

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

Кафедра Систем управління літальних апаратів (№ 301)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Гарант освітньої програми

  
(підпис) Гавриленко О. В.  
(ініціали та прізвище)

« 28 » серпня 2021 р.

## **РОБОЧА ПРОГРАМА ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

### **Дистанційно-керовані приводи систем автоматки**

(назва навчальної дисципліни)

Галузі знань: 15 «Автоматизація та приладобудування»

Спеціальності: 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

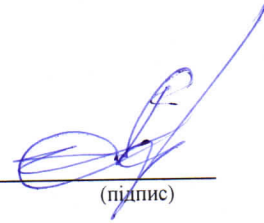
Освітні програми: Інженерія мобільних додатків

**Форма навчання: денна**

**Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)**

**Харків 2021 рік**

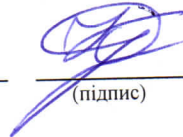
Розробник: Субота А.М. професор кафедри 301  
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)

  
(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри \_\_\_\_\_  
Систем управління літальних апаратів  
(назва кафедри)

Протокол № 1 від « 27 » серпня 2021 р.

Завідувач кафедри 301 К.Т.Н., доцент  
(науковий ступінь і вчене звання)

  
(підпис)

К.Ю. Дергачов  
(ініціали та прізвище)

### 1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показника	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни	
		Денна форма навчання	
Кількість кредитів – 4,5	<b>Галузь знань:</b> 15 «Автоматизація та приладобудування»	Дисципліна вільного вибору студента	
Кількість модулів – 1		<b>Навчальний рік:</b>	
Кількість змістовних модулів – 2	<b>Спеціальності:</b> 151 «Автоматизація та комп'ютерно інтегровані технології»	2021/2022	
		<b>Семестр</b>	
Загальна кількість годин – кількість годин аудиторних занять / загальна кількість годин – 56/135	<b>Освітні програми:</b> Інженерія мобільних додатків	5-й (3-й для скор. форми)	
		<b>Лекції</b>	
		24 год.	
		<b>Практичні</b>	
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3,5, самостійної роботи студента – 5	<b>Рівень вищої освіти:</b> перший (бакалаврський).	16 год.	
		<b>Лабораторні</b>	
		16 год.	
		<b>Самостійна робота</b>	
		79 год.	
		<b>Вид контролю</b>	
		залік	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: 56/79.

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



## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета** – вивчити основні положення, фізичні принципи роботи електро-, гідро- та пневмоприводів, їх статичні та динамічні характеристики; особливості використання виконавчих приводів у системах управління об'єктами аерокосмічної техніки.

**Завдання** – отримання навичок аналізу характеристик та способів розрахунків приводів систем управління, освоєння методів математичного опису різних приводів

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми для спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології авіоніки» студенти повинні досягти таких **компетентностей**:

### Загальні компетенції (ЗК)

- ЗК 1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- ЗК 2. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації.
- ЗК 4. Знання та розуміння предметної області та розуміння

### Фахові компетенції (ФК)

- ФК 4. Здатність до аналізу та синтезу систем керування літальних апаратів.
- ФК 6. Здатність математично описувати і моделювати фізичні процеси в системах керування літальних апаратів.
- ФК 9. Здатність оцінювати технічні і економічні характеристики систем та пристроїв авіоніки.

### Програмні результати навчання (ПРН)

- ПРН 1 Адаптуватися до змін технологій професійної діяльності, прогнозувати їх вплив на кінцевий результат.
- ПРН 2 Автономно отримувати нові знання в своїй предметній та суміжних областях з різних джерел для ефективного розв'язання спеціалізованих задач професійної діяльності.
- ПРН 4 Розуміти стан і перспективи розвитку предметної області.
- ПРН 5 Організувати власну професійну діяльність, обирати оптимальні методи та способи розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем у професійній діяльності.
- ПРН 6 Критично осмислювати основні теорії, принципи, методи і поняття у професійній діяльності.
- ПРН 11 Розробляти технічні вимоги до систем та пристроїв авіоніки; здійснювати проектування систем та пристроїв авіоніки з урахуванням вимог замовника та нормативно-технічної документації.
- ПРН 14 Застосовувати сучасні інформаційні технології для забезпечення функціонування літальних апаратів та наземних комплексів.
- ПРН 15 Розробляти математичні моделі літальних апаратів як об'єктів керування.
- ПРН 19 Оцінювати технічні і економічні характеристики прийнятих рішень для забезпечення ефективності та високої якості розробок.

### Пререквізити:

Вища математика: диференціальне та інтегральне обчислювання; дослідження функцій та побудова їх графіків; векторна алгебра.

