

Говорун Тетяна 

кандидат фізико-математичних наук, доцент,
Сумський державний університет,
м. Суми, Україна,
hovorun@pmtkm.sumdu.edu.ua

Берладір Христина 

кандидат технічних наук, старший викладач,
Сумський державний університет,
м. Суми, Україна
kr.berladir@pmtkm.sumdu.edu.ua

Білоус Олена 

кандидат фізико-математичних наук, доцент,
доцент кафедри математичного аналізу і методів оптимізації
Сумський державний університет,
м. Суми, Україна,
o.bilous@maimo.sumdu.edu.ua

Ханюков Кирило 

аспірант,
Сумський державний університет,
м. Суми, Україна,
Kyrylo.khaniukov@gmail.com

Варакін Віталій 

аспірант,
Сумський державний університет,
м. Суми, Україна,
Li199624@gmail.com

ЗАСТОСУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПІДГОТОВКИ ВИСОКОКВАЛІФІКОВАНИХ ФАХІВЦІВ-МАТЕРІАЛОЗНАВЦІВ

***Анотація.** У статті представлено матеріал про застосування комп'ютерного моделювання для ливарних технологій при навчанні студентів-матеріалознавців, що дає можливість вибрати матеріал деталі чи механізму, оптимальну технологію отримання виробу без реальних витрат на матеріал, прораховуючи всі варіанти і вибираючи найкращий варіант, як за кількістю застосованих операцій при виготовленні, так і за вартістю. Підвищення якості підготовки висококваліфікованих фахівців-матеріалознавців покликане в майбутньому підвищити якість продукції, скоротити терміни виробництва, зробити працю людей максимально ефективною і простішою.*

***Ключові слова:** модель, комп'ютерного моделювання, інформаційні комп'ютерні технології.*

***Abstract.** The article presents material on the use of computer modeling for foundry technologies in teaching materials science students, which makes it possible to choose the material of a part or mechanism, the optimal technology for obtaining a product without real material costs, calculating all options and choosing the best option, as by the number of applied operations during production, as well as at cost. Improving the quality of training of highly qualified material scientists is intended to improve the quality of products in the future, shorten production times, and make people's work as efficient and easier as possible.*

***Key words:** model, computer modeling, information computer technology.*

Вступ. П'ятдесят років тому слова «модель» і «моделювання» були відомі лише дуже вузькому колу високопрофесійних фахівців, пов'язаних або з дослідженням складних фізичних та природних процесів та явищ, або зі

створенням складних технічних об'єктів (переважно, як правило, військового призначення). Сьогодні слова «модель» та «моделювання» відомі навіть школярам, що використовуються у звичайному житті і вже не сприймаються як вузькоспеціальні терміни. Інформаційні комп'ютерні технології розширили можливості моделювання, і сьогодні важко уявити науково-дослідну, серйозну проектну чи навчальну діяльність без використання методології та сучасних засобів побудови та використання моделей. На сучасному етапі розвитку системи вищої освіти застосування інформаційних комп'ютерних технологій у навчанні студентів набуває все більшої актуальності та перетворюється на один з основних компонентів професійної підготовки майбутніх інженерів, оскільки сучасні професіонали повинні вміти застосовувати передові технології. У цьому аспекті особливе значення набуває комп'ютерне моделювання як основа підвищення якості підготовки висококваліфікованих фахівців і розвитку компетенцій студентів.

Актуальність теми. Головним завданням повної загальної середньої і вищої освіти є різнобічний розвиток, виховання і соціалізація особистості, яка здатна до життя в суспільстві, має прагнення до самовдосконалення і навчання впродовж життя, готова до свідомого життєвого вибору та самореалізації. Впродовж кількох десятиліть моделювання є одним з найбільш актуальних методів навчального і наукового дослідження, що широко застосовується в науково-педагогічних пошуках, і дозволяє поєднувати в ході вивчення педагогічного об'єкта експеримент, побудову логічних конструкцій і наукових абстракцій [1]. Комп'ютерне моделювання є унікальним інструментом пізнання при вивченні таких природничих дисциплін як фізика, хімія, біологія, геологія, математика тощо. Тому, вагоме місце в процесі вивчення природничих дисциплін повинне займати використання готових комп'ютерних моделей, віртуальних лабораторій, програмних засобів для створення та дослідження моделей [2]. Обмін досвідом використання методів та засобів комп'ютерного моделювання серед науковців здійснюється засобами наукових конференцій, публікацій у наукових журналах, а також Internet-засобами. Існує товариство

