



МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ І МАТЕРІАЛІВ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>132 Матеріалознавство</i>
Освітня програма	<i>Інжиніринг та комп'ютерне моделювання в матеріалознавстві</i>
Статус дисципліни	<i>Загальної підготовки</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредитів (150 годин)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен, модульна контрольна.</i>
Розклад занять	<i>1 семестр – 2 год. лекції, 2 год. лаб.робіт на тиждень.</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: д.т.н, професор, Доній Олександр Миколайович, donii_oleksandr@ukr.net Практичні / Семінарські: немає Комп'ютерні практикуми: д.т.н, професор, Доній Олександр Миколайович, donii_oleksandr@ukr.net</i>
Розміщення курсу	<i>Кампус</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Значення цього курсу обумовлене необхідністю використання спеціалістами матеріалознавцями основних положень курсу при створенні нових матеріалів або розробці/модернізації технологічних процесів.

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів компетентностей.

КЗ.01 Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

КЗ.02 Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

СК.01 Здатність виявляти та ставити проблеми в сфері матеріалознавства, приймати ефективні рішення для їх вирішення.

СК.02 Здатність планувати та проводити дослідження в сфері матеріалознавства у лабораторних та виробничих умовах на відповідному рівні з використанням сучасних методів і методик експерименту.

СК.03 Здатність розробляти нові методи і методики досліджень, базуючись на знанні методології наукового дослідження та особливості проблеми, що вирішується.

СК.04 Здатність оцінювати та забезпечувати якість робіт, що виконуються.

СК.06 Здатність розуміти та використовувати математичні та числові методи моделювання властивостей, явищ та процесів.

Після засвоєння навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати такі результати навчання:

- PH 1 Розуміти та застосовувати принципи системного аналізу, причинно-наслідкових зв'язків між значущими факторами та науковими і технічними рішеннями в контексті існуючих теорій.
- PH 2 Виявляти, формулювати і вирішувати матеріалознавчі проблеми і задачі.
- PH 6 Мати наукові навички у галузі інженерії для того, щоб успішно проводити наукові дослідження як під керівництвом, так і самостійно.
- PH 11 Використовувати сучасні методи для виявлення, постановки та розв'язування винахідницьких задач в галузі матеріалознавства.
- PH 13 Планувати і виконувати експериментальні матеріалознавчі дослідження, обирати відповідні обладнання та методики, здійснювати статистичну обробку і статистичний аналіз результатів експериментів, обґрунтовувати висновки.
- PH 21 Застосовувати сучасні математичні методи, цифрові технології та спеціалізоване програмне забезпечення для розв'язання складних задач і проблем матеріалознавства.

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

Вивченню цієї дисципліни повинно передувати глибоке засвоєння матеріалу по будові металів і сплавів, діаграм стану, фізики, хімії, математики з курсів "Металознавство", "Термічна обробка", "Механічні властивості і конструкційна міцність матеріалів". "Фізика", "Хімія", "Вища математика".

Основні положення математичного моделювання та оптимізації технологічних процесів і матеріалів закладають базу для вивчення таких профільюючих курсів, як "Наукова робота за темою магістерської дисертації", "Основи наукових досліджень" тощо.

3. Зміст навчальної дисципліни

На вивчення навчальної дисципліни відводиться 90 годин/3 кредити ECTS.

Вступ. Задачі і методи модельних досліджень

Розділ 1. Загальні відомості про математичне моделювання

Тема 1.1. Проблемні ситуації і системний підхід при їх розв'язанні.

Тема 1.2. Типи моделей.

Розділ 2. Побудова детермінованих ММ

Тема 2.1. Загальна постановка задачі.

Тема 2.2. Узагальнення початкової задачі для ММ із розсередженими параметрами.

Розділ 3. Побудова стохастичних ММ

Тема 3.1. Загальна постановка задачі.

Розділ 4. Побудова ММ інших типів

Тема 4.1. Комбінація детермінованих і стохастичних ММ.

Тема 4.2. Імітаційне (комп'ютерне) моделювання та кліткові автомати.

Розділ 5. Методологічні основи оптимізації

Тема 5.1. Необхідні умови для застосування оптимізаційних методів в практиці інженера.

Розділ 6. Методи одновимірної оптимізації.

Тема 6.1. Застосування комп'ютерних методів при розв'язку задач оптимізації.

Розділ 7. Методи багатовимірної оптимізації.

Тема 7.1. Методи прямого пошуку.

Розділ 8. Оптимізація при наявності обмежень.

Тема 8.1. Логічні обґрунтування обмежень. Задачі з обмеженнями у вигляді рівностей та нерівностей.

Розділ 9. Багато критеріальна оптимізація та лінійне програмування.

Тема 9.1. Постановка задачі. Зведення кількох критеріїв до одного.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Навчальні матеріали, які використовуються при вивченні дисципліни базуються як на сучасних підручниках та методичних посібниках, так і на спеціальній літературі та матеріалах, які опубліковані в монографіях, оглядах оригінальних статтях вітчизняних та закордонних вчених. В зв'язку з цим зміст лекцій і тематика комп'ютерних практикумів можуть змінюватись відповідно з розвитком цієї галузі науки та техніки. При викладанні лекцій передбачається використання дидактичних матеріалів у вигляді презентацій.

Навчальні матеріали, зазначені нижче, доступні у бібліотеці університету та у бібліотеці кафедри фізичного матеріалознавства та термічної обробки. Обов'язковою до вивчення є базова література, інші матеріали – факультативні. Розділи та теми, з якими студент має ознайомитись самостійно, викладач зазначає на лекційних заняттях та комп'ютерних практикумах..

5. Рекомендована література

Базова

1. Александров С. Е. и др. Математическое моделирование металлургических процессов. – Ленинград: Ленинградский политехнический институт. – 1988. - 86 с.
2. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. – М.: Наука. – 1977. – 735 с.
3. Банди Б. Методи оптимізації. – М.: Радио и связь. – 1988. – 128 с.
4. Реклейтис Г., Рейвиндран А., Рэгсдел К. Оптимізація в техніці. - Т.1- М.: Мир. – 1986. – 349 с.

Допоміжна

5. Реклейтис Г., Рейвиндран А., Рэгсдел К. Оптимізація в техніці. - Т.2- М.: Мир. – 1986. – 349 с.
6. Львовский Е.Н. Статистические методы построения эмпирических формул. – М.: Высшая школа. – 1988. – 239 с.
7. Дьчко А.Г. Математическое и имитационное моделирование. - М.: МИСИС. - 2007. - 588 с.
8. Шум Т. Решение инженерних задач на ЭВМ – М.: Мир. – 1982. – 235 с.
9. Доний А.Н. и др. Применение ЭВМ в литейном производстве. – К.: Знание УССР. – 1990. -. 16 с.
10. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.: Наука. – 1976. – 279 с.
11. Винарский М.С., Лурье М.В. Планирование эксперимента в технологических исследованиях. – Киев: Техніка. – 1975. – 168 с.
12. Романенко В.Н., Орлов А.Г., Никитина Г.В. Книга начинающего исследователя-химика. - Л.: Химия. – 1987. – 280 с.

