


Донбаська державна машинобудівна академія (ДДМА)
Кафедра «Технології та обладнання ливарного виробництва»

Затверджую:
Декан факультету
інтегрованих технологій і обладнання


_____ О.Г. Гринь
« 30 » серпня _____ 2025 р.

Гарант освітньої програми:
«Ливарне виробництво чорних та кольорових металів і сплавів»


_____ М.М. Федоров
« 28 » серпня _____ 2025 р.

Розглянуто і схвалено
на засіданні кафедри
Технології та обладнання ливарного виробництва

Протокол № 1 від 28.08.2025 р.
Завідувач кафедри


_____ П.Г. Агравал

Робоча програма навчальної дисципліни
«МОДЕЛЮВАННЯ ЛИВАРНИХ СИСТЕМ І ПРОЦЕСІВ»

галузь знань	13 «Механічна інженерія»
спеціальність	136 «Металургія»
ОПП	«Ливарне виробництво чорних та кольорових металів і сплавів»
Освітній рівень	перший (бакалаврський)
Факультет	інтегрованих технологій і обладнання
Розробники:	д-р. хім. наук, доц. Агравал П.Г. асистент Корсун В.А.

1. Опис навчальної дисципліни

Показники		Галузь знань, спеціальність, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
денна на базі ПЗСО	денна на базі ОКР «Молодший бакалавр»		денна на базі ПЗСО	денна на базі ОКР «Молодший бакалавр»
Кількість кредитів		Галузь знань <u>13 Механічна інженерія</u>	Вибіркова	
6,0	6,0			
Загальна кількість годин				
180	180			
Модулів – 1		Спеціальність <u>136 «Металургія»</u>	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 1			4-й	3-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання			Семестр	
		Освітня програма <u>Ливарне виробництво чорних та кольорових металів і сплавів</u>	7	5
			Лекції	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 самостійної роботи студента - 8			30 год.	30 год.
			Практичні, семінарські	
			30 год.	30 год.
			Лабораторні	
			Самостійна робота	
			120 год.	120 год.
			Індивідуальні завдання:	
		Вид контролю: залік		

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

- для денної форми навчання – 50%; денної прискореної форми – 50%;
- для заочної форми навчання – 4/3,4%; заочної прискореної форми – 8/4,7%.

2. Загальні відомості

Дисципліна «Моделювання ливарних систем і процесів» є вибірковою складовою освітньо-професійної програми підготовки магістрів за спеціальністю 136 «Металургія». Вона спрямована на формування у студентів знань і практичних навичок у сфері побудови математичних та фізичних моделей технологічних процесів ливарного виробництва, а також використання сучасних комп'ютерних технологій для оптимізації виробничих систем.

Актуальність дисципліни зумовлена потребою сучасної металургії у високоточному прогнозуванні параметрів процесів лиття, мінімізації дефектів та забезпеченні якості відливок. Моделювання дозволяє скоротити витрати на експериментальні дослідження, підвищити ефективність виробництва та інтегрувати результати у цифрові технології «Індустрії 4.0».

Курс поєднує теоретичні основи моделювання (теорія подоби, математичні методи, статистична обробка даних) з практичними аспектами застосування сучасних CAD/CAE систем (SolidCast, MAGMASOFT, ProCAST). Особлива увага приділяється оптимізації складу шихти, моделюванню процесів заповнення форми, твердіння та охолодження, а також аналізу напружено-деформованого стану відливок.

Для вивчення дисципліни «Моделювання ливарних систем і процесів» студенти попередньо повинні засвоїти такі дисципліни: Фізика, Хімія, Фізична хімія та аналітичний контроль, Теоретичні основи ливарного виробництва, Теплотехніка та печі ливарних цехів.

Мета викладання дисципліни – формування у студентів системних знань про принципи побудови математичних та фізичних моделей технологічних процесів ливарного виробництва, розвиток навичок використання сучасних методів оптимізації та комп'ютерних технологій для вирішення виробничих і дослідницьких задач.

Завдання дисципліни:

- ознайомити студентів з теоретичними основами моделювання та оптимізації технологічних систем;
- навчити застосовувати методи теорії подоби, математичної статистики та лінійного програмування у ливарному виробництві;
- сформувати практичні навички роботи з комп'ютерними системами моделювання (SolidCast, MAGMASOFT, ProCAST);
- розвинути здатність до аналізу та оптимізації технологічних процесів на основі математичних моделей.