міжнародного комп'ютерного моделювання SCS, що опікується вивченням, розповсюдженням, використанням й удосконаленням методів моделювання для цілей вирішення практичних проблем. Європейське товариство моделювання EUROSIM забезпечує європейський форум для регіональних і національних товариств моделювання, спрямованих на поліпшення моделювання та моделювання в наукових дослідженнях [3].

Матеріалознавство як наука займається вивченням закономірностей, що діють у процесі виготовлення матеріалів та виробів з них, з метою використання цих закономірностей для забезпечення необхідної якості машин і механізмів, заданої їх кількості за найменшою собівартістю. Проектування технологічних процесів виготовлення, збирання виробів та обробки компонентів виробів є найважливішим завданням технологічної підготовки машинобудівного виробництва, вирішити яку дозволяє використання моделей та моделювання [4].

Мета статті полягає в розкритті особливостей застосування комп'ютерного моделювання при навчанні студентів-матеріалознавців для підвищення якості і показників розвитку, що дозволяє студентам отримати знання та уявлення про основи та методологію моделювання, про побудову та застосування моделей у технологічних процесах матеріалознавства та машинобудування.

Результати дослідження. Термін «модель» (від лат. *modulus* - міра, зразок, норма) увійшов до математики в XIX ст. у зв'язку з розвитком неевклідової геометрії. Модель – об'єкт-замінник об'єкта-оригіналу, який забезпечив би вивчення деяких властивостей оригіналу. Модель – реально існуюча чи уявна система, яка, заміщуючи і відображаючи оригінал з певною метою, перебуває з ним у відносинах подібності. Аналіз досвіду використання моделей у природничих, технічних та гуманітарних науках дозволяє зробити висновок, що модель – це наше уявлення про об'єкт, що досліджується, своєрідна форма кодування інформації про об'єкт [5]. Моделювання – заміщення одного об'єкта іншим для одержання інформації про найважливіші

властивості об'єкта-оригіналу за допомогою об'єкта-моделі. Моделі характеризуються трьома основними ознаками: приналежність до певного класу завдань (наприклад, управління технологічними процесами, управління технічними об'єктами або їх властивостями, планово-економічні завдання тощо); приналежністю до певного класу об'єктів (фізичні, біологічні, тощо); способом реалізації [6].

Комп'ютерне моделювання – це сучасний підхід до розв'язання питань, пов'язаних з моделюванням різноманітних об'єктів, процесів, явищ і складних багаторівневих систем, це також новий інструмент пізнання, нові технології проектування у різних галузях науки і техніки. Але освоїти моделювання як робочий інструмент і розвивати методологію моделювання можна тільки при повному оволодінні прийомами і технологією практичного вирішення задач моделювання із застосуванням комп'ютерних програм. У зв'язку з чим інженери будь-якого фаху мають набути вміння і навички вирішення виробничих і наукових задач за допомогою комп'ютера. З цією метою в навчальні плани всіх інженерних спеціальностей вищих навчальних закладів введені дисципліни, які забезпечують поглиблене вивчення математики, програмування, обчислювальної техніки, нових інформаційних технологій [5].