Фізика: механічний рух, кінематика та динаміка матеріальної точки, механічна робота, елементи гідромеханіки, електрика і магнетизм.

Основи моделювання СУ: структурні та функціональні схеми САУ, передавальні функції, побудова математичної моделі об'єктів дослідження, побудова та дослідження статичних та динамічних характеристик.

Електроніка і основи схемотехніки: напівпровідникові діоди, транзистори; підсилювачі сигналів; інтегральні операційні підсилювачі; схеми виконання арифметичних операцій на операційному підсилювачі.

**Кореквізити:**

Системи управління літальними апаратами, моделювання систем управління.

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

#### **Модуль 1. Виконавчі механізми систем управління літальних апаратів.**

##### **Змістовий модуль 1. Виконавчі механізми та приводи систем управління.**

##### **Вступ до дисципліни «Приводи систем управління»**

Предмет, структура і задачі дисципліни. Історичні етапи розвитку приводів. Зв'язок із попередніми та наступними дисциплінами. Огляд літературних джерел.

##### **Тема 1. Загальні поняття про виконавчі механізми та приводи систем управління.**

Системи управління літальних апаратів. Уявлення привода та його місце в системі управління літального апарату. Типова структура сервоприводу. Класифікація виконавчих механізмів. Вимоги до виконавчих механізмів та приводів. Основні характеристики приводів. Моменти, діючі в приводі, та на його.

**Модульний контроль:** Захист лабораторних робіт. Модульна контрольна робота.

##### **Змістовий модуль 2. Електроприводи систем управління ЛА.**

##### **Тема 2. Принципи побудови виконавчих механізмів (двигунів) в електроприводах систем управління.**

Принцип дії та устрій двигунів постійного струму (ДПС). Конструкція машин постійного струму. Оборотноість машин постійного струму. Основні співвідношення, що характеризують роботу ДПС. Схеми включення ДПС. Статичні характеристики ДПС.

##### **Тема 3. Динамічні характеристики двигунів постійного струму. Передавальна функція електроприводу**

Пуск, регулювання швидкості та управління ДПС. Динамічні характеристики ДПС. Типова структурна схема електроприводу з ДПС. Математична модель електроприводу з ДПС. Виведення передавальної функції електроприводу.

##### **Тема 3. Принципи побудови виконавчих двигунів змінного струму.**

Принцип дії та устрій двигунів змінного струму. Асинхронні та синхронні електричні машини. Конструкція машин змінного струму. Характеристики двигунів змінного струму. Безконтактні двигуни змінного струму. Спеціальні машини змінного струму. Використання асинхронних та синхронних двигунів в системах управління.

**Модульний контроль:** Захист лабораторних робіт. Модульна контрольна



робота.

### **Змістовий модуль 3. Електрогідроприводи систем управління ЛА.**

#### **Тема 4. Принципи побудови гідроприводу.**

Типові функціональні схеми гідроприводів. Класифікація гідроприводів. Гідроприводи як виконавчі механізми систем управління. Принцип дії та устрій гідроприводу. Особливості елементів гідроприводу: гідروідсилювач, гідророзподільник, гідроциліндр, електромеханічні перетворювачі, датчики оборотного зв'язку. Основні положення гідродинаміки. Конструкція типового гідроприводу. Характеристики гідроприводу. Математичні моделі та передаточні функції елементів гідроприводу.

#### **Тема 5. Рівняння руху та передаточні функції електрогідравлічного сервоприводу.**

Типова структура та параметри електрогідроприводу. Математичні моделі та передаточні функції електрогідроприводу. Статичні та динамічні характеристики електрогідроприводів.

#### **Тема 6. Особливості реального гідроприводу.**

Основні нелінійності електрогідроприводу. Математична модель нелінійного електрогідроприводу. Розрахунок нелінійного електрогідроприводу.

**Модульний контроль:** Захист лабораторних робіт. Модульна контрольна робота.

### **Змістовий модуль 4. Електропнеumoприводи систем управління ЛА.**

#### **Тема 7. Принципи побудови пневмоприводу.**

Типові функціональні схеми та класифікація пневмоприводів. Принцип дії та устрій пневмоприводу. Основні положення газодинаміки. Особливості елементів пневмоприводу: пневмоідсилювач, пневморозподільник, пневмоциліндр. Конструкція типового пневмоприводу. Характеристики пневмоприводу. Математичні моделі та передаточні функції елементів пневмоприводу.