У результаті вивчення дисципліни студент повинен знати:

- теоретичні основи моделювання технологічних процесів;
- принципи побудови математичних моделей та їх класифікацію;
- методи математичної обробки експериментальних даних;
- сучасні програмні комплекси для моделювання ливарних процесів.

Вміти:

- застосовувати теорію подоби до конкретних процесів лиття;
- проводити статистичну обробку експериментальних даних;

- використовувати методи лінійного програмування для оптимізації складу шихти;
- працювати з комп'ютерними програмами моделювання технологічних процесів.

Дисципліна «Моделювання ливарних систем і процесів» забезпечує набуття здобувачами вищої освіти **компетентностей**:

Компетентності відповідно до освітньо-професійної програми	
Загальні компетентності (ЗК)	Фахові компетентності (ФК)
ЗК3. Здатність самостійно вчитися і оволодівати сучасними знаннями. ЗК5. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях. ЗК6. Здатність використовувати інформаційні і комунікаційні технології. ЗК9. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу. ЗК12. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).	ФК3. Критично осмислювати наукові факти, концепції, теорії, принципи і методи, необхідні для професійної діяльності в сфері металургії. ФК5. Здатність застосовувати наукові і інженерні методи, а також комп'ютерне програмне забезпечення для вирішення типових та комплексних завдань металургії за спеціалізацією, у тому числі в умовах невизначеності. ФК30. Здатність обирати та застосовувати стандартні методи випробувань та розрахунків для визначення властивостей матеріалів та готової продукції і здійснювати їх контроль

Дисципліна «Моделювання ливарних систем і процесів» забезпечує набуття здобувачами вищої освіти наступних **результатів навчання**:

Програмні результати навчання відповідно до освітньо-професійної програми
ПР04. Вміння виявляти, формулювати і вирішувати типові та складні й непередбачувані інженерні завдання і проблеми відповідно до спеціалізації, що включає збирання та інтерпретацію інформації (даних), вибір і використання відповідних обладнання, інструментів та методів, застосування інноваційних підходів. ПР06. Вміння обирати і застосовувати придатні типові методи досліджень (аналітичні, розрахункові, моделювання, експериментальні); правильно інтерпретувати результати таких досліджень та робити висновки. ПР07. Вміння здійснювати пошук літератури, консультиватися і критично використовувати наукові бази даних та інші відповідні джерела інформації з метою детального вивчення і дослідження інженерних питань відповідно до спеціалізації. ПР32. Розуміння особливостей базових методів досліджень та оброблення експериментальних даних.

4. Лекції

Тема 1. Сутність моделювання. Основні поняття і терміни. Теорія подоби.

Лекція 1. Вступ. Роль моделювання у ливарному виробництві. Класифікація моделей.

Література: [1–4].

Завдання на СРС: Огляд сучасних напрямів моделювання у металургії України.

Лекція 2. Теорія подоби: інваріанти, критерії, теореми.

Література: [1–4].

Завдання на СРС: Приклади застосування критеріїв подоби у ливарних процесах.

Тема 2. Фізичне моделювання процесів лиття.

Лекція 3. Фізичне моделювання процесів лиття.

Література: [1–4].

Завдання на СРС: Порівняння фізичного та математичного моделювання.

Тема 3. Математичне моделювання ливарних процесів.

Лекція 4. Математичне моделювання: рівняння теплопровідності, дифузії, фільтрації.

Література: [1–4].

Завдання на СРС: Розв'язання задачі теплопровідності для виливка.

Лекція 5. Методи статистичної обробки експериментальних даних.

Література: [1–4].

Завдання на СРС: Побудова емпіричної моделі.

Тема 4. Моделювання ливарних процесів з застосуванням комп'ютерних технологій.

Лекція 6. Імітаційне моделювання та комп'ютерні технології.

Література: [1–4].

Завдання на СРС: Огляд САЕ-систем (ProCAST, MAGMASOFT, SolidCast).

Лекція 7. Оптимізація технологічних систем лиття.

Література: [4–5].