В інженерії комп'ютерне моделювання застосовують найчастіше для моделювання та розрахунку навантажень на об'єкти, наприклад будівель або мостів, для моделювання роботи різних виробів, таких як насоси, двигуни, компресори і інше та для моделювання майбутніх матеріалів і виробів із них при виготовленні моделей для лиття. Матеріалознавці завжди створювали моделі майбутніх матеріалів або моделі вивчення їх властивостей і намагалися ретельно прорахувати їх усіма доступними засобами. Роль моделювання та обчислювальних методів у матеріалознавстві різко зросла в результаті революційного розвитку комп'ютерної техніки, що глибоко проникла у всі галузі людської діяльності. Комп'ютерне матеріалознавство стало самостійним розділом загального матеріалознавства, невід'ємною частиною технології та інженерії нових матеріалів. Комп'ютерні моделі відіграють велику роль і при

вирішенні багатьох наукових питань, таких як з'ясування механізму явища, що не піддається експериментальному дослідженню, вивчення атомної будови меж зерен, дислокацій та інших дефектів, їх ролі у процесах деформації, руйнування, надпластичного перебігу, спікання порошків, дифузійної повзучості і інших [7].

Використання віртуального середовища у навчанні за допомогою створення віртуальних лабораторних робіт та тренажерів шляхом створення електронних програмних продуктів дає можливість проводити заняття на вищому рівні, бо наразі гостро стоїть питання в якісній і неформалізованій підготовці кадрів і гідних сучасних фахівців. Замінюючи традиційні лабораторні методи на віртуальні, де як об'єкт дослідження виступає змодельована система, можна досягти деякого спрощення лабораторних занять, зменшення аудиторного навантаження, зниження навантаження на лабораторне обладнання, при цьому одночасно підвищуючи ефективність та якість навчання [8].

В статті розглянуто, яким чином застосовується комп'ютерне моделювання при виготовленні виливків в процесі навчання студентів-матеріалознавців.

Розвиток техніки висуває вимоги до якості литих заготовок. Сучасні виливки повинні мати високі та регламентовані механічні властивості, фізичні та хімічні характеристики, а також високу точність при мінімальному використанні матеріалу та масі. Щоб виключити появу дефектів у виливку, необхідно враховувати вплив багатьох факторів на процеси лиття, таких як геометрія виливка та його розташування у формі, геометрія ливникової системи, температура розплаву та швидкість заповнення розплавом форми, матеріал форми тощо. Тому для ще більшого зменшення браку при ливарному виробництві застосовують спеціальні програмні комплекси, які допомагають інженерам при проектуванні виливків [7; 9].

Комп'ютерне моделювання ливарних технологій отримало настільки потужний розвиток, що сьогодні вже можна говорити про реальну економію

часу та матеріальних ресурсів на етапі проектування конструкції вилівка з використанням віртуальних ливарних імітаторів. Сучасні програми комп'ютерного моделювання здатні адекватно імітувати багато процесів ливарного виробництва. До найбільш відомих комп'ютерних програм можна віднести WINCast, PROCast, MAGMASOFT, SOLIDCast, Poligon, NovaFlow & Solid (скорочено LVMFlow), FLOW-3D, PAM-CAST, CASTCae, POWERCast, VulcaN та інші. Особливо дані програми добре себе зарекомендували при проектуванні деталей, які мають складну конфігурацію по типу корпусів, кришок та інших елементів для насосів [7; 9].

Для навчання студентів-матеріалознавців комп'ютерному моделюванню можна застосовувати різні програмні комплекси: SolidWorks, Компас 3D, AutoCAD, MAGMASOFT® і інші. Розглянемо більш детально застосування програмного комплексу MAGMASOFT® для комп'ютерного моделювання процесів лиття.

MAGMASOFT® - це комплексний та ефективний інструмент оптимізації і покращення якості лиття металу, оптимізації технологічних умов та зниження виробничих витрат. На рисунку 1 наведені деякі результати моделювання в даній програмі.

