

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет



2023 р.

ПРОГРАМА

**вступного іспиту при прийомі на навчання
для здобуття ступеня «доктор філософії» зі спеціальності
161 «Хімічні технології та інженерія»**

1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Базовою дисципліною для вступного іспиту в аспірантуру за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія» є «Процеси та апарати хімічних хімічних виробництв». Процеси та апарати хімічних виробництв є фундаментальною науково-технічною дисципліною, у якій вивчаються теоретичні закономірності основних процесів хімічної і нафтопереробної технологій та конструкції типових апаратів. Ця дисципліна базується на комплексі загальноосвітніх і спеціальних дисциплін і є основою для рішення наукових і інженерних прикладних проблем, зв'язаних з розрахунком хіміко-технологічних процесів і проектуванням хімічного обладнання.

Дана програма вступних іспитів в аспірантуру за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія» складена на основі "Типової програми кандидатського іспиту зі спеціальності 05.17.08 – Процеси та обладнання хімічної технології" (Постанова Кабінету Міністрів України від 29 квітня 2015 р. № 266 та узагальнена таблиця зіставлення напрямів підготовки (Наказ МОН України від 06.11.2015 р. № 1151).

У програмі розширені питання, що стосуються фізико-хімічних основ, математичного моделювання і оптимізації основних процесів і апаратів хімічної технології. Саме на цих питаннях кандидат в аспіранти може

продемонструвати творчий характер вивчених ним теоретичних і інженерних основ хіміко-технологічних процесів і апаратів, уміння бачити перспективний напрямок у розвитку науки і техніки хімічної і нафтопереробної технологій.

2. АНОТАЦІЇ ТА ТИПОВІ ПИТАННЯ З ДИСЦИПЛІНИ, ЩО ВИНОСТЬСЯ НА КОНТРОЛЬНИЙ ЗАХІД

Типові питання, що виносяться на вступний іспит по дисципліні «Процеси та апарати хімічних виробництв».

1 ЗАГАЛЬНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ ПРОЦЕСІВ І ПРИНЦИПИ РОЗРАХУНКУ АПАРАТІВ

КЛАСИФІКАЦІЯ ОСНОВНИХ ПРОЦЕСІВ ХІМІЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ на основі кінетичних закономірностей і за принципом організації процесів.

ЗАГАЛЬНА ТЕОРІЯ ЯВИЩ ПЕРЕНОСУ в суцільних середовищах. Аналогія між механізмами переносу кількості руху (грузлий плин), енергії (теплопровідність, конвекція) і маси (дифузія). Особливості явищ переносу в газах, краплинних рідинах і твердих тілах. Поняття про макрокінетику і мікрокінетику основних процесів; їх відносне значення для явищ переносу. Стадії процесів переносу, що лімітують.

ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ РОЗРАХУНКУ ПРОЦЕСІВ І АПАРАТІВ. Визначення масових потоків і енергетичних витрат за допомогою матеріальних і енергетичних (теплових) балансів. Розрахунок граничних (рівноважних) умов і визначення напрямку протікання основних процесів. Загальний вид рівнянь швидкості процесів; кінетичні коефіцієнти і рушійні сили. Вплив нерівномірності розподілу елементів потоку часом перебування на середню рушійну силу. Принципи розрахунку основних розмірів апаратів.

ТЕОРІЯ ПОДОБИ, як навчання про методи наукового узагальнення результатів експериментальних досліджень; її значення для моделювання основних процесів і апаратів. Основні теореми теорії подоби. Подібне перетворення диференціальних рівнянь, що описують процес, і одержання узагальнених критеріальних рівнянь. Обмеження в застосуванні методів теорії подоби та аналізу розмірностей.

ФІЗИЧНЕ І МАТЕМАТИЧНЕ моделювання. Застосування для моделювання технологічних процесів обчислювальної техніки; її роль і значення для аналізу, розрахунку і керування основними процесами та апаратами. Основні вимоги до дослідження процесів і апаратів на лабораторних і напізваводських установках з метою поширення результатів на об'єкти промислових масштабів.

2 ГІДРОМЕХАНІЧНІ ПРОЦЕСИ ТА АПАРАТИ

2.1 ОСНОВИ ПРИКЛАДНОЇ ГІДРАВЛІКИ В ХІМЧНІЙ АПАРАТУРІ

Загальні представлення про рідини як суцільних середовищах. Ідеальні і реальні (грузлі) рідини. Краплинні і пружні рідини. Об'ємні і поверхневі сили, що діють на рідину.

Внутрішня, зовнішня і змішана (сполучена) задачі гідродинаміки. Поле швидкостей і поле тисків при сталому і несталому русі рідини. Гіdraulічний радіус і еквівалентний діаметр. Градієнт швидкості. Закон внутрішнього тертя Ньютона; його фізичний зміст. Динамічна і кінематична в'язкості. Ньютонівські і неньютонівські рідини. Ламінарний і турбулентний режим руху рідини, їх механізм. Профіль швидкостей при ламінарному русі; співвідношення між середньою швидкістю і максимальною швидкістю по осі трубопроводу (закон Стокса). Залежність між об'ємною витратою рідини і перепадом тиску (рівняння Пуазейля).

Профіль швидкостей при турбулентності руху; співвідношення між середньою і максимальною швидкістю по осі трубопроводу. Турбулентне ядро потоку і гідродинамічний прикордонний шар. Ламінарний (грузлий) підшар, його вплив на величину гіdraulічного опору і на швидкість протікання теплових і масообмінних процесів.