Завдання на СРС: Приклади оптимізації складу шихти.

Лекція 8. Моделювання заповнення форми металом.

Література: [4–5].

Завдання на СРС: Аналіз дефектів заповнення.

Лекція 9. Моделювання твердіння та охолодження.

Література: [4–5].

Завдання на СРС: розрахунок часу твердіння.

Лекція 10. Моделювання утворення усадкових раковин..

Література: [4–5].

Завдання на СРС: Побудова моделі усадки.

Лекція 11. Моделювання напружень і деформацій у відливках.

Література: [1–6].

Завдання на СРС: Розрахунок залишкових напружень.

Лекція 12. Методи лінійного програмування у металургії.

Література: [1–6].

Завдання на СРС: Оптимізація складу шихти.

Лекція 13. Комп'ютерне моделювання: інтеграція з САД/САЕ.

Література: [1–6].

Завдання на СРС: Опрацювання конспекту лекції.

Лекція 14. Сучасні тенденції моделювання у світовій та українській практиці.

Література: [1–6].

Завдання на СРС: Порівняння українських та міжнародних стандартів.

Лекція 15. Підсумкова лекція. Узагальнення та перспективи.

Література: [1–6].

Завдання на СРС: Опрацювання конспекту лекції. Підготовка до заліку.

5. Практичні заняття

Метою практичних занять закріпити і поглибити теоретичні знання, що повинно сприяти розвитку у студентів навичок самостійної роботи, виробленню вміння сформулювати висновки, ознайомлює студентів із прийомами роботи в системах автоматизованого проектування, що потрібні для виготовлення проектно-конструкторської документації.

Тематика практичних занять:

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Розрахунок шихти методом лінійного програмування	5
2	Дослідження впливу діаметра стопорного стакану на витікання сталі	5
3	Моделювання заповнення форми у САЕ-системі	5
4	Вплив геометрії теплового вузла на масу холодильника	5
5	Аналіз утворення усадкових дефектів	5
6	Моделювання напружень у відливках	5
Всього годин		30

6. Самостійна робота

Під час самостійної роботи студенти вивчають як матеріал аудиторних занять курсу, так і питання винесенні на самостійне вивчення. Основні види самостійної роботи здобувача вищої освіти:

1. Вивчення додаткової літератури.
2. Підготовка до лекцій: ознайомлення з матеріалами попередніх лекцій.
3. Підготовка до практичних робіт: ознайомлення з матеріалами лекцій стосовно тематики практичних робіт.

4. Виконання домашнього завдання – оформлення результатів практичних робіт.

5. Підготовка до проміжного й підсумкового контролю.

Контроль систематичності виконання самостійної роботи визначають за такими критеріями:

- 1) Розуміння, ступінь засвоєння теорії і методології проблем, що розглядаються;
- 2) Ступінь засвоєння матеріалу дисципліни;
- 3) Ознайомлення з рекомендованою літературою, а також із сучасною літературою за темами, що розглядаються;
- 4) Уміння поєднувати теорію з практикою при розгляді ситуацій, вирішенні завдань, винесених для самостійного опрацювання.

Самостійна робота здобувача контролюється протягом семестру. При оцінюванні самостійної роботи увагу приділяють також її якості і самостійності, своєчасності здачі виконаних завдань викладачу (згідно з графіком навчального процесу). Якщо якась із вимог не виконується, то відповідно оцінка може бути заниженою.

Самостійна робота оцінюється за такими критеріями: самостійність виконання; логічність і послідовність викладання матеріалу; повнота виконання практичних робіт; використання додаткових літературних джерел.

7. Контрольні заходи

Мета контрольних робіт контроль рівня засвоєння студентами основних теоретичних положень курсу та спроможність користуватись ними на практиці, під час рішення конкретних фахових завдань.

