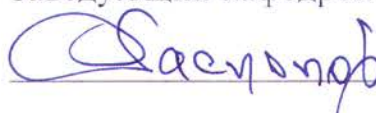


МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Тульский государственный университет»

Институт высокоточных систем им В.П. Грязева  
Кафедра «Приборы управления»

Утверждено на заседании кафедры  
«Приборы управления»  
« 19 » января 20 22 г., протокол № 1

Заведующий кафедрой  
 В.Я. Распопов

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ (ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ) ДЛЯ  
ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И  
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО  
ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

**«Микросистемная авионика»**

**основной профессиональной образовательной программы  
высшего образования – программы магистратуры**

по направлению подготовки

**24.04.02 Системы управления движением и навигация**

с направленностью (профилем)

**Приборы и системы ориентации, стабилизации и навигации**

Форма(ы) обучения: очная

Идентификационный номер образовательной программы: 240402-01-22

Тула 2022 год

**ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ**  
**фонда оценочных средств (оценочных материалов)**

**Разработчик(и):**

Телухин С.В., доцент, к.т.н. \_\_\_\_\_  
(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание)

  
\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание)

\_\_\_\_\_  
(подпись)

## **1. Описание фонда оценочных средств (оценочных материалов)**

Фонд оценочных средств (оценочные материалы) включает в себя контрольные задания и (или) вопросы, которые могут быть предложены обучающемуся в рамках текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю). Указанные контрольные задания и (или) вопросы позволяют оценить достижение обучающимся планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), установленных в соответствующей рабочей программе дисциплины (модуля), а также сформированность компетенций, установленных в соответствующей общей характеристике основной профессиональной образовательной программы.

Полные наименования компетенций и индикаторов их достижения представлены в общей характеристике основной профессиональной образовательной программы.

## **2. Оценочные средства (оценочные материалы) для проведения текущего контроля успеваемости обучающихся по дисциплине (модулю)**

### **Перечень контрольных заданий и (или) вопросов для оценки сформированности компетенции ПК-2 (контролируемый индикатор достижения компетенции ПК-2.2)**

1. Датчики угловой скорости бесплатформенной системы ориентации измеряют проекции вектора:
  - а) абсолютной угловой скорости летательного аппарата на оси нормальной СК;
  - б) абсолютной угловой скорости летательного аппарата на оси связанной СК;
  - в) угловой скорости летательного аппарата на оси связанной СК.
2. Систематическую погрешность датчиков:
  - а) можно компенсировать подстройкой; б) невозможно компенсировать; в) возможность компенсации определяется режимом работы.
3. Случайная погрешность микромеханических датчиков обусловлена:
  - а) изменением температуры и давления; б) изменением параметров напряжения питания; в) а и б.
4. Акселерометры бесплатформенной системы ориентации измеряют:
  - а) проекции кажущегося ускорения на оси связанной СК;
  - б) проекции кажущегося ускорения на оси нормальной СК;
  - в) проекции ускорения на оси связанной СК.
5. Комплексированная система ориентации на основе показаний гироскопов и акселерометров позволяет определять углы:
  - а) рыскания, тангажа и крена; б) тангажа и крена; в) рыскания и крена.
6. Погрешность системы ориентации обусловлена:
  - а) погрешностью датчиков; б) погрешностью алгоритмов; в) погрешностью датчиков и алгоритмов.
7. В алгоритме ориентации на основе фильтра Калмана сигналы акселерометров выступают в качестве:
  - а) сигналов возмущения; б) задающих сигналов; в) сигналов измерения.
8. Датчик воздушной скорости может быть построен на базе:
  - а) абсолютного датчика давления;
  - б) дифференциального датчика давления;
  - в) абсолютного или дифференциального датчиков давления.
9. Случайные погрешности гироскопов и акселерометров обусловлены изменением:
  - а) давления и температуры окружающей среды; б) напряжения питания датчика; в) давления и температуры окружающей среды и напряжения питания датчика.
10. Методическая погрешность алгоритма ориентации обусловлена:

а) погрешностью датчиков; б) приближенным решением уравнений; в) погрешностью датчиков и приближенным решением уравнений.