Навчальний контент

6. Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)

Освоєнню дисципліни «Математичне моделювання та оптимізація технологічних процесів і матеріалів» сприяє виконання 1 модульної контрольної роботи. При виконанні МКР студенти мають можливість обґрунтовано по експериментальним даним побудувати математичну модель.

Застосовуються стратегії активного і колективного навчання, які визначаються наступними методами і технологіями:

- 1) методи проблемного навчання (проблемний виклад, частково-пошуковий (евристична бесіда) і дослідницький метод);
- 2) особистісно-орієнтовані (розвиваючі) технології, засновані на активних формах і методах навчання «аналіз ситуацій», дискусія, навчальні дебати),
- 3) інформаційно-комунікаційні технології, що забезпечують проблемно-дослідницький характер процесу навчання та активізацію самостійної роботи студентів,

Вичитування лекцій з дисципліни проводиться паралельно з виконанням студентами лабораторних робіт. За умови дистанційного навчання при читанні лекцій застосовуються засоби для відео конференцій (Meet, Zoom тощо). Після кожної лекції рекомендується ознайомитись з матеріалами, рекомендованими для самостійного вивчення, а перед наступною лекцією – повторити матеріал попередньої.

Опис лекцій	
Вступ. Задачі і методи модельних досліджень. Що являє собою модель. Моделювання як засіб пізнання.	
Розділ 1. Загальні відомості про математичне моделювання	
1	Тема 1.1. Проблемні ситуації і системний підхід при їх розв'язанні. Математична модель (ММ). Що являє собою математична модель. Моделювання як засіб пізнання.
	Тема 1.2. Типи моделей. Проблемні ситуації, проблема, задача. Металургійне виробництво як складна система. Системний підхід до аналізу складних систем. Основні принципи побудови ММ. Основні етапи побудови ММ. Класифікація ММ та об'єктів моделювання за їх попарно супротивними властивостями. Загальні принципи побудови алгоритма ММ.
Розділ 2. Побудова детермінованих ММ	
2	Тема 2.1. Загальна постановка задачі. Загальна постановка задачі побудови детермінованих ММ. ММ с із зосередженими параметрами на прикладі нагріву заготовки під закалку. Адекватність ММ та урахування впливу нелінійних факторів. Побудова нелінійної числової ММ.
	Тема 2.2. Узагальнення початкової задачі для ММ із розсередженими параметрами. Побудова ММ із розсередженими параметрами. Раціональний вибір системи координат та спрощення математичної постановки задачі. Аналітичні методи розв'язку рівняння Фур'є (Фика). Числові методи розв'язку рівняння Фур'є (Фика). Метод кінцевих різниць. Явна та неявна числові схеми. Схема Кранка-Ніколсона. Метод прогонки.
Розділ 3. Побудова стохастичних ММ	
3	Тема 3.1. Загальна постановка задачі. Загальна постановка задачі. Кореляційний та регресійний аналізи експериментальних даних на прикладі зміцнюючої термічної обробки сталей. Постановка активного експерименту. Композиційні плани 2-го порядку, плани Бокса-Бенкена на прикладі термічної обробки неірджавіючої мартенситно-старіючої сталі.
Розділ 4. Побудова ММ інших типів	
4	Тема 4.1. Комбінація детермінованих і стохастичних ММ. Комбінація детермінованих і стохастичних ММ на прикладі комп'ютерної системи аналізу якості ливарних сплавів. Загальна схема експерименту. Побудова прогнозуючих рівнянь у рамках стохастичних моделей.
	Тема 4.2. Імітаційне (комп'ютерне) моделювання та кліткові автомати. Імітаційне моделювання та кліткові автомати. Побудова загального алгоритму імітаційної моделі кристалізації. Моделювання структури злитку та дослідження параметрів кристалізації. Імітаційні моделі кристалізації металів і сплавів.
Розділ 5. Методологічні основи оптимізації	
5	Тема 5.1. Необхідні умови для застосування оптимізаційних методів в практиці інженера. Класичний підхід при розв'язку задач оптимізації. Застосування чисельних методів при розв'язку задач оптимізації.
Розділ 6. Методи одновимірної оптимізації.	
6	Тема 6.1. Застосування комп'ютерних методів при розв'язку задач оптимізації. Необхідні умови для застосування оптимізаційних методів та структура оптимізаційних задач. Критерії оптимальності. Класичний підхід при розв'язку задач оптимізації. Функції однієї змінної. Функції декілька змінних. Класична задача оптимального об'єму заказу. Методи поступового наближення до екстремальної точки (методи Ньютона, хорд). Методи зменшення інтервалу невизначеності (методи загального пошуку, дихотомії, золотого перерізу). Методи поліноміальної апроксимації. Квадратична апроксимація, метод Пауела. Кубічна інтерполяція. Порівняння ефективності одновимірних методів оптимізації.
Розділ 7. Методи багатовимірної оптимізації.	
7	Тема 7.1. Методи прямого пошуку. Сімплекс метод. Методи Хука-Дживса та Недлера-Міда. Градієнтні методи. Методи грдієнтного спуску та квадратичних функцій. Використання теорії ймовірності: метод випадкового пошуку.
Розділ 8. Оптимізація при наявності обмежень.	
8	Тема 8.1. Логічні обґрунтування обмежень. Задачі з обмеженнями у вигляді рівностей та нерівностей. Метод множників Лагранжа. Метод штрафних функцій
Розділ 9. Многокритеріальна оптимізація та лінійне програмування.	

9	Тема 9.1. Постановка задачі. Зведення кількя критеріїв до одного. Постановка задачі многокритеріальної оптимізації. Людина, яка приймає рішення (ЛПР). Зведення кількя критеріїв до одного. Метод послідовних поступок. Метод послідовних поступок. Задача лінійного програмування в стандартній формі. Графічний розв'язок задачі ЛП з двома змінними. Основи симплекс-метода.
---	--

Метою комп'ютерних практикумів є закріплення основних положень лекційного курсу та набуття практичних умінь, щодо побудови математичних моделей та використання методів оптимізації.

№ з/п	Назва комп'ютерного практикуму	Кількість ауд. годин
1	Нагрівання металевого виробу в печі для наступної термічної обробки – 1	2
2	Нагрівання металевого виробу в печі для наступної термічної обробки – 2	4
3	Нагрівання металевого виробу в печі для наступної термічної обробки – 3	4
4	Ідентифікаційні математичні моделі. Метод найменших квадратів	4
5	Симплекс-загратований й плановий експеримент для побудови моделі “склад-властивості” сплаву системи Al-Mg-Zn	4
6	Оптимізація режимів зміцнюючої обробки сталі з використанням факторних планів першого та другого порядків	4
7	Оптимізація режимів термічної обробки нержавіючої мартенситно-старіючої сталі з використанням планів Бокса-Бенкена	4
8	Багатокритеріальна оптимізація методом послідовних поступок	4
9	Імітаційне моделювання складних систем. Імітаційна модель кристалізації чистого металу	2
10	Імітаційне моделювання складних систем. Імітаційна модель кристалізації бінарних сплавів	4