ОСНОВНІ РІВНЯННЯ ГІДРОДИНАМІКИ. Рівняння нерозривності потоку і рівняння сталості витрати (для сталого руху рідини). Диференціальні рівняння руху ідеальної рідини Ейлера. Диференціальні рівняння руху грузлої рідини Навье-Стокса. Значення системи рівнянь Навье-Стокса і рівнянь нерозривності потоку для рішення задач прикладної гідродинаміки.

Рівняння Бернуллі для ідеальної і реальної рідин. Практичні додатки рівняння Бернуллі.

Гідродинамічна подоба. Подібне перетворення рівнянь Навье-Стокса. Критерії гідродинамічної подоби, їх фізичний зміст. Симплекси геометричної подоби. Узагальнене рівняння гідродинаміки; його модифікація для умов наближеного моделювання гідromеханічних процесів. Похідні критерії подоби (Галилея, Архімеда, Лященка).

Основні принципи аналізу розмірностей; Пі - теорема.

ГІДРАВЛІЧНИЙ ОПІР ТРУБОПРОВОДІВ І АПАРАТІВ. Коефіцієнти опору тертя по довжині і коефіцієнти місцевих опорів. Коефіцієнти тертя. Залежність коефіцієнтів тертя від критерію Рейнольдса і відносної шорсткості стінок труби (каналу) при ламінарному русі і для різних областей (зон) турбулентного руху.

РОЗРАХУНОК ДІАМЕТРА ТРУБОПРОВОДІВ на основі рівняння витрати.

Техніко-економічна оптимізація для промислових трубопроводів. Межі значень швидкостей для краплинних рідин, газів і парів. Принцип розрахунку розгалужених (складних) трубопроводів.

2.2 НЕОДНОРІДНІ (ГЕТЕРОГЕННІ) СИСТЕМИ І ЗАГАЛЬНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ ЇХ РОЗДІЛЕННЯ

ЗОВНІШНЯЯ ЗАДАЧА обтікання одиночних часток потоком. Рух часток у рідинах. Опір середовища руху часток при їх обтіканні в умовах різних гідродинамічних режимів. Коефіцієнти опору середовища, їх визначення. Швидкості вільного осадження кулястих часток і часток довільної форми. Швидкість стиснутого осадження. Розрахунок швидкості осадження в полі дії гравітаційних сил.

ГІДРОДИНАМІКА НЕРУХОМИХ І ПСЕВДОЗРІДЖЕНИХ ЗЕРНИСТИХ ШАРІВ. Плину рідин через зернисті і пористі шари в процесах хімічної технології. Характеристики цих шарів. Розрахунок гідравлічного опору зернистих і пористих шарів при різних гідродинамічних режимах. Узагальнена залежність загального коефіцієнта опору від модифікованого критерію Рейнольдса; аналогія з внутрішньою і зовнішньою задачами гідродинаміки.

РОЗДІЛЕННЯ У ПОЛІ СИЛ ВАГИ. Швидкість осадження твердих часток під дією сил ваги (відстоювання) і методи її розрахунку. Метод П. В. Лященка. Розрахунок основних розмірів апаратів для відстоювання. Конструкції відстійників апаратів для поділу супензій, емульсій і очищення запилених газів.

РОЗДІЛЕННЯ У ПОЛІ СИЛ ТИСКУ. ФІЛЬТРУВАННЯ. Фільтрування суспензій і газів. Стисливі і нестисливі опади. Види фільтрувальних перегородок. Швидкість фільтрування, залежність її від перепаду тиску на фільтрі, температури фільтрування і структури осаду. Процеси фільтрування, що протікають при постійному перепаді тиску і при постійній швидкості процесу. Рівняння фільтрування; експериментальне визначення констант фільтрування. Процеси промивання опадів на фільтрах.

Класифікація, конструкції і принцип роботи фільтрів для поділу суспензій. Схеми фільтрувальних установок.

Оптимізація роботи періодично діючих фільтрів. Безупинно діючі фільтри, основи технологічного розрахунку.

Фільтри для очищення газів від пилу: рукавні (тканиневі), керамічні і металокерамічні фільтри; основи їх розрахунку.

РОЗДІЛЕННЯ У ПОЛІ ВІДЦЕНТРОВИХ (ІНЕРЦІЙНИХ) СИЛ. Відцентрове відстоювання і відцентрове фільтрування. Фактор поділу. Розрахунок швидкості відцентрового осадження за допомогою критеріальних рівнянь. Класифікація центрифуг. Схеми пристрою фільтруючих і відстійних періодично і безупинно діючих центрифуг. Надцентрифуги. Принципи розрахунку продуктивності центрифуг і витрати енергії на центрифугування.

Розділення суспензій і емульсій у гідроциклах. Очищення газів від пилу у відцентрових пиловловлювачах. Розрахунок циклонів, гідроциклонів і апаратів із зустрічними закрученими потоками. Очищення газів під дією інерційних сил.

РОЗДІЛЕННЯ ГАЗОВИХ НЕОДНОРІДНИХ СИСТЕМ ШЛЯХОМ МОКРОГО ОЧИЩЕННЯ. Класифікація пиловловлювачів, конструкції пиловловлювачів.

РОЗДІЛЕННЯ ГАЗОВИХ НЕОДНОРІДНИХ СИСТЕМ ОСАДЖЕННЯМ У ПОЛІ ЕЛЕКТРОСТАТИЧНИХ СИЛ. Фізичні основи виділення тумана з газу в електрофільтрах. Устрій трубчастих і пластинчастих електрофільтрів. Сухі і мокрі електрофільтри.

2.3 ПЕРЕМІШУВАННЯ В РІДКИХ СЕРЕДОВИЩАХ

Застосування процесів перемішування в рідких середовищах у хімічній технології. Ефективність і інтенсивність перемішування. Розрахунок потужності, споживаної механічними мішалками. Класифікація і конструкції мішалок. Мішалки для спеціальних цілей.

