



# ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА СУЛЬФАТНОЇ ЦЕЛЮЛОЗИ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	16 Хімічна та біоінженерія
Спеціальність	161 Хімічні технології та інженерія
Освітня програма	Промислова екологія та ресурсоефективні чисті технології
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	3 курс, 6 семестр
Обсяг дисципліни	4 кредити 120 год
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Модульна контрольна робота, Залікова контрольна робота / Залік
Розклад занять	
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: доцент, к.т.н., доцент Черьопкіна Романія Іванівна, chromi5@ukr.net Лабораторні: доцент, к.т.н., доцент Черьопкіна Романія Іванівна, chromi5@ukr.net Практичні: доцент, к.т.н., доцент Черьопкіна Романія Іванівна, chromi5@ukr.net
Розміщення курсу	<a href="http://www.eco-paper.kpi.ua/for-student">http://www.eco-paper.kpi.ua/for-student</a>

### Програма навчальної дисципліни

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

Дисципліна сприяє підготовці бакалаврів за освітньо-професійною програмою «Промислова екологія та ресурсоефективні чисті технології», належить до циклу професійної підготовки, та дозволяє опанувати процеси отримання целюлози лужними способами, характеристики целюлози та її застосування, забезпечення регенерації відпрацьованих розчинів, створення екологічно безпечних технологій виробництва целюлози.

**Метою** вивчення даної дисципліни є формування у студентів комплексу знань, умінь та навичок, необхідних для виробництва целюлози лужними способами та удосконалення цих способів і створення нових, більш ефективних, екологічно чистих виробництв, які дозволяють раціонально використовувати дефіцитні волокнисті напівфабрикати, воду, хімічні реагенти, трудові ресурси, енергоресурси, регенерації відпрацьованих розчинів, вибілювання та облагородження целюлози, а також таких, що зменшують забруднення навколишнього середовища різними відходами виробництва.

Відповідно до мети підготовка бакалаврів за даною спеціальністю вимагає у студентів компетентностей:

- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;
- здатність використовувати методи спостереження, опису, ідентифікації, класифікації об'єктів хімічної технології та промислової продукції;
- здатність використовувати сучасні матеріали, технології і конструкції апаратів в хімічній інженерії;
- здатність визначати напрями використання рослинної сировини та волокнистих напівфабрикатів, проектувати та реалізувати технології їх переробки.

Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни «Технологія виробництва сульфатної целюлози» студенти після її засвоєння мають продемонструвати такі програмні результати навчання:

- коректно використовувати у професійній діяльності термінологію та основні поняття хімії, хімічних технологій, процесів і обладнання виробництв хімічних речовин та матеріалів на їх основі;
- здійснювати якісний та кількісний аналіз речовин неорганічного та органічного походження, використовуючи відповідні методи загальної та неорганічної, органічної, аналітичної, фізичної та колоїдної хімії;
- обирати і використовувати відповідне обладнання, інструменти та методи для вирішення складних задач хімічної інженерії, контролю та керування технологічних процесів хімічних виробництв;
- обґрунтувати вибір технологічних схем виробництва на підставі раціонального використання сировини, енергії, одержання якісної продукції, досягнення високої продуктивності з одночасним рішенням екологічних питань, розраховувати матеріальні і теплові баланси процесів, на їх основі знаходити витрати сировини та енергоресурсів.

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

Вивченню дисципліни передують навчальні дисципліни: «Хімія рослинних полімерів», «Хімізм делігніфікації рослинної сировини», «Будова рослинної сировини», «Технологія виробництва механічної маси», «Основи біохімічної та фізичної конверсії лігноцелюлозних матеріалів», «Допоміжні хімічні речовини», «Технологія і обладнання виробництва волокнистих напівфабрикатів».

Вивчення дисципліни сприяє засвоєнню навчальних дисциплін: «Технологія виробництва недеревних волокнистих напівфабрикатів», «Технологія виробництва етерів та естерів», «Технологія таропакувального картону», «Технологія переробки макулатури», «Технологія сухого способу виробництва паперу», «Особливості виробництва спеціальних видів паперу», «Технологія обробки та переробки паперу та картону», «Технологія гофрокартону та гофротари», «Наукові дослідження та інноваційна діяльність в галузях виробництв», «Технологія гідролізного виробництва», «Інноваційні технології рослинного ресурсозбереження».