Захист комп'ютерного практикуму проводиться впродовж останніх 45 хвилин

7. Самостійна робота студента/аспіранта

Самостійна робота студента (СРС) протягом семестру включає повторення лекційного матеріалу, складання протоколів для проведення комп'ютерних практикумів, розрахунків на заняттях, оформлення звітів з лабораторних робіт, підготовка до захисту комп'ютерних практикумів, підготовка до екзамену. Рекомендована кількість годин, яка відводиться на підготовку до зазначених видів робіт:

Вид СРС	Кількість годин на підготовку
Підготовка до аудиторних занять: повторення лекційного матеріалу, складання протоколів для проведення лабораторних робіт, оформлення звітів з лабораторних робіт.	2 – 3 години на тиждень. 0,5-1 год. – підготовка до лекції, 1 год. – підготовка до лабораторної роботи та оформлення протоколу.
Підготовка до МКР (повторення матеріалу)	4 години

8. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

У звичайному режимі роботи університету лекції та комп'ютерних практикумів проводяться в навчальних аудиторіях. У змішаному режимі лекційні заняття проводяться через платформу дистанційного навчання Сікорський, Meet, ZOOM тощо, комп'ютерних практикумів – в аудиторіях. У дистанційному режимі всі заняття проводяться через платформу дистанційного навчання Сікорський, Meet, ZOOM. Відвідування лекцій є бажаним, комп'ютерних практикумів - обов'язковим.

На початку лекції може проводитися опитування за матеріалами попередніх лекцій.

Користування мобільними телефонами на лекційних заняттях забороняється. На практикумах – допускається, з метою більш чіткої візуалізації змін, які відбуваються зі зразками в процесі корозійного руйнування.

Правила захисту лабораторних робіт:

1. До захисту допускаються студенти, які приймали участь у виконанні комп'ютерних практикумів, правильно оформили протокол, представили повний та вичерпний висновок (при неправильно виконаних роботах їх слід виправити).
2. Захист відбувається за графіком, зазначеним у п.6.
3. Після перевірки МКР викладачем на захист виставляється загальна оцінка і робота вважається захищеною. Якщо студент бажає підвищити бал, він може захистити свою точку зору та відповісти на питання викладача та студентів.
4. Несвоєчасні захист і виконання роботи без поважної причини штрафуються відповідно до правил призначення заохочувальних та штрафних балів.

Політика дедлайнів та перескладань: визначається п. 8 Положення про поточний, календарний та семестровий контроль результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського

Політика щодо академічної доброчесності: визначається політикою академічної чесності та *іншими* положеннями Кодексу честі університету.

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

Види контролю встановлюються відповідно до Положення про поточний, календарний та семестровий контроль результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського:

1. Поточний контроль: опитування на комп'ютерних практикумах, МКР.
2. Календарний контроль: атестації проводяться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.
3. Семестровий контроль: письмовий екзамен.

Рейтингова система оцінювання результатів навчання

Рейтинг успішності студента з дисципліни «Математичне моделювання та оптимізація технологічних процесів і матеріалів» за результатом виконання навчального часу 1-го семестру складається із двох частин: семестрового рейтингу R_C , та екзаменаційного R_E (у вигляді екзамену, коли $0,4 \leq R_C < 0,5RD$):

$$RD = R_C + R_E$$

Рейтингова шкала RD з дисципліни складає 100 балів.

Семестровий рейтинг успішності студента, R_C , формується як сума балів, нарахована студенту за роботу протягом семестру: за виконанням розрахункової роботи (РР), написання модульної контрольної роботи (МКР) та за виконання 10-ти комп'ютерних практикумів (КП).

Для одержання заохочувальних балів для покращання семестрового рейтингу передбачено виконання самостійної творчої роботи: написання додаткових рефератів, складання програм для розрахунків на ПЕОМ, участь в конкурсах, доповіді на конференціях, огляди наукових праць, виготовлення технічних засобів навчання тощо.

Передбачено також нарахування штрафних балів за пропуски занять без поважних причин, за неявку на контрольний захід (МКР) без поважних причин та за несвоєчасне виконання і захист комп'ютерних практикумів. Тобто:

$$R_C = \sum_k r_k + \sum_s r_s,$$

де $\sum_k r_k$ - сума всіх рейтингових балів; $\sum_s r_s$ - сума заохочувальних або штрафних балів.

Отже семестровий рейтинг з дисципліни «Математичне моделювання та оптимізація технологічних процесів і матеріалів» R_C , розраховують за формулою:

$$R_C = \left(\sum_{i=1}^{10} КП_i + МКР + РГР \right) + (ТР - n - m - k - q)$$

де $КП$ – бали за виконання одного комп'ютерного практикуму; $МКР$ – сума балів за виконання модульної контрольної роботи; $РГР$ - сума балів за виконання розрахунково-графічної роботи; $ТР$ – бали, зараховані за виконання творчої роботи; n – кількість пропусків занять без поважних причин; m – неявка на МКР без поважних причин; k – кількість комп'ютерних практикумів, які захищені несвоєчасно, q – штрафні бали за несвоєчасно захищену РГР.

Комп'ютерний практикум. Студент самостійно (в рамках СРС) готується до виконання комп'ютерного практикуму. Оцінка складається з двох етапів: перший – оцінюється підготовка до виконання комп'ютерного практикуму:

- написаний протокол із усіма необхідними рисунками, таблицями, формулами для розрахунків та задовільна підготовка до виконання комп'ютерного практикуму – **1 бал**
- задовільний протокол але студент не готовий до виконання комп'ютерного практикуму – **0 балів**;

- відсутній протокол – студент не допускається до виконання комп'ютерного практикуму.

Другий етап – захист комп'ютерного практикуму:

- повна відповідь з поясненнями – **3 бали**;
- не повна відповідь – **1...2 бали**;
- відповіді відсутні або цілком помилкові – **0 балів**.

У разі захисту комп'ютерного практикуму несвоєчасно від наведеної суми балів віднімається **0,5 бали** за кожну неділю несвоєчасного захисту.

Отже максимальна оцінка одного комп'ютерного практикуму складає **4 бали**.

Модульна контрольна робота. Модульна контрольна робота складається із 2-х питань теоретичного характеру.

Кожне питання оцінюється 4-ма балами.

Критерії оцінювання:

- бездоганна відповідь з поясненнями – **4 бала**;
- незначні неточності у відповіді, відсутність пояснень тощо – **3 ... 2 бали**;
- загальна схема відповіді наведена, але відсутні будь-які пояснення – **1 бал**;
- відповідь відсутня або цілком помилкова – **0 балів**.

Отже максимальна оцінка МКР складає **8 балів**.

Розрахункова робота. Розрахунково-графічна робота оцінюється 10-ма балами.

Критерії оцінювання:

- бездоганна виконана робота – **10 балів**;
- незначні неточності у виконанні та у відповідях при захисті роботи тощо – **9 ... 4 бали**;
- робота виконана, але відсутні відповіді при захисті роботи – **3 ... 1 бал**;
- робота виконана не повністю – **0 балів**.

Отже максимальна оцінка РР складає **10 балів**.

Творча робота. Залежно від складності і якості виконання одного творчого завдання нараховують до **10 балів**.

