

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)

«9» 2020 р.

Відділ аспірантури і докторантури

## РОБОЧА ПРОГРАМА

### ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Математичне моделювання зварювальних та споріднених процесів

**Галузі знань:** 13 Механічна інженерія

**Спеціальність:** 132 Матеріалознавство

**Освітньо-наукова програма:** «Матеріалознавство»

**Рівень вищої освіти:** третій (освітньо-науковий)

**Форма навчання:** денна  
денна / заочна


Харків – 2020

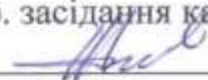
**РОБОЧА ПРОГРАМА**  
**ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**  
Математичне моделювання зварювальних та споріднених процесів  
(назва дисципліни)

для здобувачів за спеціальністю 132 Матеріалознавство  
освітньої програми «Матеріалознавство»

«26» 08 2020 р., – 12 с.

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

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

Протокол № 1 від «28» 08 2020 р. засідання кафедри № 104  
Завідувач кафедри професор, д.т.н., с.н.с.  Бичков І.В.  
(посада, науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (прізвище та ініціали)

ПОГОДЖЕНО:

Завідувач відділу  
аспірантури і докторантури



В. Б. Селевко

Голова наукового товариства  
студентів, аспірантів,  
докторантів і молодих вчених



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 – 7	<b>Галузь знань</b> 13 «Механічна інженерія» <hr style="width: 50%; margin: 5px auto;"/> (шифр і найменування)  <b>Спеціальність</b> 132 "Матеріалознавство" (код і найменування)  <b>Освітньо-наукова програма</b> "Матеріалознавство" (найменування)  <b>Рівень вищої освіти:</b>  третій (освітньо-науковий)	Вибіркова
Кількість модулів – 2		<b>Навчальний рік</b>
Кількість змістовних модулів –		2020/2021
Індивідуальне завдання _____ <small>(назва)</small>		<b>Семестр</b>
Загальна кількість годин – 80/210		1-й
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 5 самостійної роботи студента – 6.8		<b>Лекції*</b>
		48 годин
		<b>Практичні, семінарські*</b>
		32 годин
		<b>Лабораторні*</b>
	___ годин	
	<b>Самостійна робота</b>	
	130 годин	
<b>Вид контролю</b>	модульний контроль, Диференційний залік	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить:  
 $80/110=0,72$

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

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета вивчення:** надання знань про сутність моделей технологічних процесів виготовлення деталей літака та вертольоту; про системні підходи інтегрованої комплексної технології складання літаків та вертольотів; формування навиків розрахунку основних параметрів цих процесів виготовлення деталей та складання типових конструкцій на базі використання моделювання; навчання методам раціонального проектування технологій та засобів технологічного оснащення; засвоєння методів досліджень типових операцій з використанням комп'ютерного моделювання.

**Завдання:** Одержання знань та навиків досліджень з використанням моделювання та комп'ютерного аналізу технологічних процесів і способів виробництва деталей з листових матеріалів, профілів і труб розподільчими та формозмінювальними операціями, а також спеціальні способи формування деталей, напрямки інтенсифікації існуючих технологічних процесів; сучасні методи та засоби технологічного оснащення для виготовлення деталей АТ заготівельно-штампувальними роботами; технологічного оснащення для виготовлення монолітних деталей літака та вертольоту розмірною обробкою різанням з видаленням припуску.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми 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 галузі матеріалознавства та дотичних до нього міждисциплінарних напрямках і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях з матеріалознавства 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, обґрунтовано здійснювати вибір технологій виготовлення, оброблення, випробування матеріалів і виробів для конкретних умов експлуатації, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень.

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 матеріалознавстві та інших технічних науках.

### **Програмні результати навчання:**

ПРН01. Мати передові концептуальні та методологічні знання з матеріалознавства 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. Вільно презентувати та обговорювати з фахівцями і нефахівцями результати досліджень, наукові та прикладні проблеми матеріалознавства державною та іноземною мовами, кваліфіковано відображати результати досліджень у наукових публікаціях у провідних міжнародних наукових виданнях.

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

ПРН04. 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 матеріалознавстві та дотичних міждисциплінарних напрямках.

