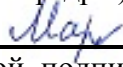


МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тверской государственный технический университет»  
(ТвГТУ)

УТВЕРЖДАЮ  
заведующий кафедрой  
Автоматизация технологических процессов  
(наименование кафедры)  
Марголис Б.И.   
(Ф.И.О. зав. кафедрой, подпись)  
«19» мая 2021 г.

## ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА

### экзамена

(промежуточной аттестации: экзамен, зачет, курсовая работа или курсовой проект; практики: с указанием вида и типа практики; государственного экзамена)

## ОСНОВЫ НЕЛИНЕЙНОЙ ДИНАМИКИ

Наименование дисциплины (для промежуточной аттестации)

направление подготовки 27.04.04 Управление в технических системах

Направленность (профиль) – Управление и информатика в технических системах

Типы задач – научно-исследовательский, проектно-конструкторский

Разработаны в соответствии с:

(рабочей программой дисциплины/программой практики/ программой государственной итоговой аттестации) рабочей программой дисциплины

утвержденной 14 мая 2021 г.

Разработчик(и): Кузин П.К.

Тверь 2021

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки магистров – 27.04.04 Управление в технических системах

Направленность (профиль) – Управление и информатика в технических системах

Кафедра «Автоматизация технологических процессов»

Дисциплина «Основы нелинейной динамики»

## ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:

Определение типа особых точек по корням характеристического уравнения линеаризованной системы.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:

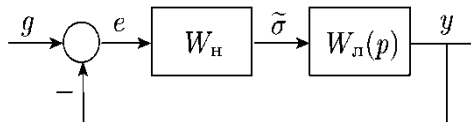
Построить фазовый портрет нелинейной системы, описываемой уравнениями

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 \\ \dot{x}_2 = -4x_1 \end{cases}$$
$$x_2(1) = 0$$

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:

Исследовать систему с одним нелинейным звеном на наличие автоколебаний графическим методом Гольдфарба.

Структурная схема АС:



Нелинейное звено – идеальное реле.

Передаточная функция линейной части  $W_l(p) = \frac{p}{Tp+1}$ .

### Критерии итоговой оценки за экзамен:

«отлично» – при сумме баллов 5 или 6;

«хорошо» – при сумме баллов 4;

«удовлетворительно» – при сумме баллов 3;

«неудовлетворительно» – при сумме баллов менее 3.

Составитель: доцент кафедры АТП Кузин П.К. Кузин

Заведующий кафедрой: Марголис Б.И. Марголис

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки магистров – 27.04.04 Управление в технических системах  
Направленность (профиль) – Управление и информатика в технических системах  
Кафедра «Автоматизация технологических процессов»  
Дисциплина «Основы нелинейной динамики»

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 2**

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:

Нелинейные статические характеристики.

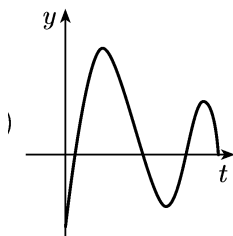
2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:

Вычислить коэффициенты гармонической линеаризации  $q(A)$  и  $q'(A)$  для нелинейного звена с характеристикой  $\sigma = f(e) = e^3$ .

Справка:  $\int \sin^4 x \, dx = \frac{3x}{8} - \frac{1}{4} \sin 2x + \frac{1}{32} \sin 4x + C$

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:

По временной характеристике качественно построить фазовую траекторию:



**Критерии итоговой оценки за экзамен:**

«отлично» – при сумме баллов 5 или 6;

«хорошо» – при сумме баллов 4;

«удовлетворительно» – при сумме баллов 3;

«неудовлетворительно» – при сумме баллов менее 3.

Составитель: доцент кафедры АТП Кузин П.К. Кузин

Заведующий кафедрой: Марголис Б.И. Марголис

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки магистров – 27.04.04 Управление в технических системах

Направленность (профиль) – Управление и информатика в технических системах

Кафедра «Автоматизация технологических процессов»

Дисциплина «Основы нелинейной динамики»

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 3**

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:

Вычисление коэффициентов гармонической линеаризации нелинейных звеньев. Гипотеза фильтра.