Розрахунок шкали (R_C) рейтингу. Сума вагових балів контрольних заходів для студента, який зразково виконав їх ($KП$ та MKP) і який не має пропусків занять без поважних причин максимально складає:

$$R = 10 \cdot (1 + 2) + 2 \cdot 4 + 10 = 48 \text{ балів.}$$

Студент здає екзамен коли рейтинг дисципліни R_C знаходиться у межах від 20 до 48 балів.

Екзамен складається із **4-х** завдань теоретичного та практичного характеру. Максимальна кількість балів за кожне питання – **13**.

Критерії оцінювання:

- бездоганна відповідь з поясненнями - **13 балів**;
- незначні неточності у відповіді, відсутність повних пояснень – **12...7 балів**;
- загальна схема відповіді викладена, але без будь-яких пояснень – **6...1 бал**;
- відповідь відсутня або помилкова – **0 балів**.

Отже максимальна оцінка за екзамен R_E складає **52 бали**.

За умови, коли $R_C < 0,4RD$, тобто $R_C < 20$ балів, студента не допускають до здачі екзамену (не виконані умови допуску – оцінка “F”). Для здачі екзамену в цьому випадку студент повинен через виконання додаткових завдань набрати рейтинг більше 20 балів (наприклад написати контрольну залікову роботу).

Залежно від фактично набраного рейтингу успішність студента встановлюють (ECTS та традиційну) відповідно до таблиці (без урахування результатів творчої роботи)

Таким чином рейтингова шкала з дисципліни складає:

$$RD = R_C + R_E = 48 + 52 = 100 \text{ балів.}$$

Залежно від фактично набраного рейтингу оцінку студенту встановлюють (ECTS та традиційну) відповідно до таблиці.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
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

Примітки: 1. Позначка * означає, що для складання екзамену студенту дозволяється переписати модульну контрольну роботу.

2. Позначка ** означає, що студент повинен виконати додаткову роботу.

10. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- перелік питань, які виносяться на семестровий контроль – надається на останньому лекційному занятті;
- результати навчання за даною дисципліною здобуті у неформальній/інформальній освіті, зокрема із використанням відкритих навчальних он-лайн курсів (Prometeus, Coursera тощо), визнаються за умови одержання відповідних сертифікатів. При цьому може бути Perezархований як освітній компонент повністю, так і його окремі складові (змістовні модулі, окремі теми, окремі практичні заняття). Можливість Perezарховання (відповідність змісту дисципліни) та обсяг навчальних годин визначається викладачем для кожного конкретного випадку і здійснюється за процедурою, яка відповідає "Положенню

про визнання в КПШ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті".

- інша інформація для здобувачів щодо особливостей опанування навчальної дисципліни – активність та креативність на лекціях і лабораторних заняттях, участь в науковій тематиці, яка включає елементи теорії та практики термічної обробки може бути оцінена заохочувальними балами (до 10 балів).

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено: професором кафедри Фізичного матеріалознавства та термічної обробки, доц., д. т. н., Донієм Олександром Миколайовичем.

Ухвалено:

кафедрою Фізичного матеріалознавства та термічної обробки НН ІМЗ ім. Є.О. Патона (протокол № 12 від 22 червня 2023 р.);

кафедрою Високотемпературних матеріалів та порошкової металургії НН ІМЗ ім. Є.О. Патона (протокол № 16 від 21 червня 2023 р.).

Погоджено:

Методичною комісією НН ІМЗ ім. Є.О. Патона (протокол № 12/23 від 28 червня 2023 р.)

ДОДАТОК 1

Індивідуальні завдання на розрахункову роботу з дисципліни «Математичне моделювання та оптимізація технологічних процесів і матеріалів».

ЗАВДАННЯ № 1

1. По наведеним експериментальним даним побудувати математичні моделі границі міцності G_B і відносного видовження δ :

$$G_B = f_1(C, T_{від}),$$

$$\delta = f_2(C, T_{від}).$$

Довести їх адекватність.

2. Оптимізувати вміст вуглецю і температуру відпуску сталі з ціллю досягнення поєднання максимальних значень границі міцності G_B і відносного видовження $\delta \geq 18$

3. Визначити вуглецю і температуру відпуску сталі для отримання:

$$650 \leq G_B \leq 720 \text{)}^*$$

$$14 \leq \delta \leq 20$$

Вихідні дані приведені в таблиці:

№	C, %	$T_{від}, ^\circ\text{C}$	$G_B, \text{МПа}$			$\delta, \%$		
			1	2	3	1	2	3
1	0,30	400	690	685	687	21	20,5	20,5
2	0,30	500	640	639	643	23	22,5	23,5
3	0,30	600	590	590	590	25	25	24
4	0,35	400	780	781	785	15	14,5	15
5	0,35	500	700	696	705	19	19	19
6	0,35	600	660	658	660	22	21,5	22
7	0,40	400	860	865	860	12	12,5	12,5
8	0,40	500	760	753	761	16	16,5	16,5
9	0,40	600	650	665	670	19	19,5	18,5

)* - в разі необхідності потрібно корегувати задані границі

ЗАВДАННЯ № 2

1. По наведеним експериментальним даним побудувати математичні моделі межі текучості G_T і відносного звуження φ :

$$G_T = f_1(C, T_{від}),$$

$$\varphi = f_2(C, T_{від}).$$

Довести їх адекватність.

2. Оптимізувати вміст вуглецю і температуру відпуску сталі з ціллю досягнення поєднання максимальних значень межі текучості G_T і відносного звуження $\varphi \geq 65$.

3. Визначити вуглецю і температуру відпуску сталі для отримання:

$$420 \leq G_T \leq 500 \text{)}^*$$

$$67 \leq \varphi \leq 73$$

Вихідні дані приведені в таблиці:

№	C, %	$T_{\text{від}}, ^\circ\text{C}$	$G_T, \text{МПа}$			$\varphi, \%$		
			1	2	3	1	2	3
1	0,30	400	550	540	545	66	65	64
2	0,30	500	490	490	490	71	70	73
3	0,30	600	400	400	400	78	77	75
4	0,35	400	630	630	635	61	60	59
5	0,35	500	540	545	543	67	67	67
6	0,35	600	420	421	420	74	73	73
7	0,40	400	700	705	700	58	59	59
8	0,40	500	590	587	590	65	66	67
9	0,40	600	450	455	450	71	72	71

)* - в разі необхідності потрібно корегувати задані границі

ЗАВДАННЯ № 3

1. По наведеним експериментальним даним побудувати математичні моделі значень межі текучості G_T та ударної в'язкості a_H :

$$G_T = f_1(C, T_{\text{від}}),$$

$$a_H = f_2(C, T_{\text{від}}).$$

Довести їх адекватність.

2. Оптимізувати вміст вуглецю і температуру відпуску сталі з ціллю досягнення поєднання максимальних значень межі текучості G_T та ударної в'язкості $a_H \geq 250$.