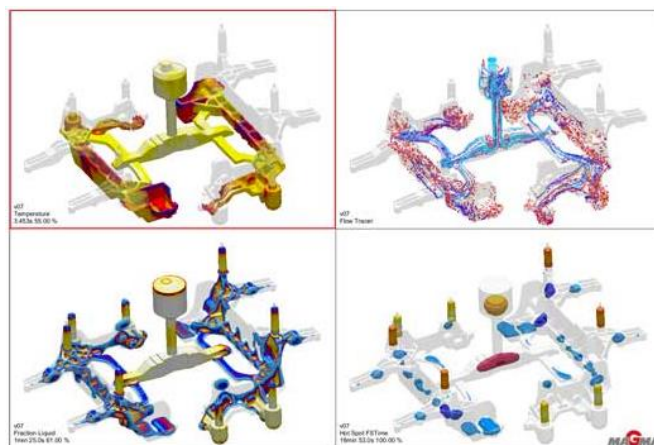


Рис. 1. Результати моделювання в програмному комплексі MAGMASOFT®

Програмне забезпечення може бути застосоване для оптимізації надійності процесу та якості деталей від концептуального проектування до остаточного проектування компонентів, під час компонування оснастки та прототипування, аж до процесів виробництва та термообробки [10]. MAGMASOFT® пропонує наступні основні переваги: підтримує всі литі матеріали та всі аспекти виробництва виливків, включаючи плавку, металургію та виготовлення моделей; пропонує віртуальне випробувальне поле зменшення дефектів лиття металу з високим ступенем свободи без виробничого ризику; розширює можливості управління якістю.

Для прикладу технології проектування 3D моделей виливків візьмемо моделювання виливка корпусу підшипника. Деталь самого корпусу наведено на рисунку 2, на якому зеленим кольором позначені оброблювані поверхні.

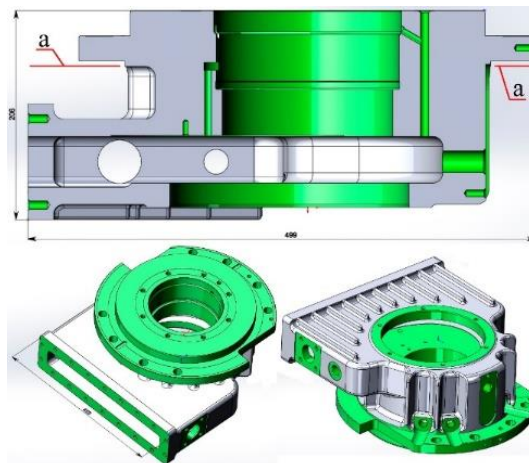


Рис. Корпус підшипника: довжина 499 мм, ширина 455 мм, висота 206 мм, вага 112 кг, сталь 25Л

Параметри цього корпусу становлять: довжина 499 мм, ширина 455 мм, висота 206 мм, вага 112 кг, сталь 25Л.

Для живлення центральної циліндричної частини виливка було вирішено використовувати овальні екзотермічні прибилі (рис. 3).

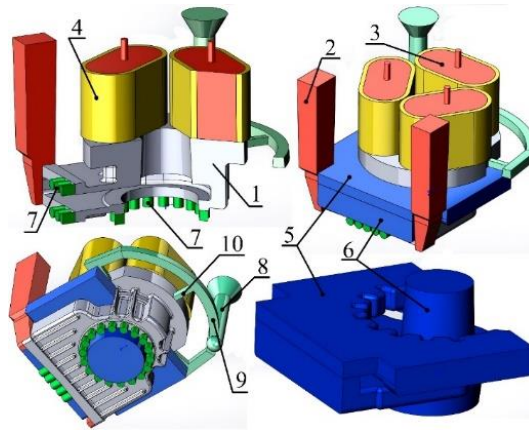


Рис. 3. Вилівок корпусу підшипника: 1 – вилівок; 2 – дерев’яні відкриті прибилі (2 шт.); 3 – екзотермічні прибилі (3 шт.); 4 – екзотермічні оболонки (3 шт.); 5 – зовнішній стрижень; 6 – внутрішній стрижень; 7 – холодильники; 8 – стояк; 9 – шлаковловлювач; 10 – живильники (3 шт.)

Результати моделювання даного корпусу наведено на рисунку 4.

