06	0,008	0,015	70
2	0,080	0,04	0,05	0,009	0,018	80
3	0,065	0,05	0,07	0,007	0,017	75
4	0,070	0,03	0,08	0,008	0,015	85
5	0,075	0,04	0,06	0,009	0,019	90
6	0,080	0,05	0,08	0,007	0,020	75
7	0,065	0,03	0,06	0,008	0,011	95
8	0,085	0,035	0,05	0,006	0,015	70
9	0,065	0,045	0,06	0,009	0,018	80
10	0,070	0,03	0,07	0,007	0,019	85

Тема 8. Визначення геометричних розмірів, умов роботоздатності поршневих нагнітачів тіста та поршневих дозаторів цукерковідливочних та розливочних машин.

1. Обговорення основних положень теми та питань самостійного вивчення:

1. Дозатори із зворотно-поступальним рухом.
2. Тістоподільники – поршневі витискувачі.
3. Поршневі робочі органи для в'язких продуктів
 2. Опитування.
 3. Практичні завдання.

Приклад розв'язування завдання.

Приклад. Розрахувати продуктивність поршневої отливної машини для кондитерського виробництва

Розв'язання

1. Продуктивність Π (кг/с)

$$\Pi = \frac{znc_1c_2}{60K}$$

де z – кількість робочих поршнів ($z = 10 \dots 24$ шт.);

n – кількість відливів c_1 - коефіцієнт, що враховує зворотні рухи ($c_1 = 0,87$);
 c_2 – поправочний корпуса (для корпуса із желейної маси – 0,95; із збитих мас – 0,8),

K – кількість корпусів із 1 кг маси.

2. Потужність для приводу поршнів відливного механізму (кВт).

$$N = \frac{zpv_{cp}}{1000\eta}$$

де p – зусилля , яке потрібно прикласти до одного поршня, швидкість руху поршня. м/с; η – к.к.д передачі відливного механізму

3. Розрахункове зусилля (Н) для приводу руху поршня:

$$p = p_1 F$$

де p_1 - розрахунковий тиск цукеркової маси в циліндрі , МПа; F поршня , м²,
 $F = 0,785d^2$;

d - діаметр поршня, м. В цукерковим виробництві $d = 18$ мм.

4. Діаметр поршня:

$$d = \sqrt{\frac{4t}{\psi\pi S}}, \quad S = \frac{m_0}{0.785d^2\psi\pi},$$

де T - об'єм дози цукеркової маси, м³ ;

ψ - коефіцієнт об'ємної подачі

S – хід поршня, м;

5. Об'єм

$$V = m_0 / \rho,$$

де m_0 - маса одного корпусу, кг 0,012 кг ; $m_0 = \nu\rho$, ρ – густина цукерки $\rho = 1200 \text{ кг/м}^3$;

$$V = 0,785d^2 \psi S$$

$$S = \frac{1,27m_0}{\psi d^2 \rho}$$

6. Середня швидкість поршня (м/с)

$$v_{\text{ср}} = \frac{2m_0 n}{15\rho\pi d_1^2},$$

де d_1 – діаметр внутрішнього каналу насадки , м ($d_1 \approx 0,5d$).

7. Розрахунковий тиск цукеркової маси в середині циліндра (Па)

$$p_1 = \left(32v_{\text{ср}} \mu \frac{l}{d_1^2} \right) 10^{-5} + P_2,$$

де l – довжина каналу насадки , по якому рухається цукеркова маса

μ – абсолютна в'язкість цукеркової маси, Па * С; P_2 – тиск серед що випресовується маса , МПа ($P_2 = 0,1 \text{ МПа}$).

Задача. Розрахувати продуктивність машини, дані в таблиці 8.1

Таблиця 8.1 – Вихідні дані для розрахунку

№ вар.	z, шт	n, шт	c_2	K, шт
1	10	38	0,95	150
2	12	40	0,9	180
3	14	42	0,8	220
4	16	40	0,85	200
5	20	42	0,9	185
6	24	38	0,95	210
7	12	40	0,8	160
8	20	38	0,9	200
9	18	42	0,85	210
10	12	40	0,95	170

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2. ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ СИРОВИНИ І ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ДО ОСНОВНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ ТА МЕХАНІЧНОЇ ПЕРЕРОБКИ.

Тема 9. Розрахунок машин для відділення механічних домішок та розсортування сировини.

1. Обговорення основних положень теми та питань самостійного вивчення:

1. Основна характеристика сита.
2. Повітряна сепарація.
3. Відділення легких домішок
4. Відділення важких домішок
5. Феромагнітна сепарація.
 2. Опитування.
 3. Практичні завдання

Приклад розв'язування завдання.

Приклад. Розрахувати просіювач з горизонтальним розташуванням сит.

Розв'язання

Продуктивність просіювача Q , кг/год., визначається за формулою

$$Q = \frac{m}{t}$$

де m - маса продукту, що обробляється, кг; t - час просіювання, год.

Ширина решітного стану, m визначається за формулою

$$B_p = \frac{Q}{3600q_b}$$

де q_b - питома продуктивність решета відносно одиниці ширини, кг/(с·м).

Питома продуктивність решета, віднесена до одиниці його площі, кг/(с·м²), визначається за формулою:

$$q_F = 0,0528(0,95 - \varepsilon)(105 - \beta)$$

де ε - повнота поділу;

β - кут напрямку коливань, град.

Кут β залежить від типу руху решіт. Для решіт зі зворотнопоступальним рухом $\beta = 15^\circ$, а решіт із круговим поступальним рухом $\beta = 0$.

Повнота поділу ε є показником оцінки роботи ситових сепараторів

$$\varepsilon = \frac{A-B}{A}(100-a)$$

де A - кількість домішок, підлягаючих виділенню у вихідному зерні, %;

B - кількість домішок, що залишилися у зерні після очищення, %;

a - кількість повноцінного зерна у відходах, % до маси домішок.

Довжина решета l_p , м, визначається за формулою

$$l_p = \frac{q_B}{q_F} = \frac{Q}{3600B_p q_F}$$

Кут між напрямком коливань і площиною решета, град визначають як:

$$\gamma = \alpha + \beta,$$

де α - кут нахилу решета до горизонталі, град.

Кут нахилу решета залежить від його призначення. Так, для колосових решіт приймають $\alpha = 0$, а для підсівних і сортувальних – $\alpha = 5^\circ$. Деякі конструкції ситових сепараторів мають кут нахилу решіт від 4° до 15° . Оптимальне прискорення решітного стану j_0 , м/с²

$$j_0 = 4,2 \sqrt{\frac{360q_B}{\gamma}}$$

Амплітуда коливань решітного стану A , м визначається за формулою

$$A = e k,$$

де e - ексцентриситет, м, $e = (5...10) \cdot 10^{-3}$ м;

k - коефіцієнт, який враховує коливання рами машини $k=1,0-1,4$

Частота коливань решітного стану n , с⁻¹ визначається за формулою

$$n = \frac{1}{20} \sqrt{\frac{10j_0}{A}}$$

Щоб не створювати великі прискорення решітного стану, частота його коливань не повинна перевищувати 500 хв^{-1} .

Масу решітного стану кг визначаємо за формулою

$$m_{pc} = 10m_p \cdot z_p,$$

де m_p - маса одного решета, кг ($m_p = 40...90$ кг);

z_p - кількість решіт у решітному стані, шт. ($z_p = 1...4$).

Потужність, кВт, потрібна для роботи решітного стану:

$$P_p = \frac{4\pi m_{pc} n^3 A^2}{10,2g}$$

Потужність електродвигуна, кВт, що надає руху решітному стану:

$$P_{ед} = \frac{P_p}{\eta_n}$$

де η_n - ККД привода сепаратора, $\eta_n = 0,75...0,85$.

Задача. Розрахувати просіювач

Таблиця 9.1 – Вихідні дані для розрахунку

№ вар.	м, кг	t, год	Z _p , шт	β, град	А, %	Б, %
1	3600	10	3	15	16	2
2	2400	11	4	13	18	3
3	3000	12	3	12	20	4
4	3200	14	4	15	22	3

5	2800	11	3	12	18	2
6	3000	12	4	15	20	3
7	3200	14	4	13	18	2
8	2800	12	3	12	16	4
9	3000	11	3	15	20	3
10	2600	10	3	13	18	3

Тема 10. Визначення продуктивності, основних геометричних розмірів, потужності привода машин та витрати води на відмивання сировини.

1. Обговорення основних положень теми та питань самостійного вивчення:

1. Задача процесу миття.
2. Режим роботи.
3. Види насадок.
4. Мийні машини.

2. Опитування.

3. Практичні завдання.

Приклад розв'язування завдання.

Приклад. Розрахувати продуктивність щіткових мийних машин з роликівим чи пластинчатим транспортером

Розв'язання

$$\Pi = 3600 \cdot V \cdot h \cdot \rho \cdot \varphi \cdot v, \text{ кг/год}$$

V-ширина транспортера, м; h-висота шару продукту (h=0,15 м);

ρ - насипна щільність, кг/м³;

φ -коефіцієнт заповнення стрічки (дрібні плоди $\varphi=0,785$, крупні $\varphi=0,4$);

v-швидкість транспортера м/с (0,1...0,25 м/с).

$$\text{чи } \Pi = \frac{60V_0\rho}{\tau}$$

τ -час відмотки, хв. (за звичай $\tau=2$ хв.); V_0 -об'єм ванни, м³

Ширина ванни $V_B = V_{тр} + 100$

де $V_{тр}$ -ширина транспортера, м

Довжина ванни на частині споліскування $S_0 = a(m-1)$

Довжина ванни заповнена водою $S = \frac{0,8r_0}{V_B / \cos \alpha H}$

де H-висота води над транспортером, м (0,05...0,1 м)

α -угол нахилу решітки (15°...20°)

Потужність електродвигуна, кВт:

$$N = \frac{Av_{max}}{1000\eta}$$

де A – тягове зусилля основного транспортера, Н; v_{max} – максимальна швидкість транспортера, м/с; η – К.К.Д. передаточного механізму.

Задача. Розрахувати продуктивність щіткових мийних машин, дані в таблиці 10.1

Таблиця 10.1 – Вихідні дані для розрахунку

№ вар.	A, Н	$V_{тр}$, м	V, м/с	сировина
1	15000	0,8	0,18	буряк
2	20000	0,6	0,2	огірки
3	18000	0,8	0,22	картопля
4	25000	1,0	0,17	буряк
5	20000	0,8	0,2	огірки
6	15000	1,0	0,23	картопля
7	17000	0,6	0,25	буряк
8	20000	0,8	0,2	огірки
9	18000	1,0	0,23	картопля
10	25000	0,8	0,2	буряк

Тема 11. Розрахунок машин для відмивання тари і обладнання, визначення витрат води та мийного розчину.

1. *Обговорення основних положень теми та питань самостійного вивчення:*

1. Обладнання для відмивання тари.
2. Класифікація машин для відмивання тари.
3. Обробка пляшок миючими рідинами в автоматі.
4. Механізми завантаження
 2. Опитування.
 3. Практичні завдання.

Приклад розв'язування завдання.

Приклад. Розрахувати продуктивність пляшкомильної машини

Розв'язання

Продуктивність пляшкомильної машини безпосередньої дії

$$\Pi = \frac{v \cdot z \cdot 3600}{a} \text{ (шт/год)}$$

V – швидкість руху конвеєра, м/с; a – відстань між центрами пляшок в

z – кількість пляшконосіїв по ширині машини

періодичної дії

$$\Pi = \frac{3600 \cdot z}{a} \text{ (шт/год)}$$

де T – кінематичний цикл, - час між черговими випусками порцій вимити посуд

Основною розрахунковою величиною є тривалість кінематичного циклу

$$T = \frac{3600 * z}{\Pi}$$

Кінематичний цикл складається із часу руху та часу відстоювання конвеєра

часу руху основного конвеєра (с)

$$t_p = a * T_2 = \frac{3600 * z * a}{\Pi}$$

де а- частина циклу, яка витрачається на рух основного конвеєра.

В машинах де шприцювання відбувається тільки при вистою основного циклу

Привід необхідно проектувати так, щоб $a > 0,5$

Час відстоювання основного конвеєра (с)

$$t_b = (1-a) * T_2 = \frac{3600 * (1-a) * z}{\Pi}$$

Число послідовних внутрішніх шприцювань

$$Z_{ш} = \frac{t_T}{t_b} = \frac{t_T * \Pi}{3600 * (1-a) * z}$$

t_T – тривалість шприцювання $t_T = 40-60$ с.

Число носіїв одночасно занурених в рідину

$$Z = \frac{t_{вм}}{T_b} = \frac{t_T * \Pi}{3600 * z}$$

$t_{вм}$ – тривалість відмочування

В сучасних машинах для відмивання скляної тари час відмочування при наявності інтенсифікації воно скорочується на 30-50%

Середня швидкість конвеєра (м/с)

$$V_{cp} = \frac{a}{t} = \frac{a * \Pi}{3600 * a * z}$$

а-крок пляшконосіїв, м

Загальні витрати складаються із витрат на заправку машини (заміну фільтрів) та витрат на шприцювання та ополіскування пляшок.

$$V = \frac{V_b + V_{\phi}}{\tau}, \text{ м}^3/\text{ГОД}$$

V_b – загальна місткість ванн, м^3 ;

V_{ϕ} – місткість фільтрів, м^3

τ – тривалість на протязі доби, год

Витрати води на шприцювання та ополіскування

$$V = 3600 * \left(\mu_1 * \frac{\pi * d_1}{4} * n_1 * \sqrt{\frac{2P_1}{p}} + \mu_2 * \frac{\pi * d_2^2}{4} * n_2 * \sqrt{\frac{2P_1}{p}} \right), \text{ м}^3$$

μ_1 – коефіцієнт витрат рідини при витіканні через отвори чи сопла,

d_1 – діаметр отворів шприцювальних трубок, м;

n_1 – кількість шприцювальних напір в шприцювальних трубках, Па

($P = 0,2 \dots 0,35$, МПа); d_2 – діаметр ополоскуючих трубок, м; n_2 – кількість

Кількість ополоскуючих трубок; ρ – густина миючого розчину; $\mu_1=0,7-0,8$

В залежності від діаметра горловини тари гранична кількість рідини встановлена із емпіричної формули:

$$V=0.64*D_r^{1.63}, \text{ м}^3/\text{с}$$

$D_r^{1.63}$ – внутрішній діаметр горловини тари, м

Кількість рідини, яку можна подавати в посудину

$$V_1 < V_{max}$$

Це пояснюється наступним- для кращого відмивання тари необхідно подавати як можна більше рідини. При цьому складаються умови для більшого розтікання рідини та збільшення радіуса поверхні розмивання. При відмиванні тари з вузькою горловиною кількість рідини, що подається обмежено спроможністю витоку через горловину посудини рідиною. В горловині утворюється «водяна подушка» яка гасить енергію струменя води.

Потужність (кВт) на ведучому валу головного транспортера визначається по формулі.

$$N=\frac{T*v}{1000}$$

T-колове зусилля,Н;

v-колова швидкість ведучої зірочки, м/с;

Потужність, необхідна для роботи насосів N визначається як сума кожного насоса:

$$N=\frac{v*P}{3600*1000*\eta}, \text{ кВт}$$

Задача. Розрахувати продуктивність пляшкочийної машини

Таблиця 11.1 – Вихідні дані для розрахунку

№ вар.	a, м	z, шт	T, кН	V, м/с	ρ , кг/м ³
1	0,08	12	15	0,3	980
2	0,1	16	18	0,5	940
3	0,08	12	20	0,3	990
4	0,1	18	21	0,7	970
5	0,12	12	16	0,3	980
6	0,1	16	18	0,5	990
7	0,08	18	21	0,3	970
8	0,1	16	15	0,5	980
9	0,08	12	21	0,7	960
10	0,12	16	18	0,5	990

Тема 12. Розрахунок конструктивних елементів, продуктивності та потужності машин для змішування сипких, рідких та пластично-в'язких полуфабрикатів. Визначення робочих характеристик гомогенізаторів та емульгаторів.

1. Обговорення основних положень теми та питань самостійного вивчення:

1. Класифікація змішувачів
2. Змішувачі періодичної та безперервної дії.
3. Змішування, пластикація, збивання.
4. Тістомісильної машини,
 2. Опитування.
 3. Практичні завдання.

Приклад розв'язування завдання.

Приклад. Розрахунок місильної машини з лопатевим робочим органом.

Розв'язання

Пропускна спроможність тістомісильної машини, кг/год.:

$$Q = \frac{m}{t_{\text{вк}} K_{\text{зм}} K_{\text{вк}}}$$

де m - маса тіста, яке потрібно замісити, кг;

$t_{\text{вк}}$ - час роботи машини за одне включення, год;

$K_{\text{зм}}$ - кількість змін роботи машини;

$K_{\text{вк}}$ - кількість включень заміну.

Продуктивність машини з лопатевими робочими органами, кг/хв.:

$$\Pi = 15\pi\varphi\rho S n (D_{\text{л}}^2 - D_{\text{в}}^2)$$

де φ - коефіцієнт подачі, що залежить від конструкції місильного органа;

ρ - об'ємна маса тіста, кг/м³ ;

$D_{\text{л}}$ - зовнішній діаметр лопатей, м;

$D_{\text{в}}$ - внутрішній діаметр лопатей, м;

S - крок лопатей, м;

n - частота обертання лопатевого вала, об/хв.

Приймається $\varphi = 0,015 \dots 0,04$, $\rho = 1100$ кг/м³ .

Для конструкцій місильних лопатевих машин рекомендують наступні співвідношення: внутрішній діаметр лопатей $D_{\text{в}} = 0,5 D_{\text{л}}$, відстань між двома сусідніми лопатями $S_{\text{л}} = 0,07 \dots 0,14$ м, тому крок S між лопатями відповідно буде складати $S = 4S_{\text{л}}$; діаметр вала на якому закріплюють лопаті приймається у діапазоні $D_{\text{вл}} = (0,2 \dots 0,4) D_{\text{в}}$ м.

$$D_{\text{л}} = \sqrt{\frac{\Pi}{11\pi\varphi\rho S n}} \text{ м}$$

Довжина вікна $L_{\text{в}}$, м повинна бути не меншою, ніж відстань між лопатями $L_{\text{в}} \geq S_{\text{л}}$

Ширина вікна $V_{л}$, м приймається рівною зовнішньому діаметру лопаті:

$$V_{л} = D_{л}$$

Довжина мішалки, м розраховується за формулою:

$$L = K_1 \cdot S_{л} + K_2 \cdot S,$$

де K_1 - коефіцієнт, враховуючий перекриття завантажувального вікна;

K_2 - коефіцієнт, враховуючий кратність транспортування сировини в зоні перемішування. Коефіцієнти приймаються $K_1 = 1,2 \dots 2,0$; $K_2 = 2,5 \dots 5$ у залежності від тривалості замішування.

Кількість лопатей визначається за формулою

$$Z = \frac{L}{S_{л}} + 1$$

Площа однієї лопаті, m^2 визначається за формулою:

$$A_{л} = k \frac{(D_{л}^2 - D_{в}^2)}{8}$$

де k - відношення сумарної площі лопатей до гвинтової поверхні того ж діаметра та кроку; $k = 0,15 \dots 0,20$.

Довжина і ширина лопатки, м

$$a_{л} = (D_{л} - D_{в}) / 2$$

Значення $a_{л}$ округлюється до нормального ряду чисел.

$$b_{л} = A_{л} / a_{л}.$$

Діаметр ємності тістомісильної машини, м

$$D_{б} = D_{л} + (0,01 \dots 0,02).$$

Необхідна потужність, кВт для замішування тіста:

$$P = \frac{F_0 v_0 + F_p v_p}{1000 \eta} Z$$

де F_0 і F_p - осьова і радіальна складова рівнодійної сил опору, які діють на лопать місильного органу;

v_0 і v_p - осьова і колова швидкість руху точки прикладання рівнодійної сил опору, які діють на лопать, м/с;

Z - число лопатей місильного органу;

η - коефіцієнт корисної дії привода, $\eta = 0,7 \dots 0,9$.

Колова швидкість, м/с точки прикладання рівнодійної сил опору

$$v_p = \omega \cdot R,$$

де R - радіус до точки прикладання сили на лопаті, м;

ω - кутова швидкість лопатей, рад/с.

$$R = \frac{D_{л}}{2} - \frac{a_{л}}{3}$$

$$\omega = \pi \cdot n \cdot 30.$$

де n - частота обертання лопаток, об/хв.

Осьова швидкість, м/с точки прикладання рівнодійної сил опору

$$v_0 = v_p \cos \alpha \sin \alpha.$$

де α - кут нахилу лопатей до осі обертання.

Кут нахилу лопатей приймається $\alpha = 30^\circ \dots 60^\circ$.

Осьова складова рівнодійної сил опору, Н, що діють на лопать:

$$F_0 = A_{\text{л}} [R \rho g \operatorname{tg}^2 (45 + \gamma/2) + 2C \operatorname{tg} (45 + \gamma/2)] (\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$$

де С - питома зчеплення тіста з матеріалом лопаті, $C = 5000 \text{ Н/м}^2$;

γ - кут внутрішнього тертя тіста, $\gamma = 45^\circ$;

μ - коефіцієнт тертя тіста по лопаті, приймається $\mu = 1$;

ρ - густина тіста, кг/м^3 .

Радіальна складова рівнодіючих сил опору, Н, що діють на лопать:

$$F_0 = A_{\text{л}} [R \rho g \operatorname{tg}^2 (45 + \gamma/2) + 2C \operatorname{tg} (45 + \gamma/2)] (\cos \alpha + \mu \sin \alpha)$$

За значенням потужності Р, кВт вибирається електродвигун/

Задача. Розрахувати місильну машину з лопатевим робочим органом.

Таблиця 12.1 – Вихідні дані для розрахунку

№ вар	m, кг	n, об/хв	ρ , кг/м^3	Z, шт	Q, кг/год
1	1200	40	1100	2	120
2	1500	60	1050	4	160
3	1000	70	1150	2	180
4	1500	45	1200	4	160
5	1200	60	1100	6	120
6	2000	65	1150	4	180
7	1200	50	1250	2	220
8	1500	45	1100	6	160
9	2000	60	1150	4	120
10	1200	50	1200	2	180

Тема 13. Розрахунок конструктивних елементів, продуктивності та потужності привода обладнання для формування сировини штампуванням, округленням, розкатуванням, витяжкою та екструзією.

1. Обговорення основних положень теми та питань самостійного вивчення:

1. Способи формування.

2. Ділильні машини.

3. Технологічне обладнання для формування шляхом округлення, розкатування, витягування.

4. Екструдери.

2. Опитування.

3. Практичні завдання.

Приклад розв'язування завдання.

Розрахувати екструдер

Розв'язання

Розглянемо основний показчик нагнітачів різних типів продуктивність:

а) продуктивність поршневого нагнітача:

$$\Pi = F \cdot L \cdot n \cdot \rho \cdot K, \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

де F – площа поршня нагнітача, м²,

L – хід поршня, м;

n – частота ходів поршня, с⁻¹;

ρ – густина тіста, кг/м³;

K – коефіцієнт повертання продукту у приймальну воронку нагнітача.

б) продуктивність валкового нагнітача:

$$\Pi = B \cdot H \cdot \pi \cdot D \cdot n \cdot \rho \cdot K, \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

де B -довжина валків, м;

H - зазор між валками, м;

D -діаметр валків, м;

n - частота обертання валків, с⁻¹

ρ – густина тіста, кг/м³;

K – коефіцієнт перетікання продукту.

в) продуктивність лопатевого нагнітача

$$\Pi = \pi \cdot A^2 \cdot B \cdot n \cdot \rho \cdot K, \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

де A -довжина лопаті, м;

B -ширина лопаті, м;

n - частота обертання лопаті, с⁻¹,

ρ – густина продукту, $\frac{\text{кг}^3}{\text{м}}$,

K – коефіцієнт відбору продукту;

г) продуктивність шестеренного нагнітача

$$\Pi = 2 \cdot \pi \cdot L \cdot n \cdot m^3 \cdot \rho \cdot (z + \sin^2 \alpha), \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

де L -робоча довжина ротора, м; n - частота обертання ротора, с⁻¹,

m -модуль зачеплення шестерні, мм;

ρ – густина продукту, кг/м³,

z -кількість зубців шестеренного ротора;

α -кут зачеплення передачі, град.

д) продуктивність шнекового нагнітача:

$$\Pi = \pi \cdot M \cdot n \cdot \rho \cdot (R_2^2 - R_1^2) \cdot \left(S - \frac{B_1 + B_2}{2 \cos \alpha} \right) \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

де M -кількість заходів шнека,

R_2 - зовнішній радіус шнека,

R_1 - внутрішній радіус шнека, м;

S - крок гвинтової лопаті шнека,

B_1 - ширина гвинтової лопаті шнека в нормальному перерізі по внутрішньому радіусу, м;

B_2 –ширина гвинтової лопаті шнека в нормальному перерізі по зовнішньому радіусу, м;

n - частота обертання шнека, c^{-1}

ρ · –густина тіста, $кг/м^3$,

α -кут підйому гвинтової лопаті по середньому діаметру шнека, рад;

K – коефіцієнт заповнення порожнини шнека тістом;

K_2 -коефіцієнт пресування,

K_3 -коефіцієнт , що враховує зміщення подачі тіста при коливанні його реологічних властивостей;

Матриця формою та розмірами отворів визначає переріз джгута. Він може бути суцільний чи з отворами, формою-круглий, прямокутний, плаский, фігурний тощо. Матеріал матриць повинен мати антиадгезійні властивості, бути стійким до корозії. Найчастіше для цього використовуються латунь, бронза, нержавіюча сталь. Отвори в матрицях поліруються та хромуються, робляться також вставки із полімерних матеріалів із низьким коефіцієнтом тертя наприклад з тефлону.

Як правило, в комплект екструдера входять декілька матриць з різними отворами, тому це обладнання має пристрій для їх заміни.

Розрахунок матриці полягає у визначенні її геометричних розмірів, які повинні забезпечити завдану пропускну здатність.

Спочатку визначається сумарний живий переріз формуючих отворів:

$$\Sigma f = \frac{K (100 - W_T)}{V \rho (100 - W_B)} M^2$$

де Π -продуктивність пресу $кг/с$; K –

коефіцієнт використанної дії матриці,

W_T –вологість тіста, %;

W_B - вологість виробів, %;

V -швидкість випресовування, $м/с$;

ρ - густина тіста $кг/м^3$.

Другим етапом розраховується площа матриці:

$$F = \Sigma f / K_f, M^2$$

де K_f -коефіцієнт живого перерізу матриці.

Кінцевий етап – визначення діаметру матриці.

$$D = 2 \sqrt{F / \pi}, M$$

Задача. Розрахувати екструдер с шестеренним нагнітачем. Дані в таблиці 13.1.

Таблиця 13.1. – Вихідні дані для розрахунку

№ вар.	n , об/хв	ρ , $кг/м^3$	Z , шт	α ,град
1	30	1400	58	12
2	45	1350	52	14
3	60	1440	60	13
4	45	1400	48	12

5	30	1300	62	14
6	60	1350	52	15
7	45	1400	48	13
8	30	1450	52	15
9	60	1300	6058	14
10	45	1400		13

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3.
ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ РОЗДІЛЕННЯ
СИРОВИНИ І НАПІВФАБРИКАТІВ ТА ПРОВЕДЕННЯ ТЕПЛОВИХ
ПРОЦЕСІВ.

Тема 14. Технологічні та конструктивні розрахунки фільтрів
циклічної та безперервної дії.

1. *Обговорення основних положень теми та питань самостійного вивчення:*

1. Характеристика суспензій харчової промисловості
2. Теорія фільтрування
3. Класифікація фільтрів
4. Конструкції фільтрів
 2. *Опитування.*
 3. *Практичні завдання.*

Приклад розв'язування завдання.

Приклад. Розрахувати барабанний вакуум-фільтр для фільтрування суспензії, якщо витрата суспензії $G_c=8$ кг/с; вміст твердої фази в суспензії $x_1=18$ мас %; густина твердої фази $\rho_m=1850$ кг/м³; товщина шару осаду $h_{oc}=15$ мм; вміст фільтрату в осаді $w=25$ мас %; питомий опір осаду $r_{oc} = 16 \cdot 10^{12}$ м⁻²; опір фільтрувальної перегородки $R= 14 \cdot 10^{10}$ м⁻¹; густина фільтрату $\rho_\phi = 1030$ кг/м³ та його в'язкість $\mu_\phi = 6 \cdot 10^{-4}$ Па·с; в'язкість фільтрату під час промивання $\mu_{пр} = 4,5 \cdot 10^{-4}$ Па·с.

Розв'язування

Витрата води на промивання осаду становить $V=1,1$ м³ на 1 м³ вологого осаду. Перепад тисків при фільтруванні та промивці дорівнює $\Delta p=0,7 \cdot 10^5$ Па.