Пневматичне перемішування; визначення тиску і витрати газу (пари).

Перемішування за допомогою циркуляційних насосів. Основні шляхи інтенсифікації процесів перемішування.

3 ТЕПЛОВІ ПРОЦЕСИ ТА АПАРАТУРА

3.1 ТЕПЛОПЕРЕДАЧА В ХІМІЧНІЙ АПАРАТУРІ

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ. Значення процесів теплообміну в хімічній промисловості. Тепlopередача і тепловіддача. Рушійна сила процесів теплообміну - температурний напір. Теплове навантаження апарату. Загальний вид теплових балансів для процесів теплообміну без зміни і зі зміною агрегатного стану теплоносіїв. Використання ексергетичного аналізу для оцінки ефективності теплообмінних процесів.

Стаціонарні і нестаціонарні процеси переносу тепла. Механізми переносу тепла.

ТЕПЛОПРОВІДНІСТЬ. Закон Фур'є. Коефіцієнти тепlopровідності і температуропровідності. Диференціальне рівняння тепlopровідності Фур'є для стаціонарного і нестаціонарного переносу тепла; його граничні умови. Рівняння тепlopровідності для одношарової і багатошарової плоскої і циліндричної стінки.

Променистий теплообмін. Абсолютно чорні, абсолютно білі і сірі тіла. Ступінь чорності сірих тел. Закон Стефана-Больцмана. Закон Кірхгофа. Взаємне випромінювання двох тіл. Особливості випромінювання газів. Захист від теплового випромінювання (екранування).

КОНВЕКТИВНИЙ ПЕРЕНОС ТЕПЛА. Природна і змушена конвекція. Спільний перенос тепла конвекцією і тепlopровідністю - конвективний теплообмін (тепловіддача). Рівняння тепловіддачі; механізми подовжнього і поперечного конвективного переносу при ламінарному і турбулентному русі рідини. Профілі температур у ядрі потоку і тепловому прикордонному шарі; їх взаємозв'язок із профілями швидкостей.

Визначення коефіцієнтів тепловіддачі на основі узагальнення дослідних даних, критеріальні рівняння конвективного теплообміну.

Диференціальне рівняння конвективного теплообміну (рівняння Фурье-Кірхгофа), його рішення для ламінарного руху рідини. Подібне перетворення

рівняння Фурье-Кірхгофа разом з рівняннями Навье-Стокса. Критерії теплової подоби, їх фізичний зміст. Моделювання процесів конвективного теплообміну.

Механізми конвективного переносу тепла і розрахунок коефіцієнтів тепловіддачі у відсутності зміни агрегатного стану теплоносіїв. Коефіцієнти тепловіддачі при русі рідин і газів.

Механізми переносу тепла при зміні агрегатного стану теплоносіїв.

Плівкова і краплинна конденсація парів. Розрахунок коефіцієнтів тепловіддачі при плівковій конденсації. Конденсація парів, на вертикальних і горизонтальних поверхнях і усередині змійовиків. Тепловіддача при конденсації парогазових сумішей.

Тепловіддача при кипінні рідин. Механізм кипіння рідин; ядерний і плівковий режими кипіння; критична різниця температур і критичне теплове навантаження. Кипіння у вертикальних трубах і у великому обсязі.

Спільна тепловіддача конвекцією і випромінюванням. Розрахунок коефіцієнтів тепловіддачі при визначенні втрат тепла трубопроводами та апаратами в навколишнє середовище. Визначення температур стінок теплообмінних апаратів. Методи інтенсифікації процесів тепловіддачі.

ТЕПЛОПЕРЕДАЧА. Основне рівняння тепlop передачі. Закон адитивності термічних опорів. Тепlop передача через плоскі і циліндричні (одно- і багатошарові) стінки при постійних температурах теплоносіїв.

Рівняння тепlop передачі при перемінних температурах теплоносіїв. Середня різниця температур при протитечії, прямотечії і перехресному струмі теплоносіїв. Оцінка впливу потоків теплоносіїв на середню рушійну силу тепlop передачі.

Стадії процесу тепlop передачі, що лімітують, і вибір раціональних гідродинамічних режимів руху теплоносіїв. Підвищення інтенсивності тепlop передачі шляхом впливу на її стадії, що лімітують.

Розрахунок швидкості тепlop передачі в нестаціонарних умовах.

Тепlop передача при безпосереднім зіткненні фаз у системах газ (рідина) - рідина і газ (рідина) - тверді частки в псевдозріджених шарах і шарах, що рухаються.

Теплообмін при випарному охолодженні рідин при контактуванні їх з газами.

3.2 СПОСОБИ ПІДВЕДЕННЯ І ВІДВОДУ ТЕПЛА В ПРОМИСЛОВІЙ ХІМІЧНІЙ АПАРАТУРІ. ТЕПЛООБМІННІ АПАРАТИ

Класифікація промислових теплоносіїв. Вимоги, пропоновані до теплоносіїв для хімічної апаратури при їх виборі. Прямі і непрямі (проміжні) теплоносії. Високотемпературні теплоносії.

Агенти, що нагрівають. Порівняльні характеристики та області застосування різних теплоносіїв. Схеми нагрівальних установок.

ОХОЛОДЖУЮЧІ АГЕНТИ: вода, розсоли, повітря. Значення повітря як охолоджуючого агента, тенденції до розширення його застосування.

ТЕПЛООБМІННІ АПАРАТИ, їх класифікація.