#### **Тема 8. Рівняння руху та передаточні функції електропневматичного сервоприводу.**

Типова структура та параметри електропневмоприводів. Математичні моделі та передаточні функції електропневмоприводів. Статичні та динамічні характеристики електропневмоприводів.

#### **Тема 9. Особливості реального пневмоприводу.**

Основні нелінійності електропневмоприводу. Математична модель нелінійного електропневмоприводу. Розрахунок нелінійного електропневмоприводу.

**Модульний контроль:** Захист лабораторних робіт. Модульна контрольна робота.

### **Змістовий модуль 5. Приводи з цифровим управлінням.**

**Тема 10. Основи роботи електричних сервоприводів з цифровим управлінням та їх конструктивні особливості.**

Принципи побудови. Структурні схеми. Конструктивні особливості електроприводів з цифровим управлінням.

**Модульний контроль:** Модульна контрольна робота.

#### 4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістовних модулів і тем	Кількість годин				
	Денна форма				
	Усього	У тому числі			
		л	п	лаб	с.р.
1	2	3	4	5	6
<b>Модуль 1</b>					
<b>Змістовний модуль 1. Виконавчі механізми та приводи систем управління</b>					
Вступ до дисципліни «Приводи систем управління»	2	2	–	–	–
Тема 1. Загальні поняття про виконавчі механізми та приводи систем управління	19	2	4	4	9
Модульний контроль	1	–	–	–	1
Разом за змістовним модулем 1	22	4	4	4	10
<b>Змістовний модуль 2. Електроприводи систем управління ЛА</b>					
Тема 2. Принципи побудови виконавчих механізмів (двигунів) постійного струму	16	2	4	–	10
Тема 3. Динамічні характеристики двигунів постійного струму. Передавальна функція електроприводу	23	2	2	4	15
Тема 4. Принципи побудови виконавчих двигунів змінного струму	14	2	–	–	12
Модульний контроль	2	–	–	–	2
Разом за змістовним модулем 2	55	6	6	4	39
<b>Змістовний модуль 3. Електрогідроприводи систем управління ЛА</b>					
Тема 5. Гідравлічні системи на борту ЛА. Принципи побудови гідроприводу	11	4	–	–	7
Тема 6. Рівняння руху та передаточні функції електрогідравлічного сервоприводу	4	2	2	–	–
Тема 7. Особливості реального гідроприводу	9	2	–	4	3
Модульний контроль	2	–	–	–	2
Разом за змістовним модулем 3	26	8	2	4	12
<b>Змістовний модуль 4. Електропневмоприводи систем управління ЛА</b>					



Тема 8. Принципи побудови пневмоприводу	2	2	–	–	–
Тема 9. Рівняння руху та передаточні функції електропневматичного сервоприводу	7	2	–	–	5
Тема 10. Особливості реального пневмоприводу	8	–	–	4	4
Модульний контроль	1	–	–	–	1
Разом за змістовним модулем 4	18	4	–	4	10
<b>Змістовний модуль 5. Приводи з цифровим управлінням</b>					
Тема 11. Основи роботи електричних сервоприводів з цифровим управлінням та їх конструктивні особливості	13	2	4	–	7
Модульний контроль	1	–	–	–	1
Разом за змістовним модулем 5	14	2	4	–	8
<b>Усього годин</b>	<b>135</b>	<b>24</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>79</b>

### 5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	Не заплановано	

### 6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Приводи в системах управління сучасними ЛА	4
2	Розрахунок електроприводу ЛА постійного струму. Механіка електроприводу.	4
3	Розрахунок електроприводу ЛА постійного струму. Динаміка електроприводу.	2
4	Розрахунок електрогідравлічних приводів ЛА.	2
5	Особливості формування сигналів управління приводом за допомогою мікропроцесора	4
	<b>Разом</b>	<b>16</b>

### 7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Приводи рульових поверхонь літака. Дослідження впливу коефіцієнтів передавальних функцій елементів приводу на його роботу.	4



№ з/п	Назва теми	Кількість годин
2	Призначення, будова та функціональні можливості універсального стенду дослідження сервоприводів (УСДСП) Вивчення устрою, принципу дії та експериментальне дослідження статичної характеристики електромеханічної рульової машини.	4
3	Вивчення устрою, принципу дії та експериментальне дослідження статичної та динамічної характеристик електрогідравлічного сервоприводу.	4
4	Вивчення устрою, принципу дії та експериментальне дослідження статичної та динамічної характеристик електропневматичного сервоприводу.	4
	<b>Разом</b>	<b>16</b>