Визначаємо масу твердої фази G_T , кг/с, яка потрапляє разом з суспензією в апаратах за формулою:

$$G_T = 8 \cdot 0,18 = 1,44 \text{ кг/с.}$$

Розраховуємо масу отриманого осаду G_{oc} :

$$G_{oc} = \frac{1,44}{1-0,25} = 1,92 \text{ кг/с.}$$

Маса отриманого фільтрату G_ϕ :

$$G_\phi = 8 - 1,92 = 6,08 \text{ кг/с.}$$

Об'єм фільтрату:

$$V_\phi = \frac{6,08}{1030} = 0,006 \text{ м}^3/\text{с.}$$

Знаходимо густину осаду ρ_{oc} :

$$\rho_{oc} = \frac{100 \cdot 1850 \cdot 1030}{100 \cdot 1030 + (1850 - 1030) \cdot 25} = 1543 \text{ кг/м}^3.$$

Знаходимо відношення об'єму осаду до об'єму фільтрату: м³/м³

$$x_{oc} = \frac{1,92}{1543 \cdot 0,006} = 0,21.$$

Визначаємо питому продуктивність фільтрату за цикл:

$$\nu = \frac{0,015}{0,21} = 0,07 \text{ м}^3/\text{м}^2.$$

Визначаємо тривалість циклу фільтрування τ_{ϕ} :

$$\tau_{\phi} = \left(\frac{6 \cdot 10^{-4} \cdot 16 \cdot 10^{12} \cdot 0,21 \cdot 0,07^2}{2 \cdot 0,7 \cdot 10^5} \right) + \left(\frac{6 \cdot 10^{-4} \cdot 14 \cdot 10^{10} \cdot 0,07}{0,7 \cdot 10^5} \right) = 155 \text{ с.}$$

Визначаємо питомий опір осаду при промиванні $r_{\text{пр}}$:

$$r_{\text{пр}} = \frac{4,5 \cdot 10^{-4} \cdot 16 \cdot 10^{12}}{6 \cdot 10^{-4}} = 12 \cdot 10^{12} \text{ м}^{-2}.$$

Тривалість промивання $\tau_{\text{пр}}$: с

$$\tau_{\text{пр}} = \left[\frac{1,1 \cdot 0,21 \cdot 4,5 \cdot 10^{-4} (12 \cdot 10^{12} \cdot 0,21 \cdot 0,07 + 14 \cdot 10^{10})}{0,7 \cdot 10^5} \right] = 470,0.$$

Загальну кількість секцій в барабані приймаємо $m=18$, в зоні фільтрування $m_{\phi} = 6$ та в зоні промивання $m_{\text{пр}} = 3$.

Тривалість повного циклу фільтрування τ :

$$\tau = \frac{(155+470) \cdot 18}{(6+3)} = 1250 \text{ с.}$$

Необхідну площу поверхні барабанного вакуум-фільтра F визначаємо за формулою:

$$F = \frac{0,006 \cdot 1250}{0,07} = 107,1 \text{ м}^2.$$

Частоту обертання барабана визначаємо за формулою:

$$n = \frac{60}{1250} = 0,048 \text{ об/хв.}$$

Визначаємо ступінь занурення барабана в суспензію φ :

$$\varphi = \frac{155}{1250} = 0,13 .$$

Задача. Виконати розрахунок і накреслити схему барабанного вакуум-фільтра для фільтрування суспензії.

Під час розрахунку треба визначити площу поверхні барабанного вакуум-фільтра F , м^2 ; кількість отриманого фільтрату G_{ϕ} , кг/с ; тривалість повного циклу фільтрування τ , с; частота обертання барабана n , об/хв; ступінь занурення барабана в суспензію, φ .

Вихідні дані: витрата суспензії G_c , кг/с ; вміст твердої фази в суспензії x_1 , мас %; густина твердої фази ρ_m , кг/м^3 ; товщина шару осаду $h_{\text{ос}}$, мм; вміст фільтрату в осаді w , мас %; питомий опір осаду $r_{\text{ос}}$, м^{-2} ; опір фільтрувальної перегородки R , м^{-1} ; густина фільтрату ρ_{ϕ} , кг/м^3 та його в'язкість μ_{ϕ} , $\text{Па}\cdot\text{с}$; в'язкість фільтрату під час промивання $\mu_{\text{пр}}$, $\text{Па}\cdot\text{с}$ (табл.14.1).

Витрата води на промивання осаду становить $V=1,1 \text{ м}^3$ на 1 м^3 вологого осаду. Перепад тисків при фільтруванні та промивці дорівнює $\Delta p=0,7 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

Таблиця 14.1 – Вихідні дані для розрахунку

№ вар	G_c , кг/с	x_1 , мас.%	ρ_m , кг/м ³	$h_{\text{ос}}$, мм	w , мас.%	$r_{\text{ос}} \cdot 10^{12}$, м ⁻²	R , 10^{10} , м ⁻¹	ρ_{ϕ} , кг/м ³	$\mu_{\phi} \cdot 10^{-4}$, Па с	$\mu_{\text{пр}} \cdot 10^{-4}$, Па с
1	8,5	20	2100	10	15	18	14,5	1080	6	4
2	9,0	22	1950	8	25	13	14,0	1070	6,5	4,5
3	8,0	18	2020	11	20	12	15,0	1050	5,9	4,2
4	9,1	15	1940	12	30	14	13,2	1090	7,0	5,1
5	8,2	21	2110	15	35	17	13,0	1030	5,7	4,1

6	8,9	17	1955	13	28	15	13,8	1020	6,3	4,8
7	9,4	20	2002	9	17	16	14,3	1100	6,5	5,2
8	10,0	19	1945	14	38	13	14,8	1060	7,2	5,5
9	10,2	18	2120	7	22	11	15,1	1040	6,8	5,1
10	10,5	23	2050	10	31	17	15,5	1055	5,9	4,1

Тема 15. Технологічні та конструктивні розрахунки сепараторів-концентраторів та сепараторів-очишувачів.

1. Обговорення основних положень теми та питань самостійного вивчення:

1. Центрифуги
2. Сепаратори
3. Циклони

2. Опитування.

3. Практичні завдання.

Приклад розв'язування завдання.

Приклад. Виконати розрахунок центрифуги періодичної дії при таких вихідних даних: маса водної суспензії, яку завантажують в барабан $m_c=250$ кг; температура суспензії $t=40^\circ\text{C}$; густина суспензії $\rho_c=1100$ кг/м³; концентрація твердої фази в суспензії $x_1=25$ % мас; вологість осаду $w=28$ % мас; внутрішній діаметр барабана $D=1200$ мм; висота барабана $H=650$ мм; частота обертання барабана $n=1000$ об/хв; тривалість періоду фільтрування $\tau_\phi=75$ с.

Розв'язування

1. Визначаємо відцентрову силу, яку створює шар суспензії S за формулою:

$$S = 250 \cdot 104,7^2 \cdot 0,54 \cdot 10^{-3} = 1479 \text{ кН.}$$

Кутова швидкість барабана: $\omega = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 1000}{60} = 104,7 \text{ с}^{-1}$;

Середній радіус шару суспензії: $r_c = \frac{0,6 + 0,498}{2} = 0,54 \text{ м}$;

Внутрішній радіус шару суспензії:

$$r = \sqrt{0,6^2 - \frac{250}{3,14 \cdot 1100 \cdot 0,65}} = 0,498 \text{ м.}$$

2. Визначаємо фактор розділення K_p за формулою:

$$K_p = \frac{104,7^2 \cdot 0,54}{9,81} = 603,4$$

3. Визначаємо відцентровий тиск на стінку барабана Δp :

$$\Delta p = \frac{1100 \cdot 104,7^2}{2 \cdot 10^6} (0,6^2 - 0,498^2) = 0,67 \text{ МПа.}$$

Густина води, при температурі $t=40^\circ\text{C}$ $\rho_\phi=992,2$ кг/м³.

Маса фільтрату: $m_\phi = 250 \cdot \left(1 - \frac{0,25}{1-0,28}\right) = 163,25 \text{ кг.}$

Розрахуємо об'єм фільтрату, який утворюється в період фільтрування,
 V_{ϕ} :

$$V_{\phi} = \frac{163,25}{992,2} = 0,165 \text{ м}^3.$$

4. Визначаємо середню швидкість фільтрування за період фільтрування
 v_c :

$$v_c = \frac{0,165}{2,45 \cdot 75} = 9 \cdot 10^{-4} \frac{\text{м}^3}{\text{м}^2 \cdot \text{с}}$$

Площа поверхні фільтрування: $F = 3,14 \cdot 1,2 \cdot 0,65 = 2,45 \text{ м}^2$.

5. Визначаємо опір осаду R за формулою:

$$R_0 = \frac{0,67 \cdot 10^6}{9 \cdot 10^{-4} \cdot 0,65 \cdot 10^{-3}} = 1,15 \cdot 10^{12} \text{ м}^{-1}.$$

Коефіцієнт динамічної в'язкості фільтрату (води) $\mu_{\phi} = 0,65 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$
 при температурі $t=40 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Задача. Виконати розрахунок і накреслити схему циклона для очищення твердих частинок відпрацьованого повітря після сушарки.

Під час розрахунку слід визначити діаметр циклона D , м; фактор розподілення K_p ; діаметр центральної вивідної труби $d_{\text{вн}}$, м; висоту циліндричної частини циклона $h_{\text{ц}}$, м; розміри вхідного патрубку прямокутної форми b і h , м; ступінь очищення відпрацьованого повітря η , %.

Вихідні дані: продуктивність циклона по гарячому повітрю L , кг/год; температура повітря t , $^{\circ}\text{C}$; відношення гідравлічного опору до густини повітря $\frac{\Delta p}{\rho_r}$; концентрація твердих частинок у відпрацьованому і очищеному повітрі відповідно, x_1, x_2 , кг/м³; колова швидкість повітря в циклоні w , м/с; швидкість повітря у вхідному патрубку w_1 , м/с; швидкість повітря у вивідній трубі w_2 , м/с (табл. 15.1).

Таблиця 15.1 – Вихідні дані для розрахунку

№ вар.	Задані величини							
	t , $^{\circ}\text{C}$	w , м/с	w_1 , м/с	w_2 , м/с	L , кг/год	x_1 , кг/м ³	x_2 , кг/м ³	$\frac{\Delta p}{\rho_r}$
1	80	12	19	5	15000	0,21	0,04	550
2	75	14	18	4	25000	0,33	0,05	600
3	85	13	20	6	16000	0,23	0,045	750
4	90	12	18	8	24000	0,31	0,09	700
5	95	13	19	7	17000	0,25	0,06	650
6	100	14	20	4	23000	0,35	0,055	550
7	85	12	19	5	18000	0,19	0,042	750
8	90	14	18	6	22000	0,37	0,065	600
9	75	13	20	8	19000	0,40	0,06	700
10	80	14	18	7	21000	0,45	0,105	650

Тема 16. Технологічний та конструктивний розрахунок мембранних установок.

1. Обговорення основних положень теми та питань самостійного вивчення:

1. Теоретичні основи мембранних процесів
2. Зворотний осмос
3. Ультрафільтрація
4. Конструкція мембранних апаратів
 2. Опитування.
 3. Практичні завдання.

Приклад розв'язування завдання.

Приклад. Розрахувати установку для очищення водного розчину NaCl від концентрації 3,5% до 0,1%. Робочий об'єм апарату- 0,2 м³, продуктивність по вихідному розчину 0,277 кг/с, продуктивність по перміату- 0,21 кг/с, кількість мембранних модулів- 2 шт., поверхня мембрани у апараті-13 м², робочий тиск- 5МПа, робоча температура-25 °С.

Розв'язування

1. Визначення ступеня концентрування

У апараті зворотного осмосу розчин концентрується від початкової кон-центрації $x_{1н} = 3,5\%$ (мас.) до кінцевої $x_{1к} = 14\%$ (мас.).

Ступінь концентрування обчислюємо за формулою:

$$K = \frac{x_{1к}}{x_{1н}} = \frac{14\%}{3,5\%} = 4.$$

2. Вибір мембрани

Істину селективність мембран по відношенню до сильних електролітів можна розрахувати за формулою:

$$\lg(1 - \phi_n) = a - b \cdot \lg(\Delta H_{ст} / Z_M).$$

Значення теплот гідратації йонів знайдемо з табличних даних. Для даного випадку $\Delta H_{Na} = 423$ кДж/моль, $\Delta H_{Cl} = 352$ кДж/моль. Валентність йона з меншою теплою гідратації $Z_M = Z_{Cl} = 1$.

Тоді середнє геометричне значення теплот гідратації йонів обчислюємо за формулою:

$$\Delta H_{с.г.} = \sqrt{423 \cdot 352} = 386 \text{ кДж/моль.}$$

Таблиця 16.1. Характеристики мембрани МГА-100.

Марка мембрани	Питома продуктивність по воді $G_0 10^{-3}$ кг/(м ² с)	Константи рівняння	
		a	b
МГА-100	1,4	6,7	3,215
МГА-95	2,3	3,47	1,844
МГА-90	3,0	2,67	1,420
МГА-80	4,9	1,00	0,625

Розрахуємо дійсну селективність для мембрани МГА-100:

$$\lg(1 - \phi_n) = 6,7 - 3,215 \cdot \lg(386);$$

$$\lg(1 - \phi_n) = -1,704;$$

$$1 - \phi_n = 10^{-1,704} = 0,024;$$

$$\phi_n = 1 - 0,024 = 0,976;$$

Прийнявши у першому наближенні, що спостережна селективність рівна істинній, визначимо середню концентрацію \bar{x}_2 розчиненої солі у перміаті по формулі:

$$\bar{x}_2 = x_{1n} \cdot (1 - K^{-(1-\phi)/\phi}) / (1 - K^{-1/\phi}).$$

Розрахунок почнемо з найбільш продуктивної мембрани МГА-100:

$$\begin{aligned} \bar{x}_2 &= x_{1n} \cdot (1 - K^{-(1-\phi)/\phi}) / (1 - K^{-1/\phi}) = 0,0351 \cdot (1 - 4^{-(1-0,976)/0,976}) / (1 - 4^{-1/0,976}) = \\ &= 0,00129 \text{ кг солі/кг розчину.} \end{aligned}$$

Витрату перміату знайдемо з формули:

$$L_n = L_n \cdot (1 - K^{-1/\phi}) = 0,277 \cdot (1 - 4^{-1/0,98}) = 0,21 \text{ кг/с.}$$

де $L_n = 0,277 \text{ кг/с}$ - початкова витрата розчину.

Витрата солі з початковим розчином:

$$L_n \cdot x_{1n} = 0,277 \cdot 0,035 = 0,00969 \text{ кг/с.}$$

Витрати солі з перміатом:

$$L_n \cdot \bar{x}_2 = 0,21 \cdot 0,00129 = 0,00027 \text{ кг/с.}$$

У відсотках від кількості яка міститься у вихідному розчині, складає:

$$\frac{0,00027 \cdot 100}{0,00969} = 2,79 \%.$$

Отже при розділенні 1 кг води з концентрацією у ній $\text{NaCl} = 3,5\%$, отримаємо перміат з концентрацією у ньому солі:

$$\frac{3,5 \cdot 2,79}{100} = 0,097 \%.$$

Отримане значення задовольняє нас так як концентрація солі не повинна перевищувати 0,1%.

Для подальших розрахунків обираємо мембрану МГА-100, яка має селективність по NaCl $\phi_n = 0,98$ та питому продуктивність по воді $G_o = 1,4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/(м}^2\text{с)}$.

3 Орієнтовний розрахунок площі поверхні мембрани

Питома продуктивність мембрани по воді G_b при розділенні зворотнім осмосом водяних розчинів електролітів в загальному випадку визначається співвідношенням:

$$G = A \cdot (\Delta p - (\pi_3 - \pi_2)),$$

де $A = \frac{G_0}{\Delta p}$ константа проникності мембрани по воді; π_3 - осмотичний тиск розчину, що розділюється біля поверхні мембрани; π_2 - осмотичний тиск перміату.

За даними фізико-хімічними властивостями розчинів електролітів будуємо графік залежності осмотичного тиску від концентрації у розчині NaCl. За графіком (рис.16.1) знаходимо $\pi_3 = 3,1$ МПа, $\pi_2 = 0,2$ МПа.

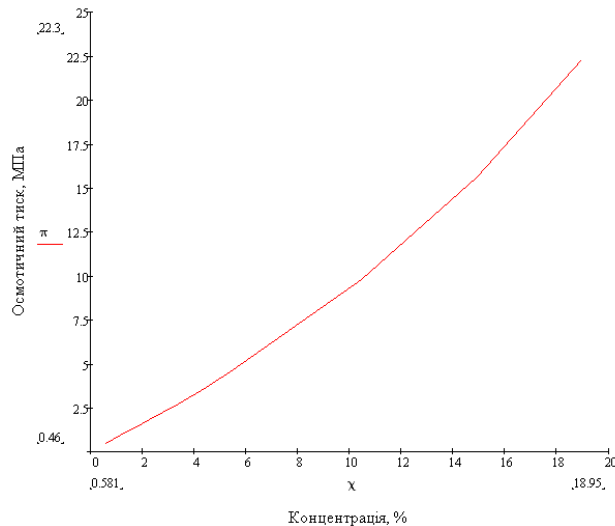


Рисунок 16.1 – Графік залежності осмотичного тиску від концентрації розчину NaCl.

Знаходимо питому продуктивність мембрани:

$$G = \frac{G_0}{\Delta p} \cdot (\Delta p - (\pi_3 - \pi_2)) = \frac{1,4 \cdot 10^{-3}}{5} \cdot (5 - (3,1 - 0,2)) = 5,88 \cdot 10^{-4} \text{ кг}/(\text{м}^2\text{с}).$$

Робоча поверхня мембрани можемо обчислюється за формулою:

$$F = \frac{L_n}{G} = \frac{0,063}{5,88 \cdot 10^{-4}} = 106,8 \text{ м}^2.$$

4. Вибір апарату і визначення його основних характеристик

Робочу поверхню мембран у одному елементі визначимо за формулою:

$$F_e = 2 \cdot (l_m - 0,05) \cdot (b_m - 2 \cdot 0,05) = 1,314 \text{ м}^2.$$

Робоча поверхня мембран у одному модулі F_m дорівнює добутку F_e на кількість елементів в модулі:

$$F_m = F_e \cdot n_e = 1,314 \cdot 5 = 6,56 \text{ м}^2.$$

Приймаємо що апарат складається з двох модулів. Тоді робоча поверхня мембран у апараті:

$$F_a = 2 \cdot F_m = 13,14 \approx 13 \text{ м}^2.$$

Перетин апарату по якому проходить розчин:

$$S_c = n_e \cdot \delta_c \cdot (l_m - 0,05) = 5 \cdot 5 \cdot 10^{-4} (0,95 - 0,05) = 2,25 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2.$$

Загальна кількість апаратів у мембранній установці:

$$n = \frac{F}{F_a} = \frac{106,8}{13} = 8,132.$$

5. Секціонування апаратів в установці

Кількість апаратів у першій секції можна знайти, розділивши витрату вихідного розчину на значення оптимальної витрати для кожного апарату:

$$n_1 = \frac{L_n}{0,278} = \frac{0,277}{0,278} = 0,996.$$

Отже робимо висновок, що оптимально установка буде працювати при 8 паралельно підключених мембранних апаратах.

Задача. Розрахувати установку для очищення водного розчину NaCl від концентрації 3,5% до 0,1%. Робочий об'єм апарату- V , м³, продуктивність по вихідному розчину 0,277 кг/с, продуктивність по перміату- 0,21 кг/с, кількість мембранних модулів- 2 шт., поверхня мембрани у апараті- F , м², робочий тиск- 5МПа, робоча температура-25 °С.

Таблиця 16.1 – Вихідні дані для розрахунку

№ вар.	V , м ³	F , м	мембрана
1	0,2	10	МГА-95
2	0,25	12	МГА-90
3	0,3	13	МГА-95
4	0,25	15	МГА-100
5	0,3	13	МГА-80
6	0,2	12	МГА-95
7	0,3	10	МГА-90
8	0,25	13	МГА-100
9	0,3	15	МГА-80
10	0,2	12	МГА-90

Тема 17. Технологічний та конструктивний розрахунок сорбційних апаратів.

1. Обговорення основних положень теми та питань самостійного вивчення:

1. Абсорбція.
2. Адсорбція.
3. Класифікація і конструкції абсорберів.
4. Десорбція.

2. Опитування.

3. Практичні завдання.

Приклад розв'язування завдання.

Приклад. Визначити коефіцієнт масопередачі у водяному скрубєрі при поглинанні з газу двоокису вуглецю. В скрубєр поступає 500 м³ /год. газової суміші при атмосферному тиску. На скрубєр подається 650 м³ /год. чистої

води. Початковий вміст CO₂ в газі 28,4% (об'ємних), кінцевий вміст (в верху скрубера) 0,2% (об'ємних). Тиск у скрубери P_{абс.} = 16,5 ат. Температура 15°C. В нижню частину скрубера завантажено 3т керамічних кілець 50x50x5 мм. Вище завантажено 17 т кілець 35x35x4 мм. Коефіцієнт змоченості рахувати рівним одиниці.

Розв'язання

Сумарна поверхня усіх кілець: Поверхня кілець 50x50x5 мм:

$$f_1 = \frac{G_1}{\rho_1} \sigma_1 = \frac{3000}{530} 87,5 = 495 \text{ м}^3$$

де $\rho_1 = 530 \text{ кг/м}^3$ – насипна щільність насадки з кілець 50x50x5мм $\sigma_1 = 87,5 \text{ м}^2/\text{м}^3$ – питома поверхня насадки . Поверхня кілець 35x35x4 мм :

$$f_2 = \frac{G_2}{\rho_2} 2 = \frac{1700}{505} 140 = 4717 \text{ м}^3$$

Сумарна площа поверхні усіх кілець:

$$F = f_1 + f_2 = 495 + 4717 = 5212 \text{ м}^2 .$$

Кількість CO₂ , поглиненого водою:

- початкова кількість CO₂ в газі :

$$V_{n \text{ CO}_2} = V_{n \text{ сум.}} \cdot y_n = 5000 \cdot 0,284 = 1420 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

- кількість CO₂ у вихідному газі:

$$V_{B \text{ CO}_2} = V_{B \text{ сум.}} y_B = \frac{V_n - V_{n \text{ CO}_2}}{1 - y_B} y_B = \frac{540 - 273}{273 + 15} 0,002 = 7,2 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Поглинається водою:

$$V_{\text{погл.}} = V_{n \text{ CO}_2} - V_{B \text{ CO}_2} = 1420 - 7,2 = 1412,8 \text{ м}^3$$

(при $\rho = 0,1 \text{ мПа}$ та $t = 15^\circ\text{C}$)

Або

$$G_{\text{погл.}} = \frac{V_n T_0}{T} \rho_0 = \frac{1412,8 \cdot 273}{273 + 15} 1,976 = 2630 \text{ кг/год}$$

тобто $2630/44 = 60 \text{ кмоль/год}$.

Тут $1,976 \text{ кг/м}^3$ – щільність CO₂ при нормальних умовах; 44 кг/кмоль – мольна маса CO₂ . Рушійна сила процесу абсорбції в низу скрубера. Парціальний тиск CO₂ на вході в скрубери : $P_{\text{п}} = P_{\text{уп}} = 0,284 \cdot 1620 = 460 \text{ кПа}$, де $1620 = 16,5 \cdot 98,1 \text{ кПа}$ – загальний тиск в скрубери . Мольна доля CO₂ у воді, яка витікає зі скрубери:

$$X_{\text{п}} = \frac{\frac{G_{\text{CO}_2}}{M_{\text{CO}_2}}}{\frac{G_{\text{CO}_2}}{M_{\text{CO}_2}} + \frac{G_{\text{H}_2\text{O}}}{M_{\text{H}_2\text{O}}}} = \frac{\frac{2630}{44}}{\frac{2630}{44} + \frac{650000}{18}} = 0,00166$$

Константа Генрі E для CO₂ при 15°C дорівнює $0,93 \cdot 106 \text{ мм.рт.ст}$ або $0,124 \cdot 106 \text{ кПа}$, звідси парціальний тиск CO₂ в газі, рівноважним з рідиною, яка витікає зі скрубери: $P_{\text{п}} = E \cdot X_{\text{п}} = 0,00166 \cdot 0,124 \cdot 106 = 206 \text{ кПа}$. Рушійна сила процесу абсорбції на верху скрубери:

$$P_{\text{в}} = P \cdot y_{\text{в}} = 1620 \cdot 0,002 = 3,24 \text{ кПа.}$$

Так як вода на зрошення скрубера подається чиста, то парціальний тиск CO₂ у рівноважнім з водою газі дорівнює нулю, звідси рушійна сила процесу абсорбції на верху скрубера :

$$\Delta P_B = P_B - P_B^* = 3,24 - 0 = 3,24 \text{ кПа.}$$

Середня рушійна сила для всього процесу:

$$\Delta P_{\text{сер}} = \frac{254 - 3,24}{2,3 \lg \frac{254}{3,24}} = 57,4 \text{ кПа}$$

Коефіцієнт масопередачі:

$$K_{\Delta P} = \frac{M}{F \Delta P_{\text{сер}}} = \frac{2630}{5212 \cdot 57,4} = 0,0088 \text{ кг/м}^2 \text{ год кПа}$$

Задача. Визначити коефіцієнт масопередачі у водяному скрубери при поглинанні з газу CO₂. В скрубери поступає V_{п.сум.}, м³/год. газової суміші при атмосферному тиску і подається W, м³/год. чистої води. Початковий вміст CO₂ в газі у_{п. со2}, % (об'ємних), кінцевий вміст (в верху скрубера) у_{к. со2}, % (об'ємних). Тиск у скрубери P_{абс.}, ат. Температура, t, °C. В нижню частину скрубера завантажено G₁, т керамічних кілець 50x50x5 мм. Вище завантажено G₂, т кілець 35x35x4 мм. Коефіцієнт змоченості рахувати рівним одиниці.

Таблиця 17.1 – Вихідні дані для розрахунку

Задані параметри	№ варіанту									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
V _{сум} , М ³ /год .	4500	4200	5100	5000	4800	5300	4900	4750	5350	5400
W, М ³ /год .	630	600	650	640	620	670	625	610	670	675
У _п , CO ₂ ,%	29.0	28.9	28.7	29.2	29.1	30.2	28.8	28.5	29.4	29.6
У _к , CO ₂ ,%	0.15	0.22	0.20	0.21	0.18	0.19	0.28	0.26	0.24	0.25
P _{абс.} , ат	15.0	16.0	15.8	15.7	16.2	15.5	15.75	16.1	16.3	16.4
t, °C	16.0	14.0	15.0	17.0	16.5	15.3	14.8	14.5	17.2	17.0
G ₁ , т	2.80	2.50	2.60	3.10	3.20	3.30	3.00	2.70	2.90	2.75
G ₂ , т	16.5	16.6	16.8	17.1	17.5	17.25	16.9	16.75	18.1	17.4

Тема 18. Розрахунок площі поверхні нагрівання, витрат теплоносія, конструктивних елементів теплообмінних апаратів.

1. Обговорення основних положень теми та питань самостійного вивчення:

1. Теплообмінник.
2. Класифікація теплообмінників.
3. Температурний напір.
4. Основні рівняння теплового розрахунку теплообмінних апаратів.
 2. Опитування.
 3. Практичні завдання.

Приклад розв'язування завдання.

Приклад. У ємному теплообмінному апараті, призначеному для роботи у системі гарячого водопостачання, у початковий момент часу знаходиться 1500 кг води з температурою 55 °C. Обчислити зміну

температури води на виході з апарата впродовж часу, якщо витрати води на виході з апарата дорівнюють $G_2 = 0,2$ кг/с, а надходження до нього холодної води з температурою 15°C становить $G_1 = 0,1$ кг/с. Тепловий потік від теплообмінної поверхні, що розміщена всередині ємності, дорівнюють $Q_m = 20$ кВт, а втрати теплоти в оточуюче середовище через бокову поверхню апарату становлять $Q_e = 0,8$ кВт.

Розв'язання.

1. Температуру води на виході з підігрівника визначаємо з рівняння теплового балансу, яке для заданих умов має вигляд

$$CM_1 t'_B - CM_2 t''_B = CG_2 t''_B \Delta T - CG_1 t_x \Delta T - (Q_m - Q_e) \Delta T,$$

у якому M_1 – маса води у апараті початковий момент часу, M_2 – маса води через розрахунковий інтервал часу ΔT , t'_B , t''_B – температура води у ємності на початку і у кінці інтервалу часу ΔT , C – питома теплоємність води.

