

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи

В. В. Павліков

(підпис)

(ініціали та прізвище)

«01»

09

2020 р.



РОБОЧА ПРОГРАМА
ОБОВ'ЯЗКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«Матеріалознавство авіаційної та ракетно-космічної техніки та новітні
зварювальні технології»

Галузь знань: 13 Механічна інженерія

Спеціальність: 132 Матеріалознавство

Освітньо-наукова програма: «Матеріалознавство»

Рівень вищої освіти: третій (освітньо-науковий)

Форма навчання: _____ **денна**
денна /заочна

Харків – 2020

РОБОЧА ПРОГРАМА
ОБОВ'ЯЗКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«Матеріалознавство авіаційної та ракетно-космічної техніки та новітні
зварювальні технології»
(назва дисципліни)

для здобувачів за спеціальністю 132 Матеріалознавство
освітньої програми «Матеріалознавство»

«27» серпня 2020 р., – 12 с.

Розробник: професор, д.т.н., доцент В. М. Сікульський Сікульський В.Т.
(посада, науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (прізвище та ініціали)

Гарант ОНП доцент, к.т.н., доцент Ю. В. Широкий Широкий Ю. В.
(посада, науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (прізвище та ініціали)

Протокол № 1 від «28» серпня 2020 р. засідання кафедри № 104

Завідувач кафедри професор, д.т.н., с.н.с. І. В. Бичков Бичков І.В.
(посада, науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (прізвище та ініціали)

ПОГОДЖЕНО:

Завідувач відділу
аспірантури і докторантури В. Б. Селевко В. Б. Селевко

Голова наукового товариства
студентів, аспірантів,
докторантів і молодих вчених Т. П. Старовойт Т. П. Старовойт

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показника	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)
Кількість кредитів – 5	Галузь знань 13 «Механічна інженерія» (шифр і найменування) Спеціальність 132"Матеріалознавство" (код і найменування) Освітньо-наукова програма «Матеріалознавство» (найменування) Рівень вищої освіти: третій (освітньо-науковий)	Програма обов’язкової навчальної дисципліни
Кількість модулів – 2		Навчальний рік
Кількість змістовних модулів –		2020/2021
Індивідуальне завдання _____ (назва)		Семестр
Загальна кількість годин – 64/150		3-й
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 64, самостійної роботи аспіранта – 86		Лекції*
		32 годин
		Практичні, семінарські*
		32 годин
		Лабораторні*
	____ годин	
	Самостійна робота	
	86 годин	
	Вид контролю	
	модульний контроль, іспит	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить:
 $64/86=0,744$

*Аудиторне навантаження може бути зменшене або збільшене на одну годину залежно від розкладу занять.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення: надання аспірантам знань про конструкційні матеріали і їх властивості, методи їх виробництва, способи виробництва та термічної обробки деталей, у тому числі зварювання, основи теорії сплавів і теорії термічної обробки деталей машин різного призначення, питання надійності та довговічності виробів, що необхідно для підготовки фахівців в галузі проектування та технології виробництва авіаційної та ракетно-космічної техніки.

Завдання: отримання базових знань, умінь та практичних навичок в галузі «Матеріалознавство», з вибору матеріалу та методу отримання заготовок конкретних деталей з певних матеріалів, призначення кінцевої термічної (хіміко-термічної) та новітніх методів зварювання для забезпечення необхідного ресурсу, основні напрямки наукових досліджень з матеріалознавства у світі, методи дослідження структури та властивостей матеріалів.

Згідно з вимогами освітньо-професійних програм аспіранти повинні досягти таких **компетентностей:**

Загальними:

- ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу
- ЗК02. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.
- ЗК04. Здатність розробляти проекти та управляти ними.