### 8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Типи електроприводів, що використовуються на борту сучасного літального апарату та їх принципові особливості.	10
2	Типи та основні характеристики одно- та двофазних двигунів, що використовуються в приводах.	6
3	Безконтактні двигуни постійного струму.	4
4	Розрахунок електроприводу системи управління ЛА.	8
5	Типові приводи систем управління ЛА.	8
6	Типи та розшифрування умовних позначень двигунів постійного та перемінного струму.	7
7	Електромеханічні властивості двигунів перемінного струму та побудова векторних діаграм.	6
8	Основи гідродинаміки.	8
9	Розрахунок гідроприводу системи управління ЛА.	4
10	Розрахунок пневмоприводу системи управління ЛА.	10
11	Особливості роботи електромеханічних сервоприводів з цифровою управляючою машиною. Цифрові сервоприводи в моделюванні.	8
	<b>Разом</b>	<b>79</b>

### 9. Індивідуальні завдання

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	Не заплановано	

### 10. Методи навчання

Словесно – наочні: лекції; практичні: лабораторні та практичні роботи, індивідуальні консультації (при необхідності), самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники).

### 11. Методи контролю

Проведення поточного контролю проводиться відповідно до змістових модулів і тем, остаточний контроль – у вигляді заліку. Методи контролю знань: письмове опитування; усне опитування; тестування.

### 12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

#### 12.1. Розподіл балів, які отримують студенти 5 семестр

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
<b>Змістовний модуль 1</b>			
Робота на лекціях	0...1	2	0...2
Виконання і захист лабораторних робіт	0...5	2	0...10
Виконання і захист практичних робіт	0...4	2	0...8
Модульний контроль	0...2	1	1...2
<b>Змістовний модуль 2</b>			
Робота на лекціях	0...1	3	0...3
Виконання і захист лабораторних робіт	0...5	2	0...10
Виконання і захист практичних робіт	0...4	3	0...12
Модульний контроль	0...4	1	0...4
<b>Змістовний модуль 3</b>			
Робота на лекціях	0...1	4	0...4
Виконання і захист лабораторних робіт	0...5	2	0...10
Виконання і захист практичних робіт	0...4	1	0...4
Модульний контроль	0...4	1	0...4
<b>Змістовний модуль 4</b>			
Робота на лекціях	0...1	2	0...2
Виконання і захист лабораторних робіт	0...5	2	0...10
Виконання і захист практичних робіт		—	—



Модульний контроль	0...4	1	0...4
<b>Змістовний модуль 5</b>			
Робота на лекціях	0...1	1	0...1
Виконання і захист лабораторних робіт	0...5	—	—
Виконання і захист практичних робіт	0...4	2	0...8
Модульний контроль	0...2	1	0...2
<b>Усього за семестр</b>			<b>0...100</b>

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

Білет для заліку складається з 5 теоретичних (12 балів кожне) та 2 практичних (15 балів кожне) запитань (сума – 100 балів). Наприклад.

Теоретичні питання:

1. Виконавчі механізми: класифікація, основні вимоги до приводів і виконавчих механізмів.

2. Пуск і регулювання швидкості двигунів постійного струму.

3. Принцип роботи гідроприводів. Основні закони гідродинаміки.

4. Режими роботи асинхронних двигунів (за схемою).

5. Гідравлічні розподільники та підсилювачі.

Практичні питання:

1. Відомі каталогові дані двигуна постійного струму незалежного збудження ДПУ-250:  $P_n=550$  Вт – номінальна потужність,  $M_n=1,7$  Н·м – номінальний момент,  $U_n=92$  В – номінальна напруга,  $I_n=7,4$  А – номінальний струм,  $R_a=1,53$  Ом – активний опір обмотки якоря. Побудувати природну механічну та електромеханічну характеристики двигуна та визначити жорсткість механічної характеристики.

2. Відомі каталогові дані двигуна постійного струму незалежного збудження UGI-40M:  $P_n=160$  Вт,  $M_n=1,53$  Н·м,  $U_n=44$  В,  $I_n=5$  А,  $R_a=1,05$  Ом,  $J_{рд}=1,60E-03$  кг·м<sup>2</sup>,  $L_a=1,60E-03$  Гн,  $D=38$  Н/кг<sup>1/2</sup>. Записати передавальну функцію двигуна по управлінню  $W(s)=\frac{\omega(s)}{U_a(s)}$ , розрахувати числові значення постійних часу та передавального коефіцієнта.

## 12.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

Призначення та використання приводів на сучасних літальних апаратах. Принципи побудови та функціонування електромеханічних приводів. Двигуни

постійного та перемінного струму. Основи гідродинаміки та робота гідроприводу. Пневматичні та електропневматичні приводи. Передавальні функції різних типів приводів. Статичні та динамічні характеристики різних типів приводів.