Розв'язуючи рівняння, отримуємо формулу для обчислення температури на виході з апарата через розрахунковий проміжок часу

$$t''_B = \frac{M_1 t'_B + \Delta T [G_1 t_x + (Q_m - Q_e) / C]}{M_2 + G_2 \Delta T}$$

2. Приймаємо розрахунковий інтервал часу $\Delta T = 1000$ с. Вихідні дані для обчислень на першому відрізку часу такі: $M_1 = 1500$ кг, $t'_B = 55^\circ\text{C}$, $M_2 = M_1 - (G_2 - G_1) \Delta T = 1500 - (0,2 - 0,1) \cdot 1000 = 1400$ кг

Температура на виході з теплообмінника через 1000 с після початку режиму дорівнює

$$t''_B = \frac{1500 \cdot 55 + 1000 [0,1 \cdot 15 + (20000 - 8000) / 4187]}{1400 + 0,2 \cdot 1000} = 55,37^\circ\text{C}$$

3. Для обчислень на наступному часовому інтервалі як початкову температуру води у ємності приймаємо значення $55,37^\circ\text{C}$. Вихідні дані для обчислень для моменту часу $T_2 = T_1 + \Delta T = 2000$ с наступні: $M_1 = 1400$ кг (дорівнює масі води у кінці попереднього інтервалу часу), $t'_B = 55,37^\circ\text{C}$, $M_2 = 1400 - (0,2 - 0,1) \cdot 1000 = 1300$ кг.

4. За формулою обчислюємо нове значення температури t''_B (через 2000 с) і т.д. Результати обчислень подано у табл.18.1, які свідчать, що задані умови роботи апарата забезпечують необхідний температурний режим протягом не більше 7000 с.

Таблиця 18.1. Режимні показники ємного підігрівника

Параметр	Час роботи апарата, с							
	0	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000
Маса води M_2 , кг	1500	1400	1300	1200	1100	1000	900	800
Температура води t''_B , $^\circ\text{C}$	55	55,4	55,7	56,1	56,5	56,8	57,2	57,6

Задача. Виконати розрахунок параметрів ємного водопідігрівника, призначеного для роботи у системі гарячого водопостачання. Нагрівання водопровідної води від температури t_x , $^\circ\text{C}$ до t_r , $^\circ\text{C}$ за інтервал часу T , год здійснюється мережною водою, температура якої змінюється в апараті від

τ'_1 , °C, до τ'_2 , °C. Витрати мережної води G , кг/с. Середньогодинні витрати теплоти за добу найбільшого споживання води становлять Q , кВт.

Таблиця 18.2 – Вихідні дані для розрахунку

№ вар.	t_x , °C	t_r , °C	T , год	τ'_1 , °C	τ'_2 , °C	G , кг/с	Q , кВт.
1	5	65	3	77	40	0,5	33
2	6	60	4	78	41	0,6	34
3	7	64	5	76	42	0,7	35
4	8	67	3	75	43	1,0	37
5	9	64	4	74	44	0,5	33
6	10	67	5	77	45	0,6	34
7	5	65	3	76	46	0,4	35
8	7	66	4	77	43	0,6	34
9	8	67	5	75	45	0,7	36
10	6	65	4	74	42	0,5	33

Тема 19. Технологічний, тепловий та конструктивний розрахунок автоклавів, пастеризаторів та стерилізаторів.

1. Обговорення основних положень теми та питань самостійного вивчення:

1. Категорія летальності.
2. Класифікація теплового обладнання.
3. Стерилізація.
4. Пастеризація.

2. Опитування.

3. Практичні завдання.

Приклад розв'язування завдання.

Приклад. Провести технологічний розрахунок стерилізатора, якщо продуктивність лінії $G=66$ банок /хв., зовнішній діаметр банки 0,096 м, діаметр кошика 0,946 м, висота кошика 0,65 м, висота банки 0,1 м.

Розв'язування

Формула стерилізації

$$\frac{A-B-C}{T} = \frac{1500-3000-150}{120}$$

1. Кількість банок, що вміщується в одну корзину автоклава, визначається з формули:

$$Z = 0,785 \times a \frac{d_c^2}{d_b^2} = 0,785 \times 6 \left(\frac{0,946^2}{0,096^2} \right) = 456 \text{ шт.}$$

$$a = \frac{h_c}{h_b} = \frac{0,65}{0,1} = 6,5.$$

Приймаємо $a=6$;

2. Час заповнення банками однієї корзини. Якщо за 60 сек. надається 66 банок, тоді

$$Z_c = \frac{(60 \cdot 456)}{66} = 414, \text{ с;}$$

3. Кількість корзин, що завантажуються в один автоклав

$$Z_c = \frac{\tau_b}{\tau_c} = \frac{1800}{414} = 4,34,$$

Де τ_b - максимальна тривалість витримування (накопичування) банок до їх стерилізації після закупорювання, $\tau_b = 1800$ с.

$\tau_c = 4$ (приймати ціле найближче менше число).

4. Тривалість заповнення банками чотирьох корзин

$$\tau_{ц} = 4 * \tau_c = 4 * 414 = 1656 \text{ сек.}$$

5. кількість банок, що завантажуються в один автоклав

$$N_6 = Z_c * Z = 4 * 456 = 1824 \text{ шт.}$$

6. Тривалість повного циклу роботи автоклава

$$\tau_{ц} = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4 + \tau_5 = 600 + 1500 + 3000 + 1500 + 600 = 7200 \text{ сек.},$$

де τ_1 - період завантаження автоклава, $t_1 = 600$ сек

τ_2 - період підвищення температури і тиску, $t_2 = 1500$ сек

τ_3 - період безпосередньої стерилізації, $t_3 = 3000$ сек

τ_4 - період зменшення тиску і температури, $t_4 = 1500$ сек

τ_5 - період розвантаження банок, $t_5 = 600$ сек

τ_2, τ_3, τ_4 - значення цих складових приймаємо відповідно до формули стерилізації.

7. Продуктивність автоклава

$$G_a = \frac{N_6}{\tau_{ц}} = \frac{1824}{7200} = 0,25 \text{ банок/с} = 15,2 \text{ банок/хв.}$$

8. Кількість необхідних автоклавів для лінії стерилізації

$$N_a = \frac{G}{G_a} = \frac{66}{15,2} = 4,35 \text{ шт}$$

Приймає 5 автоклавів.

9. Інтервал часу між завантаженням наступних автоклавів

$$\Delta\tau = \frac{N_6}{G} = \frac{1824}{66} = 28 \text{ хв.}$$

Задача. Провести технологічний розрахунок стерилізатора, якщо продуктивність лінії G , банок /хв., зовнішній діаметр банки d , м, висота банки h , м.

Таблиця 19.1 – Вихідні дані для розрахунку

№ вар.	G , банок /хв.,	d , м,	h , м.
1	64	0,1023	0,0518
2	58	0,0761	0,0968
3	54	0,0950	0,076
4	66	0,0950	0,106
5	56	0,11	0,15
6	58	0,1023	0,0518
7	64	0,0761	0,0968
8	66	0,0950	0,076
9	58	0,0950	0,106
10	54	0,11	0,15

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 4. ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ МАСООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ.

Тема 20. Технологічний, тепловий, конструктивний розрахунок випарних та вакуум-апаратів для концентрації рідких продуктів.

1. Обговорення основних положень теми та питань самостійного вивчення:

1. Процес випарювання
2. Методи випарювання
3. Тепловий баланс випарювання.
 2. Опитування.
 3. Практичні завдання.

Приклад розв'язування завдання.

Розрахувати параметри випарної однокорпусної установки безперервної дії з центральною циркуляційною трубою. Масова продуктивність по випареній воді $W = 1000$ кг/год. $W = 0,278$ кг/с, концентрація сухих речовин у молоці $CP_n = 25\%$; $CP_k = 75\%$; температура молока початкова $t_n = 85^\circ\text{C}$; температура вторинної пари $t_k = 75^\circ\text{C}$; внутрішній діаметр труб $d_v = 25$ мм; товщина стінки труби $\delta_{ст} = 2,0$ мм; висота кип'ятильних труб $H = 2,5$ м.

Розв'язування

Матеріальний розрахунок

Маса молока, що поступає в установку:

$$S_n = \frac{W}{1 - \frac{CP_n}{CP_k}} = \frac{1000}{1 - \frac{25}{75}} = 1500 \frac{\text{кг}}{\text{год}} = 0,417 \text{ кг/с}$$

Продуктивність випарної установки по згущеному продукту:

$$S_k = S_n - W .$$

$$S_k = 1500 - 1000 = 500 \text{ кг/год.} = 0,139 \text{ кг/с.}$$

Продуктивність установки (перевірочний розрахунок):

$$S_k = S_n \frac{CP_n}{CP_k} = 1500 \frac{25}{75} = 500 \text{ кг/год} = 0,139 \text{ кг/с}$$

Тепловий розрахунок

Рівняння теплового балансу

$$D i_{гп} + S_n c_n t_n = D i_k + S_k c_k t_k + W i_{вп} + Q_{вт}$$

де D - масова витрата гріючої пари, кг/с;

$i_{гп}$ - ентальпія гріючої пари, кДж/кг;

$i_{вп}$ - ентальпія вторинної пари, кДж/кг;

i_k - ентальпія конденсату, кДж/кг;

c_n - теплоємність початкового розчину, кДж/кг·град;

c_k - теплоємність кінцевого розчину, кДж/кг·град;

t_n - температура початкового розчину, $^\circ\text{C}$;

t_k - температура кінцевого розчину, $^\circ\text{C}$;

$Q_{вт}$ - теплові втрати, кВт.

Значення ентальпій за таблицею:

При початковій температурі молока $85\text{ }^\circ\text{C}$, $i_{\text{гп}} = 2651,3\text{ кДж/кг}$, ентальпія конденсату $i_{\text{к}} = 356,2\text{ кДж/кг}$ і при температурі вторинної пари $75\text{ }^\circ\text{C}$ ентальпія вторинної пари $i_{\text{вп}} = 2635,3\text{ кДж/кг}$. За таблицею щільність пари $\rho_{\text{г}} = 0,3531\text{ кг/м}^3$ і за таблицею щільність конденсату $\rho_{\text{к}} = 968,5\text{ кг/м}^3$. За таблицею питома теплоємність початкового і кінцевого розчину дорівнюють одна одній $c_{\text{п}} = c_{\text{к}} = 3,855\text{ кДж/кг}\cdot\text{град}$. З рівняння теплового балансу визначається теоретичні витрати (без урахування теплових втрат) гріючої пари:

$$D = \frac{S_{\text{к}}c_{\text{к}}t_{\text{к}}}{i_{\text{гп}} - i_{\text{к}}} - \frac{S_{\text{п}}c_{\text{п}}t_{\text{п}}}{i_{\text{гп}} - i_{\text{к}}} + \frac{Wi_{\text{вп}}}{i_{\text{гп}} - i_{\text{к}}}$$

$$D = \frac{0,139 \cdot 3,855 \cdot 75}{2651,3 - 356,2} - \frac{0,417 \cdot 3,855 \cdot 85}{2651,3 - 356,2} + \frac{0,278 \cdot 2635,3}{2651,3 - 356,2} = 0,277\text{ кг/с}$$

Фактичні витрати гріючої пари:

$$D_{\text{ф}} = 1,05 \cdot D$$

$$D_{\text{ф}} = 1,05 \cdot 0,277 = 0,291\text{ кг/с} = 1047,3\text{ кг/год.}$$

Питомі витрати гріючої пари:

$$d = D_{\text{ф}} W$$

$$d = 0,291 \cdot 0,278 = 1,047\text{ кг/кг.}$$

Коефіцієнт випару:

$$\alpha = \frac{i_{\text{гп}} - t_{\text{к}}}{i_{\text{вп}} - c_{\text{п}}t_{\text{к}}}$$

$$\alpha = \frac{2651,3 - 356,2}{2635,3 - 3,855 \cdot 75} = 0,978$$

Коефіцієнт самовипару:

$$\beta = \frac{i_{\text{гп}} - t_{\text{к}}}{i_{\text{вп}} - c_{\text{п}}t_{\text{к}}}$$

$$\beta = \frac{85 - 75}{2635,3 - 3,855 \cdot 75} = 0,0043$$

Фактичні витрати випареної води:

$$W_{\text{ф}} = D \cdot \alpha + S_{\text{п}} \cdot c_{\text{п}} \cdot \beta$$

$$W_{\text{ф}} = 0,277 \cdot 0,978 + 0,417 \cdot 3,855 \cdot 0,0043 = 0,2783\text{ кг/с.}$$

Коефіцієнт тепловіддачі при конденсації гріючої пари на зовнішніх поверхнях кип'ятільних труб:

$$\alpha_1 = \frac{c' b \sqrt[4]{r'}}{\sqrt[4]{H(t_{\text{п}} - t_{\text{см}})}}$$

де c' - коефіцієнт, що враховує розташування труб. для вертикальних труб коефіцієнт $c' = 1,15$;

b - коефіцієнт, що враховує властивості плівки конденсату;

r' - теплота пароутворення плівки;

H - довжина контакту пари і труби (висота кип'ятільних труб);

$t_{\text{см}}$ - середня температура стінки труби.

Значення b і r' знаходимо за таблицею методом інтерполяції: при 80°C $b_{80} = 2070$, а при 100°C $b_{100} = 2200$, тоді при 85°C :

$$b_{85} = b_{80} + \frac{b_{100} - b_{80}}{100 - 80} 5 = 2077 + \frac{2200 - 2070}{100 - 80} 5 = 2103$$

Подібним чином визначається значення r' :

$$r'_{85} = 553 - \frac{553 - 540}{100 - 80} 5 = 549,6$$

Середня температура стінки труби:

$$t_{cm} = 0,5(t_n + t_k) = 0,5(85 + 75) = 80^\circ\text{C}$$

$$\alpha_1 = \frac{1,15 \cdot 2103 \cdot \sqrt[4]{549,6}}{\sqrt[4]{2,5(85 - 80)}} 6227,6 \text{ ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{град})$$

Значення α_1 переводиться у $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град.})$ $1,162 \cdot 6227,6 = 7236,5$

$$\alpha_1 = 1,162 \cdot 6227,6 = 7236,5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град.})$$

Коефіцієнт тепловіддачі від стінок трубок до киплячого молока:

$$\alpha_2 = 7,77 \cdot 10^{-2} \left(\frac{\rho_n r}{\rho_p - \rho_n} \right)^{0,033} \cdot \left(\frac{\rho_p}{\sigma} \right)^{0,33} \cdot \frac{\lambda_p^{0,75} \cdot q^{0,7}}{\mu_p^{0,45} \cdot c_p^{0,12} \cdot T_{\text{нас}}^{0,37}}$$

де ρ_n - щільність пари при температурі кипіння;

r - теплота пароутворення при t_k ;

ρ_p - щільність рідини (молока);

σ - коефіцієнт поверхневого натягу продукту;

λ_p - коефіцієнт теплопровідності продукту;

μ_p - динамічний коефіцієнт в'язкості продукту;

c_p - теплоємність продукту;

$T_{\text{нас}}$ - температура насичення (кипіння) продукту $T_{\text{нас}} = 273 + t_k$;

q - середнє питоме теплове навантаження, $q = 6000 \text{ Вт}/\text{м}^2$

$\alpha_2 = 1022,6 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град.})$.

Коефіцієнт теплопередачі:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

де λ_{cm} - коефіцієнт теплопровідності матеріалу труби,

- для труб з вуглецевої сталі $\lambda_{cm} = 25 \dots 30 \text{ Вт}/\text{м}\cdot\text{К}$;

- для труб з нержавіючої сталі $\lambda_{cm} = 15 \dots 20 \text{ Вт}/\text{м}\cdot\text{К}$.

$K = 825,6 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град.})$.

Теплове навантаження випарювання:

$$Q = D (i_r - i_k)$$

$$Q = 0,277 \cdot (2651,3 - 356,2) = 635,7 \text{ кВт.}$$

Площа теплопередачі:

$$A = \frac{Q}{K \Delta t}$$

$$A = \frac{635,7 \cdot 10^3}{825,6 \cdot (85 - 75)} = 76,1 \text{ м}^2$$

Фактична площа теплопередачі:

$$A_{\phi} = (1,05 \dots 1,1) \cdot A$$

$$A_{\phi} = (1,05 \dots 1,15) \cdot 76,1 = 79,9 \dots 87,5 \text{ м}^2$$

Приймаємо $A_{\phi} = 85 \text{ м}^2$.

Задача. Розрахувати параметри випарної однокорпусної установки безперервної дії з центральною циркуляційною трубою за вихідними даними розрахунку таблиці 20.1.

Таблиця 20.1 – Вихідні дані для розрахунку

№ вар.	W, кг/год	CP _п , %	CP _к , %	t _п , °C	t _к , °C	d _в , мм	δ _{ст} , мм	H, м
1	1500	18	52	88	77	32	3,0	3,0
2	1200	19	55	87	76	24	2,5	2,8
3	1300	20	51	80	75	32	2,8	2,5
4	1400	17	50	81	76	28	2,7	3,0
5	1350	20	56	85	76	32	2,8	2,8
6	1500	17	54	83	78	24	3,0	2,5
7	1450	20	55	85	77	28	2,8	2,8
8	1250	18	50	87	78	24	3,0	3,0
9	1350	21	51	83	76	32	2,6	2,5
10	1400	19	53	84	77	28	2,8	2,8

Тема 21. Технологічний, тепловий та конструктивний розрахунок обладнання для виробництва спирту.

1. Обговорення основних положень теми та питань самостійного вивчення:

1. Дистиляція.
2. Ректифікація
3. Принципові схеми процесів ректифікації.
4. Розрахунок ректифікаційної колони.

2. Опитування.

3. Практичні завдання.

Приклад розв'язування завдання.

Приклад 1. Визначити мінімальне флегмове число для ректифікаційної колони безперервної дії при наступних умовах. Поступаюча на перегонку суміш вміщує 5% мол. спирту і 95% мол. води. Вміст спирту в дистиляті XD = 85% мол. Коефіцієнт надлишку флегми n = 1,5 .

Розв'язування.

Мінімальне флегмове число:

$$V_{min} = \frac{X_D - Y_M}{Y_M - X_M} = \frac{85 - 33,06}{33,06 - 5,0} = 1,85$$

де 33,06 – вміст спирту в парі, отриманої суміші складу XM=5% мас. Робоче флегмове число:

$$V_p = 1,5 \cdot 1,85 = 2,77 .$$

Приклад 2. Визначити загальну височину та діаметр ректифікаційної колони, якщо число теоретичних тарілок дорівнює 8, коефіцієнт корисної дії тарілки $\zeta = 0,55$, відстань між тарілками 0,45 м. Об'ємні витрати пари, яка проходить через колону, дорівнюють $1,65 \text{ м}^3/\text{с}$, а швидкість пари – $1,1 \text{ м/с}$.

Розв'язування.

Загальна височина колони:

$$H_{\text{заг.}} = h_{\text{м.т.}}(N_{\text{д}} + 1),$$

де $h_{\text{м.т.}}$ – відстань між тарілками, м;

$N_{\text{д}}$ – дійсне число тарілок.

$$N_{\text{д}} = \frac{N_{\text{теор}}}{\zeta} = \frac{8}{0,55} = 14,5 \approx 15 \text{ тар}$$

$$H_{\text{заг.}} = 0,45 (15+1) = 7,2 \text{ м}$$

Діаметр колони:

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{V}{W}} = 1,13 \sqrt{\frac{1,65}{1,1}} = 1,378 \text{ м}$$

Приймаємо стандартний діаметр колони 1,4 м.

Приклад 3. Визначити кількість дистиляту та кубового залишку, якщо в колону для ректифікації поступає $1,85 \text{ кг/с}$ суміші $\text{CS}_2 - \text{CCl}_4$. Вміст низькокиплячого компоненту CS_2 : в суміші $a_F = 0,25\% \text{ мас.}$; в дистиляті $a_P = 0,97\% \text{ мас.}$; в кубовому залишку $a_W = 0,04\% \text{ мас.}$

Розв'язування.

Кількість кубового залишку і дистиляту визначаємо із рівняння матеріального балансу процесу ректифікації:

$$F = P + W,$$

де F – масова витрата суміші, кг/с ;

P – масова витрата дистиляту, кг/год. ;

W – масова витрата кубового залишку, кг/год.

$$F a_F = P a_P + W a_W$$

$$W = F \frac{a_P - a_F}{a_P - a_W} = 1,85 \frac{0,97 - 0,25}{0,97 - 0,04} = 1,43 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

$$P = F - W = 1,85 - 1,43 = 0,42 \text{ кг/с.}$$

Задача. Визначити загальну висоту H (м) та діаметр D (м) ректифікаційної колони, якщо число теоретичних тарілок N_T , ККД тарілки - η , відстань між тарілками $h_{\text{м.т.}}$ (м). Об'єм витрати пари, яка проходить через колону V ($\text{м}^3/\text{с}$), швидкість пари W (м/с). Дані в таблиці 21.1

Таблиця 21.1 – Вихідні дані для розрахунку

№ вар.	N_m	η	$V, \text{ м}^3/\text{с}$	$W, \text{ м/с}$	$H_{\text{м.т.}}, \text{ м}$
1	12	0,5	0,96	1,9	0,3
2	19	0,55	0,98	1,4	0,35
3	8	0,6	1,24	1,2	0,4
4	18	0,65	1,48	1,3	0,45

5	16	0,7	1,88	0,7	0,45
6	13	0,5	1,95	1,6	0,5
7	14	0,55	2,5	2,1	0,55
8	10	0,6	2,8	2,2	0,45
9	12	0,65	1,9	2,3	0,5
10	16	0,7	1,8	2,1	0,55

Тема 22. Технологічний, тепловий, конструктивний розрахунок сушарок для харчових продуктів.

1. Обговорення основних положень теми та питань самостійного вивчення:

1. Класифікація обладнання для сушіння сировини.
2. Стрічкові сушарки.
3. Розпилювальні сушарки.
4. Сушіння методом сублімації.
 2. Опитування.
 3. Практичні завдання.

Приклад розв'язування завдання.

Приклад 1. Визначити витрати повітря на сушіння, якщо в сушарку поступає 1,95 кг/с вологого матеріалу. Вологість матеріалу змінюється від 14% мас. до 0,5% мас. Стан повітря характеризується наступними параметрами: до сушарки $t_1 = 70^\circ\text{C}$, $\varphi_1 = 5\%$; на виході з сушарки $t_2 = 60^\circ\text{C}$, $\varphi_2 = 50\%$.

Розв'язування.

Кількість вилученої вологості із рівняння матеріального балансу сушарки:

$$W = \frac{G_1(W_1 - W_2)}{100 - W_2} = \frac{1,95(14 - 0,5)}{100 - 0,5} = 0,265 \text{ кг/с}$$

Витрати повітря на сушіння:

$$L = \frac{W}{X_1 - X_2}$$

де X_1 та X_2 – вологовміщення повітря, кг/кг;

$X_1 = 0,01$ кг/кг та $X_2 = 0,07$ кг/кг визначаємо по діаграмам вологого повітря.

$$L = \frac{0,265}{0,07 - 0,01} = 4,41 \text{ кг/с}$$

Приклад 2. Визначити витрати повітря та витрати теплоти в теоретичній сушарці для вилучення 0,28 кг/с вологості із твердого вологого матеріалу. Стан повітря характеризується наступними параметрами: на вході в калорифер $t_0 = 30^\circ\text{C}$, $\varphi_0 = 70\%$; на виході із сушарки $t_2 = 60^\circ\text{C}$ $\varphi_2 = 50\%$.

Розв'язування.

Витрати повітря на сушіння в теоретичній сушарці:

$$L = \frac{W}{X_2 - X_0}$$

де X_0 – вологовміст повітря на вході в калорифер = 0,020 кг/кг;

X_2 – вологовміст повітря на виході із сушарки = 0,070 кг/кг.

$$L = \frac{0,28}{0,07 - 0,02} = 5,5 \text{ кг/с}$$

Витрати теплоти на висушування матеріалу:

$$Q = L (I_2 - I_0),$$

де I_0, I_2 – ентальпія повітря на вході в калорифер та на виході із сушарки визначаємо по діаграмі “I-x”:

$$I_0 = 82 \text{ кДж/кг};$$

$$I_2 = 245 \text{ кДж/кг}.$$

$$Q = 5,6 (245 - 82) = 912,8 \text{ кВт}.$$

Задача. Скласти матеріальний баланс процесу сушіння, якщо в сушарку поступає G_1 (кг/с) матеріалу з початковою вологістю W_1 (% мас), а кінцева вологість матеріалу W_2 (% мас). Дані в таблиці 22.1

Таблиця 22.1 – Вихідні дані для розрахунку

№ вар.	G_1 (кг/с)	W_1 (% мас)	W_2 (% мас).
1	1,28	12	1,0
2	1,84	18	0,8
3	1,56	13	0,9
4	1,82	14	1,0
5	1,60	19	0,6
6	1,64	12	0,8
7	1,68	10	0,9
8	1,7	9,4	1,0
9	1,72	8,6	0,8
10	1,78	10	0,9

Тема 23. Технологічний та конструктивний розрахунок екстракторів.

1. *Обговорення основних положень теми та питань самостійного вивчення:*

1. Цілі екстракції.
2. Класифікація екстракторів.
3. Коефіцієнт розподілу екстракції.
4. Схеми екстракційних установок.

2. *Опитування.*

3. *Практичні завдання.*

Приклад розв’язування завдання.

Приклад. Визначити діаметр безперервно діючого насадкового екстрактора для вилучення оцтової кислоти з бензолу водою (дисперсна фаза – вода, суцільна фаза – бензол). Продуктивність екстрактора $V_c = 13 \text{ м}^3/\text{год}$. Бензолу, початкова концентрація оцтової кислоти у бензолі $x' = 110 \text{ кг/м}^3$, кінцева

концентрація $x''=1,5$ кг/м³. Концентрація оцтової кислоти на виході в екстрагенті (воді) на виході з колони $y''=250$ кг/м³. Температура $t=20^\circ\text{C}$.

Розв'язування

Визначаємо співвідношення об'ємів суцільної та дисперсної фаз, приймаючи, що вихідний екстрагент не вміщує оцтової кислоти ($y'=0$).

За рівнянням матеріального балансу:

$$\frac{V_c}{V_d} = \frac{y'' - y'}{x' - x''} = \frac{250 - 0}{110 - 1,5} = 2,3$$

В якості насадки обираємо керамічні кільця розміром $25 \times 25 \times 3$ мм, питома поверхня яких $f=200$ м²/м³, вільний об'єм $\xi=0,74$.

Для визначення об'ємної швидкості суцільної фази при екстрактора знаходимо:

ρ_d – густина дисперсної фази (1000 кг/м³);

ρ_c – густина суцільної фази (879 кг/м³);

σ – граничний натяг між фазами (~ 34 дин/см = $34 \cdot 10^{-3}$ н/м).

Об'ємну швидкість суцільної фази при заглиблення екстрактора обчислюємо за рівнянням:

$$1 + 0,875(\rho_d/\rho_c)^{1/4}(V_d/V_c)^{1/2} = 0,894(V_c^2 f/g \xi^3)^{-1/4}(\rho_c/\Delta\rho)^{-1/4}(f \xi \sigma/\rho_c V_c^2)^{-0,078};$$

$$1 + 0,875(1000/879)^{1/4}(1/2,3)^{1/2} = 0,894(V_c^2 200/9,81 \cdot 0,74^3)^{-1/4} \times$$

$$\times (879/1000 - 879)^{-1/4}(200 \cdot 0,74 \cdot 34 \cdot 10^{-3}/879 V_c^2)^{-0,078};$$

$$1,596 = V_c^{-0,344} \cdot 0,894 \cdot 0,375 \cdot 0,61 \cdot 1,5;$$

Звідки:

$$V_c^{0,344} = 0,1922;$$

$$V_c = 0,008277(\text{м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с});$$

Приймаємо швидкість суцільної фази на 20% нижче швидкості, яка відповідає захлинанню:

$$V_c = 0,8 \cdot 0,008277 = 0,0066216(\text{м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с});$$

Визначаємо площу розрізу екстрактора:

$$S = 15/(3600 \cdot 0,0066) = 0,629(\text{м}^2);$$

Звідки знаходимо діаметр екстрактора:

$$D = \sqrt{0,629 \cdot 4/3,14} = 0,801274(\text{м});$$

Приймаємо округлено $D = 0,8$ (м).

Відповідь: діаметр безперервно діючого насадкового екстрактора для вилучення оцтової кислоти з бензолу водою дорівнює 0,8 м.

Задача. Визначити діаметр безперервно діючого насадкового екстрактора для вилучення **кислоти** з бензолу водою (дисперсна фаза – вода, суцільна фаза – бензол). Продуктивність екстрактора V_c , м³/год. Бензолу, початкова концентрація оцтової кислоти у бензолі x' , кг/м³, кінцева концентрація x'' , кг/м³. Концентрація оцтової кислоти на виході в екстрагенті (воді) на виході з колони y'' , кг/м³. Температура $t, ^\circ\text{C}$.

Таблиця 23.1 – Вихідні дані для розрахунку

№ вар.	кислота	$V_c, \text{ м}^3/\text{год.}$	$x'=110 \text{ кг/м}^3$	$x''=1,5 \text{ кг/м}^3$	$y''=250 \text{ кг/м}^3$	$t=20^\circ\text{C}$
1	лимонна	10	100	1,4	240	18
2	щавельна	12	110	1,5	250	19
3	оцтова	14	120	1,6	260	20
4	лимонна	10	100	1,4	220	21
5	щавельна	12	110	1,5	240	18
6	оцтова	14	120	1,6	250	19
7	лимонна	10	100	1,4	260	20
8	щавельна	12	110	1,5	220	21
9	оцтова	14	120	1,6	240	18
10	лимонна	10	100	1,4	250	19

Тема 24. Технологічний, тепловий та конструктивний розрахунок кристалізаторів.