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

### **РОЗДІЛ 1. Отримання целюлози лужними способами**

**Тема 1.1.** Загальні відомості про виробництво сульфатної целюлози

**Тема 1.2.** Хімізм процесу та основні фактори варіння

**Тема 1.3.** Технологія періодичного і безперервного варіння

### **РОЗДІЛ 2. Регенерація відпрацьованого чорного щолоку.**

**Тема 2.1** Регенерація луку та тепла.

### **Розділ 3. Вибілювання та облагородження целюлози.**

**Тема 3.1.** Основні поняття процесу вибілювання.

**Тема 3.2.** Вибілювання целюлози із використанням хлору.

**Тема 3.2.** Вибілювання целюлози кисневмісними сполуками.

## **4. Навчальні матеріали та ресурси**

### **Базові матеріали:**

1. Черьопкіна Р.І., Трембус І.В., Дейкун І.М., Барбаш В.А. Технологія недеревних волокнистих напівфабрикатів. Підручник для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», освітньо-професійної програми «Промислова екологія та ресурсоефективні чисті технології». – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 229 с.
2. Примаков С.П., Барбаш В.А., Черьопкіна Р.І. Виробництво сульфатної і вибілювання целюлози. – К.: ЕКМО, 2011. – 290 с.
3. Непенин Н. Н., Непенин Ю. Н. Технологія целлюлози Т.3. Очистка, сушка и отбелка целлюлозы. Прочие способы получения целлюлозы. – М.: Экология, 1994. – 592 с.
4. Технологія целлюлозно-бумажного производства: в 3-х томах. Т.1. Сырье и производство полуфабрикатов . Ч. 2. Производство полуфабрикатов. – Санкт-Петербург : Политехника, 2003. – 633 с.
5. Хімічне перероблення недеревної сировини. Вибрані розділи. Лабораторний практикум. Ч. 1.: [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Р.І. Черьопкіна, І.В. Трембус, В.А. Барбаш – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 61 с. Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/32896>
6. Хімічне перероблення недеревної сировини. Вибрані розділи. Лабораторний практикум. Ч.2.: [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: уклад.: Р.І. Черьопкіна, І.В. Трембус, В.А. Барбаш, І.М. Дейкун. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 61с. Режим доступу: [https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/34148/1/KhPNS\\_VR\\_lab\\_2.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/34148/1/KhPNS_VR_lab_2.pdf)

### **Допоміжні матеріали:**

1. Лабораторный практикум по целлюлозно-бумажному производству. – М.: Экология, 1980. – 168с.
2. Оболенская А.В., Ельницкая З.П., Леонович А.А. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы. Учебное пособие для вузов. – М.: Экология, 1991. – 320 с.

3. Пен Р.З. Технология целлюлозы в 2-х т. Т.1 Подготовка древесины. Производство сульфатной целлюлозы. - Красноярск: СибГТУ, 2002, -340 с.
4. Иванов Ю. С., Никандров А. Б. Технология целлюлозы. Варочные растворы, варка и отбелка целлюлозы: учебно-практическое пособие/ СибГТУРП. – СПб., 2014. – 41 с.
5. Пен Р.З. Технология целлюлозы в 2-х т. Т.2 Сульфитные способы получения, очистка, отбелка, сушка целлюлозы. – Красноярск: СибГТУ, 2002, – 358 с.
6. Непенин Ю. Н. Технология целлюлозы. Т.2. Производство сульфатной целлюлозы. – М.: Лесная пром-сть, 1990. – 600 с.
7. Лендъел П., Морвай Ш., Химия и технология целлюлозного производства /пер. с нем. – М.: Лесная пром-сть, 1978. – 544 с.
8. Никитин В. М. Теоретические основы делигнификации. – М.: Лесная пром-сть, 1981. – 296 с.
9. Пазухина Г.А. Ступенчатые методы производства целлюлозы. – М.: Лесная пром-сть, 1990. – 216 с.
10. Переработка сульфитного и сульфатного щелоков / Б. Д. Богомолов и др. – М.: Лесная пром-сть, 1989.– 360 с.
11. Галеева Н.А. Производство полуцеллюлозы и целлюлозы высокого выхода. – М.: Лесная пром-сть 1970. – 320 с.
12. Кларк Дж. Технология целлюлозы (наука о целлюлозной массе и бумаге, подготовка массы, переработка ее на бумагу, методы испытаний): Пер. с англ. А. В. Оболенской и Г. А. Пазухиной. – М.: Лесная пром-сть, 1983. – 456 с.