Фаховими:

- СК01. Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у технічній науці та дотичних до неї (нього, них) міждисциплінарних напрямках і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях з технічних наук та суміжних галузей.
- СК02. Здатність усно і письмово презентувати та обговорювати результати наукових досліджень та/або інноваційних розробок українською та іноземною мовами, глибоке розуміння іншомовних наукових текстів за напрямом досліджень.
- СК05. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницького характеру у науковому пізнанні, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень.
- СК06. Здатність ініціювати, розробляти і реалізовувати комплексні інноваційні проекти в технічній науці та дотичні до неї міждисциплінарні проекти, з метою їх представлення на міжнародних конференціях, симпозіумах.
- СК07. Здатність дотримуватись етики досліджень, а також правил академічної доброчесності в наукових дослідженнях та науково-педагогічній діяльності.
- СК09. Здатність до продукування нових ідей і розв'язання комплексних проблем наукового пізнання, а також до застосування сучасних методологій, методів та інструментів педагогічної та наукової діяльності в технічних науках.

Програмні результати навчання:

- ПРН01. Мати передові концептуальні та методологічні знання з технічних наук і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з відповідної галузі, отримання нових знань та/або здійснення інновацій.
- ПРН02. Уміти вільно презентувати та обговорювати з фахівцями і нефахівцями результати досліджень, наукові та прикладні проблеми технічної науки державною та іноземною мовами, кваліфіковано відображати результати досліджень у наукових публікаціях у провідних міжнародних наукових виданнях.

ПРН03. Уміти формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень (опитувань, спостережень) і математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні літературні дані.

ПРН04. Уміти розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі процесів і систем, ефективно використовувати їх для отримання нових знань та/або створення інноваційних продуктів у технічній науці та дотичних міждисциплінарних напрямках.

ПРН05. Уміти планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з технічних наук та дотичних міждисциплінарних напрямів з використанням сучасних інструментів, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми.

ПРН06. Уміти застосовувати сучасні інструменти і технології пошуку, оброблення та аналізу інформації, зокрема, статистичні методи аналізу даних великого обсягу та/або складної структури, спеціалізовані бази даних та інформаційні системи.

ПРН08. Має розуміти загальні принципи та методи технічних наук, а також методологію наукових досліджень, застосувати їх у власних дослідженнях у сфері технічних наук та у викладацькій практиці.

ПРН09. Вивчати, узагальнювати та впроваджувати в навчальний процес інновації технічних наук.

ПРН10. Здійснювати пошук та критичний аналіз інформації, концептуалізацію та реалізацію наукових проектів з технічних наук.

ПРН12. Знати сучасні підходи та засоби моделювання досліджуваних об'єктів та процесів управління, в тому числі в аерокосмічній галузі, вміти створювати нові, вдосконалювати та розвивати методи математичного і комп'ютерного моделювання складних систем, оптимізації та прийняття рішень

Вивчення курсу «Процеси механічної та фізико-технічної обробки, обладнання та інструмент» базується на загальних знаннях з дисципліни «ІТ в практиці наукових досліджень», «Основи методології наукових досліджень» та є базою для таких як «Моделювання процесів нанесення покриттів, нанопокриттів та одержання модифікованих зміцнених шарів» та «Установки для електрофізичної обробки, їх надійність, ефективність та продуктивність».

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1.

Тема 1. Формування структури металу при кристалізації і перекристалізації.

Термодинамічне обґрунтування фазових перетворень при нагріванні і охолодженні металу. Механізм процесів кристалізації і перекристалізації. Перекристалізація в твердому стані. Поліморфні перетворення металів. Дефекти в реальній будові металу, що закристалізувався. Будова дислокацій. Контур, вектор Бюргерса і енергія дислокацій.

Тема 2. Вплив нагрівання на структуру і властивості деформованого металу.

Зміна структури при дорекристалізаційному відпалі. Відпочинок. Полігонізація. Первинна рекристалізація (рекристалізація обробки). Збірна рекристалізація. Вторинна рекристалізація. Закономірності вторинної рекристалізації і її природа. Розмір рекристалізаційного зерна після відпалу. Анізотропія властивостей відпаленого металу. Холодна і гаряча деформації.