ПОВЕРХНЕВІ ТЕПЛООБМІННИКИ: із трубчастими поверхнями теплообміну, із плоскими поверхнями, шнекові. Апарати з поверхнею теплообміну, що очищається в процесі роботи. Внутрішні пристрої, застосовувані в теплообмінниках для підвищення турбулентності руху теплоносіїв.

ЗМІШУВАЛЬНІ ТЕПЛООБМІННИКИ: градирні, конденсатори змішання, з барботажем пари (газу) і з заглибними пальниками.

РЕГЕНЕРАТИВНІ ТЕПЛООБМІННИКИ періодичної і безупинної дії.

Розрахунок основних розмірів і оптимальних режимів теплообмінників при їх проектуванні; використання ЕОМ. Проектний і перевірочний розрахунок теплообмінних апаратів.

3.3 ВИПАРЮВАННЯ РОЗЧИНІВ. РОЗРАХУНОК ВИПАРНИХ АПАРАТІВ

Призначення і способи випарювання. Значення процесів випарювання в хімічній технології. Випарювання з кристалізацією. Випарювання під вакуумом, при атмосферному тиску і при надлишковому тиску; переваги випарювання під вакуумом. Однокорпусні і багатокорпусні випарні апарати. Використання тепла вторинної пари. Однокорпусні апарати з термокомпресією вторинної пари, область їх раціонального застосування. Добір екстра-пари в багатокорпусних апаратах. Принципові схеми пристрою однокорпусних і багатокорпусних випарних установок.

Визначення температурних втрат і розрахунок температури кипіння розчинів. Рушійна сила тепловіддачі у випарному апараті; вплив на неї структури потоків.

Матеріальний і тепловий баланси однокорпусних і багатокорпусних випарних апаратів. Способи оптимізації числа корпусів і способи розподілу загальної корисної різниці температур між ними.

Технологічний розрахунок багатокорпусних випарних установок методом послідовних наближень. Використання ЕОМ при розрахунку випарних установок і визначені оптимальних умов їхньої роботи. Визначення розмірів камери, що гріє, і сепараційного простору випарного апарату.

Розрахунок витрати пари, що гріє, в однокорпусних і багатокорпусних установках, а також пари та електроенергії при випарюванні в установках з "тепловим насосом".

Випарні апарати; їх класифікація і конструкції. Роль циркуляції розчину і способи її інтенсифікації.

Апарати з барботажем топкових газів і з заглибними пальниками. Порівняльна характеристика і вибір випарних апаратів у залежності від властивостей розчину, що випарюється.

4 МАСООБМІННІ ПРОЦЕСИ ТА АПАРАТИ

Значення масообмінних процесів у хімічній технології. Застосування масообмінних процесів для поділу гомогенних і гетерогенних систем. Роль масообмінних процесів для охорони навколошнього середовища від викидів шкідливих хімічних виробництв.

4.1 ОСНОВИ МАСОПЕРЕДАЧІ

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ. Масообмін у системах з вільною і з фіксованою міжфазною поверхнею. Речовини у масообмінних процесах, що розподіляють (інертні носії) і що розподіляються. Способи вираження складу фаз.

Рівноважні умови процесів масообміну, криві рівноваги.

Матеріальний баланс процесів масообміну, загальний вид рівняння робочої лінії. Напрямок процесів масопередачі, його визначення на основі рівноважної і робочої лінії.

Загальний вид основного рівняння масопередачі; рушійна сила і коефіцієнт масопередачі, його фізичний зміст.

ПЕРЕНОС РЕЧОВИНИ В ГОМОГЕННИХ СЕРЕДОВИЩАХ. Закон молекулярної дифузії Фіка. Визначення коефіцієнтів молекулярної дифузії в газах, краплинних рідинах і твердих тілах. Конвективний перенос. Подовжній і поперечний перенос у турбулентних потоках фаз.

МАСОВІДДАЧА. Рівняння масовіддачі у фазах, закон Щукарева. Рушійні сили і коефіцієнти масовіддачі. Механізми масовіддачі при вільній і фіксованій поверхні розділу фаз в умовах різних гідродинамічних режимів. Моделі механізмів масовіддачі.

Подібне перетворення рівнянь конвективної дифузії разом з рівнянням Навье-Стокса. Дифузійні критерії подоби; їх фізичний зміст. Узагальнене критеріальне рівняння масовіддачі і його використання для обробки дослідних даних.

МАСОПЕРЕДАЧА. Співвідношення між частковими коефіцієнтами масовіддачі і коефіцієнтом масопередачі. Стадії процесу масопередачі, що лімітують. Принципи вибору модельних систем для експериментального визначення коефіцієнтів масовіддачі в лабораторних і напівпромислових умовах.

Розрахунок середньої рушійної сили масопередачі. Число одиниць переносу (ЧОП); його зв'язок із середньою рушійною силою. Поняття про висоту одиниці переносу (ВОП). Вплив структури потоків (подовжнього перемішування) на середню рушійну силу. Загальні методи інтенсифікації масопередачі.

ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ ОСНОВНИХ РОЗМІРІВ МАСООБМІННИХ АПАРАТІВ. Апарати з безупинним і східчастим контактом фаз. Раціональний вибір взаємного напрямку руху фаз.

Визначення поперечного перерізу і діаметра апаратів.

Розрахунок робочої висоти (довжина) масообмінних апаратів на основі загального рівняння масопередачі. Методи визначення величини питомої поверхні контакту фаз і ступінь точності такого визначення.

Використання об'ємних коефіцієнтів масопередачі чи величини ВОП для розрахунку апаратів з безупинним контактом фаз. Визначення числа тарілок апаратів зі східчастим контактом на основі коефіцієнтів масопередачі, віднесених до одиниці робочої площини чи тарілки ЧОП на одну тарілку. Графоаналітичне визначення числа тарілок з використанням кінетичної лінії.