#### Інформаційні ресурси:

За адресою: <http://www.eco-paper.kpi.ua/for-student>, а також у електронному кампусі розміщено необхідні інформаційні ресурси: навчальні посібники до виконання лабораторних робіт, до самостійної роботи студентів.

### Навчальний контент

#### 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

##### Лекційні заняття:

Лекційні заняття спрямовані на:

- надання новітніх, цілісних знань з дисципліни «Технологія виробництва сульфатної целюлози», рівень яких визначається цільовою установкою до кожної конкретної теми;
- забезпечення в процесі лекції творчої роботи студентів спільно з викладачем;
- виховання у студентів професійно-ділових якостей і розвиток у них самостійного творчого мислення;
- визначення на сучасному рівні розвитку науки в області сучасних методів та процесів отримання волокнистих напівфабрикатів;
- відображення методичної обробки матеріалу (виділення головних положень, висновків, рекомендацій, чітке і адекватне їх формулювання);
- використання для демонстрації наочних матеріалів, поєднання, по можливості їх з демонстрацією результатів і зразків;
- доступність для сприйняття даною аудиторією.

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)	Годин
1	<b>Загальні відомості про виробництво сульфатної целюлози</b> Загальні відомості про виробництво сульфатної целюлози. Історія та перспективи розвитку натронного і сульфатного способів виробництва целюлози. Загальна схема виробництва. <i>Література: [2] с. 5-14.</i> Завдання на СРС: Особливості підготовки хвойної та листяної деревини до варіння.	2
2	<b>Теорія процесу лужного варіння.</b> Склад і характеристика білого щолоку. Загальний механізм варіння. Хімізм сульфатного варіння, реакції лігніну. <i>Література: [1] с. 66-79; [2] с. 14-25.</i> Завдання на СРС: Утворення метилсірчистих сполук під дією активних реагентів щолоку.	2

3	<p><b>Реакції вуглеводів у процесі лужного варіння.</b> Дія лугу на геміцелюлози, клітковину. Утворення побічних продуктів. Вплив основних факторів на швидкість варіння, вихід та якість целюлози <i>Література: [1] с. 79-80; [2] с. 26-42.</i></p> <p>Завдання на СРС: Відмінні особливості реакцій лігніну натронного та сульфатного варіння целюлози.</p>	2
4	<p><b>Техніка періодичного варіння.</b> Техніка періодичного варіння. Улаштування та робота котлів для періодичного варіння. Наповнення котла трісками та щолоком. Режими варіння. Інтенсифікація процесу варіння. Варіння целюлози з передгідролізом. Сучасні способи періодичного варіння. <i>Література: [2] с. 42-60.</i></p> <p>Завдання на СРС: Утилізація тепла і продуктів здувань та видувань. Уловлювання скипидару.</p>	2
5	<p><b>Безперервне варіння.</b> Основні переваги та особливості технології безперервного варіння. Варильні котли безперервної дії типу "Камюр". <i>Література: [2] с. 60-77.</i></p> <p>Завдання на СРС: Варіння в котлах типу "Пандія". Їх відмінні особливості.</p>	2
6	<p><b>Регенерація лугу та тепла.</b> Властивості чорного щолоку. Підготовка чорного щолоку до випарювання. Відновлення сульфату, фактори, які впливають на ступінь відновлення. Склад плаву. <i>Література: [2] с. 94-130.</i></p> <p>Завдання на СРС: Теорія процесу каустизації. Каустизація чорного щолоку.</p>	2
7	<p><b>Основні поняття процесу вибілювання.</b> Основні поняття процесу вибілювання. Задача вибілювання. Хімічні, механічні втрати і вихід вибіленої целюлози. Схеми вибілювання. <i>Література: [2] с. 190-195.</i></p> <p>Завдання на СРС: Історія та хід процесу вибілювання целюлози, напівцелюлози, деревної маси.</p>	2
8	<p><b>Вибілювання целюлози із використанням хлору.</b> Хімізм вибілювання молекулярним хлором. Фактори процесу хлорування. Лужна обробка целюлози після хлорування. Гіпохлоритне вибілювання. Вибілювання диоксидом хлору. <i>Література: [2] с. 228-232.</i></p> <p>Завдання на СРС: Допоміжні речовини в ході вибілювання целюлози.</p>	2
9	<p><b>Вибілювання целюлози кисневмісними сполуками.</b> Вибілювання целюлози пероксидом водню. Вибілювання целюлози озоном. Вибілювання целюлози киснем. Вибілювання пероксокислотами. Видалення іонів перемінної валентності. Технологія вибілювання з схемами ECF. Технологія вибілювання за схемами TCF. <i>Література: [2] с. 240-243.</i></p> <p>Завдання на СРС: Вибілювання біологічними агентами. Стічні води цехів після вибілювання целюлози та їх раціональне використання.</p>	2
	<b>Всього</b>	<b>18</b>