3. Визначити вуглецю і температуру відпуску сталі для отримання:

$$670 \leq G_T \leq 700 \text{)}^*$$

$$220 \leq a_H \leq 230$$

Вихідні дані приведені в таблиці:

№	C, %	$T_{\text{від}}, ^\circ\text{C}$	$G_T, \text{МПа}$			$a_H, \text{Дж/см}^2$		
			1	2	3	1	2	3

1	0,30	400	550	545	555	220	215	220
2	0,30	500	490	485	490	240	245	240
3	0,30	600	400	410	400	270	270	275
4	0,35	400	630	625	625	150	145	155
5	0,35	500	540	540	545	190	195	185
6	0,35	600	420	418	421	230	225	230
7	0,40	400	700	703	705	100	100	100
8	0,40	500	590	595	595	160	165	170
9	0,40	600	450	445	450	200	205	205

)* - в разі необхідності потрібно корегувати задані границі

ЗАВДАННЯ № 4

1. По наведеним експериментальним даним побудувати математичні моделі границі міцності G_B і ударної в'язкості a_H :

$$G_B = f_1(C, T_{від}),$$

$$a_H = f_2(C, T_{від}).$$

Довести їх адекватність.

2. Оптимізувати вміст вуглецю і температуру відпуску сталі з ціллю досягнення поєднання максимальних значень границі міцності G_B і відносного видовження $a_H \geq 210$

3. Визначити вуглецю і температуру відпуску сталі для отримання:

$$800 \leq G_B \leq 820 \text{)}^*$$

$$210 \leq a_H \leq 220$$

Вихідні дані приведені в таблиці:

№	C, %	$T_{від}$, °C	G_B , МПа			a_H , Дж/см ²		
			1	2	3	1	2	3
1	0,30	400	690	690	690	220	215	220
2	0,30	500	640	643	640	240	240	235
3	0,30	600	590	591	590	270	275	265
4	0,35	400	780	780	780	150	150	155
5	0,35	500	700	700	700	190	195	195
6	0,35	600	660	660	665	230	235	235
7	0,40	400	860	861	858	100	105	105
8	0,40	500	760	760	760	160	160	160
9	0,40	600	660	658	662	200	200	205

)* - в разі необхідності потрібно корегувати задані границі

ЗАВДАННЯ № 5

1. По наведеним експериментальним даним побудувати математичні моделі межі текучості G_T і відносного видовження δ :

$$G_T = f_1(C, T_{від}),$$

$$\delta = f_2(C, T_{від}).$$

Довести їх адекватність.

2. Оптимізувати вміст вуглецю і температуру відпуску сталі з ціллю досягнення поєднання максимальних значень межі текучості G_T і відносного видовження $\delta \geq 18$

3. Визначити вуглецю і температуру відпуску сталі для отримання:

$$650 \leq G_T \leq 690 \text{)}^*$$

$$18 \leq \delta \leq 20$$

Вихідні дані приведені в таблиці:

№	C, %	T _{від} , °C	G _T , МПа			δ, %		
			1	2	3	1	2	3
1	0,30	400	550	545	555	21	20.5	20.5
2	0,30	500	490	485	495	23	22.5	23.5
3	0,30	600	400	405	410	25	25.5	24.5
4	0,35	400	630	635	632	15	14.5	15.5
5	0,35	500	540	535	545	19	18.5	19.5
6	0,35	600	420	418	421	22	21.5	22.5
7	0,40	400	700	703	705	12	12.5	12
8	0,40	500	590	585	595	16	16	16
9	0,40	600	450	455	457	19	19.5	18.5

)* - в разі необхідності потрібно корегувати задані границі

ЗАВДАННЯ № 6

1. По наведеним експериментальним даним побудувати математичні моделі границі міцності G_B і відносного видовження δ :

$$G_B = f_1(C, T_{\text{від}}),$$

$$\delta = f_2(C, T_{\text{від}}).$$

Довести їх адекватність.

2. Оптимізувати вміст вуглецю і температуру відпуску сталі з ціллю досягнення поєднання максимальних значень границі міцності G_B і відносного видовження $\delta \geq 23$

3. Визначити вуглецю і температуру відпуску сталі для отримання:

$$680 \leq G_B \leq 710 \text{)}^*$$

$$20 \leq \delta \leq 25$$

Вихідні дані приведені в таблиці:

№	C, %	$T_{\text{від}}, ^\circ\text{C}$	$G_B, \text{мПа}$			$\delta, \%$		
			1	2	3	1	2	3
1	0,30	400	690	685	687	21	20,5	20,5
2	0,30	500	640	639	643	23	22,5	23,5
3	0,30	600	590	590	590	25	25	24
4	0,35	400	780	781	785	15	14,5	15
5	0,35	500	700	696	705	19	19	19
6	0,35	600	660	658	660	22	21,5	22
7	0,40	400	860	865	860	12	12,5	12,5
8	0,40	500	760	753	761	16	16,5	16,5
9	0,40	600	650	665	670	19	19,5	18,5

)* - в разі необхідності потрібно корегувати задані границі

ЗАВДАННЯ № 7

Механічні властивості сплавів системи Al-Mg-Zn, хімічний склад котрих вказано в план-матриці експерименту, вимірювали після їх термообробки (гартування та старіння).

Результати вимірювання відношення $\sigma_{0,2}/(\sigma_B)$, відносного подовження (δ) представлені у таблиці.

1. По наведеним експериментальним даним побудувати математичні моделі відношення $\frac{\sigma_{0,2}}{\sigma_B}$ і відносного видовження δ :

$$\frac{\sigma_{0,2}}{\sigma_B} = f_1(Zn, Mg, Zn + Mg),$$

$$\delta = f_2(Zn, Mg, Zn + Mg).$$

Довести їх адекватність.

2. Оптимізувати вміст цинку та магнію з ціллю досягнення поєднання максимальних значень відношення $\frac{\sigma_{0,2}}{\sigma_B}$ і відносного видовження $\delta \geq 20$

3. Визначити вуглецю і температуру відпуску сталі для отримання:

$$0,55 \leq \frac{\sigma_{0,2}}{\sigma_B} \leq 0,62 \text{)}^*$$

$$20 \leq \delta \leq 25$$

Сплав	План-матриця, %			Властивості сплавів	
	Zn	Mg	Zn+Mg	$\sigma_{0,2}/\sigma_B$, МПа	δ , %
1	7	1	8	0,73	15
2	5,5	2,5	8	0,69	17
3	4	4	8	0,58	21
4	2,5	5,5	8	0,47	24
5	1	7	8	0,47	23
6	1	5,5	6,5	0,46	25
7	1	4	5	0,46	27
8	1	2,5	3,5	0,49	30
9	1	1	2	0,57	34
10	2,5	1	3,5	0,58	23
11	4	1	5	0,61	17
12	5,5	1	6,5	0,66	16
13	4	2,5	6,5	0,59	19
14	2,5	4	6,5	0,47	24
15	2,5	2,5	5	0,52	23

)* - в разі необхідності потрібно корегувати задані границі

ЗАВДАННЯ № 8

1. По наведеним експериментальним даним побудувати математичні моделі межі текучості G_T і відносного звуження φ :

$$G_T = f_1(C, T_{від}),$$

$$\varphi = f_2(C, T_{від}).$$

Довести їх адекватність.

2. Оптимізувати вміст вуглецю і температуру відпуску сталі з ціллю досягнення поєднання максимальних значень межі текучості G_T і відносного звуження $\varphi \geq 55$.