1. Обговорення основних положень теми та питань самостійного вивчення:

1. Рівновага при кристалізації
2. Методи кристалізації
3. Кінетика кристалізації
4. Кристалізатори періодичної дії
 2. Опитування.
 3. Практичні завдання.

Приклад розв'язування завдання.

Приклад. Кристалізується 24% водний розчин NaCl, охолоджуваний від 30°C до 15°C, що випадає сіль має склад NaCl * 2H₂O. Продуктивність апарату по солі 0,139 кг / с (500кг / год). Слід визначити необхідну поверхню F і витрата охолоджуючої води G_в, якщо загальний коефіцієнт теплопередачі K = 150 Вт / (м²* град). У розрахунку потрібно врахувати, що через відкриту поверхню кристалізатора випаровується 0,8% (від загальної кількості розчину) води.

Розчинність NaCl при 15°C становить 7 частин безводної солі на 100 частин води. Середня теплоємність розчину в інтервалі температур 30 - 15°C дорівнює 3,83 кДж / кг * К, прихована теплота кристалізації q = 84,5 кДж/кг. Охолоджуюча вода надходить у сорочку при температурі +5°C і нагрівається в кристалізаторі до 10°C.

Розв'язування

Концентрація солі в маточне розчині (в мас. Долях) становить:

$$\alpha_2 = \frac{7}{107} = 0,065$$

Молекулярний вага NaCl дорівнює 59,5, а NaCl * 2H₂O - 94,5, отже:

$$K_m = \frac{58,5}{94,5} = 0,62$$

Визначаємо кількість кристалізується розчину при заданій продуктивності:

$$G_p = \frac{G_{kp}(K_m - \alpha_2)}{(\alpha_1 - \alpha_2) + 0,008\alpha_2} = \frac{0,139(0,62 - 0,065)}{(90,24 - 0,065) + 0,008 \cdot 0,065} = 0,44 \text{ кг/с}$$

З теплового балансу визначаємо кількість відведеного тепла:

$$Q = G_t c(t_n - t_k) + G_{kp} q + W r_{т.п.}$$

$Q = 0,44 * 3,83 (30 - 15) + 0,546 * 84,5 + 0,008 * 0,44 * 2442,25 = 62,82 \text{ кВт}$,
де $2442,25 \text{ кДж / кг}$ - теплота пароутворення води при середній температурі:
 $(30 + 15) / 2 = 22,5^\circ\text{C}$.

Величину $\Delta t_{\text{ср.лог.}}$ визначаємо з рівняння:

$$\Delta t_{\text{ср.лог.}} = \frac{\Delta t_{\text{н}} - \Delta t_{\text{к}}}{2,3 \lg \frac{\Delta t_{\text{н}}}{\Delta t_{\text{к}}}} = \frac{(30 - 10) - (15 - 5)}{2,3 \lg \frac{30 - 10}{15 - 5}} = 14,4^\circ\text{C}$$

Знаходимо поверхню теплопередачі:

$$F = \frac{Q}{K \Delta t_{\text{ср}}} = \frac{62820}{150 \cdot 14,4} = 29,08 \text{ м}^2$$

Для шнекових кристаллизаторов з шириною корита 600 мм на 1 м довжини апарату теплопередаючої поверхня становить $0,9 \text{ м}^2$. Необхідна довжина кристализатора в цьому випадку буде дорівнює:

$$L = \frac{F}{b} = \frac{29,08}{0,9} = 32,3 \text{ м}$$

Таким чином, для забезпечення заданої продуктивності буде потрібно 3 шнеко-вих кристализатора, кожен з них довжиною 12м, збирається з чотирьох секцій (по 3м).

Витрата охолоджуючої води становить:

$$G_B = \frac{Q}{c_2(t_{2k} - t_{2n})} = \frac{62860}{4190(10 - 5)} = 3 \text{ кг/с}$$

Задача. Кристалізується % водний розчин речовини, охолоджуваний від $T_1, ^\circ\text{C}$ до $T_2, ^\circ\text{C}$, що випадає сіль має склад кристалогідрату. Продуктивність апарату по солі $G \text{ кг / с}$. Слід визначити необхідну поверхню F і витрата охолоджуючої води G_B , якщо загальний коефіцієнт теплопередачі $K = 150 \text{ Вт / (м}^2 \cdot \text{град)}$. Дані в таблиці 24. 1

Таблиця 24. 1 – Вихідні дані для розрахунку

№ вар.	речовина	$T_1, ^\circ\text{C}$	$T_2, ^\circ\text{C}$	$G, \text{ кг/с}$	%
1	NaHCO_3	25	12	0,14	22
2	NaCl	27	15	0,15	24
3	NaHCO_3	30	17	0,16	26
4	NaCl	32	18	0,14	22
5	NaHCO_3	25	12	0,15	24
6	NaCl	27	15	0,16	26
7	NaHCO_3	30	17	0,14	22
8	NaCl	32	18	0,15	24
9	NaHCO_3	25	12	0,16	26
10	NaCl	27	15	0,14	22

ЧАСТИНА 3.
МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ З ОРГАНІЗАЦІЇ САМОСТІЙНОЇ
РОБОТИ СТУДЕНТІВ

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1.
ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ
ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ. ТИПОВІ РОБОЧІ ОРГАНИ МАШИН, ЇХ
КОНСТРУКЦІЇ ТА РОЗРАХУНОК.

Тема 1. Визначення технічного рівня нової розробки технологічного обладнання.

Форми контролю: розв'язування задач.

Завдання для самостійної роботи:

1. Опрацюйте конспект лекцій та рекомендовану літературу для обговорення теоретичних питань теми на практичному занятті.
2. Розв'яжіть тестові завдання.

Якість машини визначається за допомогою вибіру :

A. ціни

B. головних властивостей (критеріїв ефективності)

C. високого ККД

D. критеріїв потужності

Оцінка якості машини відбувається в два етапи:

A. експертний та розрахунковий

B. розрахунковий та корисний

C. експертний та кошторисний

D. немає вірної відповіді

Експертний етап передбачає порівняння значень основних показників:

A. швидкості

B. тиску

C. технічного рівня виробу

D. надійності

Однією із важливих особливостей сучасного виробництва нової техніки є бажання до

A. мінімальної ціни

B. високої надійності

C. максимальної потужності

D. максимальної уніфікації та стандартизації

Вважається, що технічний рівень виробу, який оцінюється, перевищує світове досягнення, якщо кожне із значень, вибраних для співставлення показників, перевищує відповідне значення показника кожного аналога.

- A. більш ніж на 1%
- B. більш ніж на 3%
- C. більш ніж на 5%
- D. більш ніж на 7%

Додаткові показники технічного рівня включають:

- A. показники рівня автоматизації (коефіцієнт автоматизації);
- B. економічні показники
- C. показники стандартизації та уніфікації (коефіцієнт застосування, коефіцієнт повторності)
- D. всі відповіді вірні

Основним критерієм оптимальності конструкції є:

- A. рівень собівартості
- B. рівень якості
- C. рівень оригінальності
- D. немає вірної відповіді

Розрахунковий етап оцінки технічного рівня виробу:

- A. $q_i = \frac{P_i}{P_{ai}}$
- B. $q_i = k \frac{P_i}{P_{ai}}$
- C. $q_i = \frac{P_i}{P_{ai}} + 1$
- D. $q_i = \frac{P_i}{P_{ai}} - 1$

Узагальнений показник ступеня відповідності машини, яка оцінюється, вищим світовим досягненням розраховується за формулою:

- A. $K_{m.p} = k \frac{\sum_{i=1}^n q_i}{n}$
- B. $K_{m.p} = \frac{\sum_{i=1}^n q_i}{n}$
- C. $K_{m.p} = \frac{\sum_{i=1}^n q_i}{n} + 1$
- D. $K_{m.p} = \frac{\sum_{i=1}^n q_i}{n} - 1$

3. Задачі для самостійного розв'язування.

Визначити технічний рівень нової розробки машини

№ вар.	Таблиця	Нова розробка
1	1	1
2	1	2
3	2	2
4	2	1

Таблиця 1. Технічна характеристика центрифуг з пульсуючим вивантаженням осаду

№ з/п	Показники	Нова розробка		
		1	2	3
		ФГП-40	ФГП-63	ФГП-80
1.	Продуктивність по осаду, кг/год	2200	3500	7000
2.	Ротор			
	внутрішній діаметр першого каскаду, мм	400	630	800
	загальна робоча довжина, мм, не менше	335	425	530
	найбільше число обертів за хвилину	1600	1200	1200
	найбільший фактор поділу	570	595	644
3.	Найбільше число ходів штовхача за хвилину	45	55	45
4.	Номинальна ширина щілини сита, мм	0,16	0,25	0,25
5.	Потужність електродвигуна, кВт	11	11	30
6.	Питома продуктивність, кг/м ²	565,6	853,6	958,9
7.	Маса установки, кг	5017	5320	12940
8.	Питома потужність центрифугування, кВт/кг	0,005	0,003	0,004

Таблиця 2. Технічна характеристика підвісних центрифуг

№ з/п	Показники	Нова розробка		
		1	2	3
		ФПН-1001У-01	ФПД-1202Г-03	ФПС-1201У-02
1.	Ротор			
	внутрішній діаметр, мм	1000	1200	1200
	висота, мм	750	600	900
	найбільша частота обертання, об/хв	1500	1000	1000
	найбільший фактор поділу	1250	670	670
	ємкість, дм ³	300	260	325
	найбільше завантаження, кг	450	400	500
2.	Потужність електродвигуна, кВт	40	30	40
3.	Маса установки, кг	4200	3700	3650
4.	Питома продуктивність, кг/м ²	185,2	144,9	142,9
5.	Питома потужність центрифугування, кВт/кг	0,09	0,075	0,08

Рекомендована література:

1. Технологічне обладнання харчових виробництв : [Електронний ресурс]: метод. рекомендації до вивч. дисц. та викон. контрольної роботи для студ. освітнього ступеня «Бакалар» спеціальності 133 «Галузеве

машинобудування» денної та заочної форм навчання / уклад. В.Л. Яровий, Р.Л. Якобчук, М.Г. Янковий. К.: НУХТ, 2016. 27 с

2. Серьогін, О.О. Технологічне обладнання харчових виробництв : конспект лекцій для студ. напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» (спец. «Обладнання переробних і харчових виробництв») ден. та заоч. форм навч. Ч.1 / О.О. Серьогін, В.В. Пономаренко, Д.М. Люлька. К.:НУХТ, 2015. 159 с.

3. Технологічне обладнання харчових виробництв : метод. вказівки до викон. лаборатор. роботи «Вивчення роботи обладнання для очищення сипкої сировини харчових виробництв» для студ. спец. 7.090221 «Обладнання переробних і харчових виробництв» напряму 0902 «Інженерна механіка» ден. форми навч. / В.М. Санов. К. : НУХТ, 2005. 8 с.

4. Технологічне обладнання харчових виробництв : метод. вказівки до викон. курсового проекту галузі знань 0505 «Машинобудування та матеріалообробка» напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» (спец. «Обладнання переробних і харчових виробництв») ден. та заоч. форм навч. / В.Л. Яровий, Р.Л. Якобчук, Д.М. Люлька. Київ: НУХТ, 2010. 28 с.

5. Черниш, П.Г. Технологічне обладнання зернопереробних підприємств : конспект лекцій для студ. спец. 7.090221 ден. та заоч. форми навч. / П.Г. Черниш. К.: НУХТ, 2007. 86 с.

Тема 2. Розрахунок барабанних робочих органів просіювачів, мийних машин, сушарок.

Форми контролю: розв'язування задач.

Завдання для самостійної роботи:

1. Опрацюйте конспект лекцій та рекомендовану літературу для обговорення теоретичних питань теми на практичному занятті.

2. Розв'яжіть тестові завдання.

Барабан може встановлюватись під кутом α до горизонту:

A. $\alpha=1\div 2^\circ$

B. $\alpha=1\div 3^\circ$

C. $\alpha=1\div 4^\circ$

D. $\alpha=1\div 5^\circ$

Широке розповсюдження машин з барабанними робочими органами обумовлене:

A. високою одиничною продуктивністю

B. простота конструкції

C. універсальність

D. всі відповіді вірні

Спостерігатись два режиму руху матеріалу:

- A. тихий і бурливий
- B. каскадний і водопадний
- C. прямий і протилежний
- D. самостійний і вимушений

Висота піднімання матеріалу від горизонтального положення до кута природного відкосу:

- A. $h = R_0(1 + \cos \varphi)$
- B. $h = R_0(1 - \cos \varphi)$
- C. $h = R_0/(1 - \cos \varphi)$
- D. $h = R_0/(1 + \cos \varphi)$

Зазор між упорними роликами і боковими поверхнями бандажів:

- A. $\Delta_i=10...20$ мм
- B. $\Delta_i=20...30$ мм
- C. $\Delta_i=30...40$ мм
- D. $\Delta_i=30...50$ мм

З ціллю збільшення довговічності бандажу матеріал ролика обирають:

- A. менш міцним
- B. більш міцним
- C. однаковим
- D. немає вірної відповіді

Ширина опорного ролика повинна перевищувати ширину бандажу:

- A. $B_p=(1,15..1,25) \cdot B$
- B. $B_p=(1,25..1,3) \cdot B$
- C. $B_p=(1,3..1,4) \cdot B$
- D. $B_p=(1,35..1,45) \cdot B$

В залежності від характеру технологічного процесу до конструкції корпусу висуваються певні вимоги з врахуванням:

- A. агресивності середовища
- B. температурного режиму
- C. А і В
- D. немає вірної відповіді

Продуктивність барабанного змішувача:

$$A. \Pi = \frac{V\rho}{\left[\frac{m}{n} + \tau_{\text{заг}} + \tau_{\text{виг}}\right]}$$

$$B. \Pi = \frac{V\rho}{\left[\frac{m}{n} - \tau_{\text{заг}} + \tau_{\text{виг}}\right]}$$

$$C. \Pi = \frac{V\rho}{\left[\frac{m}{n} + \tau_{\text{заг}} - \tau_{\text{виг}}\right]}$$

$$D. \Pi = \frac{V\rho}{\left[\frac{m}{n} - \tau_{\text{заг}} - \tau_{\text{виг}}\right]}$$

Продуктивність барабанної мийки:

$$A. \Pi = F/v\rho\varphi$$

$$B. \Pi = Fv/\rho\varphi$$

$$C. \Pi = Fv\rho/\varphi$$

$$D. \Pi = Fv\rho\varphi$$

Коефіцієнт заповнення барабану φ :

$$A. 0,1-0,15$$

$$B. 0,2-0,25$$

$$C. 0,3-0,35$$

$$D. 0,4-0,45$$

Критична частота обертів барабану:

$$A. n_{кр} = 40 \sqrt{\frac{1}{D}}$$

$$B. n_{кр} = 42 \sqrt{\frac{1}{D}}$$

$$C. n_{кр} = 45 \sqrt{\frac{1}{D}}$$

$$D. n_{кр} = 50 \sqrt{\frac{1}{D}}$$

3. Задачі для самостійного розв'язування.

1. Розрахуйте продуктивність барабанного змішувача, якщо об'єм 0,3 м³, час загрузки та вигризки по 5 хв., частота обертів 120 об/хв., об'ємна маса 880 кг/м³.

2. Знайти критичну кутову швидкість, якщо радіус барабана 0,4 м.

3. Розрахувати потужність для подолання сил тяжіння продукту при його підніманні в барабані до кута природного відкосу, якщо об'єм сировини 0,24 м³, щільність 800 кг/м³, висота до кута природного відкосу 0,6 м.

Рекомендована література:

1. Технологічне обладнання харчових виробництв : [Електронний ресурс]: метод. рекомендації до вивч. дисц. та викон. контрольної роботи для

студ. освітнього ступеня «Бакалар» спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» денної та заочної форм навчання / уклад. В.Л. Яровий, Р.Л. Якобчук, М.Г. Янковий. К.: НУХТ, 2016. 27 с

2. Серьогін, О.О. Технологічне обладнання харчових виробництв : конспект лекцій для студ. напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» (спец. «Обладнання переробних і харчових виробництв») ден. та заоч. форм навч. Ч.1 / О.О. Серьогін, В.В. Пономаренко, Д.М. Люлька. К.:НУХТ, 2015. 159 с.

3. Технологічне обладнання харчових виробництв : метод. вказівки до викон. лаборатор. роботи «Вивчення роботи обладнання для очищення сипкої сировини харчових виробництв» для студ. спец. 7.090221 «Обладнання переробних і харчових виробництв» напряму 0902 «Інженерна механіка» ден. форми навч. / В.М. Санов. К. : НУХТ, 2005. 8 с.

4. Технологічне обладнання харчових виробництв : метод. вказівки до викон. курсового проекту галузі знань 0505 «Машинобудування та матеріалообробка» напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» (спец. «Обладнання переробних і харчових виробництв») ден. та заоч. форм навч. / В.Л. Яровий, Р.Л. Якобчук, Д.М. Люлька. Київ: НУХТ, 2010. 28 с.

5. Черниш, П.Г. Технологічне обладнання зернопереробних підприємств : конспект лекцій для студ. спец. 7.090221 ден. та заоч. форми навч. / П.Г. Черниш. К.: НУХТ, 2007. 86 с.

Тема 3. Розрахунок елементів мішалок та ущільнюючих пристроїв валів, визначення енергетичних характеристик та вибір привода.

Форми контролю: розв'язування задач.

Завдання для самостійної роботи:

1. Опрацюйте конспект лекцій та рекомендовану літературу для обговорення теоретичних питань теми на практичному занятті.

2. Розв'яжіть тестові завдання.

Коефіцієнт ступеня однорідності β (%) суміші:

A. $\beta=1-(a-b)$

B. $\beta=1+(a-b)$

C. $\beta=1-(a+b)$

D. $\beta=1*(a-b)$

Тихохідні мішалки. Частота їх обертання становить

A. 10 ... 60 хв-1

B. 20 ... 80 хв-1

C. 30 ... 90 хв-1

D. 50 ... 100 хв-1

Швидкохідні мішалки. Частота їх обертання становить від

- A. 50 до 1000 хв-1
- B. 100 до 1500 хв-1
- C. 100 до 3000 хв-1
- D. 200 до 3500 хв-1

При якому способі перемішування застосовується барботаж?

- A. Пневматичний.
- D. Циркуляційний.
- C. Статичний.
- D. Механічний.

Які параметри характеризують якість перемішування?

- A. Ефективність перемішування пристроїв.
- B. Інтенсивність перемішування.
- C. Продуктивність перемішувальних пристроїв.
- D. Витрачена потужність на перемішування.

Які критерії не оцінюють якість перемішування?

- A. Коефіцієнт кратності перемішування.
- B. Коефіцієнт ступеня однорідності.
- C. Коефіцієнт однорідності.
- D. Коефіцієнт змішування фаз.

Які мішалки відносяться до тихохідних?

- A. Якірні.
- B. Гвинтові.
- C. Пропелерні.
- D. Турбінні.

Які мішалки відносяться до швидкохідних?

- A. Гвинтові.
- B. Лопатеві.
- C. Шнекові.206
- D. Стрічкові.

Яке критеріальне рівняння описує рух рідини при механічному перемішуванні?

- A. $Eu = f(Re)$.
- B. $Eu = f(Fr)$.
- C. $Re = f(Fr)$.
- D. $Fr = f(Re)$.

Яке формулювання не можна віднести до мети процесу перемішування?

- A. Перемішування суміші з метою порозділення компонентів, які знаходяться в ній.
- B. Рівномірний розподіл окремих компонентів у всьому об'ємі суміші.
- C. Інтенсифікація теплових і масообмінних процесів.
- D. Утворення суміші з однаковими властивостями в будь-якій її точці.

Основні характеристики процесу перемішування:

- A. Ефективність та інтенсивність перемішування.
- B. Продуктивність і витрачена потужність.
- C. Колова швидкість мішалки.
- D. Тривалість процесу перемішування.

Які критерії входять в узагальнене рівняння гідродинаміки для перемішування?

- A. Критерій Ейлера Eu , критерій Рейнольдса Re .
- B. Критерій Архімеда Ar , критерій Галілея Ga .
- C. Критерій Нуссельта Nu , критерій Прандтля Pr .
- D. Критерій Фур'є Fo , критерій Пікль Pe .

Які пристрої застосовуються для перемішування тесту?

- A. Шнекові, стрічкові, спіральні
- B. Турбінні, роторні
- C. Барабанні, лопатеві
- D. Дискові, дечункові

3. Задачі для самостійного розв'язування.

1. Знайти потужність, що витрачається на перемішування, якщо $\rho=1015$ кг/м³; $n=0,42$ об/с; $d_m=1,66$ м; $K_n=0,28$.

2. Знайти потужність, що витрачається на тертя, якщо потужність, яка витрачається на перемішування складає 100 Вт

3. Знайти розрахунковий крутний момент, якщо потужність, яка витрачається на перемішування, дорівнює 336 Вт, а колова швидкість обертання 2,6 рад/с

4. Визначити діаметра валу пристрою, що перемішує, якщо $M_{кр} = 18,23$ Н·м, $\tau_{доп} = 48 \cdot 10^6$ Па.

Рекомендована література:

1. Технологічне обладнання харчових виробництв : [Електронний ресурс]: метод. рекомендації до вивч. дисц. та викон. контрольної роботи для студ. освітнього ступеня «Бакалар» спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» денної та заочної форм навчання / уклад. В.Л. Яровий, Р.Л. Якобчук, М.Г. Янковий. К.: НУХТ, 2016. 27 с

2. Серьогін, О.О. Технологічне обладнання харчових виробництв : конспект лекцій для студ. напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» (спец. «Обладнання переробних і харчових виробництв») ден. та заоч. форм навч. Ч.1 / О.О. Серьогін, В.В. Пономаренко, Д.М. Люлька. К.:НУХТ, 2015. 159 с.

3. Технологічне обладнання харчових виробництв : метод. вказівки до викон. лаборатор. роботи «Вивчення роботи обладнання для очищення сипкої сировини харчових виробництв» для студ. спец. 7.090221 «Обладнання переробних і харчових виробництв» напряму 0902 «Інженерна механіка» ден. форми навч. / В.М. Санов. К. : НУХТ, 2005. 8 с.

4. Технологічне обладнання харчових виробництв : метод. вказівки до викон. курсового проекту галузі знань 0505 «Машинобудування та матеріалообробка» напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» (спец. «Обладнання переробних і харчових виробництв») ден. та заоч. форм навч. / В.Л. Яровий, Р.Л. Якобчук, Д.М. Люлька. Київ: НУХТ, 2010. 28 с.

5. Черниш, П.Г. Технологічне обладнання зернопереробних підприємств : конспект лекцій для студ. спец. 7.090221 ден. та заоч. форми навч. / П.Г. Черниш. К.: НУХТ, 2007. 86 с.

Тема 4. Розрахунок валкових робочих органів дробарок, нагнітачів, охолоджуючих машин та сушарок

Форми контролю: розв'язування задач

Завдання для самостійної роботи:

1. Опрацюйте конспект лекцій та рекомендовану літературу для обговорення теоретичних питань теми на практичному занятті.

2. Розв'яжіть тестові завдання.

По конструктивному оформленню валкові механізми подрібнювачів можуть бути:

- A. двохвалкові
- B. чотирьохвалкові
- C. багатовапкові
- D. всі відповіді вірні

На практиці найбільший розмір частинок, які подрібнюються менше діаметра валків в:

- A. $10 \div 15$ разів
- B. $15 \div 20$ разів
- C. $20 \div 25$ разів
- D. $25 \div 30$ разів

Робоча довжина валків для твердих матеріалів приймається в залежності від продуктивності в наступних межах:

- A. $L_p = (0,3 \dots 0,6)D$
- B. $L_p = (0,5 \dots 0,8)D$
- C. $L_p = (0,6 \dots 1,0)D$
- D. $L_p = (0,8 \dots 1,5)D$

Значення колової швидкості валків:

- A. $v=1 \dots 3$ м/с
- B. $v=2 \dots 5$ м/с
- C. $v=3 \dots 6$ м/с
- D. $v=5 \dots 10$ м/с

У максимум продуктивності спостерігається при куті нагнітання β , рівному:

- A. 45°
- B. 50°
- C. 55°
- D. 60°

Так для живильника пшеничного тіста діаметр валків необхідно приймати рівним.

- A. 80-150 мм
- B. 100-250 мм
- C. 120-300 мм
- D. 150-350 мм

Оптимальна величина зазору між валками:

- A. 8...10 мм.
- B. 10...12 мм.
- C. 10...15 мм.
- D. 13...16 мм.

Продуктивність валкових охолоджувальних машин:

- A. $\Pi = B * h * v * \rho * \lambda$
- B. $\Pi = P * h * v * \rho * \lambda$
- C. $\Pi = T * h * v * \rho * \lambda$
- D. $\Pi = F * h * v * \rho * \lambda$

3. Задачі для самостійного розв'язування.

1. Визначити продуктивність спареної дробарки для подрібнення ячменю, якщо довжина валків $l=0,6$ м, ширина проміжку між ними $b=0,001$ м, середня швидкість обертання валків $w=4,2$ м, об'ємна маса ячменю $P=700$ кг/м³, $\varphi=0,6$.

2. Визначити продуктивність валкової охолоджувальної машини, якщо ширина стрічки карамельної маси 0,500 м, товщина стрічки карамельної маси 5 мм, швидкість руху карамельної стрічки 5 см/с;

3. Знайти площу поверхні охолодження у попередній задачі, якщо середній коефіцієнт теплопередачі $k=200 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, різниця температур $\Delta t = 30^\circ\text{C}$.

Рекомендована література:

1. Технологічне обладнання харчових виробництв : [Електронний ресурс]: метод. рекомендації до вивч. дисц. та викон. контрольної роботи для студ. освітнього ступеня «Бакалар» спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» денної та заочної форм навчання / уклад. В.Л. Яровий, Р.Л. Якобчук, М.Г. Янковий. К.: НУХТ, 2016. 27 с

2. Серьогін, О.О. Технологічне обладнання харчових виробництв : конспект лекцій для студ. напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» (спец. «Обладнання переробних і харчових виробництв») ден. та заоч. форм навч. Ч.1 / О.О. Серьогін, В.В. Пономаренко, Д.М. Люлька. К.:НУХТ, 2015. 159 с.

3. Технологічне обладнання харчових виробництв : метод. вказівки до викон. лаборатор. роботи «Вивчення роботи обладнання для очищення сипкої сировини харчових виробництв» для студ. спец. 7.090221 «Обладнання переробних і харчових виробництв» напряму 0902 «Інженерна механіка» ден. форми навч. / В.М. Санов. К. : НУХТ, 2005. 8 с.

4. Технологічне обладнання харчових виробництв : метод. вказівки до викон. курсового проекту галузі знань 0505 «Машинобудування та матеріалообробка» напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» (спец. «Обладнання переробних і харчових виробництв») ден. та заоч. форм навч. / В.Л. Яровий, Р.Л. Якобчук, Д.М. Люлька. Київ: НУХТ, 2010. 28 с.

5. Черниш, П.Г. Технологічне обладнання зернопереробних підприємств : конспект лекцій для студ. спец. 7.090221 ден. та заоч. форми навч. / П.Г. Черниш. К.: НУХТ, 2007. 86 с.

Тема 5. Розрахунок конструктивних елементів, продуктивності потужності привода молоткового подрібнювача.

Форми контролю: розв'язування задач

Завдання для самостійної роботи:

1. Опрацюйте конспект лекцій та рекомендовану літературу для обговорення теоретичних питань теми на практичному занятті.

2. Розв'яжіть тестові завдання.

В молоткових подрібнювачах спостерігається як такий удар:

- A. стиснений
- B. вільний
- C. немає вірної відповіді
- D. вірні A і B

Всі молотки повинні розташовуватися по осі дисків:

- A. строго симетрично
- B. строго перпендикулярно
- C. не строго симетрично
- D. всі відповіді вірні

Молотки забезпечують безударну роботу при дотриманні наступної нерівності:

- A. $r^2 = l * c$
- B. $r^2 = l/c$
- C. $r^2 = l - c$
- D. $r^2 = l + c$

Відстань від осі підвісу до центру тяжіння молотка визначається з рівняння:

- A. $c = \frac{a^2 + b^2}{6a}$
- B. $c = \frac{a^2 - b^2}{6a}$
- C. $c = \frac{a^2 + b^2}{6a} + 1$
- D. $c = \frac{a^2 + b^2}{6a} - 1$

Найбільше зношення відбувається, відбійної плити та значно менше подової решітки.