### Лабораторні роботи

Основні завдання циклу лабораторних занять є закріплення теоретичного матеріалу окремих розділів та опанування конкретних методів аналізу, уміння обґрунтувати суть методу, що використовується. Зміст лабораторних занять і методика їх проведення повинні забезпечувати розвиток практичних навичок організації проведення лабораторної роботи, виконання завдання та аналітичних здібностей щодо отриманих експериментальних результатів.

№ з/п	Назва лабораторної роботи	Кількість ауд. годин
1	Вступ, інструктаж з техніки безпеки, ознайомлення з програмою лабораторних робіт, видача методичних вказівок та іншої методичної літератури. Аналіз виробничих трісок.	4 год
2	Приготування та аналіз сульфатного, натронного розчину для варіння деревини. Підготовка до варіння. Розрахунок витрат активного лугу, (гідроксиду натрію, сульфїду натрію) для приготування варильного розчину, білого щолоку. Визначення концентрації всього всього та активного лугу у приготованих розчинах.	4 год

3	Варіння сульфатним, натронним способом целюлози за заданим температурним режимом.	4 год
4	Промивання та сортування целюлози. Визначення вологості отриманих напівфабрикатів.	4
5	Визначення виходу целюлози, ступеня делігніфікації (за Каппа) та перманганатного числа (по Б'єкрману).	4 год
6	Визначення фактичних витрат хімікатів в ході варіння деревини. Аналіз відпрацьованого чорного щолоку, вміст сухих речовин та зольності сухих речовин.	4 год
7	Аналіз розчинів для вибілювання целюлози.	6 год
8	Вибілювання целюлози за визначеними режимами.	6 год
9	Кислотування вибіленої целюлози. Виготовлення зразків вибіленої целюлози. Обговорення результатів лабораторних робіт.	4 год
	Всього	36

## Практичні заняття

### Основні завдання циклу практичних занять:

- закріплення теоретичного матеріалу окремих розділів та опанування конкретних методів аналізу,
- уміння обґрунтувати суть методу, що використовується.
- формувати вміння вчитися самостійно, тобто опанувати методами, способами і прийомами самонавчання, саморозвитку і самоконтролю.

№ з/п	Назва теми практичного заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)	Кількість ауд. годин
1	Розрахунок вологості трісок. <i>Література:</i> [1] с. 187; [6] с. 15. Завдання на СРС: Загальні відомості про вплив вологості рослинної сировини на концентрацію варильних розчинів	1 год
2	Розрахунок складу сульфатного варильного розчину. <i>Література:</i> [1] с. 158-168; [5] с. 47-55. Завдання на СРС: Складання лужного варильного розчину.	2 год
3	Розрахунок коефіцієнта сухості целюлози. Розрахунок виходу целюлози від маси абс. сух. сировини. <i>Література:</i> [6] с. 47-55. Завдання на СРС: Залежність виходу целюлози від технологічних параметрів варіння.	2 год
4	Розрахунок ступеня делігніфікації та перманганатного числа целюлози. <i>Література:</i> [1] с. 186. Завдання на СРС: Вплив ступеня проварювання на фізико-механічні показники целюлози.	2 год
	Визначення фактичних витрат лугу на варіння. Аналіз залишкової активності $\text{Na}_2\text{O}$ у щолоці. <i>Література:</i> [1] с. 174-178; [5] с. 55-57. Завдання на СРС: Залежність вмісту органічної та мінеральної частини чорного щолоку від виходу та ступеня проварювання целюлози.	2
	Розрахунок концентрації реагентів для вибілювання целюлози (хлорної води, гіпохлориту, пероксиду водню). <i>Література:</i> [2] с. 178. Завдання на СРС: Схеми вибілювання целюлози хлормісткими реагентами.	2
	Розрахунок витрат реагентів для вибілювання за ступенями вибілювання. <i>Література:</i> [2] с. 228. Завдання на СРС: Вплив витрат реагентів на якість вибілювання целюлози	2
	Вибір та обґрунтування схеми вибілювання целюлози. <i>Література:</i> [2] с. 252-262. Завдання на СРС: Порівняння різних схем вибілювання целюлози.	2
	Визначення оптичних показників отриманих зразків. <i>Література:</i> [2] с. 190.	1