3. Визначити вуглецю і температуру відпуску сталі для отримання:

$$460 \leq G_T \leq 500 \text{)}^*$$

$$69 \leq \varphi \leq 75$$

Вихідні дані приведені в таблиці:

№	C, %	$T_{від}$, °C	G_T , МПа			φ , %		
			1	2	3	1	2	3
1	0,30	400	550	540	545	66	65	64
2	0,30	500	490	490	490	71	70	73
3	0,30	600	400	400	400	78	77	75
4	0,35	400	630	630	635	61	60	59
5	0,35	500	540	545	543	67	67	67
6	0,35	600	420	421	420	74	73	73
7	0,40	400	700	705	700	58	59	59
8	0,40	500	590	587	590	65	66	67

9	0,40	600	450	455	450	71	72	71
---	------	-----	-----	-----	-----	----	----	----

)* - в разі необхідності потрібно корегувати задані границі

ЗАВДАННЯ № 9

1. По наведеним експериментальним даним побудувати математичні моделі значень межі текучості G_T та ударної в'язкості a_H :

$$G_T = f_1(C, T_{від}),$$

$$a_H = f_2(C, T_{від}).$$

Довести їх адекватність.

2. Оптимізувати вміст вуглецю і температуру відпуску сталі з ціллю досягнення поєднання максимальних значень межі текучості G_T та ударної в'язкості $a_H \geq 220$.

3. Визначити вуглецю і температуру відпуску сталі для отримання:

$$650 \leq G_T \leq 700 \text{)}^*$$

$$200 \leq a_H \leq 230$$

Вихідні дані приведені в таблиці:

	C, %	$T_{від}, ^\circ\text{C}$	$G_T, \text{МПа}$			$a_H, \text{Дж/см}^2$		
			1	2	3	1	2	3
1	0,30	400	550	545	555	220	215	220
2	0,30	500	490	485	490	240	245	240
3	0,30	600	400	410	400	270	270	275
4	0,35	400	630	625	625	150	145	155
5	0,35	500	540	540	545	190	195	185
6	0,35	600	420	418	421	230	225	230
7	0,40	400	700	703	705	100	100	100
8	0,40	500	590	595	595	160	165	170
9	0,40	600	450	445	450	200	205	205

)* - в разі необхідності потрібно корегувати задані границі

ЗАВДАННЯ № 10

1. По наведеним експериментальним даним побудувати математичні моделі границі міцності G_B і ударної в'язкості a_H :

$$G_B = f_1(C, T_{від}),$$

$$a_H = f_2(C, T_{від}).$$

Довести їх адекватність.

2. Оптимізувати вміст вуглецю і температуру відпуску сталі з ціллю досягнення поєднання максимальних значень границі міцності G_B і відносного видовження $a_H \geq 190$

3. Визначити вуглецю і температуру відпуску сталі для отримання:

$$780 \leq G_B \leq 820 \text{)}^*$$

$$210 \leq a_H \leq 240$$

Вихідні дані приведені в таблиці:

№	C, %	$T_{\text{від}}, ^\circ\text{C}$	$G_B, \text{ МПа}$			$a_H, \text{ Дж/см}^2$		
			1	2	3	1	2	3
1	0,30	400	690	690	690	220	215	220
2	0,30	500	640	643	640	240	240	235
3	0,30	600	590	591	590	270	275	265
4	0,35	400	780	780	780	150	150	155
5	0,35	500	700	700	700	190	195	195
6	0,35	600	660	660	665	230	235	235
7	0,40	400	860	861	858	100	105	105
8	0,40	500	760	760	760	160	160	160
9	0,40	600	660	658	662	200	200	205

)* - в разі необхідності потрібно корегувати задані границі

ЗАВДАННЯ № 11

1. По наведеним експериментальним даним побудувати математичні моделі межі текучості G_T і відносного видовження δ :

$$G_T = f_1(C, T_{\text{від}}),$$

$$\delta = f_2(C, T_{\text{від}}).$$

Довести їх адекватність.

2. Оптимізувати вміст вуглецю і температуру відпуску сталі з ціллю досягнення поєднання максимальних значень межі текучості G_T і відносного видовження $\delta \geq 14$

3. Визначити вуглецю і температуру відпуску сталі для отримання:

$$650 \leq G_T \leq 670 \text{)}^*$$

$$17 \leq \delta \leq 19$$

Вихідні дані приведені в таблиці:

	C, %	$T_{\text{від}}, ^\circ\text{C}$	$G_T, \text{ МПа}$			$\delta, \%$		
			1	2	3	1	2	3

1	0,30	400	550	545	555	21	20.5	20.5
2	0,30	500	490	485	495	23	22.5	23.5
3	0,30	600	400	405	410	25	25.5	24.5
4	0,35	400	630	635	632	15	14.5	15.5
5	0,35	500	540	535	545	19	18.5	19.5
6	0,35	600	420	418	421	22	21.5	22.5
7	0,40	400	700	703	705	12	12.5	12
8	0,40	500	590	585	595	16	16	16
9	0,40	600	450	455	457	19	19.5	18.5

)* - в разі необхідності потрібно корегувати задані границі

ЗАВДАННЯ № 12

1. По наведеним експериментальним даним побудувати математичні моделі границі міцності G_B і відносного видовження δ :

$$G_B = f_1(C, T_{від}),$$

$$\delta = f_2(C, T_{від}).$$

Довести їх адекватність.

2. Оптимізувати вміст вуглецю і температуру відпуску сталі з ціллю досягнення поєднання максимальних значень границі міцності G_B і відносного видовження $\delta \geq 18$

3. Визначити вуглецю і температуру відпуску сталі для отримання:

$$620 \leq G_B \leq 700 \text{)}^*$$

$$15 \leq \delta \leq 19$$

Вихідні дані приведені в таблиці:

№	C, %	$T_{від}$, °C	G_B , мПа			δ , %		
			1	2	3	1	2	3
1	0,30	400	690	685	687	21	20,5	20,5
2	0,30	500	640	639	643	23	22,5	23,5
3	0,30	600	590	590	590	25	25	24
4	0,35	400	780	781	785	15	14,5	15
5	0,35	500	700	696	705	29	19	19
6	0,35	600	660	658	660	22	21,5	22
7	0,40	400	850	865	860	12	12,5	12,5
8	0,40	500	760	753	761	16	16,5	17,5

9	0,40	600	650	665	670	19	19,5	18,5
---	------	-----	-----	-----	-----	----	------	------

)* - в разі необхідності потрібно корегувати задані границі

ЗАВДАННЯ № 13

1. По наведеним експериментальним даним побудувати математичні моделі межі текучості G_T і відносного звуження φ :

$$G_T = f_1(C, T_{від}),$$

$$\varphi = f_2(C, T_{від}).$$

Довести їх адекватність.

2. Оптимізувати вміст вуглецю і температуру відпуску сталі з ціллю досягнення поєднання максимальних значень межі текучості G_T і відносного звуження $\varphi \geq 65$.