- A. молотків
- B. відбійної плити
- C. подової решітки
- D. всі відповіді вірні

Продуктивність молоткового подрібнювача:

- A. $\Pi = k_l D_p^2 L_p \omega_p \rho$
- B. $\Pi = k_l D_p^2 L_p / \omega_p \rho$

$$C. \Pi = k_l D_p^2 L_p + \omega_p \rho$$

$$D. \Pi = k_l D_p^2 L_p - \omega_p \rho$$

Відцентрова сила:

$$A. P_i = m_M \omega^2 / R_c$$

$$B. P_i = m_M \omega^2 R_c$$

$$C. P_i = m_M / \omega^2 R_c$$

$$D. P_i = 1 / m_M \omega^2 R_c$$

В момент удару кінетична енергія рухомих тіл частково чи повністю переходить в енергію:

A. деформації руйнування

B. нагріву

C. стискання

D. всі відповіді вірні

Значення необхідної швидкості можна приблизно визначити виходячи з закону:

A. збереження енергії

B. збереження імпульсу

C. збереження маси

D. кількості руху

Кінетична енергія молотка в момент удару по матеріалу, який подрібнюється, визначається з формули:

$$A. E_y = \frac{G_m + v_y^2}{2g}$$

$$B. E_y = \frac{G_m - v_y^2}{2g}$$

$$C. E_y = \frac{G_m v_y^2}{2g}$$

$$D. E_y = k \frac{G_m v_y^2}{2g}$$

3. Задачі для самостійного розв'язування.

1. Знайдіть кінетичну енергію молотка в момент удару по матеріалу, який подрібнюється, якщо маса молотка 0,25 кг, швидкість молотка в момент удару 270 м/с, . Тип сировини – зерно.

2. Розрахуйте радіус інерції молотка відносно осі підвісу, якщо відстань від осі підвісу молотка до її робочого кінця 68 мм, а відстань між центром тяжіння і віссю підвісу 20 мм.

3. Розрахуйте продуктивність молоткової дробарки, якщо $D=600\text{mm}$, $L=400\text{mm}$, $n=28$ об/хв., сировина - мінеральні добавки.

Рекомендована література:

1. Технологічне обладнання харчових виробництв : [Електронний ресурс]: метод. рекомендації до вивч. дисц. та викон. контрольної роботи для студ. освітнього ступеня «Бакалар» спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» денної та заочної форм навчання / уклад. В.Л. Яровий, Р.Л. Якобчук, М.Г. Янковий. К.: НУХТ, 2016. 27 с

2. Сergyogin, O.O. Технологічне обладнання харчових виробництв : конспект лекцій для студ. напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» (спец. «Обладнання переробних і харчових виробництв») ден. та заоч. форм навч. Ч.1 / O.O. Сergyogin, B.B. Пономаренко, Д.М. Люлька. К.:НУХТ, 2015. 159 с.

3. Технологічне обладнання харчових виробництв : метод. вказівки до викон. лаборатор. роботи «Вивчення роботи обладнання для очищення сипкої сировини харчових виробництв» для студ. спец. 7.090221 «Обладнання переробних і харчових виробництв» напряму 0902 «Інженерна механіка» ден. форми навч. / В.М. Санов. К. : НУХТ, 2005. 8 с.

4. Технологічне обладнання харчових виробництв : метод. вказівки до викон. курсового проекту галузі знань 0505 «Машинобудування та матеріалообробка» напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» (спец. «Обладнання переробних і харчових виробництв») ден. та заоч. форм навч. / В.Л. Яровий, Р.Л. Якобчук, Д.М. Люлька. Київ: НУХТ, 2010. 28 с.

5. Черниш, П.Г. Технологічне обладнання зернопереробних підприємств : конспект лекцій для студ. спец. 7.090221 ден. та заоч. форми навч. / П.Г. Черниш. К.: НУХТ, 2007. 86 с.

Тема 6. Розрахунок механізмів для подрібнення сировини ножами різної конфігурації.

Форми контролю: розв'язування задач.

Завдання для самостійної роботи:

1. Опрацюйте конспект лекцій та рекомендовану літературу для обговорення теоретичних питань теми на практичному занятті.

2. Розв'яжіть тестові завдання.

Способи різання:

A. пластичний

B. ковзний

C. A і B

D. немає вірної відповіді

Коефіцієнтом ковзання леза K_β для овочів:

- A. 5...25
- B. 10...50
- C. 20...75
- D. 25...80

Формула трансформації кута заточки :

- A. $\text{tg}\alpha^* = \text{tg}\alpha \cdot \cos\beta$
- B. $\text{tg}\alpha^* = \text{tg}\alpha / \cos\beta$
- C. $\text{tg}\alpha^* = \text{tg}\alpha + \cos\beta$
- D. $\text{tg}\alpha^* = \text{tg}\alpha - \cos\beta$

Різальна спроможність різального механізму оцінюється

- A. площею нових поверхонь,
- B. часом різання
- C. кількістю нарізанного
- D. всі відповіді вірні

Площа поверхні поділу визначається із виразу:

- A. $F_n = \frac{fz + f_0z_0}{2}$
- B. $F_n = \frac{fz - f_0z_0}{2}$
- C. $F_n = \frac{fz + f_0z_0}{2} + 1$
- D. $F_n = \frac{fz - f_0z_0}{2} - 1$

Коефіцієнт використання різальної спроможності ϕ для корнів:

- A. 0,1...0,2
- B. 0,14...0,4
- C. 0,24...0,54
- D. 0,3...0,6

Проміжок часу між підходами чергового ножа до місця зрізу:

- A. $\tau' = \frac{2\pi}{z\omega}$
- B. $\tau' = \frac{2\pi}{z + \omega}$
- C. $\tau' = \frac{2\pi}{z - \omega}$
- D. $\tau' = r \frac{2\pi}{z - \omega}$

Конструктивний коефіцієнт бурякорізки K_p рівний:

- A. 0,8
- B. 0,9
- C. 1,0
- D. 1,2

Потужність електродвигуна (в кВт) для різання:

- A. $N = \frac{(P+fS)v_n}{\eta}$
- B. $N = \frac{(P-fS)v_n}{\eta}$
- C. $N = \frac{(P*fS)v_n}{\eta}$
- D. $N = \frac{(P+f/S)v_n}{\eta}$

3. Задачі для самостійного розв'язування

1. Розрахуйте потужність електродвигуна (в кВт) машини для різання макарон, якщо швидкість 3 см/сек, опір різанню 100Н/м

2. Розрахуйте зусилля сили різання, для цукеркових мас, якщо питомий опір різанню, 10 Па, діаметр ножа 150 мм. Кількість ножів 2.

3. Визначити продуктивність вовчка по пропускній здатності: коеф. подачі або використання шнека $\alpha=0,25$. D - зовнішній діаметр шнека, $D=0,09$ м. d - діаметр валу шнека, $d=0,045$ м. n - число обертів шнека за хвилину, $n=280$ об/хв. Конструктивно шнек виконаний зі змінним кроком з шести витків

Рекомендована література:

1. Технологічне обладнання харчових виробництв : [Електронний ресурс]: метод. рекомендації до вивч. дисц. та викон. контрольної роботи для студ. освітнього ступеня «Бакалар» спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» денної та заочної форм навчання / уклад. В.Л. Яровий, Р.Л. Якобчук, М.Г. Янковий. К.: НУХТ, 2016. 27 с

2. Серьогін, О.О. Технологічне обладнання харчових виробництв : конспект лекцій для студ. напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» (спец. «Обладнання переробних і харчових виробництв») ден. та заоч. форм навч. Ч.1 / О.О. Серьогін, В.В. Пономаренко, Д.М. Люлька. К.:НУХТ, 2015. 159 с.

3. Технологічне обладнання харчових виробництв : метод. вказівки до викон. лаборатор. роботи «Вивчення роботи обладнання для очищення сипкої сировини харчових виробництв» для студ. спец. 7.090221 «Обладнання переробних і харчових виробництв» напряму 0902 «Інженерна механіка» ден. форми навч. / В.М. Санов. К. : НУХТ, 2005. 8 с.

4. Технологічне обладнання харчових виробництв : метод. вказівки до викон. курсового проекту галузі знань 0505 «Машинобудування та

матеріалообробка» напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» (спец. «Обладнання переробних і харчових виробництв») ден. та заоч. форм навч. / В.Л. Яровий, Р.Л. Якобчук, Д.М. Люлька. Київ: НУХТ, 2010. 28 с.

5. Черниш, П.Г. Технологічне обладнання зернопереробних підприємств : конспект лекцій для студ. спец. 7.090221 ден. та заоч. форми навч. / П.Г. Черниш. К.: НУХТ, 2007. 86 с.

Тема 7. Розрахунок конструктивних елементів, продуктивності та потужності привода гвинтових транспортуючих пристроїв, гвинтових нагнітачів, пресів, для виготовлення макаронних виробів та вилучення рідкої фази з сировини.

Форми контролю: розв'язування задач.

Завдання для самостійної роботи:

1. Опрацюйте конспект лекцій та рекомендовану літературу для обговорення теоретичних питань теми на практичному занятті.
2. Розв'яжіть тестові завдання.

Для практичних розрахунків кут підйому гвинтових ліній до периферії шнека:

- A. $\alpha = 0,5(\alpha_D + \alpha_d)$
- B. $\alpha = 0,5(\alpha_D - \alpha_d)$
- C. $\alpha = 0,5/(\alpha_D + \alpha_d)$
- D. $\alpha = 0,5/(\alpha_D - \alpha_d)$

Технологічний вузол шнекового макаронного преса, який призначається для безперервної подачі борошна та води у тістозмішувач, це:

- A. дозатор та трубопровід
- B. трубопровід
- C. . дозатор
- D. шнек

Форма матриць, що використовуються на шнекових макаронних пресах:

- A. тільки квадратна
- B. квадратна, прямокутна
- C. тільки кругла
- D. кругла, прямокутна

Визначають вологість макаронних виробів у:

- A. літрах
- B. відсотках

- C. градусах
- D. МПа

Просіювач борошна виконує функції:

- A. всі названі функції
- B. аерації борошна
- C. видалення сторонніх великих часточок
- D. видалення з борошна феродомішки

Для замісу тіста на підприємствах хлібопекарської, кондитерської і макаронної промисловості використовують:

- A. тістоділильні машини
- B. тістоформувальні машини
- C. тістомісильні машини
- D. місильно - формувальні машини

Технологічний вузол шнекового макаронного преса, який призначається для рівномірного змішування борошна з водою, це:

- A. тістозмішувач
- B. дозатор
- C. пристрій пресування
- D. дозатор та змішувач

Робота стиснення здійснюється за 1 оберт гвинта, дорівнює:

- A. $A_i = p_{max} \frac{i}{z} \Delta V_i$
- B. $A_i = p_{max} - \frac{i}{z} \Delta V_i$
- C. $A_i = p_{max} + \frac{i}{z} \Delta V_i$
- D. $A_i = p_{max} \frac{i}{z} + \Delta V_i$

3. Задачі для самостійного розв'язування.

1. Розрахувати потужність привода преса МШ-35С, якщо Р – тиск на виході з преса, Р = 0,5 МПа, D – внутрішній діаметр шнека; D₁ = 32 мм, D₂ – зовнішній діаметр шнека; D₁ = 68 мм, n = 70 об/хв. , f – коефіцієнт тертя тіста об металеву поверхню робочого циліндра, f = 0,7.

2. Розрахувати потужність електродвигуна, необхідну для виготовлення

макаронних виробів, потужність на пресуючому шнеку P_ш = 2,35 кВт.

3. Розрахуйте продуктивність шнекового пресу для винограду, якщо D = 0,05 м, n = 56 об/хв., ρ = 750 кг/м³

Рекомендована література:

1. Технологічне обладнання харчових виробництв : [Електронний ресурс]: метод. рекомендації до вивч. дисц. та викон. контрольної роботи для студ. освітнього ступеня «Бакалар» спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» денної та заочної форм навчання / уклад. В.Л. Яровий, Р.Л. Якобчук, М.Г. Янковий. К.: НУХТ, 2016. 27 с
2. Сergyogin, O.O. Технологічне обладнання харчових виробництв : конспект лекцій для студ. напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» (спец. «Обладнання переробних і харчових виробництв») ден. та заоч. форм навч. Ч.1 / O.O. Сergyogin, B.B. Пономаренко, Д.М. Люлька. К.:НУХТ, 2015. 159 с.
3. Технологічне обладнання харчових виробництв : метод. вказівки до викон. лаборатор. роботи «Вивчення роботи обладнання для очищення сипкої сировини харчових виробництв» для студ. спец. 7.090221 «Обладнання переробних і харчових виробництв» напряму 0902 «Інженерна механіка» ден. форми навч. / В.М. Санов. К. : НУХТ, 2005. 8 с.
4. Технологічне обладнання харчових виробництв : метод. вказівки до викон. курсового проекту галузі знань 0505 «Машинобудування та матеріалообробка» напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» (спец. «Обладнання переробних і харчових виробництв») ден. та заоч. форм навч. / В.Л. Яровий, Р.Л. Якобчук, Д.М. Люлька. Київ: НУХТ, 2010. 28 с.
5. Черниш, П.Г. Технологічне обладнання зернопереробних підприємств : конспект лекцій для студ. спец. 7.090221 ден. та заоч. форми навч. / П.Г. Черниш. К.: НУХТ, 2007. 86 с.

Тема 8. Визначення геометричних розмірів, умов роботоздатності поршневих нагнітачів тіста та поршневих дозаторів цукерковідливочних та розливочних машин.

Форми контролю: розв'язування задач.

Завдання для самостійної роботи:

1. Опрацюйте конспект лекцій та рекомендовану літературу для обговорення теоретичних питань теми на практичному занятті.
2. Розв'яжіть тестові завдання.

Коефіцієнт ущільнення пов'язаний з коефіцієнтом порозності наступним співвідношенням:

- A. $\varepsilon = \beta - 1$
- B. $\varepsilon = \beta + 1$
- C. $\varepsilon = 1/(\beta - 1)$
- D. $\varepsilon = 1/(\beta + 1)$

Рівняння розподілу тиску пресування брикету:

A. $P_h = P \exp\left(-\frac{\zeta f S h}{F}\right)$

B. $P_h = P \ln\left(-\frac{\zeta f S h}{F}\right)$

C. $P_h = P \lg\left(-\frac{\zeta f S h}{F}\right)$

D. $P_h = P \exp\left(\frac{\zeta f S h}{F}\right)$

Зносостійкість азотованих матриць вище зносостійкості матриць із загартованих сталей марок ХГ, ХВГ в:

A. 3-5 разів

B. 5-8 разів

C. 8-10 разів

D. 10-15 разів

Поршневий нагнітач буває:

A. одинарної дії

B. подвійної дії

C. потрійної дії

D. А і В

Геометричні розміри мірного кармана ділильної головки можна визначити, якщо відома маса шматків тіста:

A. максимальн

B. мінімальна

C. середня

D. А і В

Розмір сторони квадрата мірного кармана

A. $a = \sqrt[3]{\frac{m_{\text{ОПТ}}}{\rho}}$

B. $a = \sqrt[2]{\frac{m_{\text{ОПТ}}}{\rho}}$

C. $a = \sqrt[3]{\frac{m_{\text{ОПТ}}}{\rho}} V$

D. $a = \sqrt[3]{\frac{m_{\text{ОПТ}}}{\rho}} b$

До недоліків поршневих дозаторів слід віднести:

- A. тривалу подачу рідкого компонента.
- B. пульсуючу подачу рідкого компонента.
- C. кавітаційну подачу рідкого компонента.
- D. немає вірної відповіді

Перевага поршневого дозатора

- A. Простота конструкції;
- B. Використання широкої гами приводів
- C. Герметичність дозувальної камери
- D. всі відповіді вірні

3. Задачі для самостійного розв'язування.

1. Розрахувати робочий об'єм камери подвійної дії, якщо площа циліндру $F_n=20 \text{ см}^2$, хід поршня $S_n=6 \text{ см}$, площа циліндричного перетину потоку $f=8 \text{ см}^2$.

2. Розрахувати потужність на привід поршневого нагнітачу, якщо подача $Q_n=3 \text{ м}^3/\text{год}$, $H_n=4 \text{ м}$, $\rho=1450 \text{ кг/м}^3$.

3. Визначити об'єм робочої камери, якщо об'єм мірної камери 120 см^3 , а об'ємна маса тіста змінилась з 850 до 1050 кг/м^3 .

Рекомендована література:

1. Технологічне обладнання харчових виробництв : [Електронний ресурс]: метод. рекомендації до вивч. дисц. та викон. контрольної роботи для студ. освітнього ступеня «Бакалар» спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» денної та заочної форм навчання / уклад. В.Л. Яровий, Р.Л. Якобчук, М.Г. Янковий. К.: НУХТ, 2016. 27 с

2. Серьогін, О.О. Технологічне обладнання харчових виробництв : конспект лекцій для студ. напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» (спец. «Обладнання переробних і харчових виробництв») ден. та заоч. форм навч. Ч.1 / О.О. Серьогін, В.В. Пономаренко, Д.М. Люлька. К.:НУХТ, 2015. 159 с.

3. Технологічне обладнання харчових виробництв : метод. вказівки до викон. лаборатор. роботи «Вивчення роботи обладнання для очищення сипкої сировини харчових виробництв» для студ. спец. 7.090221 «Обладнання переробних і харчових виробництв» напряму 0902 «Інженерна механіка» ден. форми навч. / В.М. Санов. К. : НУХТ, 2005. 8 с.

4. Технологічне обладнання харчових виробництв : метод. вказівки до викон. курсового проекту галузі знань 0505 «Машинобудування та матеріалообробка» напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» (спец. «Обладнання переробних і харчових виробництв») ден. та заоч. форм навч. / В.Л. Яровий, Р.Л. Якобчук, Д.М. Люлька. Київ: НУХТ, 2010. 28 с.

5. Черниш, П.Г. Технологічне обладнання зернопереробних підприємств : конспект лекцій для студ. спец. 7.090221 ден. та заоч. форми навч. / П.Г. Черниш. К.: НУХТ, 2007. 86 с.

**ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2.
ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ СИРОВИНИ І
ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ДО ОСНОВНИХ
ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ ТА МЕХАНІЧНОЇ ПЕРЕРОБКИ.**

Тема 9. Розрахунок машин для відділення механічних домішок та розсортування сировини.

Форми контролю: розв'язування задач.

Завдання для самостійної роботи:

1. Опрацюйте конспект лекцій та рекомендовану літературу для обговорення теоретичних питань теми на практичному занятті.
2. Розв'яжіть тестові завдання.

Способи класифікації:

- A. механічний
- B. пневматичний
- C. гідравлічний
- D. всі відповіді вірні

Основною характеристикою сита є його здатність до проходження частинок матеріалу, яка характеризується:

- A. живим перерізом
- B. статичним перерізом
- C. критичним перерізом
- D. головним перерізом

Значення коефіцієнта живого перерізу:

- A. 10-20%,
- B. 20-30%,
- C. 30-40%,
- D. 40-50%,

Фракція матеріалу, яка проходить через перегородку називається:

- A. проходом
- B. сходод
- C. вихідом
- D. нема вірної відповіді

Відносна швидкість руху частинки матеріалу радіусом r по сити для проходження частинки через отвір в ситі діаметром d_0 :

A. $v = (d_0 - r) \sqrt{\frac{g}{2r}}$

B. $v = (d_0 + r) \sqrt{\frac{g}{2r}}$

C. $v = (d_0 - r) / \sqrt{\frac{g}{2r}}$

D. $v = (d_0 * r) \sqrt{\frac{g}{2r}}$

Продуктивність просіювала кг/год:

A. $\Pi = 3600Bh + v_{\text{cp}}\rho\mu$

B. $\Pi = 3600Bh - v_{\text{cp}}\rho\mu$

C. $\Pi = 3600Bh / v_{\text{cp}}\rho\mu$

D. $\Pi = 3600Bv_{\text{cp}}\rho\mu$

Колова швидкість обертання барабанного сита:

A. 0,3-8,25 м/с

B. 0,6-1,25 м/с

C. 0,8-1,45 м/с

D. 0,9-1,55 м/с

Ефективність пневмосепарування у виробничій практиці E (%):

A. $E = \frac{A(1 - \frac{a}{100})}{B} 100$

B. $E = \frac{A(1 + \frac{a}{100})}{B} 100$

C. $E = \frac{A(1 * \frac{a}{100})}{B} 100$

D. $E = \frac{A / (1 - \frac{a}{100})}{B} 100$

Повітряний режим в повітряних сепараторах встановлюють такий, щоб вміст повноцінного зерна у відходах не перевищував:

A. 1%.

B. 1,5%.

C. 2%.

D. 2,5%.

3. Задачі для самостійного розв'язування.

1. Проведемо розрахунок відстійника безперервної дії для освітлення водної суспензії, якщо витрата водної суспензії $G=10$ т/год; температура суспензії $t=50$ °С; концентрація твердої фази у суспензії $x_1=14$ % мас; концентрація твердої фази у згущеній суспензії $x_2=25$ % мас; еквівалентний діаметр частинок $d=15 \cdot 10^{-6}$ м; густина частинок $\rho_{\text{ч}}=1200$ кг/м³.

2. Виконати розрахунок центрифуги періодичної дії при таких вихідних даних: маса водної суспензії, яку завантажують в барабан $m_{\text{с}}=250$ кг; температура суспензії $t=40$ °С; густина суспензії $\rho_{\text{с}}=1100$ кг/м³; концентрація твердої фази в суспензії $x_1=25$ % мас; вологість осаду $w=28$ % мас; внутрішній діаметр барабана $D=1200$ мм; висота барабана $H=650$ мм; частота обертання барабана $n=1000$ об/хв; тривалість періоду фільтрування $\tau_{\text{ф}}=75$ с.

3. Знайти продуктивність аспірації $Q_{\text{а}}$, кг/год., якщо продуктивність зерноочисного сепаратора, $Q=700$ кг/год., кількість легких домішок, $W =15\%$. Витрату повітря на аспірацію $V_{\text{п}}$, 9000м³/год.

Рекомендована література:

1. Технологічне обладнання харчових виробництв : [Електронний ресурс]: метод. рекомендації до вивч. дисц. та викон. контрольної роботи для студ. освітнього ступеня «Бакалар» спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» денної та заочної форм навчання / уклад. В.Л. Яровий, Р.Л. Якобчук, М.Г. Янковий. К.: НУХТ, 2016. 27 с

2. Серьогін, О.О. Технологічне обладнання харчових виробництв : конспект лекцій для студ. напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» (спец. «Обладнання переробних і харчових виробництв») ден. та заоч. форм навч. Ч.1 / О.О. Серьогін, В.В. Пономаренко, Д.М. Люлька. К.:НУХТ, 2015. 159 с.

3. Технологічне обладнання харчових виробництв : метод. вказівки до викон. лаборатор. роботи «Вивчення роботи обладнання для очищення сипкої сировини харчових виробництв» для студ. спец. 7.090221 «Обладнання переробних і харчових виробництв» напряму 0902 «Інженерна механіка» ден. форми навч. / В.М. Санов. К. : НУХТ, 2005. 8 с.

4. Технологічне обладнання харчових виробництв : метод. вказівки до викон. курсового проекту галузі знань 0505 «Машинобудування та матеріалообробка» напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» (спец. «Обладнання переробних і харчових виробництв») ден. та заоч. форм навч. / В.Л. Яровий, Р.Л. Якобчук, Д.М. Люлька. Київ: НУХТ, 2010. 28 с.

5. Черниш, П.Г. Технологічне обладнання зернопереробних підприємств : конспект лекцій для студ. спец. 7.090221 ден. та заоч. форми навч. / П.Г. Черниш. К.: НУХТ, 2007. 86 с.

Тема 10. Визначення продуктивності, основних геометричних розмірів, потужності привода машин та витрати води на відмивання сировини.

Форми контролю: розв'язування задач.

Завдання для самостійної роботи:

1. Опрацюйте конспект лекцій та рекомендовану літературу для обговорення теоретичних питань теми на практичному занятті.
2. Розв'яжіть тестові завдання.

Продуктивність щіткових мийних машин з роликівим чи пластинчастим транспортером

- A. $P = 3600Vh\rho\varphi v$ кг/год
- B. $P = 3600Vh + \rho\varphi v$ кг/год
- C. $P = 3600Vh \cdot \rho\varphi v$ кг/год
- D. $P = 3600Vh/\rho\varphi v$ кг/год

Потужність електродвигуна з роликівим чи пластинчастим транспортером

- A. $N = \frac{Av_{max}}{1000\eta}$
- B. $N = \frac{A-v_{max}}{1000\eta}$
- C. $N = \frac{A+v_{max}}{1000\eta}$
- D. $N = k \frac{Av_{max}}{1000\eta}$

Насадками називаються короткі трубки, довжина яких рівняється

- A. (1...2) d
- B. (2...3) d
- C. (3...4) d
- D. (4...5) d

Трьохбарабанна мийка призначена для мийки твердих плодів і овочів. Розмір сировини:

- A. 15-200 мм.
- B. 25-250 мм.
- C. 30-300 мм.
- D. 50-350 мм.

Яким буде максимальне підвищення тиску A_p в кінці першої фази удару при швидкості руху води у трубопроводі $v_0 = 1\text{ м/с}$:

- A. 1481 кПа;
- B. 1110 кПа
- C. 888 кПа
- D. 740 кПа

Критична частота обертання барабану:

- A. $n_{кр} = \frac{41,3}{\sqrt{D_б}}$
- B. $n_{кр} = \frac{42,3}{\sqrt{D_б}}$
- C. $n_{кр} = \frac{43,3}{\sqrt{D_б}}$
- D. $n_{кр} = \frac{44,3}{\sqrt{D_б}}$

Потужність електродвигуна, барабанної мийки:

- A. (0,15...0,45)ПЛ
- B. (0,25...0,55)ПЛ
- C. (0,35...0,65)ПЛ
- D. (0,45...0,75)ПЛ

Способи інтенсифікація процесів миття сировини:

- A. вібротурболізація
- B. електрогідрофузор
- C. немає вірної відповіді
- D. А і В

У яких трубах при прямому гідравлічному ударі підвищення тиску буде найменшим

- A. сталеві
- B. чавунні
- C. пластмасові
- D. скляні

Довжина компактної ділянки струміня лежить в межах

- A. (120...130)d
- B. (130...140)d
- C. (140...150)d
- D. (150...160)d

3. Задачі для самостійного розв'язування.

1. Розрахувати продуктивність кулачкової мийки, якщо повний об'єм продукції складає $3,6 \text{ м}^3$, насипна щільність сировини $0,6 \text{ кг/м}^3$, коефіцієнт заповнення $\varphi=0,65$, час процесу 18 хв., експлуатаційний коефіцієнт $\varepsilon=0,75$.

2. Якою буде величина підвищення тиску Ар біля засувки при прямому ударі і швидкості руху води у трубопроводі $v_0 = 1 \text{ м/с}$

3. Знайти кількість води в % до маси продукту, якщо насипна щільність сировини $0,65 \text{ кг/м}^3$, коефіцієнт кратності 3,0. Тривалість перебування води у лотку 5 хв. Знайдіть тривалість перебування продукту.

Рекомендована література:

1. Технологічне обладнання харчових виробництв : [Електронний ресурс]: метод. рекомендації до вивч. дисц. та викон. контрольної роботи для студ. освітнього ступеня «Бакалар» спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» денної та заочної форм навчання / уклад. В.Л. Яровий, Р.Л. Якобчук, М.Г. Янковий. К.: НУХТ, 2016. 27 с

2. Серьогін, О.О. Технологічне обладнання харчових виробництв : конспект лекцій для студ. напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» (спец. «Обладнання переробних і харчових виробництв») ден. та заоч. форм навч. Ч.1 / О.О. Серьогін, В.В. Пономаренко, Д.М. Люлька. К.:НУХТ, 2015. 159 с.

3. Технологічне обладнання харчових виробництв : метод. вказівки до викон. лаборатор. роботи «Вивчення роботи обладнання для очищення сипкої сировини харчових виробництв» для студ. спец. 7.090221 «Обладнання переробних і харчових виробництв» напряму 0902 «Інженерна механіка» ден. форми навч. / В.М. Санов. К. : НУХТ, 2005. 8 с.

4. Технологічне обладнання харчових виробництв : метод. вказівки до викон. курсового проекту галузі знань 0505 «Машинобудування та матеріалообробка» напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» (спец. «Обладнання переробних і харчових виробництв») ден. та заоч. форм навч. / В.Л. Яровий, Р.Л. Якобчук, Д.М. Люлька. Київ: НУХТ, 2010. 28 с.

5. Черниш, П.Г. Технологічне обладнання зернопереробних підприємств : конспект лекцій для студ. спец. 7.090221 ден. та заоч. форми навч. / П.Г. Черниш. К.: НУХТ, 2007. 86 с.

Тема 11. Розрахунок машин для відмивання тари і обладнання, визначення витрат води та мийного розчину

Форми контролю: розв'язування задач.

Завдання для самостійної роботи:

1. Опрацюйте конспект лекцій та рекомендовану літературу для обговорення теоретичних питань теми на практичному занятті.

2. Розв'яжіть тестові завдання.