	Завдання на СРС: властивості та застосування вибіленої та облагородженої целюлози	
5	Залік	2
6	Всього	18

## 6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента передбачає опрацювання матеріалу, викладеному на лекціях, підготовку до лабораторних робіт, підготовку до практичних робіт, виконання завдань, винесених на самостійне опрацювання, підготовку до написання модульних контрольних робіт, а також, за потреби, підготовку до заліку.

Головне завдання самостійної роботи студентів – це опанування знаннями в областях, що не увійшли у перелік лекційних питань шляхом особистого пошуку інформації, формування інтересу до творчого підходу у навчальній роботі. У процесі самостійної роботи в рамках освітнього компоненту студент повинен навчатися аналізувати сучасні підходи до розроблення та впровадження сучасних технологічних методів отримання целюлози лужними способами.

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість Годин СРС
<b>Розділ 1. Отримання целюлози лужними способами</b>		
1	Сучасні способи делігніфікації рослинної сировини. Особливості підготовки деревини до лужного варіння. Література: [1] с. 89-126.	5
2	Натронне варіння целюлози. Повільне та швидке сульфатне варіння. Кругообіг сірки і луку в процесі сульфатного варіння. Література: [2] с. 180-185; [4] с. 7-23.	5
3	Улаштування та робота видувних резервуарів. Модифіковані способи варіння, способи періодичного варіння. Література: [2] с. 55-60; [4] с. 134-141.	5
4	Вплив використання каталізаторів на показники якості сульфатної целюлози. Варіння целюлози із застосуванням відновників та окисників целюлози. Література: [2] с. 87-94.	5
5	Побічні продукти сульфат-целюлозного виробництва, їх утилізація. Збір та очищення сульфатного мила. Одержання каніфолі, жирних кислот. Одержання та використання лужного лігніну. Література: [2] с. 30-50	5
<b>Розділ 2. Регенерація відпрацьованого чорного щолоку</b>		
6	Обладнання, що використовується для випарювання щолоків. Характеристика обладнання для проведення каустизації зеленого щолоку. Література: [2] с. 118-124.	5
<b>Розділ 3. Вибілювання та облагородження целюлози</b>		
7	Характеристика розчинів, які використовуються для вибілювання целюлози. Література: [2] с. 195-225.	6
8	Стабілізація целюлози в процесі КЛЮ. Апаратурне оформлення КЛЮ. Місце КЛЮ в схемах вибілювання целюлози. Екологічні аспекти використання КЛЮ. Література: [2] с. 235-240.	6
9	Характеристика процесу облагородження целюлози. Задачі, мета, режими облагородження целюлози. Апаратурне оформлення. Література: [2] с. 266-280.	5
	<b>Всього годин</b>	<b>48</b>

## Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

#### Правила відвідування занять та поведінки на заняттях

Відвідування лекцій та практичних занять є обов'язковим компонентом оцінювання. Бакалаври зобов'язані брати активну участь в навчальному процесі, не спізнюватися на заняття та не пропускати їх без поважної причини, не заважати викладачу проводити заняття, не відволікатися на дії, що не пов'язані з навчальним процесом.

## Правила призначення заохочувальних та штрафних балів

- заохочувальні бали можуть нараховуватись викладачем виключно за виконання творчих робіт з дисципліни або додаткового проходження он-лайн профільних курсів з отриманням відповідного сертифікату:
  - <https://www.coursera.org/learn/water-treatment>;
  - <https://croapaia.com/water-treatment-pro/>;
  - <https://www.shortcoursesportal.com/studies/56436/introduction-to-drinking-water-treatment.html>).
- Але їхня сума не може перевищувати 25 % від рейтингової шкали.
- штрафні бали в рамках навчальної дисципліни передбачені.

### Політика дедлайнів та перескладань

У разі виникнення заборгованостей з навчальної дисципліни або будь-яких форс-мажорних обставин, студенти мають зв'язатися з викладачем по доступних (наданих викладачем) каналах зв'язку для розв'язання проблемних питань та узгодження алгоритму дій для відпрацювання.

