



«ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОЄКТУВАННЯ В БІОЕНЕРГЕТИЦІ ТА ВОДООЧИЩЕННІ»

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>16 «Хімічна та біоінженерія»</i>
Спеціальність	<i>162 – Біотехнології та біоінженерія</i>
Освітня програма	<i>ОНП Біотехнології</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредитів ЄКТС, в т.ч. 18 лекційних годин та 18 годин практичних занять</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Іспит/МКР/ДКР</i>
Розклад занять	<i>Лекції: 1 год./тиждень; практичні заняття: 1 год./тиждень, згіднорозкладу</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: доктор техн. наук, професор Саблій Лариса Андріївна larisasabliy@ukr.net; 099-281-09-91 (Телеграм) Практичні: доктор техн. наук, професор Саблій Лариса Андріївна</i>
Розміщення курсу	<i>Матеріали курсу розміщені в Електронному Кампусі та на платформі Сікорський Дистанс</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Актуальність дисципліни «Обладнання та проектування в біоенергетиці та водоочищенні» полягає у розгляді та аналізі новітніх тенденцій у обладнанні і проектуванні систем біоенергетики та водоочищення, сучасного стану біоенергетичних установок та очисних станцій для очищення стічних вод; вивченні, як можна і потрібно одержувати енергію, забезпечувати очищення стічних вод від різноманітних забруднюючих речовин, у тому числі й від ксенобіотиків, а також від живих і мертвих клітин мікроорганізмів. Одержані знання дозволяють майбутнім висококваліфікованим спеціалістам легко орієнтуватися у складних і вкрай необхідних для виживання людства біогазових установках, очисних спорудах та обладнанні для відновлення якості води, зужитої у побуті, промисловості, сільському господарстві, рекреації, а також відкриватимуть перспективу в застосуванні знань для проектування і впровадження нових, поки що не реалізованих напрямків у біоенергетиці та очищенні води.

Метою дисципліни є формування у студентів здатностей до аналізу та вибору обладнання, необхідного в біоенергетиці та очищенні стічної води від різноманітних забруднюючих домішок; до розробки біогазових установок та очисних станцій для очищення стічних вод механічними, фізико-хімічними та біологічними методами для забезпечення якості очищеної води відповідно до умов скиду у природні водойми; до розуміння технологічних режимів роботи біогазових

установок і споруд для водоочищення; до управління технікою безпеки при експлуатації біоенергетичних установок та очисних споруд у системах водоочищення.

Основні завдання дисципліни - вибір способів, прийомів та технологій в біоенергетиці та для забезпечення водоочищення біологічними методами; підбір та проектування споруд, пристроїв та обладнання в біоенергетичних установках та на водоочисних станціях для ефективного використання відомих технологій та їх вдосконалення.

Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни, студенти після засвоєння дисципліни повинні отримати такі **здатності**:

- оволодіння знаннями щодо конструкцій та роботи біогазових установок; конструкцій споруд, пристроїв та обладнання для водоочищення;
- оволодіння принципами проектування апаратів, споруд та обладнання в біоенергетиці та водоочищенні;
- отримання відомостей щодо перспектив розвитку та вдосконалення обладнання та споруд в галузях біоенергетики та водоочищення.

Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни, студенти після засвоєння дисципліни повинні продемонструвати такі **результати навчання**:

- вміти розв'язувати прикладні завдання;
- вміти використовувати методики розрахунку споруд та обладнання у біоенергетиці та водоочищенні;
- вміти проектувати обладнання та споруди у біоенергетиці та водоочищенні;
- вміти працювати з проектною документацією, типовими проектами, нормативною та довідковою літературою.

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

Ґрунтується на знаннях, одержаних студентами при вивченні дисциплін: хімії (загальної та неорганічної, фізичної, колоїдної, органічної, аналітичної, біохімії), фізики, промислової екології.

Використовується при виборі, розрахунках і проектуванні споруд і обладнання в технологіях водоочищення для підвищення ефективності біологічного очищення води і стічних вод, одержання якісної очищеної води, відповідно до санітарних норм, в технологіях переробки утворених при очищенні води відходів, одержання біогазу, а також при виконанні проектних та наукових робіт з біоенергетики та водоочищення.

3. Зміст навчальної дисципліни

Вступна частина.

Завдання, об'єкти, використання. Основні напрямки розвитку та застосування. Основні терміни та визначення. Нові світові досягнення в галузях біоенергетики та водоочищення. Перспективи розвитку в Україні та світі. Основні принципи проектування споруд, пристроїв та обладнання біоенергетичних установок та станцій водоочищення. Технічні вимоги, нормативні документи.

Розділ 1. Обладнання та проектування в біоенергетиці.

Тема 1.1. Одержання біоводню.

Біореактори для одержання водню за допомогою мікроорганізмів. Фітобіореактори. Конструктивні особливості. Біореактори (ферментатори), призначені для бродіння. Конструкція, обладнання. Область застосування.

Тема 1.2. Одержання біогазу.

Метантенки. Конструкція. Типові проєкти метантенків. Метантенк з нерухомим незатопленим перекриттям. Обладнання для перемішування біомаси в метантенку: гідроелеватори, пропелерні мішалки, насоси; перемішування за допомогою рециркуляції газів бродіння, за допомогою пристроїв для підігріву біомаси: парового інжектора, теплообмінника. Проєктування типового вузла метантенка. Газгольдери, класифікація, конструктивні особливості. Пункт управління газгольдерами. Техніка безпеки при експлуатації біогазових установок. Споруди для очищення біогазу: скрубери, абсорбери. Проєктування біогазових установок.

Тема 1.3. Одержання біодизелю.

Реактори для проходження реакції етерифікації. Класифікація. Конструкція кавітаційних реакторів. Переваги і недоліки. Реактор з механічним перемішуванням. Особливість конструкції. Обладнання.

Тема 1.4. Одержання біоетанолу.

Обладнання для подрібнення сировини: дробарки і млини. Типи конструкцій. Класифікація млинів, особливості конструкцій і роботи. Дріжджові апарати (ферментатори). Конструкція. Бродильні апарати. Обладнання. Бродильна установка. Брагоперегонні апарати – ректифікаційні колони. Влаштування. Одноколонні і двохколонні апарати. Дефлегматори, конструкція. Ректифікаційні установки періодичної і безперервної дії. Влаштування триколонного брагоректифікаційного апарату. Обладнання.