Ефективність відмивання об'єктів миття залежить від наступних параметрів:

- A. Інтенсивність механічного та фізико-хімічного впливу
- B. Тривалості процесу відмивання – τ_m
- C. Складу та активності миючих засобів
- D. Всі відповіді вірні

Миючий розчин повинен забезпечити активне та повне протікання наступних фізико-хімічних процесів:

- A. Змочування поверхні (впливає t – max 75-95 °С, ПАР)
- B. Диспергування забруднення (набухання, подрібнення білкових речовин, емульгування жирів, наявність лугів, ПАР)
- C. Стабілізація відділених від поверхні, що відмивається забруднень в миючому розчині
- D. Всі відповіді вірні

Максимально допустимий перепад температур в сусідніх камерах не повинен перевищувати:

- A. 10-25°С
- B. 20-30°С
- C. 30-35°С
- D. 35-45°С

Концентрація лужних розчинів коливається в межах:

- A. 0,3-1,0 %
- B. 0,5-1,5 %
- C. 0,5-2,0 %
- D. 1,0-2,0 %

В залежності від діаметру горловини гранична кількість рідини:

- A. $V_{max} = 0,44D_r^{1,63} \text{ м}^3/\text{с}$
- B. $V_{max} = 0,54D_r^{1,63} \text{ м}^3/\text{с}$
- C. $V_{max} = 0,64D_r^{1,63} \text{ м}^3/\text{с}$
- D. $V_{max} = 0,74D_r^{1,63} \text{ м}^3/\text{с}$

Концентрація доданого розчину, %:

- A. $c = \frac{V(a-b)}{p} + bp$
- B. $c = \frac{V(a+b)}{p} + bp$
- C. $c = \frac{V(a-b)}{p} - bp$
- D. $c = \frac{V(a+b)}{p} - bp$

Доцільна тривалість спринцювання:

- A. 30-50 с
- B. 40-60 с
- C. 50-70 с
- D. 60-80 с

Для насадка кожного діаметру існує оптимальний тиск, вище якого вести розмивання забруднення недоцільно:

- A. $p=65,2+35,9d_0$
- B. $p=65,2+35,9/d_0$
- C. $p=65,2-35,9d_0$
- D. $p=65,2-35,9/d_0$

Необхідна кількість розчину для обробки цистерн:

- A. $Q = \frac{\pi d_1^2}{4} n + \mu \sqrt{\frac{2p}{\rho}}$
- B. $Q = \frac{\pi d_1^2}{4} n - \mu \sqrt{\frac{2p}{\rho}}$
- C. $Q = \frac{\pi d_1^2}{4} n / \mu + \sqrt{\frac{2p}{\rho}}$
- D. $Q = \frac{\pi d_1^2}{4} n \mu \sqrt{\frac{2p}{\rho}}$

Взаємодія струменя з твердим тілом має назву:

- A. удару
- B. імпульсу
- C. тиску
- D. немає вірної відповіді

Ефективна робота кулеподібних мийних пристроїв забезпечується при тиску:

- A. 0,1-0,2 МПа
- B. 0,2-0,3 МПа
- C. 0,3-0,4 МПа
- D. 0,4-0,5 МПа

3. Задачі для самостійного розв'язування.

1. Розрахувати потужність на валу головного транспортеру, якщо колове зусилля 18 кН, швидкість 1,2 м/с

2. Розрахувати силу дії потоку рідини на плоску стінку, якщо щільність миючого засобу 990 кг/м³, об'єм рідини 0,003 м³, швидкість потоку 1,8 м/с.

3. Знайти необхідну кількість води для миття ємкості, якщо діаметр отвору форсунки 3 мм, а кількість отворів 430 шт.

Рекомендована література:

1. Технологічне обладнання харчових виробництв : [Електронний ресурс]: метод. рекомендації до вивч. дисц. та викон. контрольної роботи для студ. освітнього ступеня «Бакалар» спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» денної та заочної форм навчання / уклад. В.Л. Яровий, Р.Л. Якобчук, М.Г. Янковий. К.: НУХТ, 2016. 27 с

2. Серьогін, О.О. Технологічне обладнання харчових виробництв : конспект лекцій для студ. напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» (спец. «Обладнання переробних і харчових виробництв») ден. та заоч. форм навч. Ч.1 / О.О. Серьогін, В.В. Пономаренко, Д.М. Люлька. К.:НУХТ, 2015. 159 с.

3. Технологічне обладнання харчових виробництв : метод. вказівки до викон. лаборатор. роботи «Вивчення роботи обладнання для очищення сипкої сировини харчових виробництв» для студ. спец. 7.090221 «Обладнання переробних і харчових виробництв» напряму 0902 «Інженерна механіка» ден. форми навч. / В.М. Санов. К. : НУХТ, 2005. 8 с.

4. Технологічне обладнання харчових виробництв : метод. вказівки до викон. курсового проекту галузі знань 0505 «Машинобудування та матеріалообробка» напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» (спец. «Обладнання переробних і харчових виробництв») ден. та заоч. форм навч. / В.Л. Яровий, Р.Л. Якобчук, Д.М. Люлька. Київ: НУХТ, 2010. 28 с.

5. Черниш, П.Г. Технологічне обладнання зернопереробних підприємств : конспект лекцій для студ. спец. 7.090221 ден. та заоч. форми навч. / П.Г. Черниш. К.: НУХТ, 2007. 86 с.

Тема 12. Рорахунок конструктивних елементів, продуктивності та потужності машин для змішування сипких, рідких та пластично-в'язких полуфабрикатів. Визначення робочих характеристик гомогенізаторів та емульгаторів.

Форми контролю: розв'язування задач.

Завдання для самостійної роботи:

1. Опрацюйте конспект лекцій та рекомендовану літературу для обговорення теоретичних питань теми на практичному занятті.
2. Розв'яжіть тестові завдання.

Завданням перемішування є зменшення:

- А. товщини плівок, що утворюються при масообміні.
- В. кавітації, що утворюються при масообміні.
- С. різниці температур, що утворюються при масообміні.
- Д. різниці тиску, що утворюються при масообміні.

Умовний діапазон динамічної в'язкості для середневязких матеріалів,

- A. 5..50 Па•с
- B. 10..100 Па•с
- C. 15..150 Па•с
- D. 20..200 Па•с

Кількість лопатей визначається за формулою:

- A. $Z = \frac{L}{S_l} + 1$
- B. $Z = \frac{L}{S_l} - 1$
- C. $Z = \frac{L}{S_l} * 1$
- D. $Z = 1 / \frac{L}{S_l} + 1$

Площа однієї лопаті, м² визначається за формулою:

- A. $A_l = k \frac{(D_l^2 - D_B^2)}{8}$
- B. $A_l = k \frac{(D_l^2 + D_B^2)}{8}$
- C. $A_l = k / \frac{(D_l^2 - D_B^2)}{8}$
- D. $A_l = k + \frac{(D_l^2 - D_B^2)}{8}$

Необхідна потужність, кВт для замішування тіста:

- A. $P = \frac{F_0 v_0 + F_p v_p}{1000 \eta} Z$
- B. $P = \frac{F_0 v_0 - F_p v_p}{1000 \eta} Z$
- C. $P = \frac{F_0 v_0 * F_p v_p}{1000 \eta} Z$
- D. $P = \frac{F_0 v_0 + F_p v_p}{1000 \eta} + Z$

Після якого вугла починається зона кавітації, суміжна зі стінкою.

- A. 60°
- B. 90°
- C. 115°
- D. 130,5°

Як відомо, рушійною силою процесу при масообміні є:

- A. різниця концентрацій речовини в плівках
- B. різниця температур речовини в плівках
- C. різниця тиску речовини в плівках
- D. різниця швидкостей речовини в плівках.

В швидкохідній тістомісильній машині робочий процес супроводжується нагріванням тіста на:

- A. 2...3°C
- B. 3...5°C
- C. 5...7°C
- D. 7...10°C

Ступінь однорідності маси повинна бути:

- A. 0,7-0,8
- B. 0,75-0,85
- C. 0,8-0,9
- D. 0,85-0,95

Масова продуктивність змішувачів безперервної дії:

- A. $Q = \psi_3 S - v_{cp} \rho$
- B. $Q = \psi_3 S / v_{cp} \rho$
- C. $Q = \psi_3 S + v_{cp} \rho$
- D. $Q = \psi_3 S v_{cp} \rho$

3. Задачі для самостійного розв'язування.

1. Розрахувати пропускну спроможність тістомісильної машини, кг/год., якщо маса тіста, яке потрібно замісити, $m=2000$ кг; час роботи машини за одне включення, $t_{вк}=45$ хв.; кількість змін роботи машини $K_{зм}=2$; кількість включень за зміну $K_{вк}=8$

2. Знайти площу однієї лопаті тістомісильної машини, якщо зовнішній діаметр лопатей 0,7м, внутрішній 0,3м.

3. Розрахуйте необхідна потужність, кВт для змішування тіста, якщо частота обертання лопаток, $n=72$ об/хв., зовнішній діаметр лопатей 0,84 м, число лопатей місильного органу $Z=4$; кут нахилу лопатей приймається $\alpha = 30^\circ$.

Рекомендована література:

1. Технологічне обладнання харчових виробництв : [Електронний ресурс]: метод. рекомендації до вивч. дисц. та викон. контрольної роботи для студ. освітнього ступеня «Бакалар» спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» денної та заочної форм навчання / уклад. В.Л. Яровий, Р.Л. Якобчук, М.Г. Янковий. К.: НУХТ, 2016. 27 с

2. Серьогін, О.О. Технологічне обладнання харчових виробництв : конспект лекцій для студ. напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» (спец. «Обладнання переробних і харчових виробництв») ден. та заоч. форм навч. Ч.1 / О.О. Серьогін, В.В. Пономаренко, Д.М. Люлька. К.:НУХТ, 2015. 159 с.

3. Технологічне обладнання харчових виробництв : метод. вказівки до викон. лаборатор. роботи «Вивчення роботи обладнання для очищення сипкої сировини харчових виробництв» для студ. спец. 7.090221

«Обладнання переробних і харчових виробництв» напряму 0902 «Інженерна механіка» ден. форми навч. / В.М. Санов. К. : НУХТ, 2005. 8 с.

4. Технологічне обладнання харчових виробництв : метод. вказівки до викон. курсового проекту галузі знань 0505 «Машинобудування та матеріалообробка» напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» (спец. «Обладнання переробних і харчових виробництв») ден. та заоч. форм навч. / В.Л. Яровий, Р.Л. Якобчук, Д.М. Люлька. Київ: НУХТ, 2010. 28 с.

5. Черниш, П.Г. Технологічне обладнання зернопереробних підприємств : конспект лекцій для студ. спец. 7.090221 ден. та заоч. форми навч. / П.Г. Черниш. К.: НУХТ, 2007. 86 с.

Тема 13. Розрахунок конструктивних елементів, продуктивності та потужності привода обладнання для формування сировини штампуванням, округленням, розкачуванням, витяжкою та екструзією.

Форми контролю: розв'язування задач.

Завдання для самостійної роботи:

1. Опрацюйте конспект лекцій та рекомендовану літературу для обговорення теоретичних питань теми на практичному занятті.

2. Розв'яжіть тестові завдання.

Округлювальні машини є :

- A. з конічною несучою поверхнею
- B. з циліндричною несучою поверхнею
- C. з шнековою несучою поверхнею
- D. немає вірної відповіді

Границя текучості і коефіцієнт контактної тертя залежать від:

- A. складу продукту
- B. його температури
- C. вологості
- D. всі відповіді вірні

Середній діаметр округленої заготовки:

- A. $d = \sqrt[3]{6m/(\pi\rho)}$
- B. $d = \sqrt[3]{6m * (\pi\rho)}$
- C. $d = \sqrt[3]{6m - (\pi\rho)}$
- D. $d = \sqrt[3]{6m + (\pi\rho)}$

Ступінь округлення тістової заготовки регулюється за рахунок зміни:

- A. швидкості
- B. довжини шляху
- C. тиску
- D. всі відповіді вірні

Сумарний живий переріз формуючих отворів матриці:

- A. $\Sigma f = \frac{K (100 - W_T)}{V\rho (100 - W_B)}$
- B. $\Sigma f = \frac{K}{V\rho} - \frac{(100 - W_T)}{(100 - W_B)}$
- C. $\Sigma f = \frac{K}{V\rho} + \frac{(100 - W_T)}{(100 - W_B)}$
- D. $\Sigma f = \frac{K}{V\rho} / \frac{(100 - W_T)}{(100 - W_B)}$

Довжина шляху яким прокочується заготовка сягає:

- A. 3,5 м
- B. 4,5 м
- C. 5,5 м
- D. 2,5 м

Рівняння Ейлера дозволяє побудувати теоретичні характеристики

- A. нагнітачів
- B. напору
- C. подачі рідини
- D. тиску

Матеріал матриці повинен мати антиадгезійні властивості, бути стійким до корозії. Найчастіше для цього використовуються:

- A. латунь
- B. бронза
- C. нержавіюча сталь
- D. всі відповіді вірні

Нагнітачі тертя та інерції є групою

- A. динамічних насосів
- B. об'ємних насосів
- C. плужних насосів
- D. осьових насосів

В шнекових екструдерах швидкість виходу джгутів через формуючі канали не однакова причини:

- A. конструктивні
- B. технологічні
- C. А і В
- D. немає вірної відповіді

Експериментально доказано, що вакуумування збільшує пружність макаронних виробів приблизно на:

- A. 10%
- B. 15%
- C. 20%
- D. 25%

3. Задачі для самостійного розв'язування.

1. Продуктивність карамелештампувальної машини 600-800 кг/год. Штмпуючі ланцюги рухаються зі швидкістю 0,7-1,1 м/с. Потужність привода 1,7 кВт. Розрахуйте кількість виробів зо одного кг сировини.

2. Розрахуйте геометричні розміри матриці, які повинні забезпечити задану пропускну здатність шнекового нагнітача продуктивністю 1200 кг/год. Сировина – шоколад.

3. Розрахуйте продуктивність тістозакатувальної машини, де швидкість несучої стрічки 1,25 м/с, швидкість формуючої стрічки 0,4 м/с, крок між центрами заготовок 0,5 м

Рекомендована література:

1. Технологічне обладнання харчових виробництв : [Електронний ресурс]: метод. рекомендації до вивч. дисц. та викон. контрольної роботи для студ. освітнього ступеня «Бакалар» спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» денної та заочної форм навчання / уклад. В.Л. Яровий, Р.Л. Якобчук, М.Г. Янковий. К.: НУХТ, 2016. 27 с

2. Серьогін, О.О. Технологічне обладнання харчових виробництв : конспект лекцій для студ. напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» (спец. «Обладнання переробних і харчових виробництв») ден. та заоч. форм навч. Ч.1 / О.О. Серьогін, В.В. Пономаренко, Д.М. Люлька. К.:НУХТ, 2015. 159 с.

3. Технологічне обладнання харчових виробництв : метод. вказівки до викон. лаборатор. роботи «Вивчення роботи обладнання для очищення сипкої сировини харчових виробництв» для студ. спец. 7.090221 «Обладнання переробних і харчових виробництв» напряму 0902 «Інженерна механіка» ден. форми навч. / В.М. Санов. К. : НУХТ, 2005. 8 с.

4. Технологічне обладнання харчових виробництв : метод. вказівки до викон. курсового проекту галузі знань 0505 «Машинобудування та матеріалообробка» напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» (спец. «Обладнання переробних і харчових виробництв») ден. та заоч. форм навч. / В.Л. Яровий, Р.Л. Якобчук, Д.М. Люлька. Київ: НУХТ, 2010. 28 с.

5. Черниш, П.Г. Технологічне обладнання зернопереробних підприємств : конспект лекцій для студ. спец. 7.090221 ден. та заоч. форми навч. / П.Г. Черниш. К.: НУХТ, 2007. 86 с.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3.
ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ РОЗДІЛЕННЯ
СИРОВИНИ І НАПІВФАБРИКАТІВ ТА ПРОВЕДЕННЯ ТЕПЛОВИХ
ПРОЦЕСІВ.

Тема 14. Технологічні та конструктивні розрахунки фільтрів циклічної та безперервної дії.

Форми контролю: розв'язування задач.

Завдання для самостійної роботи:

1. Опрацюйте конспект лекцій та рекомендовану літературу для обговорення теоретичних питань теми на практичному занятті.
2. Розв'яжіть тестові завдання.

Перепад тиску досягається (рушійна сила):

- A. за рахунок надлишкового тиску
- B. за рахунок розрідження (вакууму)
- C. за рахунок гідростатичного стовпа рідини
- D. всі відповіді вірні

Об'єм фільтрату за час τ :

- A. $V=v \cdot F \cdot \tau$
- B. $V=v \cdot F / \tau$
- C. $V=v / F \cdot \tau$
- D. $V=v + F \cdot \tau$

При відстоюванні неоднорідних систем спостерігається поступове збільшення концентрації диспергованих частинок в апараті по напрямку:

- A. зверху вниз.
- B. знизу вверх
- C. з центру в бік
- D. всі відповіді вірні

Режим сталого тиску ($\Delta P = const$):

- A. $V = F \sqrt{\frac{2\tau\Delta P}{\mu + \chi_0 r_0}}$
- B. $V = F \sqrt{\frac{2\tau\Delta P}{\mu - \chi_0 r_0}}$
- C. $V = F \sqrt{\frac{2\tau\Delta P}{\mu \chi_0 r_0}}$
- D. $V = F \sqrt{\frac{2\tau - \Delta P}{\mu \chi_0 r_0}}$

Режим сталої швидкості ($v = const$):

A. $V = F \sqrt{\frac{\tau \Delta P}{\mu \chi_0 r_0}}$

B. $V = F \sqrt{\frac{\tau \Delta P}{\mu + \chi_0 r_0}}$

C. $V = F \sqrt{\frac{\tau \Delta P}{\mu - \chi_0 r_0}}$

D. $V = F \sqrt{\frac{\tau + \Delta P}{\mu \chi_0 r_0}}$

Швидкість осідання частинки:

A. $v = \sqrt{\frac{4gd(\rho_r - \rho_c)}{3\rho_c \xi}}$

B. $v = \sqrt{\frac{4g - d(\rho_r - \rho_c)}{3\rho_c \xi}}$

C. $v = \sqrt{\frac{4gd(\rho_r - \rho_c)}{3\rho_c \xi}}$

D. $v = \sqrt{\frac{4g/d(\rho_r - \rho_c)}{3\rho_c \xi}}$

Продуктивність відстійників по освітленій рідині:

A. $G = \frac{F+h}{r}$

B. $G = k \frac{Fh}{r}$

C. $G = \frac{Fh}{rk}$

D. $G = \frac{rk}{Fh}$

Найважливішою частиною фільтру є:

A. корпус фільтра

B. фільтрувальна перегородка

C. запорна арматура

D. нагнітач

Перевагою фільтрування над осадженням є:

A. забезпечення швидкості процесу

B. забезпечення майже повної очистки рідини

C. забезпечення меншої собівартості

D. немає вірної відповіді

Розрізняють фільтрування:

A. з відкладенням осаду (шламове)

B. з забивкою пор фільтру (закупорне)

C. А і В

D. немає вірної відповіді

3. Задачі для самостійного розв'язування

1. Проведемо розрахунок відстійника безперервної дії для освітлення водної суспензії, якщо витрата водної суспензії $G=10$ т/год; температура суспензії $t=50$ °С; концентрація твердої фази у суспензії $x_1=14$ % мас; концентрація твердої фази у згущеній суспензії $x_2=25$ % мас; еквівалентний діаметр частинок $d=15 \cdot 10^{-6}$ м; густина частинок $\rho_{\text{ч}}=1200$ кг/м³.

2. Визначити площу поверхні фільтрування на рамнім фільтр-пресі, якщо треба відфільтрувати $G_{\text{с}}=2,5$, т/год. виноматеріалів. При експериментальному фільтруванні константи фільтрування, віднесені до 1 м² площі фільтру $c=1,35$, м³ /м², $k=21$, м² /м². Густина виноматеріалів $\rho_{\text{с}}=1060$, кг/м³. Тривалість роботи фільтру, $\tau_{\text{ф}}=2,5$, год.

3. Визначити діаметр відстійника для безперервного відстою крейди у воді. Продуктивність відстійника 80 т/год. початкової суспензії, яка вміщує 78% мас. СаСО₃. Діаметр найменших часток, які підлягають осадженню, 35 мкм. Температура суспензії 15⁰С. Вологість шламу 70%. Щільність крейди 2710 кг/м³, $\mu_{\text{с}} = 1,14 \cdot 10^{-3}$ Па·с.

Рекомендована література:

1. Технологічне обладнання харчових виробництв : [Електронний ресурс]: метод. рекомендації до вивч. дисц. та викон. контрольної роботи для студ. освітнього ступеня «Бакалар» спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» денної та заочної форм навчання / уклад. В.Л. Яровий, Р.Л. Якобчук, М.Г. Янковий. К.: НУХТ, 2016. 27 с

2. Серьогін, О.О. Технологічне обладнання харчових виробництв : конспект лекцій для студ. напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» (спец. «Обладнання переробних і харчових виробництв») ден. та заоч. форм навч. Ч.1 / О.О. Серьогін, В.В. Пономаренко, Д.М. Люлька. К.:НУХТ, 2015. 159 с.

3. Технологічне обладнання харчових виробництв : метод. вказівки до викон. лаборатор. роботи «Вивчення роботи обладнання для очищення сипкої сировини харчових виробництв» для студ. спец. 7.090221 «Обладнання переробних і харчових виробництв» напряму 0902 «Інженерна механіка» ден. форми навч. / В.М. Санов. К. : НУХТ, 2005. 8 с.

4. Технологічне обладнання харчових виробництв : метод. вказівки до викон. курсового проекту галузі знань 0505 «Машинобудування та матеріалообробка» напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» (спец. «Обладнання переробних і харчових виробництв») ден. та заоч. форм навч. / В.Л. Яровий, Р.Л. Якобчук, Д.М. Люлька. Київ: НУХТ, 2010. 28 с.

5. Черниш, П.Г. Технологічне обладнання зернопереробних підприємств : конспект лекцій для студ. спец. 7.090221 ден. та заоч. форми навч. / П.Г. Черниш. К.: НУХТ, 2007. 86 с.

Тема 15. Технологічні та конструктивні розрахунки сепараторів-концентраторів та сепараторів-очишувачів.

Форми контролю: розв'язування задач.

Завдання для самостійної роботи:

1. Опрацюйте конспект лекцій та рекомендовану літературу для обговорення теоретичних питань теми на практичному занятті.

2. Розв'яжіть тестові завдання.

Фактор розділення:

- A. $\theta = \frac{\omega^2 r}{g}$
- B. $\theta = \frac{\omega^2 - r}{g}$
- C. $\theta = \frac{\omega^2 + r}{g}$
- D. $\theta = \frac{\omega r}{g}$

Продуктивність центрифуг періодичної дії:

- A. $G = \pi R^2 H - \rho_c \Theta$
- B. $G = \pi R^2 H + \rho_c \Theta$
- C. $G = \pi R^2 H / \rho_c \Theta$
- D. $G = \pi R^2 H \rho_c \Theta$

Колова швидкість обертання барабану центрифуги:

- A. 20-30 м/с
- B. 30-40 м/с
- C. 40-50 м/с
- D. 50-60 м/с

Загальним терміном «аерозоль» називають:

- A. пил
- B. туман
- C. дим
- D. всі відповіді вірні

Згідно закону Стокса при значенні $Re < 1$ сила опору в'язкого середовища тілу, що рухається в ньому є:

- A. $P_n = 3\pi\mu v d$
- B. $P_n = 3\pi\mu + v d$
- C. $P_n = 3\pi\mu v d$
- D. $P_n = 3\pi\mu / v d$

Розділення суміші дрібних неоднорідних твердих частинок, яке засноване на різній змочуваності їх водою:

- A. дисперсія
- B. флотація
- C. аерація
- D. всі відповіді вірні

Фактор розділення швидкохідної центрифуги F_r :

- A. $F_r > 1500$
- B. $F_r > 2500$
- C. $F_r > 3500$
- D. $F_r > 4500$

Маса одного завантаження барабану центрифуги:

- A. $G = \pi R^2 + H \rho_c \varphi$
- B. $G = \pi R^2 - H \rho_c \varphi$
- C. $G = \pi R^2 / H \rho_c \varphi$
- D. $G = \pi R^2 H \rho_c \varphi$

Коефіцієнт проникнення середовища:

- A. $K = 0,0004 d_e^2$
- B. $K = 0,0005 d_e^2$
- C. $K = 0,0006 d_e^2$
- D. $K = 0,0007 d_e^2$

В практичних розрахунках швидкість газу в витяжній трубі циклону приймається:

- A. 2-5 м/с
- B. 3-6 м/с
- C. 4-8 м/с
- D. 5-9 м/с

Колова швидкість газу в циклоні:

- A. 10-12 м/с
- B. 12-14 м/с
- C. 13-15 м/с
- D. 15-20 м/с

На підприємствах харчової промисловості для очищення великих об'ємів повітря з великою концентрацією пилу використовують в основному пиловловлювачі із:

- A. матерії
- B. піска
- C. води
- D. полімерних матеріалов

3. Задачі для самостійного розв'язування

1. Виконати розрахунок і накреслити схему циклона для очищення твер-дих частинок відпрацьованого повітря після сушарки, використовуючи такі вихідні дані: продуктивність циклона по гарячому повітрю $L=20000$ кг/год; температура повітря $t=80$ °С; відношення гідравлічного опору до густини повітря $\frac{\Delta p}{\rho_r} = 590$ концентрація твердих частинок у відпрацьованому і очищеному повітрі відповідно, $x_1 = 0,30$ кг/м³, $x_2 = 0,06$ кг/м³; колова швидкість повітря в циклоні $w=12$ м/с; швидкість повітря у вхідному патрубку $w_1 = 20$ м/с; швидкість повітря у вивідній трубі $w_2=6,5$ м/с.

2. Визначити погодинну продуктивність центрифуги по наступним даним: найменший розмір часток 5мкм, щільність часток $\rho=2000$ кг/м³, температура суспензії 30°С. Характеристики центрифуги: діаметр барабану 800 мм; довжина барабану 400 мм; діаметр борту 570 мм; частота обертання 1200 хв⁻¹. Цикл роботи центрифуги $\tau_{ц} = 22$ хв., з них $\tau_{п} = 20$ хв. – подача суспензії, $\tau_{р} = 2$ хв. – розвантаження осаду.

3. Виконати розрахунок і накреслити схему центрифуги періодичної дії. маса водної суспензії, яку завантажують в барабан $m_c=300$ кг; температура суспензії $t=35$ °С; густина суспензії $\rho_c=1150$ кг/м³; концентрація твердої фази в суспензії $x_1=23$ % мас; вологість осаду $w=27$ % мас; внутрішній діаметр барабана $D=1100$, мм; висота барабана $H=500$, мм; частота обертання барабана $n=960$, об/хв; тривалість періоду фільтрування $\tau_{ф}=80$ с.

Рекомендована література:

1. Технологічне обладнання харчових виробництв : [Електронний ресурс]: метод. рекомендації до вивч. дисц. та викон. контрольної роботи для студ. освітнього ступеня «Бакалар» спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» денної та заочної форм навчання / уклад. В.Л. Яровий, Р.Л. Якобчук, М.Г. Янковий. К.: НУХТ, 2016. 27 с

2. Серьогін, О.О. Технологічне обладнання харчових виробництв : конспект лекцій для студ. напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» (спец. «Обладнання переробних і харчових виробництв») ден. та заоч. форм навч. Ч.1 / О.О. Серьогін, В.В. Пономаренко, Д.М. Люлька. К.:НУХТ, 2015. 159 с.

3. Технологічне обладнання харчових виробництв : метод. вказівки до викон. лаборатор. роботи «Вивчення роботи обладнання для очищення сипкої сировини харчових виробництв» для студ. спец. 7.090221 «Обладнання переробних і харчових виробництв» напряму 0902 «Інженерна механіка» ден. форми навч. / В.М. Санов. К. : НУХТ, 2005. 8 с.

4. Технологічне обладнання харчових виробництв : метод. вказівки до викон. курсового проекту галузі знань 0505 «Машинобудування та матеріалообробка» напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» (спец. «Обладнання переробних і харчових виробництв») ден. та заоч. форм навч. / В.Л. Яровий, Р.Л. Якобчук, Д.М. Люлька. Київ: НУХТ, 2010. 28 с.

5. Черниш, П.Г. Технологічне обладнання зернопереробних підприємств : конспект лекцій для студ. спец. 7.090221 ден. та заоч. форми навч. / П.Г. Черниш. К.: НУХТ, 2007. 86 с.

Тема 16. Технологічний та конструктивний розрахунок мембранних установок.

Форми контролю: розв'язування задач.

Завдання для самостійної роботи:

1. Опрацюйте конспект лекцій та рекомендовану літературу для обговорення теоретичних питань теми на практичному занятті.
2. Розв'яжіть тестові завдання.