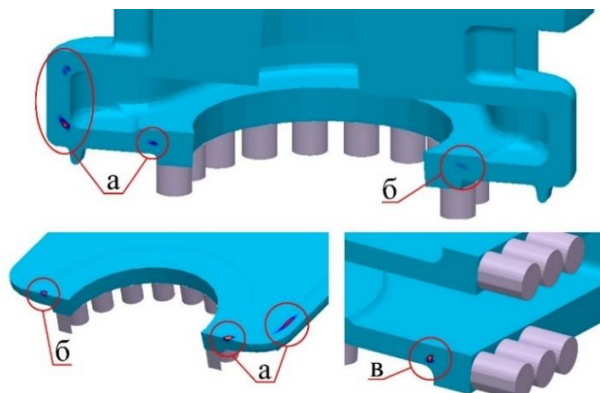


Рис. 4. Результати моделювання на усадкову раковину вилівка корпусу підшипника

Поведені процеси комп’ютерного 3D моделювання деталі корпусу підшипника демонструють ефективність застосування програмного комплексу MAGMASOFT®, який моделює процеси лиття металів на прикладі деталей для різних насосів, який дозволяють створити оптимальну конструкцію модельної оснастки на стадії проектування і обійтися без дорогих операцій перероблення

технології і зміни оснащення безпосередньо в процесі організації виробництва деталі.

При впровадженні комп'ютерних технологій 3D моделювання процесів лиття знижуються витрати, зменшується трудомісткість проектування та освоєння виробництва нових складних виробів. На 30 – 40 % зменшуються витрати на підготовку технологічної документації. Більш, ніж 35 % скорочуються терміни випуску нових складних виробів. Достовірність отримуваних результатів по підвищенню якості виливків можна оцінювати з ймовірністю 90-95 %, що підтвердив досвід практичного використання програми MAGMASOFT® для комп'ютерного 3D моделювання процесів лиття [9]. Застосування технологій комп'ютерного моделювання процесів лиття дозволяє заощадити значну кількість електроенергії, збільшити коефіцієнт виходу гідного металу виливків за рахунок зниження загальної ваги модельної оснастки, знизити відсоток браку, скоротити час процесу, а отже, підвищити продуктивність підприємства за зменшити вихідну ціну продукту.

Для успішного освоєння комп'ютерного моделювання студентам необхідно мати теоретичні знання та практичні навички з таких дисциплін навчального плану: «Вища математика», «Інформатика», «Матеріалознавство», «Технологія конструкційних матеріалів» та інші. Результатом вивчення комп'ютерних технологій 3D моделювання має стати засвоєння студентами основних понять та визначень теорії моделювання, класифікацій моделей та видів моделювання, особливостей застосування різних моделей та математичного моделювання, алгоритмів побудови моделей, основ побудови та дослідження однофакторних та багатофакторних регресійних моделей.

Під час вивчення і застосування комп'ютерних технологій 3D моделювання студенти-матеріалознавці мають можливість вибрати матеріал деталі чи механізму, оптимальну технологію отримання виробу без реальних витрат на матеріал, прораховуючи всі варіанти і вибираючи найкращий варіант, як за кількістю застосованих операцій при виготовленні, так і за вартістю.

Висновки. Необхідність використання моделей та моделювання визначається можливістю за їх допомогою вирішення складних завдань дослідження, прогнозування та оптимізації технологічних процесів у машинобудуванні та металургії. З кожним роком наука продовжує розвиватися, тому для проектування нових машин, верстатів, насосів, двигунів та інших виробів потребуються більш складні за формою деталі, які до того ж повинні мати високі фізико-механічні властивості, і їх можна виготовити лише за допомогою лиття. Тому програмні комплекси за допомогою віртуального моделювання допоможуть скоротити час та суттєво зменшити кошти на проектування виробів та їх виготовлення з одержанням максимально високих властивостей, максимально приближених розмірів виливок до розмірів готових деталей.