### Політика академічної доброчесності

Плагиат та інші форми недоброчесної роботи неприпустимі. До плагиату відноситься відсутність посилань в разі використання друкованих та електронних матеріалів, цитат, думок інших авторів. Неприпустимі підказки та списування під час написання тестів, проведення занять; здача заліку за іншого студента; копіювання матеріалів, захищених системою авторського права, без дозволу автора роботи.

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

### Політика академічної поведінки і етики

Студенти мають бути толерантним, поважати думку оточуючих, заперечення формулювати в коректній формі, конструктивно підтримувати зворотний зв'язок на заняттях.

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>

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

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

Семестр	Навчальний час		Розподіл навчальних годин				Контрольні заходи		
	Кредити	акад. год.	Лекції	Практичні	Лабораторні роботи	СРС	МКР	РР	Семестровий контроль
6	4	120	18	18	36	48	1	–	залік

Рейтинг студента складається з балів, які він отримує протягом семестру за:

- 1) Виконання та захист 9 лабораторних робіт
- 2) Розрахунок та захист 9 практичних робіт
- 3) Виконання МКР-1, МКР-2, МКР-3, МКР-4.

Семестровим контролем є залік.

### *Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання*

#### 1) Лабораторні роботи (має 45 балів):

За виконання кожної лабораторної роботи можна отримати:

5 балів – роботу виконано у повному обсязі без помилок, правильно оформлений протокол з відповідними висновками, роботу до захисту подано своєчасно, студент показує глибокі знання з питань роботи, впевнено і докладно відповідає на поставлені запитання під час захисту;

4 балів – роботу виконано у повному обсязі з незначними помилками або неточностями, в цілому правильно оформлений протокол з відповідними висновками, роботу до захисту подано своєчасно, під час захисту роботи студент показує знання з питань роботи, майже впевнено відповідає на поставлені запитання;

2 бали – роботу виконано у повному обсязі з незначними помилками або неточностями з нечітко сформульованими висновками, роботу до захисту подано своєчасно, під час захисту студент виявляє невпевненість, показує слабкі знання з питань роботи, не завжди дає вичерпні відповіді на запитання.

0 балів – роботу не виконано, або виконано не в повному обсязі, у роботі немає висновків або вони носять декларативний характер, під час захисту студент не може відповісти на жодне поставлене запитання з теми роботи.

На початку кожної лабораторної роботи проводиться контрольне опитування. У разі незадовільного результату контрольного опитування студент не допускається до виконання лабораторної роботи і йому нараховується штрафний –1 бал. Також штрафний –1 бал нараховується за несвоєчасне подання роботи до захисту.

## 2) Практичні роботи (має 9 балів):

За виконання кожної практичної роботи можна отримати:

За умови гарної підготовки і активної роботи на практичному занятті – 1 бал. Одному або двом кращим студентам на кожному практичному занятті може додаватися як заохочування 1 бал.

## 2) Модульні контрольні роботи (має 46 балів):

МКР-1 – 10 балів, МКР-2 – 13 балів, МКР-3 – 10 балів, МКР-4 – 13 балів. МКР проводиться у формі тестування. МКР-1 складається з 10 питань, МКР-2 – з 13 питань, МКР-3 – з 10 питань, МКР-4 – з 13 питань і, відповідно, за кожну правильну відповідь на питання можна отримати 1 бал.

*Перелік питань до кожної МКР наведено у Розділі 9, Додаток А.*

Таким чином рейтингова семестрова шкала з кредитного модуля складає:

$$R = 45 + 9 + 46 = 100 \text{ балів}$$

За результатами навчальної роботи за перші 7 тижнів «ідеальний студент» має набрати 40 балів. На першій атестації (8-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 20 балів.

За результатами навчальної роботи за 13 тижнів навчання «ідеальний студент» має набрати 90 балів. На другій атестації (14-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 40 балів.

Максимальна сума балів складає 100. Для отримання заліку з кредитного модуля «автоматом» потрібно мати рейтинг не менше 60 балів.

Необхідною умовою допуску до заліку є рейтинг, що складає не менше 40 % від рейтингової шкали (R), тобто 40 балів.

Студенти, які набрали протягом семестру рейтинг менше 0,6 R, а також ті, хто хоче підвищити загальний рейтинг, виконують залікову контрольну роботу. При цьому всі бали, що були ними отримані протягом семестру, скасовуються. Завдання контрольної роботи містять запитання, які відносяться до різних розділів кредитного модуля. Перелік залікових запитань наведено у Розділі 9, Додаток Б.