Розрахунок висоти апаратів на основі моделі теоретичної ступіні зміни концентрації; графічне та аналітичне визначення числа теоретичних ступіней. Висота, еквівалентна теоретичної ступіні (ВЕТС); емпіричні рівняння з розрахунку ВЕТС для апаратів з безупинним контактом фаз.

Загальний ККД апарату зі східчастим контактом; ККД тарілки, локальний ККД. Розрахунок висоти апаратів через загальний ККД.

Недоліки розрахунку висоти апаратів по числу теоретичних ступіней зміни концентрації.

Зіставлення різних способів розрахунку основних розмірів масообмінних апаратів. Використання ЕОМ при технологічних розрахунках масообмінних апаратів.

4.2 АБСОРБІЦІЯ ГАЗІВ РІДИНАМИ

Значення процесів абсорбції і їх застосування в хімічній технології. Абсорбтиви та абсорбенти; принцип вибору абсорбентів. Фізична абсорбція та абсорбція, супроводжувана хімічними реакціями (хемосорбція). Рівновага між газовою і рідкою фазами. Закон Генрі для ідеальних розчинів; його різні вираження і межі застосовності.

Матеріальний баланс, рівняння робочої лінії для процесів абсорбції і десорбції. Питома витрата абсорбенту, його мінімальне та економічно оптимальне значення.

Тепловий баланс процесів абсорбції і десорбції; визначення кінцевої температури абсорбенту і витрат тепла на десорбцію з регенерацією абсорбенту. Методи відводу тепла при проведенні абсорбції.

Швидкість хемосорбції; кінетична і дифузійна області її протікання. Фактор прискорення процесів хемосорбції.

Принципові схеми одноступінчатих і багатоступінчастих аборбційних установок.

АБСОРБЦІЙНІ АПАРАТИ. Класифікація абсорберів. Способи створення поверхні контакту фаз газу (пари) і рідини в промислових апаратах. Гідродинамічні режими роботи насадкових колон. Колони з рухливою (кульовою) насадкою.

Барботажні апарати. Тарілчасті колони та основні конструкції тарілок. Загальні напрямки удосконалення конструкцій тарілок.

Розпилюючі абсорбери та абсорбери, що розприскують.

Порівняльні характеристики та області застосування апаратів різних конструкцій. Принципи вибору контактних пристрій і оптимальних режимів їх роботи. Розрахунок основних конструктивних розмірів колонних апаратів (діаметра, числа чи тарілок висоти шару насадки). Розрахункові рівняння масовіддачі при абсорбції.

4.3 ПЕРЕГОНКА РІДИН (ДИСТИЛЯЦІЯ І РЕКТИФІКАЦІЯ)

Види процесів дистиляції і ректифікації. Рівновага бінарних сумішей системи рідина-пара. Закони Рауля, Дальтона і Коновалова, їх використання для розрахунку умов рівноваги. Діаграми рівноваги для бінарних розчинів.

ПРОСТА ПЕРЕГОНКА. Матеріальний баланс простої перегонки. Тепловий баланс; визначення витрати тепла. Проста перегонка з дефлегмацією.

ПЕРЕГОНКА В ТОКУ НОСІЯ (водяної пари чи інертного газу). Матеріальний і тепловий баланси. Визначення температури дистиляції, витрати пари, що гріє, і носія.

Схеми установок для різних видів перегонки (дистиляції).

РЕКТИФІКАЦІЯ. ФІЗИЧНА СУТНІСТЬ (МЕХАНІЗМ) ПРОЦЕСУ. Принципові схеми колон і установок для безупинної і періодичної ректифікації бінарних і багатокомпонентних сумішей. Особливості кінетики процесу ректифікації, яка характеризується спільним масо- і теплообміном.

БЕЗУПИННА РЕКТИФІКАЦІЯ бінарних систем. Матеріальний баланс процесу і кількості одержуваних продуктів. Аналіз роботи і розрахунок ректифікаційних колон. Визначення мінімального і робочого (оптимального) флегмового числа. Робоча лінія процесу в ректифікаційній колоні. Залежність між флегмовим числом, робочою висотою колони та енерговитратами (витратами пари, що гріє, і охолодної води). Використання ЕОМ для оптимізації флегмового числа. Тепловий баланс; визначення витрат пари, що гріє, і охолодної води.

ПЕРІОДИЧНА РЕКТИФІКАЦІЯ бінарних сумішей. Проведення процесу при постійному флегмовому числі чи постійному складі дистиляту; побудова робочих ліній і принцип розрахунку процесу.

РЕКТИФІКАЦІЯ БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ СУМІШЕЙ; її особливості і принципи аналізу і розрахунку процесу. Застосування ЕОМ для розрахунку.

РЕКТИФІКАЦІЙНА АПАРАТУРА. Особливості конструкцій теплообмінних апаратів для процесів ректифікації при різних тисках. Принципи вибору контактних пристрій для плівкових, насадкових і тарілчастих ректифікаційних колонних апаратів. Визначення діаметра колон; вибір оптимальних фіктивних швидкостей парів для тарілчастих і насадкових колон. Розрахункові рівняння масовіддачі при ректифікації і розрахунок висоти колони.

Пристрій, розміщення і варіанти роботи теплообмінних пристрій (кип'ятильників, дефлегматорів) ректифікаційних установок.