**Перечень контрольных заданий и (или) вопросов для оценки сформированности компетенции ПК-2 (контролируемый индикатор достижения компетенции ПК-2.3)**

1. Зависимость для определения математического ожидания случайного процесса имеет вид:

а)  $m_x(t) = \sum_{i=1}^n x_i(t)p_i(t)$ ; б)  $m_x(t) = \int_{-\infty}^{\infty} x^2(t)f(x,t)dx$ ; в)  $m_x(t) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)dx$ .

2. Зависимость для дисперсии случайного процесса имеет вид:

а)  $D_x(t) = \int_{-\infty}^{\infty} x^2(t)f(x,t)dx - m_x^2(t)$ ; б)  $D_x(t) = \int_{-\infty}^{\infty} x^2(t)f(x,t)dx$ ;

в)  $D_x(t) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)f^2(x,t)dx - m_x^2(t)$ .

3. Выражение для спектральной плотности выходного сигнала имеет вид:

а)  $S_y(\omega) = |W(j\omega)|^2 S_x(\omega)$ ; б)  $S_y(\omega) = |W(j\omega)| S_x(\omega)$ ; в)  $S_y^2(\omega) = |W(j\omega)|^2 S_x^2(\omega)$ .

4. Передаточная функция формирующего фильтра находится по выражению:

а)  $W_{\phi\phi}(p) = \frac{S_x(p)}{\sqrt{N}}$ ; б)  $W_{\phi\phi}(p) = \frac{S_x(p)}{N}$ ; в)  $W_{\phi\phi}(p) = \frac{S_x^2(p)}{N}$ .

5. Спектральная плотность «белого шума»:

а) постоянна; б) описывается экспоненциальной зависимостью; в) описывается дельта-функцией.

6. Найти математическое ожидание дискретной случайной величины:

x	0	0,1	0,2	0,3
p	0,1	0,5	0,3	0,1

7. Найти математическое ожидание, если известна плотность распределения:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{2}, & 1 \leq x \leq 3; \\ 0, & x > 3 \text{ и } x < 1. \end{cases}$$

8. Приближенное выражение для постоянной времени алгоритма ориентации на основе фильтра Калмана имеет вид ( $\tau$  – шаг дискретизации,  $K$  – коэффициент передачи матрицы Калмана):

а)  $T \approx \frac{\tau}{K}$ ; б)  $T \approx \frac{K}{\tau}$ ; в)  $T \approx \tau \cdot K$ .

9. Найти выражение для спектральной плотности выходного сигнала, если спектральная плотность входного сигнала  $S_x(\omega) = N$ , передаточная функция системы имеет вид:

$$W(p) = \frac{1}{Tp + 1}.$$

10. Зарисовать структурную схему алгоритма ориентации на основе кватернионов.

**Перечень контрольных заданий и (или) вопросов для оценки сформированности компетенции ПК-2 (контролируемый индикатор достижения компетенции ПК-2.4)**

1. Изобразить структурную схему алгоритма ориентации на основе кватернионов.

2. Приближенное выражение для приращения угла поворота имеет вид ( $T_0$  – шаг дискретизации,  $\Omega$  – угловая скорость):

а)  $\theta(k) \approx T_0 \Omega(k)$ ; б)  $\theta(k) \approx \frac{\Omega(k)}{T_0}$ ; в)  $\theta(k) \approx \frac{T_0}{\Omega(k)}$ .

3. Уравнение алгоритма ориентации на основе фильтра Калмана имеет вид:

а)  $G_a(k) = \Phi_a(k, k-1)G_a(k-1) + \Gamma_a(k-1)W_a(k-1)$ ;

б)  $G_a(k) = \Phi_a(k-1, k-1)G_a(k-1)$ ;

в)  $G_a(k) = \Phi_a(k-1, k-1)G_a(k-1) + \Gamma_a(k-1)W_a(k-1)$ .