Тема 1.5. Піроліз біомаси.

Піролізні установки. Трубчасті печі, конструкція, принцип роботи, обладнання. Абляційні пластинчасті реактори. Типи, конструктивні особливості. Реактори киплячого шару. Реактори плазмового піролізу. Використання реакторів для виробництва біонафти в світовій практиці. Принципи проєктування установок для одержання біопалива. Нормативні вимоги. Техніко-економічні характеристики установок.

Розділ 2. Обладнання та проєктування у водоочищенні.

Тема 2.1. Споруди для механічного та фізико-хімічного очищення стічних вод.

Решітки і сита. Призначення і класифікація решіток. Конструкції решіток. Технічні характеристики решіток. Влаштування решіток для станцій очищення стічних вод. Типові проєкти будівель решіток. Сита: дискові, стрічкові, барабанні (фільтр Вако), мікрофільтри. Подрібнення відходів. Дробарки та решітки-дробарки. Конструктивні особливості сучасних вітчизняних та закордонних типів решіток. Пісковловлювачі. Типи пісковловлювачів: горизонтальні, тангенційні, аеровані, вертикальні. Конструктивні особливості. Основні характеристики. Принцип роботи. Пристрої для видалення піску. Влаштування гідромеханічної системи переміщення осаду у піскові приямки у горизонтальних пісковловлювачах. Конструкція піскових майданчиків. Використання гідроциклонів та піскових бункерів для відмивання та зневоднення піску.

Тема 2.2. Первинні відстійники та флотатори.

Призначення і класифікація відстійників. Типи відстійників: горизонтальні, радіальні, вертикальні, тонкошарові. Конструктивні особливості. Основні характеристики. Принцип роботи. Пристрої для видалення осаду. Інтенсифікація роботи за рахунок периферійного впуску стічних вод, влаштування обертового водорозподільного і водозбірного пристроїв у радіальних відстійниках, тонкошарових блоків, попередньої аерації і біокоагуляції. Відстійники спеціального призначення: нафто-, жиро-, смоло-, шерсте-, вовновловлювачі; особливість конструкції. Флотаційні установки. Класифікація, область застосування. Конструктивні

особливості. Обладнання для подачі і диспергування повітря. Напірні флотаційні установки, класифікація, конструкція флотаційної камери, обладнання (насос, ежектор, напірний бак). Електрофлотатори. Конструкція пристроїв для збору та видалення флотаційного шламу. Принципи проектування флотаційних установок.

Тема 2.3. Споруди біологічного очищення стічних вод.

Споруди біологічного очищення стічних вод у природних умовах. Поля фільтрації. Влаштування полів фільтрації. Зрошувальна та дренажна системи. Проектування карт. Робота споруд в зимових умовах. Поля зрошення. Класифікація. Влаштування полів зрошення. Проектування зрошувальної мережі. Споруди очищення стічних вод малих об'єктів: поля підземної фільтрації, фільтрувальні канали, фільтрувальні колодязі, піщано-гравійні фільтри. Конструкція та область застосування. Біологічні ставки. Біологічні ставки з штучною і природною аерацією. Конструкція біоствків. Проектування каскадів біологічних ствків.

Тема 2.4. Споруди біологічного очищення стічних вод у штучних умовах.

Біологічні фільтри і аеротенки. Класифікація біофільтрів. Біофільтри з об'ємним завантаженням: краплинні, високонавантажувані, баштові. Конструктивні особливості. Розподільні та дренажні системи біофільтрів. Конструкція спринклерної системи біофільтра. Конструкція обертового реактивного зрошувача. Біофільтри з площинним завантаженням. Характеристика завантажень. Проектування біофільтрів. Дискові біофільтри. Конструкція, область використання. Барабанні біофільтри. Конструкція, область використання.

Тема 2.5. Аеротенки.

Класифікація аеротенків. Конструктивні особливості аеротенків-витиснювачів і аеротенків-змішувачів. Типові проекти аеротенків. Проектування коридорних аеротенків. Класифікація систем аерації. Дрібнобульбашкові аератори: фільтросні пластини, пористі труби, дискові, тканинні аератори. Середньобульбашкові аератори: труби з отворами, типу «Спарджер». Крупнобульбашкові аератори. Проектування аераторів на плані аеротенка. Механічні аератори: дискові, імпелерні, «Симплекс», рототурбінні, щітки Кессенера, клітинні. Переваги і недоліки механічних аераторів. Пневмомеханічні аератори. Струминні аератори.

Тема 2.6. Аеротенки-відстійники, аероакселератори, аеротенки-освітлювачі.

Особливості конструкції, умови використання. Проектування компактних споруд. Циркуляційні окислювальні канали. Система аерації в ЦОКах. Окситенки. Шахтні і баштові аеротенки. Особливості конструкції. Компактні установки заводського виготовлення: КУ, БЮ, КУО. Конструкція. Технічні характеристики. Проектні рішення. Сучасні зразки компактних установок. Біореактори нового покоління - SBR, UASB, EGSB, ABR, AF, AFB, DSFF, ANAMMOX, DEAMOX, конструкція, принцип роботи, область застосування. Новітні біореактори: анаеробні, аеробні, вертикального і горизонтального типу, з іммобілізованою біомасою на капроновому волокні, з гранульованим активним мулом, конструкцій НТУУ «КПІ» - простота влаштування, енергетична та техніко-економічна ефективність.

Тема 2.7. Вторинні відстійники і муловідокремлювачі.

Конструкції вторинних відстійників: вертикальних, горизонтальних, радіальних, тонкошарових. Проектування вторинних відстійників. Флотаційні муловідокремлювачі. Влаштування і принцип роботи. Конструкція флотаційного муловідокремлювача.

Тема 2.8. Споруди для доочищення стічних вод.