ПРН05. Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з матеріалознавства та дотичних міждисциплінарних напрямків 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.

ПРН07. Розробляти та реалізовувати наукові та/або інноваційні інженерні проекти, які дають можливість переосмислити наявне та створити нове цілісне знання та/або професійну практику і розв'язувати значущі наукові та технологічні проблеми матеріалознавства з дотриманням норм академічної етики і врахуванням соціальних, економічних, екологічних та правових аспектів.

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

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

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

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

ПРН13. Знати сучасні методи ведення науково-дослідних робіт, інформаційні технології, методи експериментування, що застосовуються в дослідницькій практиці.

Вивчення курсу «Математичне моделювання зварювальних та споріднених технологій» базується на загальних знаннях з дисципліни «ІТ в практиці наукових досліджень», «Основи методології наукових досліджень» та є базою для написання наукової роботи.

### **3. Програма навчальної дисципліни**

#### **Модуль 1.**

**Тема 1.** Поняття про технологічні системи, що мають складну структурно-функціональну організацію. Поняття про моделювання.

**Тема 2.** Оцінка адекватності моделі - відповідність сконструйованого формального опису реального об'єкту і сформульованим припущенням з урахуванням цілей дослідження.

**Тема 3.** Аналітичні і системні математичні моделі.

Критерії оцінки адекватності математичних моделей.

Несуперечливість, чутливість, реалістичність.

**Тема 4.** Загальні вимоги до математичних моделей.

**Тема 5.** Види моделей: детерміновані і стохастичні, статичні і динамічні, безперервні і дискретні, аналітичні, фізичні, інформаційні та ін.

**Тема 6.** Основні фактори в технологічних дослідженнях:

фактори, які не допускають цілеспрямованої зміни їх в ході дослідження (склад, структура матеріалу і т.п.);

керовані чинники, за допомогою яких реалізується задані умови роботи об'єкта (характеристики обладнання і т.п.);

неконтрольовані вхідні або незалежні фактори, що характеризують діючі на об'єкт обурення.

**Тема 7.** Підходи при моделюванні процесів у часі;

моделювання в стаціонарному режимі, тобто процес розглядається в певний момент часу;

моделювання в динамічному режимі, тобто процес розглядається деякому часовому інтервалі;

моделювання в інтегрованому режимі: включає в себе обидва вище описаних режиму.

### **Модульний контроль**

#### **Модуль 2.**

**Тема 1.** Віртуальні моделі. Стан, подія і об'єкт, суб'єкт моделювання.

**Тема 2.** Мікро, макро і мега рівні моделювання.

**Тема 3.** Поняття про мережі Петрі.

**Тема 4.** Комп'ютерне проектування. Особливості.

**Тема 5.** Етапи комп'ютерного проектування:

визначення об'єкта - встановлення меж і обмежень ефективності функціонування об'єкта;

побудова моделі - перехід від реального об'єкта до його абстрактного опису на математичній мові (або спеціалізованій мові середовища моделювання);

стратегічне планування - планування обчислювального експерименту;

розробка моделюючого алгоритму (при використанні «готової» інструментального середовища моделювання даний етап може полягати у виборі або налаштування вбудованих алгоритмів);

підготовка даних;

оцінка адекватності моделі (тестові експерименти і зіставлення їх результатів з відомими реальними даними);

тактичне планування - визначення способу проведення кожної серії випробувань, передбачених планом експерименту;

експериментування - процес здійснення імітації з метою отримання «нових» даних і аналізу чутливості;

інтерпретація - побудова висновків на основі даних, отриманих шляхом імітації;

практичне використання результатів моделювання.