Тема 3. Діаграми стану подвійних систем і методи їх побудови.

Визначення складу та кількості фаз по діаграмах стану. Різновиди типових діаграм стану двокомпонентних сплавів. Нерівноважна кристалізація і перекристалізація сплавів. Зв'язок між діаграмами стану і можливістю термічної обробки сплавів. Зв'язок між властивостями сплавів і типом діаграми стану. Поняття про діаграми стану потрібних сплавів.

Тема 4. Залізо і сплави на його основі.

Компоненти і фази в сплавах на основі заліза. Діаграма стану "залізо - цементит». Вуглецеві сталі. Легуючі елементи в сталях. Принципи класифікації та маркування сталей. Сірі, високоміцні і ковкі чавуни.

Тема 5. Теорія термічної обробки сталей.

Основні перетворення при термічній обробці сталей. Перетворення феррито-цементитної структури в аустеніт при нагріванні. Розпад аустеніту на феррито-цементитну суміш при охолодженні. Мартенситне перетворення. Бейнітне перетворення. Ізотермічне перетворення аустеніту в легованих сталях. Перетворення мартенситу і залишкового аустеніту при відпустці сталей. Основні види термічної обробки і зв'язок між діаграмою стану Fe – Fe₃C і режимами термічної обробки сталей.

Тема 6. Конструкційні сталі.

Вуглецеві сталі. Леговані сталі. Сталі, що цементуються. Покращувані сталі. Сталі з підвищеною оброблюваністю різанням. Зварювані сталі. Корозійностійкі і жаростійкі сталі. Жароміцні сталі.

Тема 7. Інструментальні сталі і сплави.

Сталі для ріжучого інструменту. Сталі для вимірювального інструменту. Сталі для штампів холодного деформування. Сталі для штампів гарячого деформування. Тверді сплави і алмазні інструменти.

Модульний контроль

Модуль 2.

Тема 1. Кольорові метали та сплави.

Нікель і його сплави. Титан і його сплави. Алюміній і його сплави. Магній і його сплави. Мідь і її сплави. Берилій та його сплави.

Тема 2. Неметалеві і композиційні матеріали.

Пластмаси. Гумові, матеріали, що склеюють, і герметизуючі матеріали. Композиційні матеріали. Неорганічні матеріали.

Тема 3. Новітні методи зварювання.

Холодна зварка. Зварювання тертям. Зварювання струмами високої частоти і електронним променем. Ультразвукова зварка. Дифузійне зварювання металів у вакуумі. Плазмова обробка металів. Лазерна зварка. Зварювання пластмас.

Тема 4. Методи дослідження структури та властивостей матеріалів.

Макро - та мікроструктурний аналіз. Оптична та електронна мікроскопія. Рентгеноструктурний метод дослідження структури. Оже – спектроскопія. Ділатометричний аналіз. Магнітний метод дослідження структури металів. Метод внутрішнього тертя. Метод термоелектрорушійних сил (т.е.р.с.).

Тема 5. Системи маркування матеріалів.

Європейська система маркування. Система маркування матеріалів США. Система маркування матеріалів РФ.

Тема 6. Основні напрямки наукових досліджень з матеріалознавства у світі.

Полімерне матеріалознавство. Нанотехнологічне матеріалознавство. Керамічне матеріалознавство.