Споруди для фільтрування стічних вод: барабанні сітки, мікрофільтри, фільтри із зернистим завантаженням, наливні фільтри. Конструкція, принцип роботи, режим промивки, область застосування. Проектування фільтрувальної станції доочищення стічних вод. Конструкції фільтрів, матеріал завантаження. Ефективний гідропневматичний фільтр з пінополістирольним

завантаженням конструкції УПВГ. Біологічні ставки для доочищення стічних вод. Біосорбери із псевдозрідженим завантаженням з активованого вугілля. Конструкція. Принцип роботи, область застосування.

Тема 2.9. Споруди для знезараження стічних вод та випуски у водойми.

Установки для хлорування стічних вод. Хлоратори. Характеристика. Проектування хлораторної станції. Електролізні установки для знезаражування стічних вод гіпохлоритом натрію. Технічна характеристика. Принцип роботи. Змішувачі стічних вод з хлорною водою: типу «лоток Паршала», йоржеві. Конструкція та влаштування. Контактні резервуари. Типові конструкції горизонтального, вертикального і радіального типів. Випуски: берегові, руслові. Конструкція оголовків розсіювальних випусків.

Тема 2.10. Споруди для обробки та знешкодження осадів стічних вод.

Споруди для ущільнення осадів. Конструкції мулоущільнювачів: вертикальний, радіальний, флотаційний. Характеристика роботи та параметри для проектування. Сепаратори і центрифуги. Область застосування. Споруди для аеробної стабілізації осадів. Аеробні стабілізатори. Конструкція. Типові рішення. Система аерації та її влаштування. Типи аераторів. Споруди для зневоднення осадів у природних умовах. Мулові майданчики. Влаштування карт. Проектування мулових майданчиків, дренажних труб. Експлуатація мулових майданчиків в зимовий період.

Тема 2.11. Обладнання для механічного зневоднення осадів.

Барабанні вакуум-фільтри, конструкція, принцип роботи. Регенерація фільтрувального полотна. Технічна характеристика барабанних вакуум-фільтрів. Проектування вузла установки вакуум-фільтра. Типові проекти корпусів механічного зневоднення осадів на барабанних вакуум-фільтрах. Стрічкові вакуум-фільтри, конструкція. Фільтр-преси, конструкція. Принцип роботи. Серія фільтр-пресів ФПАКМ. Проектування цеху механічного зневоднення осадів на фільтр-пресах. Центрифуги, конструкція, принцип роботи. Серія центрифуг ОГШ, технічна характеристика. Проектування цеху механічного зневоднення осадів на центрифугах.

Тема 2.12. Обладнання для термічного сушіння і спалювання осадів.

Сушарки: барабанні, стрічкові, щілинні, із псевдозрідженим шаром осаду, пневмосушарки. Проектування сушильної установки: сушарки й допоміжного обладнання. Конструкція і принцип роботи барабанної сушарки. Барабанні печі для спалювання осадів. Печі із киплячим шаром. Багатоподові печі. Конструкції. Принцип роботи. Переваги і недоліки.

Тема 2.13. Проектування генерального плану майданчика очисних споруд.

Розташування майданчика очисних споруд населеного пункту. Зони санітарної охорони. Розміщення споруд, лотків і трубопроводів. Зображення земляних робіт. Забезпечення можливості черговості будівництва та розширення станції. Розташування допоміжних та обслуговуючих будівель, під'їзних та пішохідних доріг, трасування всіх необхідних комунікацій, озеленення території та її огороження. Вимоги ДБН, ДСТУ, санітарних норм, протипожежні і заходи з техніки безпеки. Управління безпекою праці. Охорона праці та безпека життєдіяльності при обслуговуванні біоенергетичних споруд. Охорона праці та безпека життєдіяльності при експлуатації споруд для очищення стічних вод. Поточний і капітальний ремонт обладнання й споруд у біоенергетиці та водоочищенні.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Рекомендована література

Базова:

1. Обладнання та проектування в біоенергетиці та водоочищенні та управління безпекою праці / Саблій Л.А., Бунчак О.М., Жукова В.С., Россінський В.М. // Підручник для студ. ВНЗ

спец. «Біотехнології та біоінженерія» рекомендовано. Вченою радою НТУУ «КПІ» / Під ред. Л.А. Саблій – Рівне: НУВГП, 2016 - 356 с.

2. Обладнання та проектування в біоенергетиці та водоочищенні та управління безпекою праці / Саблій Л.А., Бунчак О.М., Жукова В.С., Кононцев С.В. // Підручник для студ. ВНЗ спец. «Біотехнології та біоінженерія», рекомендовано. Вченою радою КПІ ім. Ігоря Сікорського / Під ред. Л.А. Саблій - 2-е вид., перероб. і доп. – Рівне: НУВГП, 2018 - 377 с.

Допоміжна:

3. Поліщук В. М. Процеси та обладнання біотехнологічного виробництва газових біопалив / Навч. посіб. для студ. вищих навч. закл. – К.: Видавничий центр НУБіП України, 2015. – 244 с.

4. Саблій Л.А. Фізико-хімічне та біологічне очищення висококонцентрованих стічних вод: Монографія. - Рівне: НУВГП, 2013. – 292 с.

5. Кононцев С. В., Саблій Л.А., Гроховська Ю.Р. Екологічна біотехнологія очищення стічних вод та культивування кормових організмів: Монографія. – Рівне: НУВГП, 2011. – 151 с.

6. Запольський А.К., Мєшкова-Клименко Н.А., Астрелін І.М., Брик М.Т., Гвоздяк П.І., Князькова Т.В. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод. - К.: «Лібра». - 2000. - 552с.

7. Голуб Н.Б., Боровик О.Я. Переробка біомаси: Навчальний посібник для студентів вищих навч. закладів. – К.: Комп'ютерпрес, 2014. – 170 с.

8. Саблій Л.А., Бойчук С.Д. Очищення стічних вод від органічних речовин в біореакторах з іммобілізованими мікроорганізмами / Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки : Наук.-техн зб. Вип. 21/Гол. ред. А.М. Тугай. – К. КНУБА, 2013. – С. 110-114.