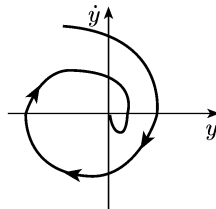
2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:

Построить фазовый портрет нелинейной системы, описываемой уравнениями

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 \\ \dot{x}_2 = -2x_1 \\ x_2(x_1)|_{x_1=0} = 0 \end{cases}$$

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:

По фазовой траектории качественно построить временную характеристику:



**Критерии итоговой оценки за экзамен:**

«отлично» – при сумме баллов 5 или 6;

«хорошо» – при сумме баллов 4;

«удовлетворительно» – при сумме баллов 3;

«неудовлетворительно» – при сумме баллов менее 3.

Составитель: доцент кафедры АТП Куз П.К. Кузин

Заведующий кафедрой: Марголис Б.И. Марголис

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки магистров – 27.04.04 Управление в технических системах

Направленность (профиль) – Управление и информатика в технических системах

Кафедра «Автоматизация технологических процессов»

Дисциплина «Основы нелинейной динамики»

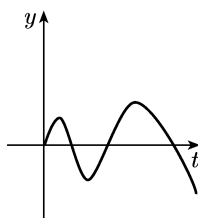
**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 4**

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:

Определение устойчивости и асимптотической устойчивости нелинейных систем по Ляпунову.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:

По временной характеристике качественно построить фазовую траекторию:



3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:

Построить фазовый портрет нелинейной системы, описываемой уравнениями

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = 2x_2 \\ \dot{x}_2 = -2x_1 \end{cases}$$
$$x_2(x_1)|_{x_1=0} = 1$$

**Критерии итоговой оценки за экзамен:**

«отлично» – при сумме баллов 5 или 6;

«хорошо» – при сумме баллов 4;

«удовлетворительно» – при сумме баллов 3;

«неудовлетворительно» – при сумме баллов менее 3.

Составитель: доцент кафедры АТП  П.К. Кузин

Заведующий кафедрой:  Б.И. Марголис

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки магистров – 27.04.04 Управление в технических системах

Направленность (профиль) – Управление и информатика в технических системах

Кафедра «Автоматизация технологических процессов»

Дисциплина «Основы нелинейной динамики»

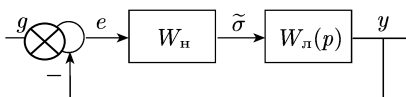
**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 5**

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:

Определение типа особых точек по корням характеристического уравнения линеаризованной системы.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:

Получите передаточную функцию линеаризованной методом гармонической линеаризации модели



Передаточная функция линейной части  $W_{\text{л}}(p) = \frac{k}{(p^2 + 2)p}$ .

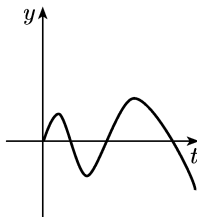
Нелинейное звено – реле с гистерезисом

$$q(A) = \frac{4c}{\pi A} \sqrt{1 - \left(\frac{b}{A}\right)^2},$$

$$q'(A) = -\frac{4cb}{\pi A^2}, \quad A \geq b$$

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:

По временной характеристике качественно построить фазовую траекторию:



**Критерии итоговой оценки за экзамен:**

«отлично» – при сумме баллов 5 или 6;

«хорошо» – при сумме баллов 4;

«удовлетворительно» – при сумме баллов 3;

«неудовлетворительно» – при сумме баллов менее 3.

Составитель: доцент кафедры АТП Кузин П.К. Кузин

Заведующий кафедрой: Марголис Б.И. Марголис

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки магистров – 27.04.04 Управление в технических системах

Направленность (профиль) – Управление и информатика в технических системах

Кафедра «Автоматизация технологических процессов»

Дисциплина «Основы нелинейной динамики»

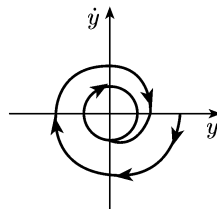
**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 6**

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:

Метод гармонической линеаризации. Передаточная функция нелинейного элемента, полученная в результате гармонической линеаризации.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:

По фазовой траектории качественно построить временную характеристику:



3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:

Построить фазовый портрет нелинейной системы, описываемой уравнениями

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = 3x_2 \\ \dot{x}_2 = -x_1 \end{cases}$$
$$x_2(x_1)|_{x_1=0} = 2$$

**Критерии итоговой оценки за экзамен:**


«отлично» – при сумме баллов 5 или 6;

«хорошо» – при сумме баллов 4;

«удовлетворительно» – при сумме баллов 3;

«неудовлетворительно» – при сумме баллов менее 3.