Процес мембранного розділення систем:

- A. $M = K_M F_M + \Delta P_\tau$
- B. $M = K_M F_M - \Delta P_\tau$
- C. $M = K_M F_M \Delta P_\tau$
- D. $M = K_M F_M / \Delta P_\tau$

Селективність φ процесу розділення за допомогою напівпроникних мембран визначають за формулою:

- A. $\varphi = \frac{C_1 - C_2}{C_1}$
- B. $\varphi = \frac{C_1 + C_2}{C_1}$
- C. $\varphi = \frac{C_1 - C_2}{C_2}$
- D. $\varphi = \frac{C_1 + C_2}{C_2}$

До основних баромембранних методів розділення рідких і газоподібних систем відносяться:

- A. зворотний осмос
- B. ультрафільтрація
- C. мікрофільтрація
- D. всі відповіді вірні

Рушійна сила зворотного осмосу виражається з рівняння:

- A. $\Delta P = P - \pi_1$
- B. $\Delta P = P * \pi_1$
- C. $\Delta P = P + \pi_1$
- D. $\Delta P = P / \pi_1$

Процес мембранного розділення рідких сумішей під дією тиску, що заснований на різниці молекулярних мас або молекулярних розмірів компонентів поділюваної суміші:

- A. ультрафільтрація
- B. мікрофільтрація
- C. зворотний осмос
- D. всі відповіді вірні

Процес мембранного розділення колоїдних часток або зважених мікрочастинок під дією тиску (0,05...0,2 МПа):

- A. ультрафільтрація
- B. мікрофільтрація
- C. зворотний осмос
- D. всі відповіді вірні

Найбільш перспективними серед існуючих конструкцій апаратів рулонного типу є апарати:

- A. кожний модуль яких складається з декількох спільно навитих рулонних фільтруючих елементів
- B. кожний модуль яких складається з одного фільтруючого елемента
- C. A і B
- D. немає вірної відповіді

Зі збільшенням кількості модулів в апараті ускладнюється конструкція й процес складання, однак збільшується:

- A. продуктивність
- B. компактність установки
- C. A і B
- D. немає вірної відповіді

Зменшення товщини сітки-сепаратора й дренажного шару збільшує компактність установки, але приводить до росту:

- A. собівартості
- B. гідравлічного опору
- C. кількості поломок
- D. температури

3. Задачі для самостійного розв'язування

1. Розрахуйте масовий потік M речовини, якщо робоча поверхня мембрани, $1,8 \text{ м}^2$; коефіцієнт масопередачі мембрани; $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{Па} \cdot \text{с})$ τ – час процесу мембранного розділення, с; ΔP – рушійна сила процесу мембранного розділення, Па.

2. Система розділена мембраною на дві частини. В частині 1 міститься розчин із 1 М глюкози і $0,5 \text{ М}$ сахарози, а в частині 2 розчини $0,2 \text{ М}$ глюкози та $0,1 \text{ М}$ сахарози. З частини 1 у частину 2 при 37°C ідуть потоки глюкози з

швидкістю 0,025 ммоль/с і сахарози – 0,01 моль/с. Розрахувати дисипативну функцію для такої системи.

3. До 100 мл 0,5 М водного розчину глюкози $C_6H_{12}O_6$ додали 300 мл води. Обчисліть осмотичний тиск цього розчину при 20°C.

Рекомендована література:

1. Технологічне обладнання харчових виробництв : [Електронний ресурс]: метод. рекомендації до вивч. дисц. та викон. контрольної роботи для студ. освітнього ступеня «Бакалар» спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» денної та заочної форм навчання / уклад. В.Л. Яровий, Р.Л. Якобчук, М.Г. Янковий. К.: НУХТ, 2016. 27 с

2. Серьогін, О.О. Технологічне обладнання харчових виробництв : конспект лекцій для студ. напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» (спец. «Обладнання переробних і харчових виробництв») ден. та заоч. форм навч. Ч.1 / О.О. Серьогін, В.В. Пономаренко, Д.М. Люлька. К.:НУХТ, 2015. 159 с.

3. Технологічне обладнання харчових виробництв : метод. вказівки до викон. лаборатор. роботи «Вивчення роботи обладнання для очищення сипкої сировини харчових виробництв» для студ. спец. 7.090221 «Обладнання переробних і харчових виробництв» напряму 0902 «Інженерна механіка» ден. форми навч. / В.М. Санов. К. : НУХТ, 2005. 8 с.

4. Технологічне обладнання харчових виробництв : метод. вказівки до викон. курсового проекту галузі знань 0505 «Машинобудування та матеріалообробка» напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» (спец. «Обладнання переробних і харчових виробництв») ден. та заоч. форм навч. / В.Л. Яровий, Р.Л. Якобчук, Д.М. Люлька. Київ: НУХТ, 2010. 28 с.

5. Черниш, П.Г. Технологічне обладнання зернопереробних підприємств : конспект лекцій для студ. спец. 7.090221 ден. та заоч. форми навч. / П.Г. Черниш. К.: НУХТ, 2007. 86 с.

Тема 17. Технологічний та конструктивний розрахунок сорбційних апаратів.

Форми контролю: розв'язування задач.

Завдання для самостійної роботи:

1. Опрацюйте конспект лекцій та рекомендовану літературу для обговорення теоретичних питань теми на практичному занятті.

2. Розв'яжіть тестові завдання.

Основне рівняння масопередачі при абсорбції:

A. $M=KF\Delta C\tau$

B. $M=KF-\Delta C\tau$

C. $M=KF+\Delta C\tau$

D. $M=KF/\Delta C\tau$

Абсорбція протікає:

- A. на поверхні розділу фаз.
- B. в глибині
- C. над поверхнею
- D. скрізь

Середня швидкість плівки:

- A. $v_{\text{ср}} = \sqrt[3]{\frac{gL_y^2}{3\rho_{\text{ж}}\mu_{\text{ж}}}}$
- B. $v_{\text{ср}} = \sqrt[3]{\frac{gL_y^2}{3\rho_{\text{ж}}-\mu_{\text{ж}}}}$
- C. $v_{\text{ср}} = \sqrt[3]{\frac{gL_y^2}{3\rho_{\text{ж}}+\mu_{\text{ж}}}}$
- D. $v_{\text{ср}} = \sqrt{\frac{gL_y^2}{3\rho_{\text{ж}}-\mu_{\text{ж}}}}$

Витрати рідкого сорбенту:

- A. $L = \frac{G(y_{\text{п}}-y_{\text{к}})}{(x_{\text{к}}-x_{\text{п}})}$
- B. $L = \frac{G(y_{\text{п}}+y_{\text{к}})}{(x_{\text{к}}-x_{\text{п}})}$
- C. $L = \frac{G(y_{\text{п}}-y_{\text{к}})}{(x_{\text{к}}+x_{\text{п}})}$
- D. $L = \frac{G(y_{\text{п}}+y_{\text{к}})}{(x_{\text{к}}+x_{\text{п}})}$

Лінія фазової рівноваги для ідеальних розчинів описується рівнянням:

- A. $y=A_{\text{р}}x$
- B. $y=A_{\text{р}}x+c$
- C. $y=A_{\text{р}}x-c$
- D. $y=A_{\text{р}}/x$

Коефіцієнт змоченості знаходиться в межах від:

- A. 0 до 0,1
- B. 0 до 0,3
- C. 0 до 0,5
- D. 0 до 1,0

Критерій Прандтля (масообмінний) для рідини:

- A. $Pr_p = \frac{\mu_p}{\rho_p D_p}$
- B. $Pr_p = \frac{\mu_p}{\rho_p + D_p}$

$$C. Pr_p = \frac{\mu_p}{\rho_p D_p}$$

$$D. Pr_p = \frac{\mu_p}{\rho_p / D_p}$$

Закон Рауля:

$$A. P_{аб} = P_{аб}^0 (1 - x)$$

$$B. P_{аб} = P_{аб}^0 (1 + x)$$

$$C. P_{аб} = P_{аб}^0 (1 - x)$$

$$D. P_{аб} = P_{аб}^0 / (1 - x)$$

Десорбцію газу проводять:

A. відгоном його в струмені інертного газу

B. шляхом підвода тепла до абсорбенту

C. шляхом зниження тиску над абсорбенту

D. всі відповіді вірні

Ступінь витягу абсорбованого газу:

$$A. \varphi_D = \frac{x_H - x_K}{x_H(1 - x_K)}$$

$$B. \varphi_D = \frac{x_H + x_K}{x_H(1 - x_K)}$$

$$C. \varphi_D = \frac{x_H - x_K}{x_H(1 + x_K)}$$

$$D. \varphi_D = \frac{x_H + x_K}{x_H(1 + x_K)}$$

3. Задачі для самостійного розв'язування

1. Визначити опір керамічної кільцевої насадки, якщо її височина $H=10$ м, щільність зрошення $U=5 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год.}$, масова швидкість газу $W=2 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с.}$ Кільця складені правильними рядами і мають розмір $50 \times 50 \times 5$ мм. Щільність газу $\rho=1,2 \text{ кг/м}^3$; в'язкість газу $\mu=0,2 \cdot 10^{-4} \text{ Па} \cdot \text{с.}$

2. Розрахувати насадковий абсорбер для поглинання газу SO_2 водою з повітря при заданій температурі процесу. Масова витрата повітря становить $G_m=0,54 \text{ кг/с}$, початкова концентрація SO_2 в повітрі $y_{п}=11\%$, кінцева $y_{к}=0,2\%$. Початкова концентрація SO_2 у воді становить $x_{п}=0,02\%$, кінцева $x_{к}=0,52\%$. Процес відбувається в умовах протитоку при температурі $t=20^\circ\text{C}$ атмосферному тиску.

3. Визначити опір шару безпорадково засипаної в абсорбер насадки при щільності зрошення $U=7,4 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год.}$, масової швидкості газу $W=1,63 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с.}$, височині шару насадки $H=7,6$ м. Щільність газу $\rho=1,2 \text{ кг/м}^3$, в'язкість газу $\mu=0,2 \cdot 10^{-4} \text{ Па} \cdot \text{с}$, питома поверхня насадки $f_n=140 \text{ м}^2/\text{м}^3$, вільний об'єм насадки, $V_v=0,78 \text{ м}^3/\text{м}^3$.

Рекомендована література:

1. Технологічне обладнання харчових виробництв : [Електронний ресурс]: метод. рекомендації до вивч. дисц. та викон. контрольної роботи для студ. освітнього ступеня «Бакалар» спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» денної та заочної форм навчання / уклад. В.Л. Яровий, Р.Л. Якобчук, М.Г. Янковий. К.: НУХТ, 2016. 27 с

2. Серьогін, О.О. Технологічне обладнання харчових виробництв : конспект лекцій для студ. напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» (спец. «Обладнання переробних і харчових виробництв») ден. та заоч. форм навч. Ч.1 / О.О. Серьогін, В.В. Пономаренко, Д.М. Люлька. К.:НУХТ, 2015. 159 с.

3. Технологічне обладнання харчових виробництв : метод. вказівки до викон. лаборатор. роботи «Вивчення роботи обладнання для очищення сипкої сировини харчових виробництв» для студ. спец. 7.090221 «Обладнання переробних і харчових виробництв» напряму 0902 «Інженерна механіка» ден. форми навч. / В.М. Санов. К. : НУХТ, 2005. 8 с.

4. Технологічне обладнання харчових виробництв : метод. вказівки до викон. курсового проекту галузі знань 0505 «Машинобудування та матеріалообробка» напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» (спец. «Обладнання переробних і харчових виробництв») ден. та заоч. форм навч. / В.Л. Яровий, Р.Л. Якобчук, Д.М. Люлька. Київ: НУХТ, 2010. 28 с.

5. Черниш, П.Г. Технологічне обладнання зернопереробних підприємств : конспект лекцій для студ. спец. 7.090221 ден. та заоч. форми навч. / П.Г. Черниш. К.: НУХТ, 2007. 86 с.

Тема 18. Розрахунок площі поверхні нагрівання, витрат теплоносія, конструктивних елементів теплообмінних апаратів.

Форми контролю: розв'язування задач.

Завдання для самостійної роботи:

1. Опрацюйте конспект лекцій та рекомендовану літературу для обговорення теоретичних питань теми на практичному занятті.

2. Розв'яжіть тестові завдання.

Рушійною силою теплових процесів є:

- A. різниця температур середовищ
- B. різниця тиску середовищ
- C. різниця щільності середовищ
- D. всі відповіді вірні

Вхід та вихід теплообмінного апарата визначається:

- A. за рухом гарячого теплоносія.
- B. за рухом холодного теплоносія.
- C. за рухом основного теплоносія.
- D. немає вірної відповіді

Рівняння теплопередачі:

- A. $Q=K\Delta tF$
- B. $Q=K-\Delta tF$
- C. $Q=K+\Delta tF$
- D. $Q=K/\Delta tF$

Повна теплоємність масового видатку відповідного теплоносія або його водяний еквівалент:

- A. $W=1/Gc_p$
- B. $W=1-Gc_p$
- C. $W=1+Gc_p$
- D. $W=Gc_p$

Якщо на окремих ділянках значення коефіцієнта тепловіддачі змінюється суттєво, його:

- A. усереднюють по поверхні
- B. усереднюють по об'єму
- C. усереднюють по довжині
- D. немає вірної відповіді

В теплотехнічному відношенні більш вигідна:

- A. прямотечія
- B. протитечія
- C. всеодно
- D. немає вірної відповіді

Найширше розповсюдження отримали такі теплообмінні апарати:

- A. кожухотрубчасті
- B. двотрубчасті
- C. змійовики
- D. спіральні

Теплообмінники з жорстким закріпленням труб у трубчастій голівці надійно працюють при різницях температур:

- A. 20-30 °C
- B. 25-30 °C
- C. 30-35 °C
- D. 30-40 °C

Оптимальні швидкості рідких теплоносіїв:

- A. 0,1-2 м/с
- B. 0,3-2 м/с
- C. 0,5-2 м/с
- D. 0,7-2 м/с

Переважне розповсюдження має розміщення труб:

- A. по сторонах і вершинах правильного трикутника
- B. по сторонах і вершинах квадратів
- C. по концентричних колах
- D. всі відповіді вірні

Рівняння подібності тепловіддачі при вільному руці:

- A. $Nu = c(Gr \cdot Pr)^n$
- B. $Nu = c(Gr - Pr)^n$
- C. $Nu = c(Gr + Pr)^n$
- D. $Nu = c(Gr/Pr)^n$

Коефіцієнт тепловіддачі:

- A. $\alpha = (Nu\lambda)/l$
- B. $\alpha = (Nu\lambda) \cdot l$
- C. $\alpha = (Nu/\lambda)/l$
- D. $\alpha = (Nu + \lambda)/l$

3. Задачі для самостійного розв'язування

1. Ємний підігрівник здійснює відпускання до системи гарячого водопостачання споруди 0,9 кг/с нагрітої води. В той самий час до нього надходить 0,5 кг/с холодної води з температурою 20 °С. Приймавши розрахунковий інтервал часу $\Delta T = 600$ с, обчислити температуру води на виході з апарата. Маса і температура води у момент часу $T = 0$ дорівнюють відповідно 1830 кг і 60 °С. Площу встановленої всередині поверхні теплопередачі прийняти рівною $F = 8,8$ м². Трубний пучок теплообмінної поверхні складено з 10 труб діаметром 32 мм. Коефіцієнт теплопровідності матеріалу труб поверхні теплопередачі прийняти рівним $\lambda = 30$ Вт/м°С. Температура нагрівної (мережної) води на вході до апарату та її витрати дорівнюють 95 °С та 0,8 кг/с, відповідно. Втрати теплоти в оточуюче середовище через бокову поверхню апарата не враховувати.

2. У ємному теплообмінному апараті, призначеному для роботи у системі гарячого водопостачання, у початковий момент часу знаходиться 1100 кг води з температурою 55 °С. Обчислити зміну температури води на виході з апарату впродовж часу, якщо витрати води на виході з апарату дорівнюють $G_2 = 0,15$ кг/с, а надходження до нього холодної води з температурою 15 °С становить $G_1 = 0,2$ кг/с. Тепловий потік від теплообмінної поверхні, що розміщена всередині ємності, дорівнюють $Q_T = 10$ кВт, а втрати теплоти в оточуюче середовище через бокову поверхню апарату становлять $Q_B = 0,8$ кВт.

3. Розрахувати і трубчастий теплообмінник (нагрівач) жорсткої конструкції, якщо відома необхідна для теплопередачі площа $A = 17$ м²; пропускна спроможність апарата $V = 16$ дм³/с швидкість руху продукту по трубопроводах $v = 0,35$ м/с. Крім того задається тиск в трубах $p_{тр} = 0,15$ Па і тиск в корпусі $p_k = 0,45$ Па. Прийняти зовнішній, внутрішній та розрахунковий

діаметр труб $d_3 = 38$ мм, $d_b = 34$ мм і $d_p = 38$ мм. Робоча температура труб $t_m = 100$ °С, корпуса $t_k = 60$ °С, температура навколишнього середовища $t_c = 20$ °С.

Рекомендована література:

1. Технологічне обладнання харчових виробництв : [Електронний ресурс]: метод. рекомендації до вивч. дисц. та викон. контрольної роботи для студ. освітнього ступеня «Бакалар» спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» денної та заочної форм навчання / уклад. В.Л. Яровий, Р.Л. Якобчук, М.Г. Янковий. К.: НУХТ, 2016. 27 с

2. Серьогін, О.О. Технологічне обладнання харчових виробництв : конспект лекцій для студ. напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» (спец. «Обладнання переробних і харчових виробництв») ден. та заоч. форм навч. Ч.1 / О.О. Серьогін, В.В. Пономаренко, Д.М. Люлька. К.:НУХТ, 2015. 159 с.

3. Технологічне обладнання харчових виробництв : метод. вказівки до викон. лаборатор. роботи «Вивчення роботи обладнання для очищення сипкої сировини харчових виробництв» для студ. спец. 7.090221 «Обладнання переробних і харчових виробництв» напряму 0902 «Інженерна механіка» ден. форми навч. / В.М. Санов. К. : НУХТ, 2005. 8 с.

4. Технологічне обладнання харчових виробництв : метод. вказівки до викон. курсового проекту галузі знань 0505 «Машинобудування та матеріалообробка» напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» (спец. «Обладнання переробних і харчових виробництв») ден. та заоч. форм навч. / В.Л. Яровий, Р.Л. Якобчук, Д.М. Люлька. Київ: НУХТ, 2010. 28 с.

5. Черниш, П.Г. Технологічне обладнання зернопереробних підприємств : конспект лекцій для студ. спец. 7.090221 ден. та заоч. форми навч. / П.Г. Черниш. К.: НУХТ, 2007. 86 с.

Тема 19. Технологічний, тепловий та конструктивний розрахунок автоклавів, пастеризаторів та стерилізаторів.

Форми контролю: розв'язування задач.

Завдання для самостійної роботи:

1. Опрацюйте конспект лекцій та рекомендовану літературу для обговорення теоретичних питань теми на практичному занятті.

2. Розв'яжіть тестові завдання.

Мікробіологічними параметрами стерилізації є:

- А. температура і час
- В. час і тиск
- С. склад консерв
- Д. немає вірної відповіді

Формула стерилізації:

- A. $\frac{A-B-C}{pT^0C}$
- B. $\frac{A-B-C}{tT^0C}$
- C. $\frac{A-B-C}{T^0C}$
- D. $\frac{A-B-C}{T^0C} p$

У міжнародній практиці показником, який дозволяє кількісно оцінити мікробіологічну ефективність стерилізації, прийнята:

- A. категорія летальності
- B. категорія лояльності
- C. категорія безпеки
- D. категорія втрат

Класифікація теплового обладнання за принципом дії:

- A. періодичне
- B. безперервне
- C. А і В
- D. немає вірної відповіді

Еталонною (базисною) температурою для мало кислотних консервів прийнята температура:

- A. 101,1°C
- B. 111,1°C
- C. 121,1°C
- D. 131,1°C

Еталонною (базисною) температурою для кислотних консервів прийнята температура:

- A. 70°C
- B. 80°C
- C. 90°C
- D. 100°C

Повторна (багатократна) стерилізація:

- A. гаряче фасування
- B. тиндалізація
- C. пасерування
- D. всі відповіді вірні

Кількість банок, що вміщаються в одну сітку (кошик), шт.:

- A. $z = 0,785ad_c^2/d_6^2$
- B. $z = 0,785a - d_c^2/d_6^2$
- C. $z = 0,785a + d_c^2/d_6^2$
- D. $z = 0,785a \cdot d_c^2/d_6^2$

Горизонтальні стерилізатори розраховані на роботу при температурі до:

- A. 120 °C
- B. 130 °C
- C. 140 °C
- D. 150 °C

Товщина стінки обичайки корпуса, мм:

- A. $\delta = \frac{p_p D_k}{2\mu|\sigma|_p - p_p} + \delta_k$
- B. $\delta = \frac{p_p D_k}{2\mu|\sigma|_p - p_p} - \delta_k$
- C. $\delta = \frac{p_p D_k}{2\mu|\sigma|_p - p_p} * \delta_k$
- D. $\delta = \frac{p_p D_k}{2\mu|\sigma|_p - p_p} / \delta_k$

Горизонтальні стерилізатори розраховані на роботу при тиску до:

- A. 400 кПа.
- B. 500 кПа.
- C. 600 кПа.
- D. 700 кПа.

3. Задачі для самостійного розв'язування

1. У півлітровій тарі при 120°C стерилізується: а) буряковий сік ($f_h = 15\text{хв}$), б) печінковий паштет ($f_h = 90\text{хв}$). Початкова температура 60°C, найвища 118 °C. Розрахувати час досягнення найвищої температури продукту.

2. Автоклав обсягом 25,0 л наповнений рідиною і закритий герметично. Коефіцієнт температурного розширення рідини $\alpha = 2,07 \cdot 10^{-4} \text{°C}^{-1}$, її модуль пружності $E = 2 \cdot 10^3$ МПа. Визначити підвищення тиску в автоклаві при збільшенні температури рідини на величину $T = 50^\circ\text{C}$. Об'ємною деформацією автоклава знехтувати.

3. Для томатного соку в банці I-82-1000 f_{h1} становить 80хв. Розміри цієї тари: діаметр 110мм, висота 150мм. Розрахуйте постійну термічної інерції f_{h2} для банки I-82-3000, розміри якої: діаметр 162мм, висота 235мм.

4. Рибні консерви у томатному соусі стерилізують при а) 112°C, б) 120°C, в) 130°C в банці місткістю 350г. Константа термічна інерції 50хв. Початкова температура 50°C, найвища 110°C. знайти час стерилізації консервів

Рекомендована література:

1. Технологічне обладнання харчових виробництв : [Електронний ресурс]: метод. рекомендації до вивч. дисц. та викон. контрольної роботи для студ. освітнього ступеня «Бакалар» спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» денної та заочної форм навчання / уклад. В.Л. Яровий, Р.Л. Якобчук, М.Г. Янковий. К.: НУХТ, 2016. 27 с

2. Серьогін, О.О. Технологічне обладнання харчових виробництв : конспект лекцій для студ. напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» (спец. «Обладнання переробних і харчових виробництв») ден. та заоч. форм навч. Ч.1 / О.О. Серьогін, В.В. Пономаренко, Д.М. Люлька. К.:НУХТ, 2015. 159 с.

3. Технологічне обладнання харчових виробництв : метод. вказівки до викон. лаборатор. роботи «Вивчення роботи обладнання для очищення сипкої сировини харчових виробництв» для студ. спец. 7.090221 «Обладнання переробних і харчових виробництв» напряму 0902 «Інженерна механіка» ден. форми навч. / В.М. Санов. К. : НУХТ, 2005. 8 с.

4. Технологічне обладнання харчових виробництв : метод. вказівки до викон. курсового проекту галузі знань 0505 «Машинобудування та матеріалообробка» напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» (спец. «Обладнання переробних і харчових виробництв») ден. та заоч. форм навч. / В.Л. Яровий, Р.Л. Якобчук, Д.М. Люлька. Київ: НУХТ, 2010. 28 с.

5. Черниш, П.Г. Технологічне обладнання зернопереробних підприємств : конспект лекцій для студ. спец. 7.090221 ден. та заоч. форми навч. / П.Г. Черниш. К.: НУХТ, 2007. 86 с.

**ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 4.
ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ
МАСООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ.**

Тема 20. Технологічний, тепловий, конструктивний розрахунок випарних та вакуум-апаратів для концентрації рідких продуктів.

Форми контролю: розв'язування задач.

Завдання для самостійної роботи:

1. Опрацюйте конспект лекцій та рекомендовану літературу для обговорення теоретичних питань теми на практичному занятті.

2. Розв'яжіть тестові завдання.

Інтенсивність видалення вологи залежить від:

- A. коефіцієнта теплопередачі:
- B. коефіцієнта динамічної в'язкості
- C. коефіцієнта тепловіддачі
- D. коефіцієнта пружності

Випарювання під підвищеному тискові викликає:

- A. підвищення температури кипінню розчину
- B. зміншення температури кипінню розчину
- C. зміншення часу процесу
- D. збільшення енергозатрат

Класифікація випарних апаратів:

- A. вакуумні
- B. відкриті
- C. А і В
- D. немає вірної відповіді

Мінімальне підвищення температури вторинної пари в разі стискування:

- A. 5–10°C
- B. 8–12°C
- C. 10–15°C
- D. 12–17°C

Найбільше поширення в промисловості отримали випарні апарати, які зігрівають:

- A. водяною парою
- B. топочним газом
- C. електричним струмом
- D. немає вірної відповіді

Відкладення кристалів солі на поверхнях випарного апарата знижує його продуктивність:

- A. на 10 – 30 %
- B. на 20 – 40 %
- C. на 30 – 50 %
- D. на 40 – 60 %

Швидкість відкладення солей на внутрішній поверхнях випарного апарату можливо зменшити наступними методами:

- A. створення високої швидкості циркуляції розчину
- B. внесенням зони кипіння розчину за межі поверхні нагріву
- C. підбором температурного режиму процесу випарювання
- D. всі відповіді вірні

Продуктивність установки:

- A. $S_K = S_n \frac{CP_n}{CP_K}$
- B. $S_K = S_n + \frac{CP_n}{CP_K}$
- C. $S_K = S_n - \frac{CP_n}{CP_K}$
- D. $S_K = S_n / \frac{CP_n}{CP_K}$

Коефіцієнт випару:

- A. $\alpha = \frac{i_{ГП} - i_K}{i_{ВП} - c_{ГП} i_K}$
- B. $\alpha = \frac{i_{ГП} + i_K}{i_{ВП} - c_{ГП} i_K}$
- C. $\alpha = \frac{i_{ГП} - i_K}{i_{ВП} + c_{ГП} i_K}$
- D. $\alpha = \frac{i_{ГП} + i_K}{i_{ВП} + c_{ГП} i_K}$

Збільшення числа корпусів установки обмежене:

- A. витратами корисної різниці температур
- B. витратами корисної різниці тисків
- C. витратами корисної різниці швидкістей
- D. всі відповіді вірні

3. Задачі для самостійного розв'язування

1. Визначити витрату гріючої насиченої водяної пари у випарному апараті при безперервному концентруванні розчину KCl. Витрата початкового розчину 2.2 т/год його концентрація 14 %, кінцева концентрація 30 %. Температура гріючої пари 145 °С. Тиск вторинної пари в апараті атмосферний. Теплові втрати випарного апарату 29 кВт. Розрахунок провести для трьох варіантів: а) розчин надходить на випарювання з початковою температу-рою

20 °С; розчин надходить на випарювання при температурі кипіння в апараті; в) розчин надходить у випарний апарат перегрітим до 130 °С.

2. У випарному апараті упарюється під атмосферним тиском 2,69 т/год 7 % водного розчину. Початкова температура розчину 95 °С, кінцева 103 °С. Середня температура кипіння в апараті 105 °С. Надлишковий тиск гріючої насиченої водяної пари 2 кгс/см². Площа поверхні теплообміну в апараті 52 м², коефіцієнт теплопередачі 1060 Вт/(м² К). Теплові втрати апарату в навколишнє середовище 110 кВт. Визначити; а) кінцеву концентрацію розчину; б) витрату гріючої пари при вологості 5 %.

3. У випарний апарат надходить 1,4 т/год 9% розчину, який упарюється під атмосферним тиском до кінцевої концентрації 32 %. Розбавлений розчин надходить на випарку з температурою 18 °С. Упарений розчин виводиться з апарату при 105 °С. Питома теплоємність початкового розчину 3800 Дж/(кг·К). Витрата грійної насиченої водяної пари з надлишковим тиском $R_{\text{надл}}=2$ кгс/см² складає 1450 кг/год. Міра сухості пари 0,98. Визначити втрати теплоти в навколишнє середовище.

Рекомендована література:

1. Технологічне обладнання харчових виробництв : [Електронний ресурс]: метод. рекомендації до вивч. дисц. та викон. контрольної роботи для студ. освітнього ступеня «Бакалар» спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» денної та заочної форм навчання / уклад. В.Л. Яровий, Р.Л. Якобчук, М.Г. Янковий. К.: НУХТ, 2016. 27 с

2. Серьогін, О.О. Технологічне обладнання харчових виробництв : конспект лекцій для студ. напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» (спец. «Обладнання переробних і харчових виробництв») ден. та заоч. форм навч. Ч.1 / О.О. Серьогін, В.В. Пономаренко, Д.М. Люлька. К.:НУХТ, 2015. 159 с.