9. Sabliy L., Kuzminskiy Y., Gvozdyak P., Łagód G. Anaerobic and aerobic treatment of wastewater of milk plants [Електронний ресурс] Society of Ecological Chemistry and Engineering (SEChE), Proceeding of ECOpole. – 2009. - Vol. 3. - No. 2. - P. 373-378. - Режим доступу до журн.:

http://tchie.uni.opole.pl/ecoproc09b/SabliyKuziminskiy_PESCO09_2.pdf

10. Саблій Л.А., Козар М.Ю. Ефективна технологія очищення стічних вод солодового заводу / Вісник Інженерної академії України. – 2013. - № 3-4. – С. 209-212.

11. Саблій Л.А., Козар М.Ю. Ефективність біологічного видалення сполук фосфору із стічних вод в різних кисневих умовах / Енергетика: економіка, технології, екологія. Науковий журнал. – К: НТУУ «КПІ», 2013. - № 2 (33). – С. 104-107.

12. Саблій Л.А. Нові технології біологічного очищення господарсько-побутових і виробничих стічних вод / Л.А. Саблій, Є.В. Кузьмінський, В.С. Жукова, М.Ю. Козар М.Ю. // Водопостачання та водовідведення: виробн.-практ. журнал. – 2014. - № 3. – С. 24-33.

13. Саблій Л.А. Очищення стічних вод шкіряних заводів фізико-хімічними та біологічними методами Вісник Київ. нац. ун-ту технологій та дизайну. - К.: КНУТД, 2012. - № 6 (68). - С. 91-97.

14. Саблій Л.А. Моделювання процесів в біоценозі біореакторів при очищенні висококонцентрованих стічних вод / Вісник Інженерної академії України. – 2012. - № 3-4. - С. 280-283.

15. Саблій Л.А., Жукова В.С. Очищення стічних вод від сполук азоту / Науковий вісник будівництва. - Х.: ХДТУБА ХОТВАБУ, 2011. - Вип. 63. - С. 431-435.

16. Мацнев А.І., Проценко С.Б., Саблій Л.А. Практикум з моніторингу та інженерних методів охорони довкілля. – Рівне: ВАТ “Рівненська друкарня”, 2002. - 462 с.

17. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. ДБН В.2.5 – 75: 2013 [Видання офіц.] / Оглобля О. (наук. керівник), Пархомович Г., Буланій О., Саблій Л.А. та ін. – К.: Мінрегіон України. – 2013. – 128 с.

18. Методичні вказівки до курсового проекту з дисципліни «Біотехнології очищення води» напряму підготовки 6.051401 – Біотехнологія. Електронне видання / Саблій Л.А., Бойчук С.Д., Жукова В.С. – К.: НТУУ «КПІ», 2013. – 58 с. [Гриф «Рекомендовано вченою радою факультету біотехнології і біотехніки НТУУ «КПІ» (Протокол № 7 від 26 червня 2013 р.)].

19. СанПиН 4630-88 Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от

загрязнення.

20. Волошин М.Д. Удосконалення технологій біологічної очистки стічних вод. – Дніпродзержинськ: Дніпродзержинський держ. техн ун-т, 2009. – 230 с.
21. Кернасюк Ю. Біогазова альтернатива розвитку АПК України / Агробізнес сьогодні. – N 18 (265), 2013.

Інформаційні ресурси:

22. Біогазові технології в Україні. Встановлення та робота біогазових установок. – Центр біогазових технологій. – Львів, 2011. – 30 с.
23. www.cba.org.ua/one/images/stories/CBA_news/Innovation_in_CBA/Budivnyctvo_i_ekspl_Biogas_2011.pdf
24. Марчук Л.П. Біогазові технології в аграрному секторі економіки України, 2013.
25. Dspace.mnau.edu.ua:8080/jspui/bitstream/123456789/541/1/Тези%20Марчук.Біогазові%20технології.pdf
26. Мироненко В.Г. та ін. Технології та технічні засоби виробництва біодизеля. Elibrary.nubip.edu.ua/6031/1/10mvgpob.pdf
27. www.hrs-heatexchangers.com/ru/applications/biofuels/bioethanol/default.aspx.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

Застосовуються стратегії активного і колективного навчання, які визначаються наступними методами і технологіями: методи проблемного навчання (проблемний виклад, частково-пошуковий (евристична бесіда); інформаційно-комунікаційні технології, що забезпечують проблемно-дослідницький характер процесу навчання та активізацію самостійної роботи студентів (електронні презентації для лекційних занять, використання аудіо-, відео-підтримки навчальних занять, розробка і застосування на основі комп'ютерних і мультимедійних засобів творчих завдань і ін.).

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
1	<u>Лекція 1. Вступна частина. Обладнання та проектування в біоенергетиці. Одержання біоводню. Одержання біогазу.</u> Завдання, об'єкти, використання. Основні напрямки розвитку та застосування. Основні терміни та визначення. Нові світові досягнення в галузях біоенергетики та водоочищення. Перспективи розвитку в Україні та світі. Основні принципи проектування споруд, пристроїв та обладнання біоенергетичних установок та станцій водоочищення. Технічні вимоги, нормативні документи. Біореактори для одержання водню за допомогою мікроорганізмів. Фітобіореактори. Конструктивні особливості. Біореактори (ферментатори), призначені для бродіння. Конструкція, обладнання. Область застосування. Метантенки. Конструкція. Типові проекти метантенків. Метантенк з нерухомим незатопленим перекриттям. Обладнання для перемішування біомаси в метантенку: гідроелеватори, пропелерні мішалки, насоси, за допомогою рециркуляції газів бродіння, за допомогою пристроїв для підігріву біомаси: парового інжектора, теплообмінника. Проектування типового вузла метантенка. Газгольдері. Класифікація. Конструктивні особливості. Пункт управління газгольдерами. Техніка безпеки при експлуатації біогазових установок. Споруди для очищення біогазу: скрубери, абсорбери. Проектування біогазових установок. <i>Література: (1); (2).</i>