Для отримання залікової оцінки, сума всіх отриманих протягом семестру рейтингових балів **R** переводиться згідно з таблицею:

Кількість балів	Оцінка
95...100	відмінно
85...94	дуже добре
75...84	добре
65...74	задовільно
60...64	достатньо
RD < 60	незадовільно
Не виконані умови допуску	не допущено

Залікова контрольна робота проводиться на останньому практичному занятті у семестрі.

Білет залікової контрольної роботи містить чотири теоретичні питання, кожне питання по 25 балів. Максимально за залікову контрольну роботу можна отримати 100 балів. Питання охоплюють усі теми дисципліни.

### Система оцінювання теоретичних питань:

25 балів – повна, обґрунтована і вичерпна відповідь на питання, наведені практичні приклади;

23-22 бали – повна, вичерпна відповідь на питання;

19-18 балів – достатньо повна відповідь на питання або повна відповідь із незначними неточностями;

14-13 балів – неповна відповідь, відповідь має деякі помилки;

0 балів – неправильна відповідь або відповіді немає.



## 9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

### ДОДАТОК ДО СИЛАБУСУ А

#### Перелік питань для підготовки до МКР-1:

1. Дайте характеристику властивостей сульфатної целюлози.
2. Наведіть реакції лігніну в процесі лужного варіння (реакції розщеплення кисневих зв'язків у фенольних і нефенольних мономерах лігніну).
3. Поясніть важку здатність сульфатної целюлози до розмелювання.
4. Наведіть основні операції виробництва Сац целюлози.
5. Дайте характеристику варильного розчину (білого щолоку).
6. Наведіть реакції лігніну в процесі лужного варіння (реакції з NaOH та NaSH).
7. Реакції вуглеводів у процесі лужного варіння (загальні).
8. Наведіть побічні реакції, що перебігають в ході сульфатного варіння.
9. Наведіть загальний механізм варіння целюлози.
10. Наведіть переваги та недоліки сульфатного способу варіння.

#### Перелік питань для підготовки до МКР-2:

1. Техніка періодичного варіння. Розкрити суть основних операцій періодичного варіння целюлози.
3. Режими періодичного варіння. Коли проводять терпентинне здування?
4. Що таке загальна титрована лужність (весь луг) та активність лугу?
5. Назвіть системи примусової циркуляції щолоку та їх роль.
6. Охарактеризуйте способи випорожнення котла.
7. опишіть способи отримання скипидару.
8. Охарактеризуйте витрати пари на варіння целюлози.
9. Утилізація тепла та продуктів газових задувань в ході сульфатного варіння.
10. Сучасні способи періодичного варіння. Варіння целюлози з передгідролізом.
11. Технологічна схема процесу варіння целюлози в апаратах типу Камюр.
12. Отримання целюлози в апаратах типу Пандія. Їх переваги та недоліки.
13. Основні фактори, що впливають на процес сульфатного варіння.

#### Перелік питань для підготовки до МКР-3:

1. Підготовка сульфатного відпрацьованого щолоку та випаровування.
2. Дайте характеристику чорних щолоків.
3. Описати процеси збору та перероблення сульфатного мила
4. Охарактеризувати процеси, які відбуваються в ході спалювання відпрацьованих щолоків.
5. Теорія процесу каустизації щолоків
6. Дайте характеристику обладнання, яке використовується для проведення каустизації щолоків.
7. Дати оцінку основних факторів процесу каустизації зеленого щолоку.
8. Дайте характеристику складу плаву.
9. Що складає відпрацьований розчин сульфатного варіння?
10. Чому спосіб варіння целюлози називається сульфатним?

#### Перелік питань для підготовки до МКР-4:

1. Основна мета та завдання процесу вибілювання целюлози. Розкрити основні поняття процесу вибілювання.
2. Наведіть суть киснево-лужного вибілювання, його переваги в порівнянні з хлоруванням.
3. Навести коротку характеристику хлору та його сполук, як реагентів для вибілювання.
4. Охарактеризуйте роль лужного оброблення целюлози після хлорування.
5. Розкрийте суть видалення іонів перемінної валентності.
6. Розкрийте суть гіпохлоритного вибілювання та вибілювання діоксидом хлору.
7. Розкрийте суть процесів вибілювання целюлози озоном та пероксидом водню.
8. Розкрити особливості вибілювання целюлози за схемами ECF та TCF.
9. Навести особливості вибілювання та облагородження целюлози, призначеної для хімічного перероблення.
10. Перелічити основні фактори процесу та навести реакції лігніну під час хлорування целюлози.
11. Охарактеризуйте хімічні та механічні втрати волокна в ході вибілювання. Вихід целюлози після вибілювання.
12. Охарактеризуйте стічні води після вибілювання целюлози.
13. Охарактеризуйте вибілювання біологічними агентами.