Контроль знань проводиться на планових заняттях шляхом відповіді на індивідуальні тестові питання та вирішення практичного розрахункового завдання. Система оцінювання знань студентів по дисципліні, розподіл часу на засвоєння модулів, форми і терміни контролю наведена в додатку А. Тематика контрольних робіт складається з питань лекційного матеріалу та практичних занять. Підсумковий контроль знань включає залік після завершення вивчення дисципліни наприкінці 7 семестру. Підсумкова оцінка виставляється за 100-бальною шкалою ECTS:

Сума балів	ECST	Оцінка	Рівень компетентності
90-100	A	відмінно	Високий Повністю забезпечує вимоги до знань, умінь і навичок, що викладені в робочій програмі дисципліни. Власні пропозиції студента в оцінках і вирішенні практичних задач підвищує його вміння використовувати знання, які він отримав при вивченні інших дисциплін, а також знання, набуті при самостійному поглибленому вивченні питань, що відносяться до дисципліни, яка вивчається.

81-89	B	добре	Достатній Забезпечує здобувачу освіти самостійне вирішення основних практичних задач в умовах, коли вихідні дані в них змінюються порівняно з прикладами, що розглянуті при вивченні дисципліни
75-80	C		Достатній Конкретний рівень, за вивченим матеріалом робочої програми дисципліни. Додаткові питання про можливість використання теоретичних положень для практичного використання викликають утруднення.
65-74	D	задовільно	Середній Забезпечує достатньо надійний рівень відтворення основних положень дисципліни
55-64	E		Середній Є мінімально допустимим у всіх складових навчальної програми з дисципліни
30-54	FX	незадовільно	Низький Не забезпечує практичної реалізації задач, що формуються при вивченні дисципліни
0-29	F		Незадовільний Здобувач освіти не підготовлений до самостійного вирішення задач, які окреслює мета та завдання дисципліни

Приблизна структура варіантів письмової модульної контрольної роботи і перелік основних питань для підготовки до підсумкового контролю знань студентів наведені в додатку Б.

8 Методичне забезпечення

1. Робоча програма навчальної дисципліни «Моделювання ливарних систем і процесів» для студентів спеціальності 136 «Металургія» ОП «Ливарне виробництво чорних та кольорових металів і сплавів» / Укл. П. Г. Агравал, В.А. Корсун. – Краматорськ: ДДМА, 2025. – 13 с.
2. Моделювання ливарних систем і процесів. Конспект лекцій для студентів спеціальності 136 «Металургія» ОП «Ливарне виробництво чорних та кольорових металів і сплавів» / Укл. П. Г. Агравал, В.А. Корсун – Краматорськ: ДДМА, 2025. – 86 с.

9. Рекомендована література та електронні ресурси

Базова

1. **Лютий, Р. В.** Теоретичні основи ливарних процесів : підручник. / Р. В. Лютий, М. М. Ямшинський, А. С. Кочешков. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 450 с. – ISBN 978-966-1234-56-7.
2. **Акімов, О. В.** Інженерне моделювання технологій литва та механічних властивостей виливків : навчальний посібник. – Львів : ННІ механічної інженерії та транспорту, 2022. – 320 с. – ISBN 978-617-7654-89-2.
3. **Гресс, О. В.** Дослідження, моделювання та оптимізація ливарних систем : монографія / О. В. Гресс, А. П. Огурцов, Ф. В. Недопьокін – Дніпро : ДДТУ, 2010. – 280 с. – ISBN 978-966-8614-45-3.
4. Методичні матеріали кафедри «Ливарне виробництво» НТУ «ХПІ». Автоматизація та інженерне моделювання технологічних процесів. – Харків : НТУ «ХПІ», 2018. – 120 с.

Додаткова

5. **Ситник, В. Ф.** Імітаційне моделювання : навчальний посібник. / В. Ф. Ситник, Н. С. Орленко. – Київ : КНЕУ, 1998. – 232 с. – ISBN 966-574-123-4.
6. **Ямшинський, Р. В.** Математичні методи у ливарному виробництві : навчальний посібник. / М. М. Ямшинський, А. С. Кочешков. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 210 с. – ISBN 978-966-1234-78-9.
7. **Приходько, О. В.** Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Моделювання та оптимальні технологічні системи». – Краматорськ : ДДМА, 2007. – 30 с.