2	<p><u>Лекція 2. Одержання біодизелю. Одержання біоетанолу. Піроліз біомаси.</u></p> <p>Реактори для проходження реакції естерифікації. Класифікація. Конструкція кавітаційних реакторів. Переваги і недоліки. Реактор з механічним перемішуванням. Особливість конструкції, обладнання. Обладнання для подрібнення сировини: дробарки і млини. Типи конструкцій. Класифікація млинів, особливості конструкцій і роботи. Дріжджові апарати (ферментатори). Конструкція. Бродильні апарати. Обладнання. Бродильна установка. Брагоперегонні апарати – ректифікаційні колони. Влаштування. Одноколонні і двоколонні апарати. Дефлегматори, конструкція. Ректифікаційні установки періодичної і безперервної дії. Влаштування триколонного брагоректифікаційного апарату. Обладнання. Піролізні установки. Трубчасті печі, конструкція, принцип роботи, обладнання. Абляційні пластинчасті реактори. Типи, конструктивні особливості. Реактори киплячого шару. Реактори плазмового піролізу. Використання реакторів для виробництва біонафти в світовій практиці. Принципи проектування установок для одержання біопалива. Нормативні вимоги. Техніко-економічні характеристики установок.</p> <p><i>Література: (1); (3).</i></p>
3	<p><u>Лекція 3. Обладнання та проектування у волоочисненні. Споруди для механічного та фізико-хімічного очищення стічних вод.</u></p> <p>Решітки і сита. Призначення і класифікація решіток. Конструкції решіток. Технічні характеристики решіток. Влаштування решіток для станцій очищення стічних вод.</p> <p>Типові проекти будівель решіток. Сита: дискові, стрічкові, барабанні (фільтр Вако), мікрофільтри. Подрібнення відходів. Дробарки та решітки-дробарки. Конструктивні особливості сучасних вітчизняних та закордонних типів решіток. Пісковловлювачі. Типи пісковловлювачів: горизонтальні, тангенційні, аеровані, вертикальні. Конструктивні особливості. Основні характеристики. Принцип роботи. Пристрої для видалення піску. Влаштування гідромеханічної системи переміщення осаду у піскові прямки у горизонтальних пісковловлювачах. Конструкція піскових майданчиків. Використання гідроциклонів та піскових бункерів для відмивання та зневоднення піску.</p> <p><i>Література: (1); (2).</i></p>
4	<p><u>Лекція 4. Первинні відстійники та флотатори. Споруди біологічного очищення стічних вод.</u></p> <p>Призначення і класифікація відстійників. Типи відстійників: горизонтальні, радіальні, вертикальні, тонкошарові. Конструктивні особливості. Основні характеристики. Принцип роботи. Пристрої для видалення осаду. Інтенсифікація роботи за рахунок периферійного впуску стічних вод, влаштування обертового водорозподільного і водозбірних пристроїв – у радіальних відстійниках, тонкошарових блоків, попередньої аерації і біокоагуляції. Відстійники спеціального призначення: нафто-, жиро-, смоло-, шерсте-, вовновловлювачі; особливість конструкції. Флотаційні установки. Класифікація, область застосування. Конструктивні особливості. Обладнання для подачі і диспергування повітря. Напірні флотаційні установки, класифікація, конструкція флотаційної камери, обладнання (насос, ежектор, напірний бак). Електрофлотатори. Конструкція пристроїв для збору та видалення флотаційного шламу. Принципи проектування флотаційних установок. Споруди біологічного очищення стічних вод у природних умовах. Поля фільтрації. Влаштування полів фільтрації. Зрошувальна та дренажна системи. Проектування карт. Робота споруд в зимових умовах. Поля зрошення. Класифікація. Влаштування полів зрошення. Проектування зрошувальної мережі. Споруди очищення стічних вод малих об'єктів: поля підземної фільтрації, фільтрувальні канали, фільтрувальні колодязі, піщано-гравійні фільтри. Конструкція та область застосування. Біологічні ставки. Біологічні ставки із штучною і природною аерацією. Конструкція біоствітків. Проектування каскадів біологічних ставків.</p> <p><i>Література: (1); (2).</i></p>

5	<p><u>Лекція 5. Споруди біологічного очищення стічних вод у штучних умовах. Аеротенки.</u></p> <p>Біологічні фільтри і аеротенки. Класифікація біофільтрів. Біофільтри з об'ємним завантаженням: краплинні, високонавантажувальні, баштові. Конструктивні особливості. Розподільні та дренажні системи біофільтрів. Конструкція спринклерної системи біофільтра. Конструкція обертового реактивного зрошувача. Біофільтри з площинним завантаженням. Характеристика завантажень. Проектування біофільтрів. Дискові біофільтри. Конструкція, область використання. Барабанні біофільтри. Конструкція, область використання. Класифікація аеротенків. Конструктивні особливості аеротенків-витиснювачів і аеротенків-змішувачів. Типові проекти аеротенків. Проектування коридорних аеротенків. Класифікація систем аерації. Дрібнобульбашкові аератори: фільтросні пластини, пористі труби, дискові, тканинні аератори. Середньобульбашкові аератори: труби з отворами, типу «Спарджер». Крупнобульбашкові аератори. Проектування аераторів на плані аеротенка. Механічні аератори: дискові, імпелерні, «Симплекс», рототурбінні, щітки Кессенера, клітинні. Переваги і недоліки механічних аераторів. Пневмомеханічні аератори. Струминні аератори.</p> <p><i>Література: (1); (2).</i></p>
6	<p><u>Лекція 6. Аеротенки-відстійники, аероакселератори, аеротенки-освітлювачі. Вторинні відстійники і муловідокремлювачі.</u></p> <p>Особливості конструкції, умови використання. Проектування компактних споруд. Циркуляційні окислювальні канали. Система аерації в ЦОКах. Окситенки. Шахтні і баштові аеротенки. Особливості конструкції. Компактні установки заводського виготовлення: КУ, БІО, КУО. Конструкція. Технічні характеристики. Проектні рішення. Сучасні зразки компактних установок. Біореактори нового покоління - SBR, UASB, EGSB, ABR, AF, AFB, DSFF, ANAMMOX, DEAMOX, конструкція, принцип роботи, область застосування. Новітні біореактори: анаеробні, аеробні, вертикального і горизонтального типу, з іммобілізованою біомасою на капроновому волокні, з гранульованим активним мулом, конструкцій НТУУ «КПІ» - простота влаштування, енергетична та техніко-економічна ефективність. Конструкції вторинних відстійників: вертикальних, горизонтальних, радіальних, тонкошарових. Проектування вторинних відстійників. Флотаційні муловідокремлювачі. Влаштування і принцип роботи. Конструкція флотаційного муловідокремлювача.</p> <p><i>Література: (1); (2).</i></p>
7	<p><u>Лекція 7. Споруди для доочищення стічних вод. Споруди для знезараження стічних вод та випуски у водойми.</u></p> <p>Споруди для фільтрування стічних вод: барабанні сітки, мікрофільтри, фільтри із зернистим завантаженням, наливні фільтри. Конструкція, принцип роботи, режим промивки, область застосування. Проектування фільтрувальної станції доочищення стічних вод. Конструкції фільтрів, матеріал завантаження. Ефективний гідропневматичний фільтр з пінополістирольним завантаженням конструкції УПВГ. Біологічні ставки для доочищення стічних вод. Біосорбери із псевдозрідженим завантаженням із активованого вугілля. Конструкція. Принцип роботи, область застосування. Установки для хлорування стічних вод. Хлоратори. Характеристика. Проектування хлораторної станції. Електролізні установки для знезараження стічних вод гіпохлоритом натрію. Технічна характеристика. Принцип роботи. Змішувачі стічних вод із хлорною водою: типу «лоток Паршала», йоржеві. Конструкція та влаштування. Контактні резервуари. Типові конструкції горизонтального, вертикального і радіального типу. Випуски: берегові, руслові. Конструкція оголовків розсіювальних випусків.</p> <p><i>Література: (1); (2).</i></p>