Розвиток інформаційних технологій, особливо неухильне та швидке збільшення швидкодії та обсягу пам'яті в доступних комп'ютерах, змінили світ проектування та виробництва литих металевих деталей. Сьогодні моделювання є важливим інструментом у сучасних ливарних цехах і цехах для проектування прес-форм та технологічних процесів, управління технологічними процесами, а також проектування та оптимізації процесів. Комп'ютерне моделювання стає невід'ємною частиною процесів проектування нової моделі та розробки технологічних процесів її виробництва. Воно набуває статусу важливої і часто вирішальної конкурентної переваги. На теперішній час інженерні програмні для комп'ютерного моделювання і комплекси з величезними обчислювальними можливостями та можливостями графіки можуть легко імітувати модель процесу лиття з більшою точністю і за менший час, залежно головним чином від теплофізичних властивостей матеріалів, задіяних у цій моделі.

Застосування комп'ютерного моделювання у ливарних процесах при навчанні студентів-матеріалознавців покликано в майбутньому підвищити якість продукції, скоротити терміни виробництва, зробити працю людей максимально ефективною і простішою.

Список використаних джерел

1. Використання системи комп'ютерного моделювання в умовах дистанційного навчання: *збірник матеріалів* / за заг. ред. С.Г. Литвинової., О.М. Соколюк. Київ: ФОП Ямчинський О.В. 2020. 195 с.
2. Дмитрів М.В. Твердохліб І.А. Вивчення природничих дисциплін з використанням PhET- моделювання. Foss Lviv. 2016. URL: <https://cutt.ly/sao2TsW> (дата звернення: 29.02.2024).
3. Колмакова В.О. Використання методів комп'ютерного моделювання у процесі навчання природничо-математичних дисциплін. *Новітні інформаційно-комунікаційні технології в освіті (ІСТЕ-2015)*. С. 108-109.
4. Назаров О.І., Мисюра М.І., Коханенко В.Б. Вплив комп'ютерних технологій на інтеграцію наукових досліджень, освіти і виробництва. *Комп'ютерні технології і мехатроніка : зб. наук. пр. за матеріалами II міжнар. наук.-практ. конф.* – Харків : ХНАДУ, 2020. С. 154–156. URL: <https://dspace.khadi.kharkov.ua/items/3b382e4b-dd10-4624-8ba5-b45d41c0db92> (дата звернення: 29.02.2024).
5. Основи комп'ютерного моделювання в інженерній діяльності: навчальний посібник / В.Д. Борисенко, С.А. Устенко, І.В. Устенко. – Миколаїв: МНУ, 2016. 276 с.
6. Шамшина Н.В. Переваги застосування комп'ютерного моделювання в навчальному процесі. *Наукова діяльність як шлях формування професійних компетентностей майбутнього фахівця (НПК-2018) : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, 6–7 грудня 2018 р., м. Суми : у 2-х частинах / Суми : ФОП Цьома С. П. 2018. Ч. 2. С. 70–71.*
7. Бурлака А.Ю., Ханюков К.С., Варакін В.О., Говорун Т.П. Застосування комп'ютерних програм для моделювання ливарних процесів. *Міжнародна наукова конференція «Матеріали для роботи в екстремальних умовах – 12»: тези доповідей.* НТУУ «КПІ ім. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО», 2023. С. 80-83.
8. Novorun T., Berladir K., Vashchenko S. Application of virtual environment for calculation of grain size in materials science. *Actual Problems in the System of*

Education: General Secondary Education Institution – Pre-University Training – Higher Education Institution. 2022. № 2. P. 362–370. <https://doi.org/10.18372/2786-5487.1.16616> URL: <https://jrnل.nau.edu.ua/index.php/APSE/article/view/16616> (дата звернення: 29.02.2024).

9. Бурлака А.Ю., Говорун Т.П., Масалітова К.І. Застосування комп'ютерного моделювання процесів лиття деталей відцентрових насосів. *Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС – 2023): тези доповідей*. Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка», 2023. С. 61-62.

10. MAGMASOFT®. URL: <https://www.magmasoft.de/en/solutions/magmasoft/> (дата звернення: 29.02.2024).