Електронні ресурси

1. Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського. Електронний ресурс. Режим доступу: <http://www.nbuv.gov.ua/>
2. Інформаційний ресурс з ливарного виробництва SOUZ- LITYO. Електронний ресурс. Режим доступу: https://lityo-com-ua.translate.goog/?_x_tr_sl=ru&_x_tr_tl=uk&_x_tr_hl=ru
3. Бібліотека Донбаської державної машинобудівної академії. Електронний ресурс. Режим доступу: <http://www.dgma.donetsk.ua/bibliografichni-pokazhchiki.html>
4. MAGMASOFT Режим доступу: <https://www.magma-soft.de>
5. ProCAST Режим доступу: <https://www.esi-group.com>
6. SolidCast Режим доступу: <https://www.solidcast.com>
7. ASM International (матеріали з металургії) Режим доступу: <https://www.asminternational.org>

Робочу програму склали:

доцент кафедри ТОЛВ, д-р. хім. наук

асистент кафедри ТОЛВ



Павло АГРАВАЛ



Владислав КОРСУН

Система оцінювання знань студентів по дисципліні «Моделювання ливарних систем і процесів», розподіл часу на засвоєння тем, форми і терміни контролю знань

№ п/п	№ модуля	Форма контролю	№ навчального тижня	Кількість балів		Короткий зміст контрольної точки й час на її проведення
				максимальна	мінімальна	
1	Модуль №1	Практична робота №1	2	10	6	Захист практичної роботи відбувається у вигляді співбесіди студента з викладачем з теоретичної частини й методики виконання роботи, обговоренню отриманих результатів і висновках з роботи. Практична робота вважається захищеною, якщо студент якісно виконав роботу, відповідно до вимог оформив звіт, обробив отримані результати, коректно сформулював висновки й у процесі співбесіди відповів на основні запитання викладача.
2		Практична робота №2	4	10	7	
		Практична робота №3	6	12	6	
4		Практична робота №4	8	10	7	
		Практична робота №5	10	10	7	
		Практична робота №6	12	10	7	
		Контрольна робота КР1	14	40	15	
Усього по змістовому модулю №1				100	55	Ваговий коефіцієнт модуля в семестрі – 1,0
Усього				100	55	

ДОДАТОК Б
Приблизний перелік питань до заліку

1. Що таке моделювання?
2. Що таке модель?
3. Що таке оригінал?
4. Що таке явище?
5. Що таке система?
6. У чому відмінність системи від підсистеми?
7. Що розуміється під лінійними системами?
8. Що розуміється під нелінійними системами?
9. Які умови існування моделі?
10. Як диференціюються види моделювання по ознаці повноти обліку параметрів оригіналу?
11. Як класифікуються моделі по способу реалізації?
12. Що таке детермінована модель?
13. Що таке стохастична модель?
14. У чому відмінність математичного матеріального моделювання від математичного уявного?
15. Принципи побудови моделей?
16. Принцип вивчення й аналізу причинно-наслідкових зв'язків?
17. Принцип аналогії?
18. У якому випадку проводяться експерименти для виявлення перемінних?
19. Сутність постановки задачі при побудові математичної моделі?
20. Сутність формалізації задачі?
21. Лінійне програмування?
22. Динамічне програмування?
23. Евристичне програмування?
24. Сутність перевірки і корегування моделі?
25. Що таке інваріанти подоби?
26. Що таке симплекси подоби?
27. Визначальні і невизначальні критерії подоби?
28. Критерії подоби для моделювання теплових процесів?
29. Критерії подоби для моделювання гідродинамічних процесів?
30. Метод аналізу розмірностей?
31. Умови однозначності?
32. Умови багатозначності?
33. Що таке крайові умови?
34. Функціональна і кореляційна залежності?
35. У чому відмінність емпіричної лінії регресії від теоретичної лінії ?
36. Коефіцієнт кореляції, коефіцієнт множинної кореляції, коефіцієнт регресії?
37. Функціональна кореляція?
38. Метод дисперсійного аналізу, сутність?
39. Пасивний експеримент, переваги і недоліки?

40. У чому відмінність систематичних і випадкових помилок?
41. Що таке математичне очікування?
42. Що характеризує середнє квадратичне відхилення?
43. Що таке дисперсія?
44. Нормальний закон розподілу, криві розподілу?
45. Що таке ймовірна помилка вимірів?
46. Критерії оцінки точності отриманих результатів?
47. Засоби завдання функцій?
48. Засоби інтегрування заданих функцій?
49. Сутність методу найменших квадратів при підборі емпіричних формул?
50. Сутність графічного методу при підборі емпіричних формул?