4.4 ЕКСТРАКЦІЯ З РОЗЧИНІВ

Загальна характеристика процесів екстракції в системі рідина-рідина; області їх застосування. Селективність і оборотність процесів екстракції. Принципи вибору екстрагентів. Фізична екстракція та екстракція, супроводжувана хімічною реакцією. Методи проведення процесів екстракції: одноступінчаста і багатоступінчаста екстракція. Багатоступінчаста протитечійна екстракція з флегмою. Процес багатоступінчастої екстракції двома екстрагентами (фракційна екстракція). Принципові схеми екстракційних установок з використанням різних методів регенерації екстрагента.

Рівновага при екстракції для систем з різною взаємною розчинністю контактуючих рідин. Коефіцієнт розподілу цільового компонента; способи його збільшення.

Матеріальний баланс екстракції. Аналіз умов проведення процесу на основі графічного визначення числа потрібних теоретичних ступіней поділу. Визначення витрати екстрагента.

Особливості масопередачі при екстракції. Інтенсифікація масопередачі в системі рідина-рідина шляхом підвищення енергії ззовні.

ЕКСТРАКЦІЙНА АПАРАТУРА. Класифікація екстракторів. Екстрактори з підвищеною енергією ззовні. Порівняльні характеристики і вибір екстракційних апаратів. Розрахунок основних розмірів екстракторів.

4.5 ПРОЦЕСИ МАСООБМІНУ З ТВЕРДОЮ ФАЗОЮ

МАСОПЕРЕДАЧА В СИСТЕМАХ ІЗ ТВЕРДОЮ ФАЗОЮ. Механізми переносу маси в пористих твердих тілах і в рідині, що їх обтікає, (внутрішня і зовнішня дифузія). Масопроводність. Дифузійні критерії Біо і Фур'є. Розрахунок швидкості процесу; його стадії, що лімітують, і способи інтенсифікації.

4.6 АДСОРБЦІЯ ГАЗІВ І РОЗЧИНЕНІХ РЕЧОВИН

Загальна характеристика процесів адсорбції та іонного обміну, їх застосування в хімічній технології. Промислові адсорбенти та іоніти. Десорбція; способи її проведення.

Основні моделі механізму процесів адсорбції. Умови рівноваги при адсорбції. Стационарні і нестационарні процеси адсорбції.

Матеріальний баланс. Внутрішня і зовнішня дифузія. Кінетика адсорбції в пористому зерні адсорбенту.

Модель Н. А. Шилова і математичний опис адсорбції в нерухомому шарі адсорбенту; формування і перенос фронту адсорбції, зона масопередачі, час захисної дії шару.

Принципові схеми адсорбційно-десорбційних і іонообмінних установок.

АДСОРБЦІЙНА І ІОНООБМІННА АПАРАТУРА. Пристрій, принцип роботи і класифікація апаратів для проведення масообмінних процесів із твердою фазою. Апарати з нерухомим шаром сорбенту; двофазний і трифазний цикли їх роботи.

Апарати з перемішуванням і наступним поділом сорбенту і рідини. Апарати з щільним шаром сорбенту, що рухається. Апарати з псевдозрідженим (киплячим) шаром сорбенту, одно і багатоступінчасті апарати.

Порівняльні характеристики та області застосування адсорберів і іонообмінних апаратів різних типів. Розрахунок основних розмірів періодично і безупинно діючих апаратів.

4.7 СУШІННЯ

Фізична сутність і застосування процесів сушіння в хімічній техніці. Форми зв'язку вологи з матеріалом і методи видалення з нього вологи. Основні способи

сушіння. Теплоносії, застосовувані для сушіння матеріалів. Сушіння при атмосферному тиску і під вакуумом.

РІВНОВАГА між рідиною у вологому матеріалі і парою, що утвориться. Напрямок і рушійна сила масопередачі при сушінні і зволоженні матеріалу.

КОНВЕКТИВНЕ СУШІННЯ, аналіз умов проведення, графоаналітичний і аналітичний розрахунки. Визначення за допомогою I-X діаграм витрат повітря (газу) і тепла для теоретичної і реальної сушарок. Матеріальний і тепловий баланси процесу сушіння.

Основні варіанти процесів конвективного сушіння; їх аналіз, області застосування. Контактне сушіння; матеріальний і тепловий баланси, визначення витрати тепла.

КІНЕТИКА СУШІННЯ. Механізми видалення вологи. Швидкість сушіння. Поняття про термодифузію і її значення для швидкості сушіння. Кінетичні криві. Періоди постійної і падаючої швидкості сушіння; методи впливу на стадії процесу, що лімітують, з метою інтенсифікації масопередачі при сушінні. Визначення швидкості і тривалості сушіння. Визначення розмірів конвективних сушарок.

КОНСТРУКЦІЇ СУШАРОК. Класифікація сушарок. Конвективні сушарки з нерухомим шаром матеріалу чи шаром матеріалу, що рухається, з механічним перемішуванням, з перемішуванням у псевдозрідженному шарі. Пневматичні і розпилюючі. Контактні сушарки. Конвективні і контактні сушарки з активними гідродинамічними режимами. Сушіння інфрачервоними променями (терморадіаційна), струмами високої частоти і сублімацією; принципи пристрою сушарок.

Порівняльні характеристики та області застосування сушарок різних конструкцій. Вибір типу сушарки; розрахунок основних розмірів.

4.8 РОЗЧИНЕННЯ ТА ЕКСТРАКЦІЯ З ТВЕРДИХ ТІЛ (ВІДЛУГОВУВАННЯ)

Загальна характеристика процесів розчинення і відлуговування з пористих твердих тіл і області їх застосування. Рівновага і кінетика процесів. Способи періодичного і безупинного проведення процесів. Принципові схеми установок.