Составитель: доцент кафедры АТП  П.К. Кузин

Заведующий кафедрой:  Б.И. Марголис

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки магистров – 27.04.04 Управление в технических системах

Направленность (профиль) – Управление и информатика в технических системах

Кафедра «Автоматизация технологических процессов»

Дисциплина «Основы нелинейной динамики»

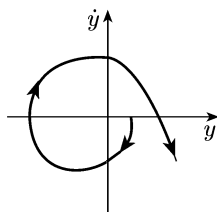
**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 7**

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:

Получение дифференциальных уравнений нелинейных систем с одним нелинейным элементом в пространстве состояний.

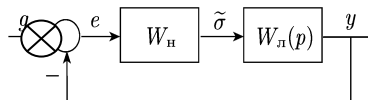
2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:

По фазовой траектории качественно построить временную характеристику:



3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:

Получите передаточную функцию линеаризованной методом гармонической линеаризации модели



Передаточная функция линейной части  $W_L(p) = \frac{k}{(p+1)p}$ .

Нелинейное звено – реле с гистерезисом

$$q(A) = \frac{4c}{\pi A} \sqrt{1 - \left(\frac{b}{A}\right)^2},$$

$$q'(A) = -\frac{4cb}{\pi A^2}, \quad A \geq b$$

**Критерии итоговой оценки за экзамен:**

«отлично» – при сумме баллов 5 или 6;

«хорошо» – при сумме баллов 4;

«удовлетворительно» – при сумме баллов 3;

«неудовлетворительно» – при сумме баллов менее 3.

Составитель: доцент кафедры АТП  П.К. Кузин

Заведующий кафедрой:  Б.И. Марголис



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки магистров – 27.04.04 Управление в технических системах

Направленность (профиль) – Управление и информатика в технических системах

Кафедра «Автоматизация технологических процессов»

Дисциплина «Основы нелинейной динамики»

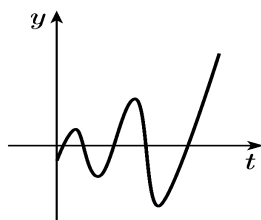
**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 8**

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:

Фазовая траектория. Фазовый портрет системы на фазовой плоскости, методика его построения

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:

По временной характеристике качественно построить фазовую траекторию:



3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:

Построить фазовый портрет нелинейной системы, описываемой уравнениями

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 \\ \dot{x}_2 = -4x_1 \end{cases}$$
$$x_2(x_1)|_{x_1=0} = 1$$

**Критерии итоговой оценки за экзамен:**

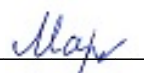
«отлично» – при сумме баллов 5 или 6;

«хорошо» – при сумме баллов 4;

«удовлетворительно» – при сумме баллов 3;

«неудовлетворительно» – при сумме баллов менее 3.

Составитель: доцент кафедры АТП  П.К. Кузин

Заведующий кафедрой:  Б.И. Марголис

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки магистров – 27.04.04 Управление в технических системах

Направленность (профиль) – Управление и информатика в технических системах

Кафедра «Автоматизация технологических процессов»

Дисциплина «Основы нелинейной динамики»

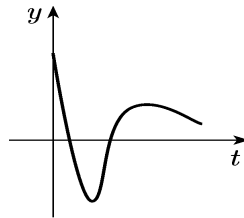
**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 9**

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:

Нелинейные автоматические системы, их основные особенности.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:

По временной характеристике качественно построить фазовую траекторию:



3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:

Построить фазовый портрет нелинейной системы, описываемой уравнениями

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = 2x_2 \\ \dot{x}_2 = -4x_1 \end{cases}$$
$$x_2(x_1)|_{x_1=0} = 0$$

**Критерии итоговой оценки за экзамен:**

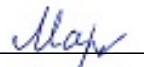
«отлично» – при сумме баллов 5 или 6;

«хорошо» – при сумме баллов 4;

«удовлетворительно» – при сумме баллов 3;

«неудовлетворительно» – при сумме баллов менее 3.