8	<p><u>Лекція 8. Споруди для обробки та знешкодження осадів стічних вод. Обладнання для механічного зневоднення осадів.</u></p> <p>Споруди для ущільнення осадів. Конструкції мулоущільнювачів: вертикальний, радіальний, флотаційний. Характеристика роботи та параметри для проектування. Сепаратори і центрифуги. Область застосування. Споруди для аеробної стабілізації осадів. Аеробні стабілізатори. Конструкція. Типові рішення. Система аерації та її влаштування. Типи аераторів. Споруди для зневоднення осадів у природних умовах. Мулові майданчики. Влаштування карт. Проектування мулових майданчиків, дренажних труб. Експлуатація мулових майданчиків в зимовий період. Барабанні вакуум-фільтри. Конструкція, принцип роботи. Регенерація фільтрувального полотна. Технічна характеристика барабаних вакуум-фільтрів. Проектування вузла установки вакуум-фільтра. Типові проекти корпусів механічного зневоднення осадів на барабаних вакуум-фільтрах. Стрічкові вакуум-фільтри. Конструкція. Фільтр-преси. Конструкція. Принцип роботи. Серія фільтр-пресів ФПАКМ. Проектування цеху механічного зневоднення осадів на фільтр-пресах. Центрифуги. Конструкція, принцип роботи. Серія центрифуг ОГШ, технічна характеристика. Проектування цеху механічного зневоднення осадів на центрифугах.</p> <p><i>Література: (1); (2).</i></p>
9	<p><u>Лекція 9. Обладнання для термічного сушіння і спалювання осадів. Проектування генерального плану майданчика очисних споруд.</u></p> <p>Сушарки: барабанні, стрічкові, щілинні, із псевдозрідженим шаром осаду, пневмосушарки. Проектування сушильної установки: сушарки й допоміжного обладнання. Конструкція і принцип роботи барабанної сушарки. Барабанні печі для спалювання осадів. Печі із киплячим шаром. Багатоподові печі. Конструкції. Принцип роботи. Переваги і недоліки. Розташування майданчика очисних споруд населеного пункту. Зони санітарної охорони. Розміщення споруд, лотків і трубопроводів. Зображення земляних робіт. Забезпечення можливості черговості будівництва та розширення станції. Розташування допоміжних та обслуговуючих будівель, під'їзних та пішохідних доріг, трасування всіх необхідних комунікацій, озеленення території та її огороження. Вимоги ДБН, ДСТУ, санітарних норм, протипожежні і заходи з техніки безпеки. Схема висотного розміщення очисних споруд. Управління безпекою праці. Охорона праці та безпека життєдіяльності при обслуговуванні біоенергетичних споруд. Охорона праці та безпека життєдіяльності при експлуатації споруд для очищення стічних вод. Поточний і капітальний ремонт обладнання й споруд у біоенергетиці та водоочищенні.</p> <p><i>Література: (1); (2).</i></p>

Практичні заняття

Основними завданнями циклу практичних занять з дисципліни «Обладнання та проектування в біоенергетиці та водоочищенні» є формування у студентів вміння розв'язувати прикладні завдання, виконувати розрахунки очисних споруд для біогазових установок та біологічного очищення стічних вод, вибирати типові проекти та конструкторські рішення, працювати з нормативними, довідковими джерелами, проектною та конструкторською документацією.

Застосовуються стратегії активного і колективного навчання, які визначаються наступними методами і технологіями: особистісно-орієнтовані (розвиваючі) технології, засновані на активних формах і методах навчання («мозковий штурм», дискусія, експрес-конференція, навчальні дебати, застосування на основі комп'ютерних і мультимедійних засобів творчих завдань).

№ з/п	Назва теми заняття
1	Визначення розрахункових витрат і концентрацій забруднюючих речовин стічних вод. <i>Література: (2); (19).</i>
2	Розрахунок решіток та обладнання. <i>Література: (2); (19).</i>
3	Розрахунок та проектування пісковловлювачів. <i>Література: (2); (19).</i>
4	Розрахунок первинних відстійників і підбір обладнання. <i>Література: (2); (19).</i>
5	Розрахунок аеротенків та обладнання. <i>Література: (2); (19).</i>
6	Розрахунок системи аерації аеротенків. <i>Література: (2); (19).</i>
7	Розрахунок вторинних відстійників та споруд для знезараження стічних вод. <i>Література: (2); (19).</i>
8	Розрахунок витрат осадів і надлишкового активного мулу при очищенні стічних вод. Розрахунки метантенків і газгольдерів та підбір обладнання. <i>Література: (2); (19).</i>
9	Модульна контрольна робота

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента по дисципліні включає підготовку до аудиторних занять (36 годин), модульної контрольної (2 години), виконання ДКР (10 годин), підготовка до іспиту (30 годин) та самостійне вивчення тем, перелік яких наводиться нижче (36 годин).