Апаратура для розчинення та екстракції з твердої речовини. Порівняльні характеристики та області застосування апаратів різних конструкцій; основні принципи їх вибору і розрахунку.

4.9 КРИСТАЛІЗАЦІЯ З РОЗЧИНІВ І РОЗПЛАВІВ

Загальна характеристика процесів кристалізації, їх значення в хімічній технології. Види промислових методів кристалізації. Способи охолодження розчинів у процесах кристалізації.

Матеріальний і тепловий баланси; визначення витрати охолодного агента та енергетичних витрат. Кінетика кристалізації. Вплив умов кристалізації на характеристики кристалів. Технічні способи одержання кристалів заданого розміру. Схеми установок для безупинного і періодичного процесів охолоджувальної і випарної кристалізації.

Кристалізатори з охолодженням розчинів через сушіння, з повітряним випарним охолодженням, з випарним охолодженням під вакуумом, із псевдозрідженим шаром кристалів. Особливості конструкцій випарних апаратів, що працюють з утворенням кристалів. Порівняльні характеристики та області застосування кристалізаторів різних конструкцій; основні принципи їх вибору і розрахунку основних розмірів.

4.10 ПРОЦЕСИ МАСООБМІНУ ЧЕРЕЗ НАПІВПРОНИКНІ ПЕРЕГОРОДКИ (МЕМБРАНИ)

Загальна характеристика мембраних процесів. Їх використання для поділу рідких і газових гомогенних сумішей, для витягу продуктів і для очищення рідин і газів від шкідливих домішок. Класифікація мембран, способи одержання мембран різної структури. Особливості масопереносу при мембраниому поділі; явище концентраційної поляризації. Основні моделі механізму мембраниого поділу рідких і газових сумішей. Кінетика мембраних процесів.

АПАРАТУРА ДЛЯ МЕМБРАННОГО ПОДІЛУ СУМІШЕЙ. Розрахунок мембраних процесів і апаратів.

ЗАГАЛЬНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ВІТЧИЗНЯНОЇ І ЗАКОРДОННОЇ ТЕХНІКИ МАСООБМІНУ.

Методи одержання випускних форм дисперсних матеріалів (гранулювання, форми, що не порошать, мікроапсульовання).

Методи інтенсифікації процесів масообміну накладенням фізичних полів (пневмоімпульсних, пневмоакустичних, гідроакустичних і т.п.).

3. СТРУКТУРА ЕКЗАМЕНАЦІЙНИХ ЗАВДАНЬ

Кожний варіант тестового завдання містить 50 тестових запитань. На кожне запитання дані чотири відповіді, одна з яких є правильною. Всі відповіді помічаються заголовними буквами латинського алфавіту (A, B, C, D). Буква, яка відповідає правильній відповіді, помічається ручкою в аркуші відповіді. Зразок екзаменаційного завдання наведено у додатку А.

Тривалість проведення вступного іспиту складає 80 хвилин.

4. КРИТЕРІЙ ОЦІНЮВАННЯ ВІДПОВІДЕЙ

Загальні вимоги.

Комісія оцінює письмові відповіді вступника на тестові завдання за 100–200 бальною шкалою. Вступники, які набрали менше 100 балів, отримують оцінку «незадовільно» і до подальшої участі у конкурсному відборі не допускаються. Вступники, які набрали 100 і більше балів, допускаються до участі у конкурсному відборі.

Для отримання позитивної оцінки із вступного випробування вступнику потрібно пройти мінімально-допустимий тестовий поріг на рівні 30 % від загальної кількості тестових балів.

За кожну правильну відповідь на завдання нараховуються тестові бали, за невірну відповідь нараховується 0 балів. Одержані тестові бали за вступне випробування переводяться в 100–200 бальною шкалу (з округленням до цілого, за правилами математичного округлення) за наступним алгоритмом:

$$O = O_{\min} + k \cdot (N - r \cdot T),$$

де

O – оцінка із вступного випробування за шкалою 100–200 балів;

- O_{\min} – мінімальна оцінка із вступного випробування за шкалою 100–200 балів, при якій вступник допускається до участі у конкурсному відборі;
- k – коефіцієнт переведення тестових балів в шкалу 100–200 балів, при цьому:
- $$k = 100 / (T \cdot (1 - r)),$$
- r – мінімально-допустимий тестовий поріг з точністю до 0,01, який встановлюється в межах від 0 до 1, але не менше 0,10;
- T – загальна кількість тестових балів, яку вступник може отримати під час вступного випробування;
- N – кількість тестових балів, яку вступник отримав під час вступного випробування.

За умови якщо кількість тестових балів, яку вступник отримав під час вступного випробування (N) становить «0», то вступник отримує оцінку «незадовільно» і до подальшої участі у конкурсному відборі не допускається.

Нарахування тестових балів.

За кожну правильну відповідь на тестове запитання нараховується 2 тестових бали. Невірна відповідь – 0 балів.

Загальна кількість тестових балів (T), яку вступник може отримати під час вступного випробування – 100 тестових бали.

Кількість тестових балів за вступне випробування (N) розраховується як сума тестових балів за виключенням тестових балів знятих за вправлення в аркуші відповідей (якщо передбачено програмою).

Політика щодо вправлень.

За кожне вправлення в аркуші відповідей на тестові завдання знімається 1 тестовий бал від загальної кількості тестових балів (T), яку вступник може отримати на вступному випробуванні.

5. ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ДО ВСТУПНОГО ІСПИТУ

1. Врагов А.П. Гідромеханічні процеси та обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв. – Суми: Алан-Екс, 2003. (кільк. прим. бібл. СумДУ – 68, метод. каб. каф. ПОХНВ – 40);
[\(<http://pohnv.teset.sumdu.edu.ua/ru/learning/methodsupport/52-educationalbooks.html>\).](http://pohnv.teset.sumdu.edu.ua/ru/learning/methodsupport/52-educationalbooks.html)

2. Врагов А.П. Теплообмінні процеси та обладнання хімічних та нафтопереробних виробництв. – Суми: Вид-во СумДУ, 2005. (кільк. прим. бібл. СумДУ – 130, метод. каб. каф. ПОХНВ – 30);
[\(<http://pohnv.teset.sumdu.edu.ua/ru/learning/methodsupport/52-educationalbooks.html>\)](http://pohnv.teset.sumdu.edu.ua/ru/learning/methodsupport/52-educationalbooks.html).
3. Врагов А.П. Масообмінні процеси та обладнання хімічних та газонафтопереробних виробництв. – Суми: Вид-во СумДУ, 2007. (кільк. прим. бібл. СумДУ – 100, метод. каб. каф. ПОХНВ – 25);
[\(<http://pohnv.teset.sumdu.edu.ua/ru/learning/methodsupport/52-educationalbooks.html>\)](http://pohnv.teset.sumdu.edu.ua/ru/learning/methodsupport/52-educationalbooks.html).
4. Мікульонок І.О. Механічні, гідромеханічні й масообмінні процеси та обладнання хімічної технології: Навчальний посібник. – К.: ІВЦ “Політехніка”, 2002. – 304с. (<http://ci.kpi.ua/uk/навчання/навчально-методичні - видання-кафедри/>).
5. Ханик Я. М. та ін. Процеси та апарати хімічних технологій (у 5-ти частинах). – Львів: Львівська політехніка, ч. 1 – 2005, ч. 2, 3 – 2006, ч. 4 – 2009, ч. 5 – 2010. (<http://ena.lp.edu.ua>).
6. Don Green, Robert Perry. Perry's Chemical Engineers' Handbook.,2007.
[\(<https://www.amazon.com/Perrys-Chemical-Engineers-Handbook-Eighth/dp/0071422943>\)](https://www.amazon.com/Perrys-Chemical-Engineers-Handbook-Eighth/dp/0071422943).
7. Ian Wilson. Encyclopedia of Separation Science. – Academic Press, 2000.
[\(<https://www.elsevier.com/books/encyclopedia-of-separation-science/poole/978-0-08-091779-5>\)](https://www.elsevier.com/books/encyclopedia-of-separation-science/poole/978-0-08-091779-5).

Схвалено на засіданні приймальної комісії.

Протокол № 14 від 04.04.2023 р.

Відповідальний секретар
приймальної комісії


(підпис)

Ігор РОЙ

Голова
предметної комісії


(підпис)

Олександр ГУСАК

**Додатки. ЗРАЗКИ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОГО ЗАВДАННЯ ТА АРКУШУ
ВІДПОВІДІ**

Додаток А. Зразок екзаменаційного завдання

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЗАТВЕРДЖОЮ

Голова приймальної комісії

20 р.

ЕКЗАМЕНАЦІЙНЕ ЗАВДАННЯ

**вступного іспиту при прийомі на навчання
для здобуття ступеня «доктор філософії» зі спеціальності
161 «Хімічні технології та інженерія»
(зазначити код та найменування спеціальності)**

Варіант № _____

1. При однакових початкових і кінцевих температурах теплоносіїв найменша середня різниця температур досягається при:

- | | | | |
|-------------------------|--------------------|-------------------------|-----------------------|
| A) Прямотечійному русі. | B) Змішаному русі. | C) Протитечійному русі. | D) Перехресному русі. |
|-------------------------|--------------------|-------------------------|-----------------------|

2. Теплообмінний апарат типу ТП має такі особливості конструкції:

- | |
|--|
| A) Твердий кожух і нерухоме кріплення трубних дошок. |
| B) Напівжорсткий кожух та нерухоме кріплення трубних дошок. |
| C) Твердий кожух, нерухоме кріплення однієї трубної дошки та вільне переміщення іншої. |
| D) Тверде кріплення однієї трубної дошки і вільним переміщенням пучка U-подібних труб. |

Голова
предметної комісії

Олександр ГУСАК

Додаток Б. Зразок аркушу відповіді

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Шифр _____

АРКУШ ВІДПОВІДІ

**вступного іспиту при прийомі на навчання
для здобуття ступеня «доктор філософії» зі спеціальності
161 «Хімічні технології та інженерія»**

(зазначити код та найменування спеціальності)

Варіант № _____

№ питання	A	B	C	D	№ питання	A	B	C	D	№ питання	A	B	C	D
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	18	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	35	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	19	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	36	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	20	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	37	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	21	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	38	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	22	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	39	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	23	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	40	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	24	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	41	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	25	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	42	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	26	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	43	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	27	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	44	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	28	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	45	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	29	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	46	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	30	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	47	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	31	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	48	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	32	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	49	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	33	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	50	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	34	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					

УВАГА!!! Завдання мають кілька варіантів відповідей, серед яких лише один правильний.
Виберіть правильний, на Вашу думку, варіант та позначте його, як показано на зразку.
Кількість виправлень впливає на загальну оцінку роботи!

A	B	C	D
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Кількість правильних відповідей – _____ ; Кількість балів за них – _____ ;

Кількість виправлень – _____ ; Знято балів за виправлення – _____ ;

Всього балів

з врахуванням знятих – _____ (числом та прописом)

Голова комісії

_____ (підпис)

_____ (прізвище, ініціали)

Члени комісії

_____ (підпис)

_____ (прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

_____ (прізвище, ініціали)