Модульний контроль

4. Структура навчальної дисципліни

Назва змістовного модуля і тем	Кількість годин				
	Усього	У тому числі			
		л	п	лаб.	с. р.
1	2	3	4	5	6
Модуль 1					
Тема 1. Формування структури металу при кристалізації і перекристалізації.	10	2	2	-	6
Тема 2. Вплив нагрівання на структуру і властивості деформованого металу.	8	2	2		4
Тема 3. Діаграми стану подвійних систем і методи їх побудови.	10	2	2		6
Тема 4. Методи дослідження структури та властивостей матеріалів.	10	2	2		6
Тема 5. Теорія термічної обробки сталі.	10	2	2		6
Тема 6. Конструкційні сталі.	10	2	2		6
Тема 7. Інструментальні сталі і сплави.	10	2	2		6
Модульний контроль	2		2		
Разом за модулем 1	70	14	16	-	40
Модуль 2.					
Тема 1. Кольорові метали та сплави.	16	4	4		8
Тема 2. Неметалеві і композиційні матеріали.	14	2	2		10
Тема 3. Новітні методи зварювання.	16	4	2		10
Тема 4. Методи дослідження структури та властивостей матеріалів.	16	4	2		10
Тема 5. Системи маркування матеріалів.	8	2	2		4
Тема 6. Основні напрямки наукових досліджень з матеріалознавства у світі.	8	2	2	-	4
Модульний контроль	2		2		
Разом за модулем 2	80	18	16	-	46
Індивідуальне завдання	-	-	-	-	-
Контрольний захід					
Усього годин	150	32	32	-	86

5. Теми семінарських занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Не передбачені	
	Разом	

6. Теми практичних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Формування структури металу при кристалізації і перекристалізації.	2
2	Вплив нагрівання на структуру і властивості деформованого металу.	2
3	Діаграми стану подвійних систем і методи їх побудови.	2
4	Методи дослідження структури та властивостей матеріалів.	2
5	Теорія термічної обробки сталі.	2
6	Конструкційні сталі.	2
7	Інструментальні сталі і сплави.	2
8	Кольорові метали та сплави.	4
9	Неметалеві і композиційні матеріали.	4
10	Новітні методи зварювання.	2
11	Методи дослідження структури та властивостей матеріалів.	4
12	Системи маркування матеріалів.	2
13	Основні напрямки наукових досліджень з матеріалознавства у світі.	2
	Разом	32

7. Теми лабораторних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Не передбачено	
2		
	Разом	

8. Самостійна робота

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Формування структури металу при кристалізації і перекристалізації.	6
2	Вплив нагрівання на структуру і властивості деформованого металу.	6
3	Діаграми стану подвійних систем і методи їх побудови.	6
4	Методи дослідження структури та властивостей матеріалів.	8
5	Теорія термічної обробки сталі.	6
6	Конструкційні сталі.	6
7	Інструментальні сталі і сплави.	6
8	Кольорові метали та сплави.	8
9	Неметалеві і композиційні матеріали.	8
10	Новітні методи зварювання.	6
11	Методи дослідження структури та властивостей матеріалів.	8
12	Системи маркування матеріалів.	6
13	Основні напрямки наукових досліджень з матеріалознавства у світі.	6
	Разом	86

9. Індивідуальні завдання

Не передбачено навчальним планом.

10. Методи навчання

Лекції є інформаційно-словесними з використанням електронних дидактичних демонстраційних матеріалів (презентацій). Застосовуються на лекції такі методи, як бесіда та евристична бесіда, під час яких використовується чітка система, заздалегідь визначених запитань, які сприяють активному засвоєнню аспірантами системи фактів, нових понять та закономірностей.

Підготовка до лекції передбачає опрацювання матеріалу попередньої лекції за конспектом, підручником [1, 2], системою дистанційного навчання [9].

Практичні заняття починаються з пояснення з використанням електронних дидактичних демонстраційних матеріалів (презентацій). Далі виконуються тренувальні вправи за певним зразком. Обов'язковим елементом практичного заняття є графічна робота.

Підготовка до практичних занять передбачає опрацювання лекційного матеріалу та виконання тесту для самоконтролю.

Опрацювання розділів програми, які не розглядаються під час лекцій, передбачає підготовку аспірантами конспекту відповідних тематичних питань. Для цього використовуються підручники [3, 4, 5], мережеві інтернет-ресурси [8, 9].