3. Визначити вуглецю і температуру відпуску сталі для отримання:

$$440 \leq G_T \leq 500 \text{)}^*$$

$$62 \leq \varphi \leq 71$$

Вихідні дані приведені в таблиці:

№	C, %	$T_{від}, ^\circ\text{C}$	$G_T, \text{МПа}$			$\varphi, \%$		
			1	2	3	1	2	3
1	0,30	400	550	540	545	68	65	64
2	0,30	500	490	490	490	71	70	73
3	0,30	600	400	400	400	78	77	75
4	0,35	400	620	630	635	61	60	59
5	0,35	500	540	545	543	67	67	67
6	0,35	600	420	421	420	74	73	73
7	0,40	400	730	705	700	58	59	59
8	0,40	500	590	587	590	60	66	67
9	0,40	600	450	455	450	71	72	71

)* - в разі необхідності потрібно корегувати задані границі

ЗАВДАННЯ № 14

1. По наведеним експериментальним даним побудувати математичні моделі значень межі текучості G_T та ударної в'язкості a_H :

$$G_T = f_1(C, T_{від}),$$

$$a_H = f_2(C, T_{від}).$$

Довести їх адекватність.

2. Оптимізувати вміст вуглецю і температуру відпуску сталі з ціллю досягнення поєднання максимальних значень межі текучості G_T та ударної в'язкості $a_H \geq 250$.

3. Визначити вуглецю і температуру відпуску сталі для отримання:

$$620 \leq G_T \leq 680 \text{ }^*)$$

$$200 \leq a_H \leq 220$$

Вихідні дані приведені в таблиці:

№	C, %	$T_{від}$, °C	G_T , МПа			a_H , Дж/см ²		
			1	2	3	1	2	3
1	0,30	400	550	545	555	220	215	220
2	0,30	500	490	485	490	240	245	240
3	0,30	600	425	410	400	270	270	275
4	0,35	400	630	625	625	150	145	155
5	0,35	500	540	540	545	190	195	185
6	0,35	600	420	418	427	237	225	230
7	0,40	400	700	703	705	100	100	100
8	0,40	500	590	595	595	160	165	170
9	0,40	600	450	445	450	200	215	205

)* - в разі необхідності потрібно корегувати задані границі

ЗАВДАННЯ № 15

1. По наведеним експериментальним даним побудувати математичні моделі границі міцності G_B і ударної в'язкості a_H :

$$G_B = f_1(C, T_{від}),$$

$$a_H = f_2(C, T_{від}).$$

Довести їх адекватність.

2. Оптимізувати вміст вуглецю і температуру відпуску сталі з ціллю досягнення поєднання максимальних значень границі міцності G_B і відносного видовження $a_H \geq 210$

3. Визначити вуглецю і температуру відпуску сталі для отримання:

$$810 \leq G_B \leq 830 \text{ }^*)$$

$$220 \leq a_H \leq 230$$

Вихідні дані приведені в таблиці:

	C, %	T _{від} , °C	G _T , МПа			a _n , Дж/см ²		
			1	2	3	1	2	3
1	0,30	400	690	690	690	220	215	220
2	0,30	500	640	643	640	240	240	235
3	0,30	600	590	591	590	270	275	265
4	0,35	400	770	780	780	150	150	155
5	0,35	500	700	700	720	180	195	195
6	0,35	600	660	660	665	230	235	235
7	0,40	400	860	861	858	100	105	105
8	0,40	500	760	760	760	167	160	160
9	0,40	600	660	658	662	210	200	205

)* - в разі необхідності потрібно корегувати задані границі

ЗАВДАННЯ № 16

1. По наведеним експериментальним даним побудувати математичні моделі межі текучості G_T і відносного видовження δ :

$$G_T = f_1(C, T_{\text{від}}),$$

$$\delta = f_2(C, T_{\text{від}}).$$

Довести їх адекватність.

2. Оптимізувати вміст вуглецю і температуру відпуску сталі з ціллю досягнення поєднання максимальних значень межі текучості G_T і відносного видовження $\delta \geq 18$

3. Визначити вуглецю і температуру відпуску сталі для отримання:

$$640 \leq G_T \leq 670)*$$

$$19 \leq \delta \leq 22$$

Вихідні дані приведені в таблиці:

	C, %	T _{від} , °C	G _T , МПа			δ, %		
			1	2	3	1	2	3

1	0,30	400	550	545	555	21	20.5	20.5
2	0,30	500	490	485	495	23	22.5	23.5
3	0,30	600	400	405	410	25	25.5	24.5
4	0,35	400	638	635	632	15	14.5	15.5
5	0,35	500	540	535	545	19	18.5	19.5
6	0,35	600	420	418	421	22.4	21.5	22.5
7	0,40	400	700	703	705	12	12.5	12
8	0,40	500	580	585	595	18	16	14
9	0,40	600	450	455	457	21	19.5	18.5

)* - в разі необхідності потрібно корегувати задані границі

ЗАВДАННЯ № 17

Механічні властивості сплавів системи Al-Mg-Zn, хімічний склад котрих вказано в план-матриці експерименту, вимірювали після їх термообробки (гартування та старіння).

Результати вимірювання відношення $\sigma_{0,2}/(\sigma_B)$, відносного подовження (δ) представлені у таблиці.

1. По наведеним експериментальним даним побудувати математичні моделі відношення $\frac{\sigma_{0,2}}{\sigma_B}$ і відносного видовження δ :

$$\frac{\sigma_{0,2}}{\sigma_B} = f_1(Zn, Mg, Zn + Mg),$$

$$\delta = f_2(Zn, Mg, Zn + Mg).$$

Довести їх адекватність.

2. Оптимізувати вміст цинку та магнію з ціллю досягнення поєднання максимальних значень відношення $\frac{\sigma_{0,2}}{\sigma_B}$ і відносного видовження $\delta \geq 18$

3. Визначити вуглецю і температуру відпуску сталі для отримання:

$$0,50 \leq \frac{\sigma_{0,2}}{\sigma_B} \leq 0,58 \text{)}^*$$

$$20 \leq \delta \leq 25$$

Сплав	План-матриця, %			Властивості сплавів	
	Zn	Mg	Zn+Mg	$\sigma_{0,2}/\sigma_B$, МПа	δ , %
1	7	1	8	0,73	15
2	5,5	2,5	8	0,69	17
3	4	4	8	0,58	21
4	2,5	5,5	8	0,47	24
5	1	7	8	0,47	23
6	1	5,5	6,5	0,46	25
7	1	4	5	0,46	27
8	1	2,5	3,5	0,49	30
9	1	1	2	0,57	34
10	2,5	1	3,5	0,58	23
11	4	1	5	0,61	17
12	5,5	1	6,5	0,66	16

13	4	2,5	6,5	0,59	19
14	2,5	4	6,5	0,47	24
15	2,5	2,5	5	0,52	23

)* - в разі необхідності потрібно корегувати задані границі

ДОДАТОК 2

Завдання на модульну контрольну роботу з дисципліни «Математичне моделювання та оптимізація технологічних процесів і матеріалів»

Завдання №1

1. Що є основною ідеєю методу імітаційного моделювання.
2. Що є основою методу кінцевих різниць, який використовується для числового рішення рівняння теплопровідності, при побудові математичної моделі з розподіленими параметрами для опису нагрів вала під гартування.