## **Приблизний перелік питань, які виносяться на семестровий контроль з кредитного модуля «Технологія виробництва сульфатної целюлози»**

1. Дайте оцінку стану та перспектив розвитку волокнистих напівфабрикатів ЦПВ в Україні.
2. Наведіть загальну технологічну схему виробництва целюлози сульфатним способом.
3. Охарактеризуйте основні властивості сульфатної целюлози
4. Охарактеризуйте натронний спосіб отримання целюлози, його переваги та недоліки.
5. Дайте характеристику складу варильного розчину для сульфатного варіння.
6. Оцініть переваги та недоліки безперервного способу варіння.
7. Описати техніку періодичного сульфатного варіння.
8. Розкрити суть основних операцій періодичного варіння целюлози.
9. Навести технологічну схему процесу варіння целюлози в апаратах типу Камюр.
10. Розкрити особливості отримання целюлози в апаратах типу Пандія. Їх переваги та недоліки.
11. Навести основні реакції лігніну в процесі сульфатного варіння.
12. Навести реакції вуглеводів в процесі сульфатного варіння целюлози.
13. Охарактеризувати суть процесу передгідролізу в ході сульфатного варіння. Способи передгідролізу.
14. Провести аналіз основних факторів, що впливають на процес сульфатного варіння.
15. Дати характеристику варіння з антрахіноном та полісульфідного варіння.
16. Описати загальний механізм процесів варіння целюлози.
17. Розкрийте суть безперервного нормального (повільного) варіння целюлози.
18. Описати процеси збору та переробки сульфатного мила.
19. Проаналізувати основні операції періодичного сульфатного варіння.
20. Наведіть етапи підготовки щолоку до випарювання
21. Перелічіть властивості хлору як реагенту для вибілювання. Його недоліки.
22. Наведіть суть киснево-лужного вибілювання, його переваги в порівнянні з хлоруванням.
23. Проаналізуйте утилізацію тепла та продуктів газових задувань в процесі сульфатного варіння.
24. Дайте характеристику сульфатного відпрацьованого щолоку.
25. Охарактеризуйте сучасні способи періодичного варіння.
26. Навести загальні положення вибілювання целюлози пероксидом водню.
27. Розкрийте суть стабілізації целюлози в ході киснево-лужної обробки. Екологічні аспекти цього процесу.
28. Розкрийте суть гіпохлоритного вибілювання та вибілювання діоксидом хлору.
29. Описати хімізм вибілювання целюлози молекулярним хлором.
30. Охарактеризувати способи облагородження целюлози в ході вибілювання та основні параметри процесу.
31. Розкрийте суть процесів вибілювання целюлози озоном та пероксидом водню.
32. Пояснити роль лужної обробки целюлози після хлорування.
33. Наведіть основні поняття процесу вибілювання
34. Описати основи процесу каустизації зеленого щолоку.
35. Проаналізувати використання оборотних вод в ході вибілювання целюлози.
36. Розкрити особливості вибілювання целюлози за схемами ECF та TCF.
37. Навести особливості вибілювання целюлози, призначеної для хімічного перероблення.
38. Перелічити основні фактори процесу та навести реакції лігніну під час хлорування целюлози.
39. Дати характеристику складу білого сульфатного щолоку.
40. Пояснити причини обмеження широкого використання пероксиду водню для вибілювання целюлози.
41. Наведіть загальний механізм лужного варіння целюлози. Основні фактори, що впливають на процес.
42. Навести сучасні тенденції процесу вибілювання целюлози.
43. Дати оцінку основних факторів процесу каустизації зеленого щолоку.

### **Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

Складено к.т.н., доцентом Черьопкіною Романією Іванівною

Ухвалено кафедрою екології та технології рослинних полімерів (протокол № 13 від 23.06.2021 р.)

Погоджено Методичною комісією інженерно-хімічного факультету (протокол № 11 від 25.06.2021 р.)