Підготовка до модульного контролю передбачає опрацювання теоретичних питань, перелік яких розміщений та виконання тестів для самоконтролю в методичних матеріалах [1].

11. Методи контролю

Модульний контроль, іспит.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують аспіранти

12.1. Розподіл балів, які отримують аспіранти (кількісні критерії оцінювання)

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Робота на лекціях	0...1	5	0...5
Виконання і захист практичних робіт	0...5	4	0...20
Модульний контроль	0...25	1	0...25
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0...1	5	0...5
Виконання і захист практичних робіт	0...5	4	0...20
Модульний контроль	0...25	1	0...25
Усього за семестр			0...100

Семестровий контроль (іспит/залік) проводиться у разі відмови аспіранта від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту. Під час складання семестрового іспиту/студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту складається з трьох питань, максимальна кількість балів за перше питання -30 балів, друге -30 балів, третє -20 балів (сума – 100 балів).

12.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

- Основні методи досліджень з використанням устаткування для вивчення матеріалів;
- види математичних та інших моделей, що мають бути використані для досліджень технологічних процесів та матеріалів;
- технологічні особливості матеріалів для інструмента і штампів для виконання відповідних технологічних операцій та підбір матеріалів;
- принципи класифікації матеріалів для виробництва монолітних деталей АКТ;
- структуру технологічного процесу виробництва деталей з КМ і послідовність його проектування;
- особливості основних сучасних методів зварювання деталей;
- проектування схем експериментів дослідження матеріалів, моделей, засобів технологічного оснащення.

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:

- Правильно вибрати метод виготовлення деталей, у тому числі з листа, профілів, труб, плит, напівфабрикатів, монолітних об'ємних заготовок в залежності від конструктивно-технологічних особливостей, умов виробництва та економічних показників;
- проектувати технологічні процеси, інструментальні штампи, оснащення для виконання операцій техпроцесів та розрахувати їх енергосилові параметри і визначити потрібне устаткування в залежності від матеріалів, що використовуються;
- при дослідженні матеріалів в максимальному обсязі використовувати стандарти, рекомендації, довідки, розрахункові програми та можливості персональних ЕОМ;
- правильно вибрати методи досліджень матеріалів та вироблення деталей в залежності від умов виробництва і конструкції деталі;
- на основі технологічних особливостей проектувати засоби технологічного оснащення з урахуванням технічних вимог до деталі та виробничих умов;

- при моделюванні в максимальному обсязі використовувати стандарти, рекомендації, довідки, розрахункові програми та можливості персональних ЕОМ;
- визначити склад технічних вимог, що до температурних фазових перетворень матеріалів заготовок, які виробляються для деталей АТ з листа, профілів, труб, плит, напівфабрикатів, монолітних об'ємних заготовок;
- правильно вибирати матеріал заготовки в залежності від умов виробництва і конструкції деталі;
- проектувати засоби технологічного оснащення з урахуванням технічних вимог до деталі та виробничих умов.

12.3 Критерії оцінювання роботи аспіранта протягом семестру

Задовільно (60-74). Мати мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі практичні роботи та. Вміти самостійно давати характеристику основному складу моделей сучасних технологічних способів виготовлення деталей. Вміти складати технічну документацію на пристосування для обробки та збирання виробів.

Добре (75 - 89). Твердо знати мінімум знань, виконати усі завдання. Показати вміння виконувати та захищати всі основні типи моделей в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновано у роботах. Вміти проектувати моделі об'єктів та технологічного оснащення з урахуванням технічних вимог до деталі та виробничих умов. Вміти правильно вибирати способи проектування моделей в залежності від умов виробництва і конструкції деталі.