№ з/п	Назви тем і питань, що виносяться на самостійне опрацювання, та посилання на навчальну літературу	Кількість годин СРС
	<u>Теми:</u>	
1	Анаеробні біореактори з гранульованим мулом для очищення висококонцентрованих стічних вод та їх обладнання. <i>Література: (1); (2).</i>	6
2	Біореактори з носіями іммобілізованих мікроорганізмів типу ВІЯ та їх обладнання. <i>Література: (1); (2).</i>	6

3	Анаеробні біофільтри для очищення висококонцентрованих стічних вод та їх обладнання. <i>Література: (1); (2).</i>	6
4	Анаеробні гібридні біореактори для очищення стічних вод та їх обладнання. <i>Література: (1); (2).</i>	6
5	Біогазові установки та їх обладнання. <i>Література: (1); (2).</i>	6
6	Метантенки для переробки відходів та їх обладнання. <i>Література: (1); (2).</i>	6

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Політика щодо дедлайнів та перескладання: Роботи, які здаються із порушенням термінів без поважних причин, оцінюються на нижчу оцінку. Перескладання тем (модулів) відбувається за наявності поважних причин.

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>. Використання додаткових джерел інформації під час оцінювання знань заборонено (у т.ч. мобільних девайсів). Мобільні пристрої дозволяється використовувати лише під час он-лайн тестування та виконання розрахунків.

Норми етичної поведінки: 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>.

Політика щодо відвідування: Відвідування лекцій, практичних занять, а також відсутність на них, не оцінюється. Однак, студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для формування компетентностей, визначених стандартом освіти. Система оцінювання орієнтована на отримання балів за активність студента, а також виконання завдань, які здатні розвинути практичні уміння та навички. За об'єктивних причин (наприклад, хвороба, працевлаштування, міжнародне стажування тощо) навчання може відбуватися в он-лайн формі за погодженням із керівником курсу.

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

Поточний контроль: виконання завдання на практичному занятті (24 бали), МКР (16 балів), виконання ДКР (20 балів). Загальна сума балів за семестрову роботу – 60 балів.

Докладніша інформація щодо поточного контролю та критеріїв оцінювання наведена в PCO з дисципліни (додаток 2).

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: іспит. Загальна сума балів на іспиті – 40 балів. Докладніша інформація щодо проведення та оцінювання наведена в PCO з дисципліни (додаток 2).

Умови допуску до семестрового контролю: зарахування усіх практичних робіт, написання МКР, виконання і захист ДКР та семестровий рейтинг $R_c > 40$.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре

84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доктором техн. наук, професором Саблій Ларисою Андріївною

Ухвалено кафедрою біоенергетики, біоінформатики та екобіотехнології (протокол № 15 від 29.06.2022 р.).

Погоджено методичною комісією факультету (протокол № 9 від 30.06.2022 р.).

Завдання на модульну контрольну роботу

1. Основні принципи проектування споруд, пристроїв та обладнання біоенергетичних установок та станцій водоочищення.
2. Метантенки. Конструкція, обладнання. Метантенк з нерухомим незатопленим перекриттям.
3. Газгольдери. Класифікація. Конструктивні особливості.
4. Споруди для очищення біогазу: скрубери, абсорбери.
5. Реактори для проходження реакції етерифікації. Класифікація. Конструкція кавітаційних реакторів.
6. Обладнання для подрібнення сировини: дробарки і млини. Типи конструкцій. Класифікація млинів, особливості конструкцій і роботи.
7. Дріжджові апарати (ферментатори). Конструкція.
8. Бродильні апарати. Обладнання. Бродильна установка.
9. Брагоперегонні апарати – ректифікаційні колони. Влаштування. Одноколонні і двохколонні апарати.
10. Піролізні установки. Трубчасті печі, конструкція, принцип роботи, обладнання. Абляційні пластинчасті реактори. Типи, конструктивні особливості.
11. Реактори киплячого шару. Реактори плазмового піролізу.
12. Споруди для механічного очищення стічних вод Решітки і сита. Призначення і класифікація решіток.
13. Пісковловлювачі. Типи пісковловлювачів: горизонтальні, тангенційні, аеровані, вертикальні. Конструктивні особливості.
14. Призначення і класифікація відстійників. Типи відстійників: горизонтальні, радіальні, вертикальні, тонкошарові. Конструктивні особливості.
15. Флотаційні установки. Класифікація, область застосування. Конструктивні особливості. Обладнання для подачі і диспергування повітря.
16. Споруди біологічного очищення стічних вод у природних умовах. Поля фільтрації і поля зрошування. Влаштування зрошувальної та дренажної систем.
17. Споруди очищення стічних вод малих об'єктів: поля підземної фільтрації, фільтрувальні канали, фільтрувальні колодязі, піщано-гравійні фільтри.
18. Біологічні фільтри. Класифікація біофільтрів. Конструктивні особливості. Розподільні та дренажні системи біофільтрів.
19. Аеротенки. Класифікація аеротенків. Конструктивні особливості аеротенків-витиснювачів і аеротенків-змішувачів.
20. Класифікація систем аерації. Влаштування в аеротенках. Конструктивні особливості аераторів різних типів.
21. Аеротенки-відстійники, аероакселератори, аеротенки-освітлювачі. Особливості конструкції, умови використання.
22. Циркуляційні окислювальні канали. Система аерації в ЦОКах. Окситенки. Шахтні і баштові аеротенки. Особливості конструкції.
23. Біореактори нового покоління - SBR, UASB, EGSB, ABR, AF, AFB, DSFF, ANAMMOX, DEAMOX, конструкція, принцип роботи, область застосування.
24. Вторинні відстійники і муловідокремлювачі. Конструкції вторинних відстійників і муловідокремлювачів. Область застосування.
25. Споруди для фільтрування стічних вод: барабанні сітки, мікрофільтри, фільтри із зернистим завантаженням, наливні фільтри. Конструкція, область застосування.