**Тема 6.** Основні характеристики системи ANSYS.

**Тема 7.** Приклади використання ANSYS для моделювання об'єктів та процесів технологічних систем.

### **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
<b>Модуль 1</b>					
Тема 1. Поняття про технологічні системи. Поняття про моделювання.	12	2	2	-	8
Тема 2. Оцінка адекватності моделі.	17	2	2		8
Тема 3. Аналітичні і системні математичні моделі. Критерії оцінки адекватності математичних моделей.	18	6	2		10
Тема 4. Загальні вимоги до математичних моделей.	14	4	2		8
Тема 5. Види моделей.	14	4	2		8
Тема 6. Основні фактори в технологічних дослідженнях.	12	2	2		8
Тема 7. Підходи при моделюванні процесів у часі.	16	4	2		10
<b>Модульний контроль</b>	2		2		
Разом за модулем 1	100	24	16	-	60
<b>Модуль 2.</b>					
Тема 1. Віртуальні моделі. Стан, подія і об'єкт, суб'єкт моделювання.	14	2	2		10
Тема 2. Мікро, макро і мегарівні моделювання.	14	2	2		10
Тема 3. Поняття про мережі Петрі.	14	2	2		10
Тема 4. Комп'ютерне проектування.	14	2	2		10
Тема 5. Етапи комп'ютерного проектування.	14	2	2		10
Тема 6. Основні характеристики системи ANSYS.	16	4	2		10
Тема 7. Приклади використання ANSYS.	16	4	2	-	10
<b>Модульний контроль</b>	2		2		
Разом за модулем 2	110	24	16	-	70
Індивідуальне завдання	-	-	-	-	-
<b>Контрольний захід</b>					
<b>Усього годин</b>	210	48	32	-	130

## 5. Теми семінарських занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	-	-
	<b>Разом</b>	

## 6. Теми практичних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Поняття про моделювання.	2
2	Критерії оцінки адекватності математичних моделей.	2
3	Загальні вимоги до математичних моделей.	2
4	Види моделей.	2
5	Основні фактори в технологічних дослідженнях.	2
6	Підходи при моделюванні процесів у часі.	2
7	Стан, подія і об'єкт, суб'єкт моделювання.	2
8	Рівні моделювання.	2
9	Моделювання у мережах Петрі.	2
10	Комп'ютерне проектування. Його особливості.	2
11	Етапи комп'ютерного проектування.	2
12	Основні характеристики системи ANSYS.	5
13	Особливості використання ANSYS.	5
	<b>Разом</b>	34

## 7. Теми лабораторних занять

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

## 8. Самостійна робота

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		
	<b>Разом</b>	

## 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 студенти (кількісні критерії оцінювання)

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
<b>Змістовний модуль 1</b>			
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
<b>Змістовний модуль 2</b>			
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
<b>Усього за семестр</b>			<b>0...100</b>

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

Білет для іспиту/заліку складається з трьох питань, максимальна кількість балів за перше питання -50 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 математичних моделей;
- види математичних та інших моделей, що мають бути використані для досліджень технологічних процесів та об'єктів;
- конструктивні особливості проектування моделей інструмента і штампів для виконання відповідних технологічних операцій та підбір обладнання;
- принципи класифікації моделей виробництва монолітних деталей з видаленням припуску;
- структуру моделей технологічного процесу розмірної обробки різанням і послідовність його проектування;
- особливості моделей основних методів обробки деталей з видаленням припуску;
- правила проектування моделей засобів технологічного оснащення.

### **Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:**

- Правильно вибрати метод моделювання процесів 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;
- на основі комп'ютерного моделювання досліджувати та проектувати технологічні процеси, інструментальні штампи, оснащення для виконання операцій техпроцесів та розрахувати їх енергосилові параметри і визначити потрібне устаткування;
- при моделюванні процесів в максимальному обсязі використовувати стандарти, рекомендації, довідки, розрахункові програми та можливості персональних ЕОМ;
- правильно вибрати методи досліджень та вироблення деталей в залежності від умов виробництва і конструкції деталі;
- на основі комп'ютерного моделювання проектувати засоби технологічного оснащення з урахуванням технічних вимог до деталі та виробничих умов;
- проектувати моделі технологічних процесів, інструментальних штампів, оснащення для виконання операцій техпроцесів та розрахувати параметри і визначити потрібне устаткування;
- при моделюванні в максимальному обсязі використовувати стандарти, рекомендації, довідки, розрахункові програми та можливості персональних ЕОМ;
- визначити склад технічних вимог, що до моделей заготовок, які виробляються для деталей АТ з листа, профілів, труб, плит, напівфабрикатів, монолітних об'ємних заготовок;
- правильно вибрати моделі заготовки в залежності від умов виробництва і конструкції деталі;
- проектувати моделі 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 лабораторні роботи та домашні завдання. 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 вибрати 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	Залік
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. Воробйов Ю.А., Сисоєв Ю.О. Правила оформлення навчальних і науково-дослідних документів. – 4-те вид., випр. і доп. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2019. – 88 с.
3. [http://library.khai.edu/library/fulltexts/metod/Vorobjov\\_Pravila.pdf](http://library.khai.edu/library/fulltexts/metod/Vorobjov_Pravila.pdf)
4. Стеценко, І.В. Моделювання систем: навч. посіб. [Електронний ресурс, текст] / І.В. Стеценко ; М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. – Черкаси : ЧДТУ, 2010. – 399 с..
5. Еременко, С. Ю. Метод конечных элементов в механике деформируемых тел [Текст]/ С. Ю. Еременко. – Х.: ОСНОВА, 1991. – 272 с.