Завдання №2

1. Обґрунтуйте переваги та недоліки імітаційного моделювання.
2. Як впливає вибір типу кінцевих різниць на числове рішення рівняння теплопровідності, при побудові математичної моделі з розподіленими параметрами для опису нагрів вала під гартування.

Завдання №3

1. Яким чином організують дослідження за допомогою імітаційного моделювання.
2. Що можна віднести до переваг явної числової схеми рішення рівняння теплопровідності, при побудові математичної моделі з розподіленими параметрами для опису нагрів вала під гартування.

Завдання №4

1. Як ви розумієте термін “ОБЧИСЛЮВАТЕЛЬНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ”.
2. Чи є безумовно стійкою явна числова схема рішення рівняння теплопровідності, при побудові математичної моделі з розподіленими параметрами для опису нагрів вала під гартування.

Завдання №5

1. Обґрунтуйте переваги та недоліки обчислювального експерименту.
2. Що можна віднести до переваг неявної числової схеми рішення рівняння теплопровідності, при побудові математичної моделі з розподіленими параметрами для опису нагрів вала під гартування.

Завдання №6

1. В чому є принципова різниця між математичними моделями із зосередженими та із розголдженними параметрами.

2. Чи є безумовно стійкою неявна числова схема рішення рівняння теплопровідності, при побудові математичної моделі з розподіленими параметрами для опису нагрів вала під гартування.

Завдання №7

1. В чому полягає різниця між статистичними (або ймовірностними) та детермінованими (причинно-наслідковими) математичними моделями.
2. Поясніть основний принцип методу прогонки, який застосовується при використанні неявної числової схеми рішення рівняння теплопровідності, при побудові математичної моделі з розподіленими параметрами для опису нагрів вала під гартування.

Завдання №8

1. Як довести адекватність математичної моделі.
2. Класифікуйте математичну модель, яка використовується в системі комп'ютерного термічного аналізу для визначення параметрів кристалізації по кривій охолодження.

Завдання №9

1. Які переваги надає введення нормованих змінних (факторів) при побудові математичної моделі.
2. Як підвищують чутливість метода термічного аналізу в комп'ютерній системі визначення властивостей та управління якістю рідких металів.

Завдання №10

1. Наведіть класифікацію математичної моделі.
2. Як розраховуються коефіцієнти K_1 , K_2 математичної моделі, яка використовується в комп'ютерній системі визначення властивостей та управління якістю рідких металів.

Завдання №11

1. Які об'єкти моделювання можна розглядати як неперервні. Наведіть приклади.
2. В чому полягає класичний підхід до задачі пошуку екстремуму (оптимуму).

Завдання №12

1. Які об'єкти моделювання можна розглядати як дискретні. Наведіть приклади.
2. В чому полягають необхідна та достатня умови існування локального мінімуму одновимірної функції $y=f(x)$.

Завдання №13

1. Які математичні моделі належать до стаціонарних. Наведіть приклади.
2. В чому полягають необхідна та достатня умови існування локального максимуму одновимірної функції $y=f(x)$.

Завдання №14

1. Що означає термін “ДЕКОМПОЗИЦІЯ” та коли це застосовують.
2. В чому полягають необхідна та достатня умови існування локального мінімуму багатовимірної функції $y=f(x)$.

Завдання №15

1. Що є “СКЛАДНОЮ СИСТЕМОЮ” та чи є сенс розглядати металургійне виробництво як складну систему.
2. В чому полягають необхідна та достатня умови існування локального максимуму багатовимірної функції $y=f(x)$.

Завдання №16

1. Що мається на увазі під терміном “ПРОБЛЕМА”.
2. Дайте визначення терміну “ЦІЛЬОВА ФУНКЦІЯ”.

Завдання №17

1. Що мається на увазі під терміном “ЗАДАЧА”.
2. Дайте визначення терміну “ПРОСТІР ПРОЕКТУВАННЯ”.

Завдання №18

1. Що розуміється при моделюванні як “ІДЕАЛІЗАЦІЯ ДОСЛІДЖУЄМОГО ОБ’ЄКТУ”.
2. Дайте визначення терміну “ПРОЕКТНІ ПАРАМЕТРИ” або “ПАРАМЕТРИ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ”.

Завдання №19

1. Можливо стверджувати, що при моделюванні ми ідеалізуємо досліджуємих об’єкт. Пояснити відповідь.
2. Дайте визначення терміну “ОПТИМІЗАЦІЯ”.

Завдання №20

1. У яких випадках з’являється необхідність корегування математичної моделі.
2. В якому випадку використовують числові методи пошуку екстремальної точки.

Завдання №21

1. За яких умов використовують числову математичну модель.
2. Які основні принципи використовуються в ітераційних методах при пошуку екстремальної точки унімодальної одновимірної цільової функції.

Завдання №22

1. Що лежить в основі методу Ейлера, який використовують для наближеного (числового) розв’язку диференціальних рівнянь першого порядку.
2. На якому принципі засновано метод Ньютона для числового рішення рівняння $f'(x) = 0$.

Завдання №23

1. Які чинники впливають на величину похибки методу Ейлера, який використовують для наближеного (числового) розв’язку диференціальних рівнянь першого порядку.
2. Коли потрібно закінчувати ітераційний процес пошуку розв’язку рівняння $f'(x) = 0$ методом Ньютона.

Завдання №24

1. Перелічіть основні похибки, що характерні для числових методів, які використовуються для побудови числових математичних моделей.
2. Дайте визначення терміну “АПРОКСИМАЦІЯ”.

Завдання №25

1. За рахунок чого спрощується математична формуліровка рівняння теплопровідності, яке є основою математичної моделі з розподіленими параметрами для опису нагрів вала під гартування.
2. Який принцип є основою методу квадратичної апроксимації при пошуку екстремальної точки унімодальної одновимірної цільової функції.

Завдання №26

1. Якими умовами необхідно доповнити рівняння теплопровідності, яке є основою математичної моделі з розподіленими параметрами для опису нагрів вала під гартування.
2. Чим характеризується ефективність методів пошуку екстремальної точки, які базуються на принципі звуження інтервалу невизначеності.

Завдання №27

1. На якій підставі відбувається вибір початкових та граничних умов, що необхідні для доповнення рівняння теплопровідності, при побудові математичної моделі з розподіленими параметрами для опису нагрів вала під гартування.
2. Що називають “ІНТЕРВАЛОМ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ”.

Завдання №28

1. В чому полягає різниця між статистичними (або ймовірностними) та детермінованими (причинно-наслідковими) математичними моделями.
2. Коли потрібно закінчувати ітераційний процес пошуку розв’язка рівняння $f'(x)=0$ методом Ньютона.

Завдання №29

1. Як підвищують чутливість метода термічного аналізу в комп’ютерній системі визначення властивостей та управління якістю рідких металів.
2. В якому випадку використовують числові методи пошуку екстремальної точки.

Завдання №30

1. Що розуміється при моделюванні як “ІДЕАЛІЗАЦІЯ ДОСЛІДЖУЄМОГО ОБ’ЄКТУ”.
2. Який принцип є основною ідеєю методу “ЗОЛОТОГО ПЕРЕРІЗУ” при пошуку екстремальної точки унімодальної одновимірної цільової функції.