Відмінно (90 - 100). Повно знати основний та додатковий матеріал. Знати усі теми. Орієнтуватися у підручниках та посібниках. Досконально знати усі технології, які використовуються при проектуванні моделей АКТ. Вміти використовувати склад стандартів, довідників і методичної літератури, що регламентують проектування моделей техпроцесів, інструменту, штампів та підбір обладнання.

Шкала оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диференційований залік	Іспит
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Не зараховано

13. Методичне забезпечення

1. Електронна бібліотека кафедри №104: <\\Domik\SHARED\Методические материалы>
2. Афтандіянц Є.Г., Зазимко О.В., Лонатько К.Г. М 341 Матеріалознавство: Підручник / Є.Г. Афтандіянц, О.В. Зазимко, К.Г. Лопатько. - Херсон: Олді-плюс, Київ: Видавництво Ліра-К, 2013. - 612 с.
3. Технологія конструкційних матеріалів: Підручник / М.А. Сологуб, І.О. Рожнецький, О.І. Некоз та ін.; за ред. М.А. Сологуба. – К. : Вища шк., 2002. – 374 с.
4. Kalpakjian S. Manufacturing Engineering and Technology. Addison-Wesley Publishing Company. USA. – 1199 p.

5. МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ. Ч. 1-3. Неметаллические и композиционные материалы / А.Ф. Виноградский, Я.С. Карпов, Н.И. Семишов, В.Я. Самойлов, А.А. Сидаченко, Е.Г. Попова. – Учебник. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2007. - 134 с.
6. Система дистанційної освіти Ментор.

14. Рекомендована література

Базова

1. Конструкционное материаловедение / В.К. Борисевич, А.Ф. Виноградский, Н.И. Семишов. – Учебн. пособие для студентов авиационных вузов. – Харьков: Гос. Аэрокосмич. Ун-т ХАИ», 1998. – 404 с.
2. Дяченко С.С. Матеріалознавство: підручник / С. С. Дяченко, І. В. Дощечкіна, А. О. Мовлян, Е. І. Плешаков. – Харків : Вид-во ХНАДУ, 2007. – 440 с.
3. Технология конструкционных материалов и материаловедение: учебное пособие / И.П. Гладкий, В.И. Мощенок, В.П. Тарабанова, Н.А. Лалазарова, Д.Б. Глушкова. – Харьков: ХНАДУ, 2014. – 528 с.

Допоміжна

1. Спеціальне матеріалознавство / Манько Т.А., Кучма Л.Д., Губенко С.І., Джур Є.О., Сітало В.Г. – Дніпропетровськ: Арт-прес, 2004. – 214 с.
2. Конструкційні та функціональні матеріали: У 2 ч./ В.П. Бабак, Д.Ф. Байса, В.М. Різак, С.Ф. Філоненко. – К.: Техніка, 2003. – Ч.1. – 340 с.; ч. 2. – 362 с.
3. Технология конструкционных материалов: Учебник / Г.А. Прейс и др. – К. : Выща шк., 1991. – 391с.

15. Інформаційні ресурси

1. http://supermetalloved.narod.ru/lectures_materialoved.htm
2. http://narfu.ru/iet/divisions/ktkmim/literature/materialovedenie_kurs_lektsiy_.pdf
3. http://www.youtube.com/watch?v=L8_YwlaWTu0
4. <http://www.studfiles.ru/dir/cat34/subj1222/file10698/view102221.html>
5. http://www.materialscience.ru/subjects/materialovedenie/lektsii/konspekt_lektsiy_po_distipline_quottehnologiya_konstruktsionnih_materialov_vquot_26_01_2010/
6. Моделирование технологических процессов. - Режим доступа: <http://wwwcdl.bmstu.ru/mt3/>
7. Использование апостериорной информации при математическом моделировании.-режим доступа: <http://library.mephi.ru/data/scientific-sessions/>
8. Математическое моделирование в век компьютеров. - Режим доступа: <http://1gkb.kazan.ru/>
9. Мережева версія журналу "САПР и графика": www.sapru.ru/