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:

Уміння працювати з лабораторним стендом для дослідження приводів: отримання статичних та динамічних характеристик приводів та їх аналіз. Уміння користуватися середовищем моделювання Matlab Simulink.

### 12.3. Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

**Задовільно (60-74 бали).** Задовільно володіти теоретичним матеріалом, мати мінімум знань та умінь, допускає помилки у вирішенні практичних завдань. Захистити всі практичні, лабораторні завдання, виконати усі модульні завдання, мати задовільні практичні навички роботи зі з лабораторним стендом для дослідження приводів. Зменшення кількості балів в межах оцінки можливе за неточні та неповні відповіді на теоретичні та практичні запитання.

**Добре (75-89 балів).** Мати достатньо глибокі знання з теоретичної частини дисципліни. Захистити всі практичні, лабораторні завдання та індивідуальне завдання, виконати усі модульні завдання з оцінкою «добре», мати практичні навички роботи з лабораторним стендом для дослідження приводів. Правильно розв'язувати практичні завдання, відповіді студента не є чіткими. Зменшення кількості балів в межах оцінки можливе при неповних відповідях на теоретичні або практичні запитання.

**Відмінно (90-100 балів).** Твердо знати: базові поняття і принципи, що відносяться до дисципліни «Приводи систем авіоніки». Захистити всі практичні, лабораторні завдання та індивідуальне завдання, виконати усі модульні завдання з оцінкою «відмінно», мати тверді практичні навички роботи з лабораторним стендом дослідження приводів. Вільно користуватися навчальною та науково-технічною літературою з питань дисципліни. Вміти логічно і чітко скласти свою відповідь, розв'язати практичне та лабораторне завдання. Зменшення кількості балів в межах оцінки можливе при неточних формулюваннях у відповідях на додаткові запитання, які були поставлені перед ним.

### 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. Конспект лекцій з дисципліни «Приводи систем авіоніки».
2. Приводи в системах управління [Текст]: навч. посіб. до лаб. практикуму / І. В. Бичкова, А. Я. Зимовін, Є. В. Пявка, І. О. Пявка. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського “Харків. авіац. ін-т”, 2019. – 56 с.
3. Методичні вказівки і завдання до виконання розрахункових робіт.
4. Лабораторне устаткування – універсальний лабораторний стенду дослідження приводів систем управління. Технічний опис.
5. НМКД в електронному вигляді розміщене за посиланням: [https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1bliF7qQjOy99wu488vGn9LX2li\\_rR9iC](https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1bliF7qQjOy99wu488vGn9LX2li_rR9iC)

## **14. Рекомендована література**

### **Базова**

1. Лавріненко Ю.М. Основи електропривода: підручник / Ю.М. Лавріненко, П.І. Савченко, О.Ю. Синявський, Д.Г. Войтюк, В.В. Савченко, І.М. Голодний.– К.: Видавництво Ліра-К, 2017. — 524 с.
2. Буренніков, Ю. А. Гідравліка, гідро- та пневмоприводи : навчальний посібник / Ю. А. Буренніков, І. А. Немировський, Л. Г. Козлов. – Вінниця : ВНТУ, 2013. - 273 с.
3. Воронин, С.Г. Электропривод летательных аппаратов: Конспект лекций. Часть 1. – Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2006. – 171 с.
4. Mechatronic Systems, Sensors, and Actuators: Fundamentals and Modeling, Robert H. Bishop, CRC Press, 2017, 692 p.

### **Допоміжна**

7. Кулик А.С. Теорія автоматичного управління. Конспект лекцій.
8. Суров Г.Я., Вихрев А.Н., Долгова И.И, Барабанов В.А. Гидравлика и гидропривод в примерах и задачах: учеб. Пособие. / Г.Я. Суров, А.Н. Вихрев, И.И. Долгова, В.А. Барабанов. – 2 изд., перераб. И доп. – Архангельск: Северный (Арктический) федеральный университет, 2010. – 338 с.
9. Федоров В.Г. Гідравліка і гідропривод: довідник / В.Г. Федоров, Н.С. Мамелюк, О.І. Кепко, О.С. Пушка; за ред. В.Г.Федорова. Умань: Видавничополіграфічний центр «Візаві», 2017. – 135 с.
10. Aerospace Actuators 3: European Commercial Aircraft and Tiltrotor Aircraft, Jean-Charles Maré, 2018, 194 p.

## **15. Інформаційні ресурси**

1. Сайт кафедри 301: k301.khai.edu.