3. Технологічне обладнання харчових виробництв : метод. вказівки до викон. лаборатор. роботи «Вивчення роботи обладнання для очищення сипкої сировини харчових виробництв» для студ. спец. 7.090221 «Обладнання переробних і харчових виробництв» напряму 0902 «Інженерна механіка» ден. форми навч. / В.М. Санов. К. : НУХТ, 2005. 8 с.

4. Технологічне обладнання харчових виробництв : метод. вказівки до викон. курсового проекту галузі знань 0505 «Машинобудування та матеріалообробка» напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» (спец. «Обладнання переробних і харчових виробництв») ден. та заоч. форм навч. / В.Л. Яровий, Р.Л. Якобчук, Д.М. Люлька. Київ: НУХТ, 2010. 28 с.

5. Черниш, П.Г. Технологічне обладнання зернопереробних підприємств : конспект лекцій для студ. спец. 7.090221 ден. та заоч. форми навч. / П.Г. Черниш. К.: НУХТ, 2007. 86 с.

Тема 21. Технологічний, тепловий та конструктивний розрахунок обладнання для виробництва спирту.

Форми контролю: розв'язування задач.

Завдання для самостійної роботи:

1. Опрацюйте конспект лекцій та рекомендовану літературу для обговорення теоретичних питань теми на практичному занятті.
2. Розв'яжіть тестові завдання.

Рівняння простої перегонки

- A. $\ln \frac{F}{W} = \int_{X_W}^{X_F} \frac{dx}{y^* - x}$
B. $\lg \frac{F}{W} = \int_{X_W}^{X_F} \frac{dx}{y^* - x}$
C. $\ln \frac{F}{W} = \int_{X_W}^{X_F} \frac{dx}{y^* + x}$
D. $\lg \frac{F}{W} = \int_{X_W}^{X_F} \frac{dx}{y^* + x}$

При перегонці нерозчинних у воді рідин з водяною парою (чи інертні газу) витрату пари визначають:

- A. $G_{ВП} = G \frac{M_B(\Pi - P)}{M \cdot P \cdot \varphi}$
B. $G_{ВП} = G - \frac{M_B(\Pi - P)}{M \cdot P \cdot \varphi}$
C. $G_{ВП} = G + \frac{M_B(\Pi - P)}{M \cdot P \cdot \varphi}$
D. $G_{ВП} = G \frac{M_B(\Pi + P)}{M \cdot P \cdot \varphi}$

Мінімальне число флегми R_{min} в ректифікаційній колоні безперервної дії, коли крива рівноваги:

- A. не має впадин
B. не має вершин
C. А і В
D. немає вірної відповіді

Коефіцієнт надлишку флегми:

- A. $\varphi > 1$
B. $\varphi < 1$
C. $\varphi = 1$
D. $\varphi \neq 1$

Діаметр тарільчастої ректифікаційної колони:

$$A. D = \sqrt{\frac{V}{0,585w}}$$

$$B. D = \sqrt{\frac{V}{0,685w}}$$

$$C. D = \sqrt{\frac{V}{0,785w}}$$

$$D. D = \sqrt{\frac{V}{0,885w}}$$

Рекомендовану швидкість в колоні визначають за формулою:

$$A. w = c\sqrt{(\rho_P - \rho_{\Pi})/\rho_{\Pi}}$$

$$B. w = c\sqrt{(\rho_P + \rho_{\Pi})/\rho_{\Pi}}$$

$$C. w = c\sqrt{(\rho_P - \rho_{\Pi}) * \rho_{\Pi}}$$

$$D. w = c\sqrt{(\rho_P + \rho_{\Pi}) * \rho_{\Pi}}$$

Потужність дефлегматора:

$$A. Q_d = G_d(1+R)r_d$$

$$B. Q_d = G_d(1-R)r_d$$

$$C. Q_d = G_d(1+R)/r_d$$

$$D. Q_d = G_d(1-R)/r_d$$

3. Задачі для самостійного розв'язування

1. В ректифікаційну колону безперервної дії подається суміш вода-етиловий спирт, що містить 10 % (мас.) спирту. Визначити витрату теплоти в кубі колони і кількість відведеної теплоти в дефлегматорі на 1 кг дистилляту, що містить 94 % (мас.) спирту, якщо кубовий залишок практично не містить спирту. Початкова суміш вводиться в колону при температурі 70 °С. Верхня частина колони працює з числом флегми 4. Тепловими втратами знехтувати. Обігрів проводиться паром.

2. Визначити необхідну поверхню і витрату води в дефлегматорі ректифікаційної колони для розділення бензольно-толуольної суміші за таких початкових умов: кількість верхнього продукту 600 кг/год, число флегми 3,75; початкова і кінцева температура охолоджувальної води 20 і 45 °С; коефіцієнт теплопередачі 700 Вт/(м² К). Вважати верхній продукт за чистий бензол. Тиск в колоні атмосферний.

3. Продуктивність ректифікаційної колони для розділення суміші метиловий спирт – вода становить 1500 кг/год дистилляту. Колона працює під атмосферним тиском. Поверхня теплообміну дефлегматора 60 м², коефіцієнт теплопередачі в ньому 810 Вт/(м² К). Визначити 42 число флегми і витрату охолоджувальної води в дефлегматорі, якщо вона нагрівається від 15 до 35 °С

4. В простому перегонному кубі відбувається розгонка 1000 кг суміші, що містить 60 % (мас) етилового спирту і 40 % (мас) води. Після відгонки в

кубовому залишку міститься 5 % (мас) спирту. Визначити склад дистиляту, його масу і масу кубового залишку

Рекомендована література:

1. Технологічне обладнання харчових виробництв : [Електронний ресурс]: метод. рекомендації до вивч. дисц. та викон. контрольної роботи для студ. освітнього ступеня «Бакалар» спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» денної та заочної форм навчання / уклад. В.Л. Яровий, Р.Л. Якобчук, М.Г. Янковий. К.: НУХТ, 2016. 27 с

2. Серьогін, О.О. Технологічне обладнання харчових виробництв : конспект лекцій для студ. напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» (спец. «Обладнання переробних і харчових виробництв») ден. та заоч. форм навч. Ч.1 / О.О. Серьогін, В.В. Пономаренко, Д.М. Люлька. К.:НУХТ, 2015. 159 с.

3. Технологічне обладнання харчових виробництв : метод. вказівки до викон. лаборатор. роботи «Вивчення роботи обладнання для очищення сипкої сировини харчових виробництв» для студ. спец. 7.090221 «Обладнання переробних і харчових виробництв» напряму 0902 «Інженерна механіка» ден. форми навч. / В.М. Санов. К. : НУХТ, 2005. 8 с.

4. Технологічне обладнання харчових виробництв : метод. вказівки до викон. курсового проекту галузі знань 0505 «Машинобудування та матеріалообробка» напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» (спец. «Обладнання переробних і харчових виробництв») ден. та заоч. форм навч. / В.Л. Яровий, Р.Л. Якобчук, Д.М. Люлька. Київ: НУХТ, 2010. 28 с.

5. Черниш, П.Г. Технологічне обладнання зернопереробних підприємств : конспект лекцій для студ. спец. 7.090221 ден. та заоч. форми навч. / П.Г. Черниш. К.: НУХТ, 2007. 86 с.

Тема 22. Технологічний, тепловий, конструктивний розрахунок сушарок для харчових продуктів.

Форми контролю: розв'язування задач.

Завдання для самостійної роботи:

1. Опрацюйте конспект лекцій та рекомендовану літературу для обговорення теоретичних питань теми на практичному занятті.

2. Розв'яжіть тестові завдання.

В процесі сушіння з овочів і фруктів в першу чергу виділяється:

A. капілярна волога

B. адсорбційна волога

C. мікрокапілярна волога

D. осмотична волога

Вологе повітря характеризується основними параметрами:

- A. барометричним тиском
- B. абсолютною і відотною вологістю
- C. парціальним тиском водяної пари
- D. всі відповіді вірні

Після періоду прогріву матеріалу до температури сушіння настає період:

- A. постійної швидкості сушіння
- B. постійного тиску сушіння
- C. постійної температури сушіння
- D. всі відповіді вірні

Швидкість сушіння залежить від:

- A. швидкості руху повітря в сушарці,
- B. температури повітря в сушарці.
- C. фізикохімічних властивостей матеріалу
- D. всі відповіді вірні

Найчисленніша група сушарних апаратів:

- A. конвективні сушарки
- B. кондуктивні сушарки
- C. сублімаційні сушарки
- D. СВЧ сушарки

Кількість висушеного матеріалу:

- A. $G_2 = G_1 - \frac{100 - \omega_1}{100 - \omega_2}$
- B. $G_2 = G_1 + \frac{100 - \omega_1}{100 - \omega_2}$
- C. $G_2 = G_1 \frac{100 - \omega_1}{100 - \omega_2}$
- D. $G_2 = G_1 \frac{100 + \omega_1}{100 + \omega_2}$

Витрата пари G_{Π} на сушіння:

- A. $G_{\Pi} = \frac{Q}{(i - t_{\text{кон}})\eta}$
- B. $G_{\Pi} = \frac{Q}{(i + t_{\text{кон}})\eta}$
- C. $G_{\Pi} = \frac{Q}{(i * t_{\text{кон}})\eta}$
- D. $G_{\Pi} = \frac{Q}{(i - t_{\text{кон}})/\eta}$

Перевага сушіння продуктів у спіненому стані:

- A. простота
- B. відсутність скребків та ножів
- C. невеликі габаритні розміри
- D. всі відповіді вірні

Продуктивність вакуумних насосів в сублимаційному апараті повинна забезпечувати створення в системі залишкового тиску:

- A. 46,7 Па.
- B. 56,7 Па.
- C. 66,7 Па.
- D. 76,7 Па.

3. Задачі для самостійного розв'язування

1. Стрічкова теоретична сушарка працює з рециркуляцією повітря, причому коефіцієнт рециркуляції 1,8. Визначити потенціал сушіння, витрату повітря і теплоти, якщо подача сировини становить 200 кг/год з початковою вологістю $w_{п} = 82\%$, параметри вхідного і вихідного повітря відповідно: $t_0 = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$; $t_2 = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$; $\varphi_2 = 40\%$, а кінцева вологість продукту становить $w_{к} = 19\%$.

2. Сировина сушиться за наступних параметрів повітря: $t_0 = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$; $\varphi_0 = 70\%$; $t_2 = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$; $\varphi_2 = 40\%$ в сушарках на продув і з частковою рециркуляцією ($n = 1,5$). Порівняйте потенціали сушіння, якщо потужність калорифера 300 кВт.

3. Порівняйте потенціали сушіння за різними режимами, якщо потужність калорифера сушарки 300 кВт. Сировина сушиться за наступних параметрів повітря: $t_0 = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$; $\varphi_0 = 70\%$; $t_2 = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$; $\varphi_2 = 40\%$ в сушарках з проміжним підігрівом ($t_{\text{пром}} = 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ і з частковою рециркуляцією ($n = 1,5$).

4. Сировина сушиться за наступних параметрів повітря: $t_0 = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$; $\varphi_0 = 60\%$; $t_2 = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$; $\varphi_2 = 40\%$ в сушарках на продув і з повною циркуляцією. Порівняйте потенціали сушіння, якщо потужність калорифера 300 кВт, а кількість випарованої води 300 кг.

Рекомендована література:

1. Технологічне обладнання харчових виробництв : [Електронний ресурс]: метод. рекомендації до вивч. дисц. та викон. контрольної роботи для студ. освітнього ступеня «Бакалар» спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» денної та заочної форм навчання / уклад. В.Л. Яровий, Р.Л. Якобчук, М.Г. Янковий. К.: НУХТ, 2016. 27 с

2. Серьогін, О.О. Технологічне обладнання харчових виробництв : конспект лекцій для студ. напрямку підготовки 6.050502 «Інженер механіка» (спец. «Обладнання переробних і харчових виробництв») ден. та заоч. форм навч. Ч.1 / О.О. Серьогін, В.В. Пономаренко, Д.М. Люлька. К.: НУХТ, 2015. 159 с.

3. Технологічне обладнання харчових виробництв : метод. вказівки до викон. лаборатор. роботи «Вивчення роботи обладнання для очищення

сипкої сировини харчових виробництв» для студ. спец. 7.090221 «Обладнання переробних і харчових виробництв» напряму 0902 «Інженерна механіка» ден. форми навч. / В.М. Санов. К. : НУХТ, 2005. 8 с.

4. Технологічне обладнання харчових виробництв : метод. вказівки до викон. курсового проекту галузі знань 0505 «Машинобудування та матеріалообробка» напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» (спец. «Обладнання переробних і харчових виробництв») ден. та заоч. форм навч. / В.Л. Яровий, Р.Л. Якобчук, Д.М. Люлька. Київ: НУХТ, 2010. 28 с.

5. Черниш, П.Г. Технологічне обладнання зернопереробних підприємств : конспект лекцій для студ. спец. 7.090221 ден. та заоч. форми навч. / П.Г. Черниш. К.: НУХТ, 2007. 86 с.

Тема 23. Технологічний та конструктивний розрахунок екстракторів.
Форми контролю: розв'язування задач.

Завдання для самостійної роботи:

1. Опрацюйте конспект лекцій та рекомендовану літературу для обговорення теоретичних питань теми на практичному занятті.

2. Розв'яжіть тестові завдання.

Крива зміни концентрацій компонентів у екстрагенті залежно від їх концентрацій у вихідному розчині за рівноважних умов:

- A. ізотерма екстракції
- B. ізобара екстракції
- C. адіабата екстракції
- D. немає вірної відповіді

Коефіцієнт розподілу екстракції:

- A. $D=y^*/x^*$
- B. $D=y^*-x^*$
- C. $D=y^*+x^*$
- D. $D=y^* \cdot x^*$

Цей спосіб екстрагування знаходить достатньо широке застосування в промисловості:

- A. багаторазова екстракція з перехресним потоком розчинника.
- B. багаторазова екстракція з протитечійним рухом розчинника
- C. одноразова (одноступенева) екстракція
- D. протиточна екстракція з флегмою.

За принципом взаємодії або способом контакту фаз екстрактори поділяють на групи:

- A. ступінчасті
- B. диференціально-контактні
- C. А і В
- D. немає вірної відповіді

До недоліків пульсаційних колон відносять:

- A. великі динамічні навантаження на фундамент
- B. підвищені експлуатаційні витрати
- C. труднощі обробки років легкоемульгованих систем.
- D. всі відповіді вірні

Векстркційній системі гранично припустимий вміст цільового компонента в екстраті й рафінаді:

- A. фазова рівновага
- B. фазова насиченість
- C. фазова домінанта
- D. немає вірної відповіді

Час повного розчинення частинки τ обчислюється за формулою:

- A. $\tau = \frac{d_0 \rho_m}{a(c^* - c) + \beta_c}$
- B. $\tau = \frac{d_0 \rho_m}{a(c^* - c) - \beta_c}$
- C. $\tau = \frac{d_0 \rho_m}{a(c^* - c) \beta_c}$
- D. $\tau = \frac{d_0 \rho_m}{a(c^* - c) / \beta_c}$

При роботі сітчастих тарілок на струменевому режимі швидкість дисперсної фази в отворах повинна складати:

- A. 0,1-0,2 м/с
- B. 0,15-0,3 м/с
- C. 0,2-0,4 м/с
- D. 0,3-0,5 м/с

Кількість речовини, перенесеної з фази у фазу складає:

- A. $M = \beta \Delta y_m F$
- B. $M = \beta \Delta / y_m F$
- C. $M = \beta \Delta + y_m F$
- D. $M = \beta \Delta - y_m F$

3. Задачі для самостійного розв'язування.

1. Розрахувати об'єм і число екстракторів, якщо кількість отриманої пульпи при екстракції фосфатної кислоти з апатитового концентрату складає

285,6 т/год; щільність пульпи $\rho=1480 \text{ кг/м}^3$, а час перебування пульпи в екстракторах дорівнює 5 год.

2. При 25°C константа розподілу йоду між водою і етиловим спиртом дорівнює 0,00435. Скільки грамів йоду залишиться в трьох літрах водного розчину ($C = 1,3 \text{ г / л}$) після двократної екстракції етиловим спиртом, якщо всього витрачено 400 мл спирту?

3. Коефіцієнт розподілу йоду між:
водою і чотирьоххлористим вуглецем - 0,0117;
водою і сірковуглецем - 0,0017;
водою і хлороформом - 0,0074.

Яким з перерахованих екстрагентів найбільш ефективно видобувати йод з водного розчину?

4. Визначити коефіцієнт розподілу бензойної кислоти між водою та хлороформом, якщо на кількаразове титрування 5 см^3 початкового водного розчину пішло $9,07 \text{ см}^3$, $0,05 \text{ M}$ розчину. Після екстракції кислоти хлороформом водний шар знову тричі протитровано і на 10 см^3 його затрачено в середньому $1,27 \text{ см}^3$ цього ж титранта.

Рекомендована література:

1. Технологічне обладнання харчових виробництв : [Електронний ресурс]: метод. рекомендації до вивч. дисц. та викон. контрольної роботи для студ. освітнього ступеня «Бакалар» спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» денної та заочної форм навчання / уклад. В.Л. Яровий, Р.Л. Якобчук, М.Г. Янковий. К.: НУХТ, 2016. 27 с

2. Серьогін, О.О. Технологічне обладнання харчових виробництв : конспект лекцій для студ. напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» (спец. «Обладнання переробних і харчових виробництв») ден. та заоч. форм навч. Ч.1 / О.О. Серьогін, В.В. Пономаренко, Д.М. Люлька. К.:НУХТ, 2015. 159 с.

3. Технологічне обладнання харчових виробництв : метод. вказівки до викон. лаборатор. роботи «Вивчення роботи обладнання для очищення сипкої сировини харчових виробництв» для студ. спец. 7.090221 «Обладнання переробних і харчових виробництв» напряму 0902 «Інженерна механіка» ден. форми навч. / В.М. Санов. К. : НУХТ, 2005. 8 с.

4. Технологічне обладнання харчових виробництв : метод. вказівки до викон. курсового проекту галузі знань 0505 «Машинобудування та матеріалообробка» напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» (спец. «Обладнання переробних і харчових виробництв») ден. та заоч. форм навч. / В.Л. Яровий, Р.Л. Якобчук, Д.М. Люлька. Київ: НУХТ, 2010. 28 с.

5. Черниш, П.Г. Технологічне обладнання зернопереробних підприємств : конспект лекцій для студ. спец. 7.090221 ден. та заоч. форми навч. / П.Г. Черниш. К.: НУХТ, 2007. 86 с.

Тема 24. Технологічний, тепловий та конструктивний розрахунок кристалізаторів.

Форми контролю: розв'язування задач.

Завдання для самостійної роботи:

1. Опрацюйте конспект лекцій та рекомендовану літературу для обговорення теоретичних питань теми на практичному занятті.

2. Розв'яжіть тестові завдання.

Процес кристалізації відбувається коли вихідна фаза перебуває в стані:

- A. пересичення
- B. переохолодження
- C. А і В
- D. немає вірної відповіді

У промисловості використовують такі методи кристалізації:

- A. ізотермічний
- B. ізогідрічний
- C. А і В
- D. немає вірної відповіді

Кристалізацію з хімічною реакцією називають:

- A. індуктивною
- B. адуктивною
- C. кондуктивною
- D. немає вірної відповіді

Вихід кристалів розраховується за формулою:

- A. $G_{кр} = G_1(B_1 - B_2)/(B_{кр} - B_2)$
- B. $G_{кр} = G_1(B_1 - B_2) \cdot (B_{кр} - B_2)$
- C. $G_{кр} = G_1(B_1 - B_2) + (B_{кр} - B_2)$
- D. $G_{кр} = G_1(B_1 - B_2) - (B_{кр} - B_2)$

Час процесу охолодження:

- A. $\tau = Q/KF\Delta t_{cp}$
- B. $\tau = Q/K + F\Delta t_{cp}$
- C. $\tau = Q/K - F\Delta t_{cp}$
- D. $\tau = QKF\Delta t_{cp}$

Тепловий баланс:

- A. $Q = G_t c(t_n - t_k) + G_{kp} q + W r_{T.п.}$
- B. $Q = G_t c(t_n - t_k) - G_{kp} q + W r_{T.п.}$
- C. $Q = G_t c(t_n - t_k) + G_{kp} q - W r_{T.п.}$
- D. $Q = G_t c(t_n - t_k) - G_{kp} q - W r_{T.п.}$

Співвідношення швидкості утворення зародків і їхнього росту ви- значає:

- A. кінцевий розмір кристала
- B. кількість кристалів
- C. якість кристалів
- D. всі відповіді вірні

Типи апаратів:

- A. поверхневі
- B. об'ємні
- C. змішаного типу
- D. всі відповіді вірні

Щоб уникнути інтенсивної інструкції, різниця температур розчину й охолодженої води повина бути:

- A. 3-5 °С
- B. 5-8 °С
- C. 8-10 °С
- D. 12-15 °С

3. Задачі для самостійного розв'язування

1. Визначити кількість що виділяються при изогидрическом процесі кристалів при охолодженні від 80 до 30 °С 10 т/год. водного розчину поташу. Утворюється кристалогідрат містить дві молекули води.

2. Визначити значення гидростатической втрати різниці температур Δt при випаровуванні 25%-го водного розчину хлориду кальцію при абсолютному тиску над розчином $p_l = 0,36$ кгс/см² висоті кип'ятільних труб $H_{тр} = 4,0$ м.

3. Визначити необхідну температуру охолодження 40%-го водного розчину нітрата калію, щоб після виділення кристалів вміст солі в матковим розчині виявилось в рази менше початкового.

4. Розрахувати масу кристалів, що виділяються з 4,2 т розчину соди при охолодженні від 30 до 15 °С і початковим вмістом солі 2,5 мольна 1 кг води. Кристалогідрат вмістить 10 молекул води.

Рекомендована література:

1. Технологічне обладнання харчових виробництв : [Електронний ресурс]: метод. рекомендації до вивч. дисц. та викон. контрольної роботи для студ. освітнього ступеня «Бакалар» спеціальності 133 «Галузеве

машинобудування» денної та заочної форм навчання / уклад. В.Л. Яровий, Р.Л. Якобчук, М.Г. Янковий. К.: НУХТ, 2016. 27 с

2. Серьогін, О.О. Технологічне обладнання харчових виробництв : конспект лекцій для студ. напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» (спец. «Обладнання переробних і харчових виробництв») ден. та заоч. форм навч. Ч.1 / О.О. Серьогін, В.В. Пономаренко, Д.М. Люлька. К.:НУХТ, 2015. 159 с.

3. Технологічне обладнання харчових виробництв : метод. вказівки до викон. лаборатор. роботи «Вивчення роботи обладнання для очищення сипкої сировини харчових виробництв» для студ. спец. 7.090221 «Обладнання переробних і харчових виробництв» напряму 0902 «Інженерна механіка» ден. форми навч. / В.М. Санов. К. : НУХТ, 2005. 8 с.

4. Технологічне обладнання харчових виробництв : метод. вказівки до викон. курсового проекту галузі знань 0505 «Машинобудування та матеріалообробка» напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» (спец. «Обладнання переробних і харчових виробництв») ден. та заоч. форм навч. / В.Л. Яровий, Р.Л. Якобчук, Д.М. Люлька. Київ: НУХТ, 2010. 28 с.

5. Черниш, П.Г. Технологічне обладнання зернопереробних підприємств : конспект лекцій для студ. спец. 7.090221 ден. та заоч. форми навч. / П.Г. Черниш. К.: НУХТ, 2007. 86 с.

Список використаної літератури:

1. Технологічне обладнання харчових виробництв : [Електронний ресурс]: метод. рекомендації до вивч. дисц. та викон. контрольної роботи для студ. освітнього ступеня «Бакалар» спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» денної та заочної форм навчання / уклад. В.Л. Яровий, Р.Л. Якобчук, М.Г. Янковий. К.: НУХТ, 2016. 27 с
2. Серьогін, О.О. Технологічне обладнання харчових виробництв : конспект лекцій для студ. напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» (спец. «Обладнання переробних і харчових виробництв») ден. та заоч. форм навч. Ч.1 / О.О. Серьогін, В.В. Пономаренко, Д.М. Люлька. К.:НУХТ, 2015. 159 с.
3. Технологічне обладнання харчових виробництв : метод. вказівки до викон. лаборатор. роботи «Вивчення роботи обладнання для очищення сипкої сировини харчових виробництв» для студ. спец. 7.090221 «Обладнання переробних і харчових виробництв» напряму 0902 «Інженерна механіка» ден. форми навч. / В.М. Санов. К. : НУХТ, 2005. 8 с.
4. Технологічне обладнання харчових виробництв : метод. вказівки до викон. курсового проекту галузі знань 0505 «Машинобудування та матеріалообробка» напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» (спец. «Обладнання переробних і харчових виробництв») ден. та заоч. форм навч. / В.Л. Яровий, Р.Л. Якобчук, Д.М. Люлька. Київ: НУХТ, 2010. 28 с.
5. Черниш, П.Г. Технологічне обладнання зернопереробних підприємств : конспект лекцій для студ. спец. 7.090221 ден. та заоч. форми навч. / П.Г. Черниш. К.: НУХТ, 2007. 86 с.
6. Механічні процеси і обладнання переробного та харчового виробництва: навч. посібник / П. С. Берник, З. А. Стоцько, І. П. Паламарчук, В. В. Яськов. Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2004. 336 с.
7. Обладнання підприємств переробної та харчової промисловості: підручник /Мирончук В. Г., Гулий І. С., Пушанко М. М. та ін.; за ред. В.Г. Мирончука. Вінниця: Нова книга, 2007. 648 с.
8. Теплообмінні процеси та обладнання переробного та харчового виробництва: навчальний посібник / І. П. Паламарчук, П. С. Берник, З. А. Стоцько, В. В. Яськов. Львів: Бескид Біт, 2006. 368 с.
9. Богомолів, О.В. Курсове та дипломне проектування обладнання переробних і харчових підприємств : навч. посібник / О.В. Богомолів, П.В. Гурев-кий, В.П. Богомоліва. Х.: Еспанда, 2005. 432 с.
10. Виноградов, В. А. Оборудование винодельческих заводов : в 2-х т. Симферополь : Таврида. Т. 1. 2002. 416 с., Т. 2. 2003. 352 с.
11. Гавва, О.М. Пакувальне обладнання: підручник / О.М. Гавва, А.П. Безпалько, А.І. Волчко, О.О. Кохан. К.: ІАЦ «Упаковка», 2010. с. 744: іл.
12. Гончаренко, Г.М. Технологічне обладнання консервних та овочепереробних виробництв: довідник / Г.М. Гончаренко, В.В. Дубов, В.В. Гончаренко. К.: Центр учбової літератури, 2007. 304 с.

13. Демский, А.Б. Оборудование для производства муки и крупы: справочник / А.Б. Демский, М.А. Борискин, В.Ф. Ведъев, Е.В. Тамаров, А.С. Чернолихов. СПб, Изд-во «Профессия», 2000. 624 с., ил.
14. Єресько, Г.О. Технологічне обладнання молочних виробництв / Г.О. Єресько, М. М. Шинкарик, В. Я. Ворошук. Київ: Фірма «ІНКОС», Центр навчальної літератури, 2007. 344 с.
15. Остриков, А.Н. Экструзия в пищевой технологии / А.Н. Остриков, О.В. Абрамов, А.С. Рудометкин. СПб.: ГНОРД, 2004. 288 с.
16. Пушанко, М.М. Центрифугування цукрових утфелів. Теорія і практика: монографія. / М.М. Пушанко, В.А. Лагода, Н.М. Пушанко, А.Ю. Гуменюк. Київ.: Вища освіта, 2010. 439с.
17. Рвачов, В.В. Технологічне обладнання харчових виробництв. Механічне обладнання : навчальний посібник для студентів механічних фахів / В.В. Рвачов. Одеса:Астропринт, 2001. 320 с.
- 18.Соколенко, А.И. Справочник механика пищевой промышленности / А.И. Соколенко, А.И. Украинец, В.Л Яровой и др. Под ред. А.И. Соколенко. К.: Арт Эк. 2004 304 с.
- 19.Стасевич, М.В. Обладнання технологічних процесів фармацевтичних та біотехнологічних виробництв : навч. посібник для студ. вищ. навч. заклад. / М.В. Стасевич, А.О. Милянч, І.О. Гузьова [та ін.]; за ред. В. П. Новікова. Вінниця : Нова Книга, 2012. 408 с. : іл.
20. Технологічне обладнання хлібопекарських і макаронних виробництв / За ред. О.Т. Лісовенка. К.: Наук, думка, 2000. 282 с.

Навчальне видання

*Омельченко Олександр Володимирович,
Перекрест Володимир Вікторович*

Кафедра загальноінженерних дисциплін та обладнання

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ
ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ**

Формат 60×84/8. Ум. др. арк. 2.

Донецький національний університет
економіки і торгівлі
імені Михайла Туган-Барановського
50042, Дніпропетровська обл.,
м. Кривий Ріг, вул. Курчатова, 13.
Свідоцтво суб'єкта видавничої
справи ДК № 4929 від 07.07.2015 р.