26. Споруди для знезараження стічних вод. Хлоратори. Змішувачі стічних вод із хлорною водою. Контактні резервуари.
27. Споруди для ущільнення осадів. Конструкції мулоущільнювачів. Характеристика роботи.
28. Споруди для аеробної стабілізації осадів. Аеробні стабілізатори. Переваги і недоліки.
29. Споруди для зневоднення осадів у природних умовах. Мулові майданчики.
30. Обладнання для механічного зневоднення осадів. Барабанні вакуум-фільтри. Конструкція, принцип роботи.
31. Фільтр-преси. Конструкція. Принцип роботи. Серія фільтр-пресів ФПАКМ.
32. Центрифуги. Конструкція, принцип роботи.
33. Сушарки: барабанні, стрічкові, щілинні, із псевдозрідженим шаром осаду, пневмосушарки. Область застосування.
34. Барабанні печі для спалювання осадів. Печі із киплячим шаром. Багатоподові печі. Конструкції.
35. Проектування генерального плану майданчика очисних споруд.
36. Схема висотного розміщення очисних споруд. Побудова профілів «по воді» та «по мулу».

Додаток 2

Рейтингова система оцінювання результатів навчання

Рейтинг студента складається з балів, що він отримує за:

- 1) виконання завдань на 8 практичних заняттях;
- 2) 1 модульну контрольну роботу;
- 3) виконання та захист ДКР.

Система рейтингових (вагових) балів занять і рейтингових оцінок за видами контролю

№ з/п	Вид контролю	Бал	Кількість	Сума балів
1	ДКР			
	- ваговий бал G_k	20	1	20
	- якість виконання і захист*	0-20		
2	Модульна контрольна робота			
	- ваговий бал G_k	16	1	16
	- якість виконання**	0-16		
3	Завдання на практичному занятті	3	8	24
	- якість виконання***	0-3		
	Всього			60

* - Якість виконання ДКР і захист (захист включає знання з лекційного матеріалу):

захист роботи

- 5 балів;

правильно виконана робота

- 13 - 15 балів;

робота виконана з помилками в одному завданні

- 10 - 12 балів;

робота виконана з помилками у двох завданнях	- 6 - 9 балів;
робота не зарахована	- 0 балів.
** - Якість виконання контрольної роботи: повна розкрита відповідь	- 14 - 16 балів;
помилка в одному завданні або неповна відповідь в двох завданнях	- 11 - 13 балів;
помилка в одному завданні або неповна відповідь на усі завдання	- 8 - 10 балів;
помилка в двох завданнях	- 6 - 7 балів;
робота не зарахована	- 0 балів.
*** - Виконання завдання на практичному занятті:	
- повністю виконаний розрахунок	- 3 бали;
- не повністю виконане завдання	- 2 бали;
- робота не зарахована	- 0 балів.

Розрахунок шкали (R) рейтингу

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$R_c = 20 + 16 + 24 = 60 \text{ балів}$$

Форма атестації передбачена у вигляді іспиту з сумою балів 40, тому рейтингова шкала з дисципліни складає:

$$R_c = 60 + 40 = 100 \text{ балів.}$$

Необхідною умовою допуску до семестрової атестації є зарахування всіх практичних робіт, написання МКР, виконання та захист РГР та семестровий рейтинг $R_c > 40$.

Рейтинг	Традиційна оцінка
$95 < R < 100$	відмінно
$85 < R < 94$	дуже добре
$75 \leq R < 84$	добре
$65 \leq R < 74$	задовільно
$60 < R < 64$	достатньо
$R < 60$	незадовільно

Іспитова робота являє собою відповідь на білет, який містить у собі 4 теоретичні питання. Відповідь на кожне питання оцінюється 0-10 балів.

Критерії оцінювання відповіді на питання:

- повна розгорнута відповідь на питання – 9-10 балів;
- правильна, але неповна відповідь – 8-9 бали;
- відповідь з несуттєвими помилками – 7-8 балів;
- відповідь з грубими помилками - 6 балів;
- неправильна відповідь або відсутність відповіді (робота не зарахована) відсутність відповіді на два запитання – 0 балів.

Загальний рейтинг

Рейтинг	Традиційна оцінка
$95 < R < 100$	відмінно
$85 < R < 94$	дуже добре
$75 \leq R < 84$	добре
$65 \leq R < 74$	задовільно
$60 < R < 64$	достатньо
$R < 60$	незадовільно

Приклад завдання на домашню контрольну роботу (ДКР)

Національний технічний університет України
 "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"
 Кафедра біоенергетики, біоінформатики та екобіотехнології

ЗАВДАННЯ

до ДКР з дисципліни «Обладнання та проектування в біоенергетиці та водоочищенні»

на тему: Проектування очисних споруд біологічного очищення стічних вод міста (або промислового підприємства)
 студенту 5 курсу, групи _____ факультету ФБТ _____

Вихідні дані для проектування

Розрахункова витрата міських (або промислових) стічних вод 55000 м³/добу.

У варіанті промислових СВ промислове підприємство _____

Середньорічна температура стічних вод, що поступають на очисні споруди, 15 °С.

Населений пункт розташований в Вінницькій області.

Розрахувати очисні споруди біологічного очищення стічних вод з показниками очищеної стічної води: завислі речовини – 15 мг/дм³; БСК_{повн} – 15 мг/дм³.

Допоміжні споруди та обладнання призначаються відповідно до прийнятого методу очищення стічних вод та складу очисних споруд.

ДКР повинна вмішувати:

1. Розрахунок витрат і концентрацій забруднень міських (промислових) стічних вод.
2. Опис і схему технології біологічного очищення міських (промислових) стічних вод.
3. Технологічні розрахунки очисних споруд та обладнання для біологічного очищення: аеротенки (біофільтри), вторинні відстійники та їх обладнання. Вибір конструкцій очисних споруд з використанням типових проєктів. Вибір обладнання та пристроїв для роботи очисних споруд з використанням типових проєктних рішень.

Завдання видане: _____

Керівник:

професор Саблій Л.А. _____