### 14. Рекомендована література

#### Базова

1. Гилл Ф., Мюррей У., Райт М. Практическая оптимизация, М., «Мир», 1985.- 509 с.
2. Автоматизированное проектирование систем автоматического управления /Под ред. В.В.Солодовникова — М.: Машиностроение ,1990. – 332 с.
3. SoildWorks 2011 на примерах/ Н.Ю. Дударева, С.А. Загайко. – СПб.: БХВ-Петербург, 2011. – 496 с.: ил. + CD ROM.

#### Допоміжна

1. Датьев, И.А. Метод и технология системно-динамического моделирования нагрузки на региональные информационно-коммуникационные сети / И.А. Датьев, В.А. Путилов, А.М. Федоров // Труды Института системного анализа РАН // Под ред. Попкова Ю.С., Путилова В.А. - М: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2008. -Т.39. -С.220-231.
2. Шиша, М. Имитационное моделирование рыночной диффузии инноваций / М.Г. Шиша, С.Н. Малыгина, А.В. Маслобоев / Инновации. - 2009. - №11 (132). -С. 82-86.
3. Бруяка, В.А. Инженерный анализ в ANSYS Workbench [Текст]: учеб. пособие / В.А. Бруяка, В.Г. Фокин. Кириллов, И.Е. Оценки устойчивости региональной системы образования / И.Е.

Кириллов, В. Н. Богатиков, А. Олейник // Информационные технологии в региональном развитии. - Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2009. - Вып. IX. -С.121-128.

4. Автоматизированная система синтеза оптимальных схем и циклов процессов обогащения / А.Ш. Герщенко и др. // Имитационное моделирование в исследованиях проблем регионального развития. - Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1999. - С.101-107.

5. Олейник, А. Совокупная математическая модель процессов разделения минеральных компонентов / А.Г. Олейник, А. А. Шалатонова // Информационные технологии в региональном развитии: концептуальные аспекты и модели. - Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2002. - С.71-74.

6. Модель управления безопасностью функционирования технологического процесса / И.М. Морозов и др. // Информационные технологии в региональном развитии. - Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2009. - Вып. IX. - С.90-93.

7. Яковлев, С.Ю. Информационная поддержка принятия решений по предупреждению и ликвидации последствий аварий на объектах нефтепереработки / С.Ю. Яковлев, А. А. Рыженко, Н.В. Исакевич // Труды Института системного анализа РАН / Под ред. Попкова Ю.С., Путилова В.А. - М: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2008. - С.417-422.

## 15. Інформаційні ресурси

1. Вопрос моделирования технологических процессов и поддержки инноваций. -

Режим доступа: <http://belisa.org.by/ru/izd/other/>

2. Компьютерное моделирование технологических процессов.

- Режим доступа: <http://tstu-isman.tstu.ru/pdf/>

3. Информационное обеспечение технологических процессов. - Режим доступа: <http://n-t.ru/sp/lesmi/>

4. Теоретические основы организации и функционирования технологических систем. - Режим доступа: <http://library.distudy.ru/books/>

5. Физико-топологическое моделирование структур элементов БИС. - Режим доступа: <http://www.fos.ru/radio/>

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.sapr.ru/](http://www.sapr.ru/)