Составитель: доцент кафедры АТП  П.К. Кузин

Заведующий кафедрой:  Б.И. Марголис

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки магистров – 27.04.04 Управление в технических системах

Направленность (профиль) – Управление и информатика в технических системах

Кафедра «Автоматизация технологических процессов»

Дисциплина «Основы нелинейной динамики»

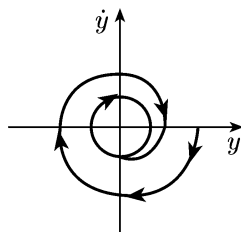
**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 10**

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:

Основное условие возникновения периодических процессов в нелинейных АС.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:

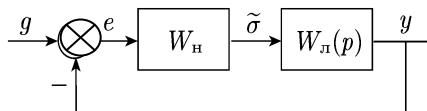
По фазовой траектории качественно построить временную характеристику:



3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:

Исследовать систему с одним нелинейным звеном на наличие автоколебаний графическим методом Гольдфарба.

Структурная схема АС



Нелинейное звено – идеальное реле.

Передаточная функция линейной части  $W_l(p) = \frac{P}{Tp + 1}$ .

**Критерии итоговой оценки за экзамен:**

«отлично» – при сумме баллов 5 или 6;

«хорошо» – при сумме баллов 4;

«удовлетворительно» – при сумме баллов 3;

«неудовлетворительно» – при сумме баллов менее 3.

Составитель: доцент кафедры АТП  П.К. Кузин

Заведующий кафедрой:  Б.И. Марголис

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки магистров – 27.04.04 Управление в технических системах

Направленность (профиль) – Управление и информатика в технических системах

Кафедра «Автоматизация технологических процессов»

Дисциплина «Основы нелинейной динамики»

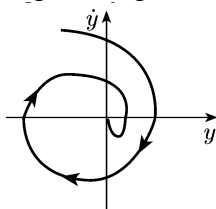
**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 11**

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:

Исследование автоколебаний методом Гольдфарба.

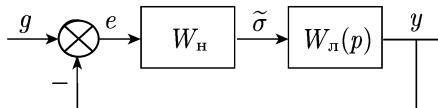
2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:

По фазовой траектории качественно построить временную характеристику:



3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:

Получить передаточную функцию линеаризованной методом гармонической линеаризации модели



Передаточная функция линейной части  $W_l(p) = \frac{k}{(Tp + 2)p}$ .

Нелинейное звено – реле с гистерезисом

$$q(A) = \frac{4c}{\pi A} \sqrt{1 - \left(\frac{b}{A}\right)^2},$$

$$q'(A) = -\frac{4cb}{\pi A^2}, \quad A \geq b$$

**Критерии итоговой оценки за экзамен:**

«отлично» – при сумме баллов 5 или 6;

«хорошо» – при сумме баллов 4;

«удовлетворительно» – при сумме баллов 3;

«неудовлетворительно» – при сумме баллов менее 3.

Составитель: доцент кафедры АТП  П.К. Кузин

Заведующий кафедрой:  Б.И. Марголис

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки магистров – 27.04.04 Управление в технических системах

Направленность (профиль) – Управление и информатика в технических системах

Кафедра «Автоматизация технологических процессов»

Дисциплина «Основы нелинейной динамики»

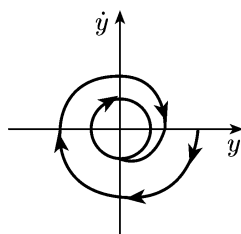
**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 12**

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:

Основное условие возникновения периодических процессов в нелинейных системах.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:

По фазовой траектории качественно построить временную характеристику:



3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:

Построить фазовый портрет нелинейной системы, описываемой уравнениями

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = 4x_2 \\ \dot{x}_2 = -2x_1 \end{cases}$$
$$x_2(x_1)|_{x_1=0} = 0$$

**Критерии итоговой оценки за экзамен:**

«отлично» – при сумме баллов 5 или 6;

«хорошо» – при сумме баллов 4;

«удовлетворительно» – при сумме баллов 3;

«неудовлетворительно» – при сумме баллов менее 3.

Составитель: доцент кафедры АТП Кузин П.К. Кузин

Заведующий кафедрой: Марголис Б.И. Марголис