4. Записать выражение для упрощенной матрицы перехода, описывающей динамику изменения вектора силы тяжести.

5. Рекуррентное уравнение для вычисления вектора ускорения силы тяжести имеет вид:

а)  $\vec{g}_i = \tau \vec{g}_{i-1} \times \Omega_{i-1} + \vec{g}_{i-1}$ ; б)  $\vec{g}_i = \vec{g}_{i-1} \times \Omega_{i-1} + \vec{g}_{i-1}$ ; в)  $\vec{g}_i = \Omega_{i-1} \times \vec{g}_{i-1} + \vec{g}_{i-1}$ .

6. Приближенное уравнение алгоритма ориентации на основе кватернионов имеет вид:

а)  $\dot{\Lambda} = \Omega \Lambda$ ; б)  $\dot{\Lambda} = \frac{1}{2} \Lambda \Omega$ ; в)  $\dot{\Lambda} = \frac{1}{2} \Omega \Lambda$ .

7. Начальное значение вектора оценки силы тяжести в алгоритме на основе фильтра Калмана принимается равным:

а) показаниям акселерометров; б) показаниям акселерометров, когда БСО находится в покое;

в) показаниям гироскопов.

8. Если оси датчиков в блоке акселерометров установлены совпадают с осями связанной СК, то матрица измерения  $H_a$  равна:

а)  $H_a = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$ ; б)  $H_a = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}$ ; в)  $H_a = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}$ .

9. Составить матрицы перехода, возмущения и измерения фильтра Калмана для системы, описываемой системой уравнений ( $w$  – шум возмущения):

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = w - x_1; \\ \dot{x}_2 = x_1 - x_2; \\ \dot{x}_3 = x_2 - x_3; \\ y = x_3. \end{cases}$$

### **Перечень контрольных заданий и (или) вопросов для оценки сформированности компетенции ПК-2 (контролируемый индикатор достижения компетенции ПК-2.6)**

1. Какое значение матрицы дисперсий оценки было задано в начале моделирования работы системы?
2. Каким образом в фильтре Калмана учитывается математическое ожидание возмущающего сигнала, если оно известно?
3. Как изменится матрица управления, если в системе несколько возмущающих сигналов?
4. Как изменится матрица возмущения, если в системе несколько возмущающих сигналов?
5. Опишите вид матрицы измерений.

### **3. Оценочные средства (оценочные материалы) для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**

#### **Перечень контрольных заданий и (или) вопросов для оценки сформированности компетенции ПК-2 (контролируемый индикатор достижения компетенции ПК-2.2)**

1. Датчики угловой скорости бесплатформенной системы ориентации измеряют проекции вектора:
  - а) абсолютной угловой скорости летательного аппарата на оси нормальной СК;
  - б) абсолютной угловой скорости летательного аппарата на оси связанной СК;
  - в) угловой скорости летательного аппарата на оси связанной СК.
2. Акселерометры бесплатформенной системы ориентации измеряют:
  - а) проекции кажущегося ускорения на оси связанной СК;
  - б) проекции кажущегося ускорения на оси нормальной СК;
  - в) проекции ускорения на оси связанной СК.
3. Погрешность системы ориентации обусловлена:
  - а) погрешностью датчиков; б) приближенным решением уравнений; в) погрешностью датчиков и приближенным решением уравнений.
4. При полете с постоянной скоростью показание акселерометра, ось чувствительности которого установлена вдоль продольной оси ЛА, равно:
  - а)  $g_x = g \sin \vartheta$ ; б)  $g_x = g \cos \gamma \cos \vartheta$ ; в)  $g_x = -g \sin \gamma \cos \vartheta$ .
5. Матрица шумов измерения алгоритма ориентации на основе фильтра Калмана формируется:
  - а) на основе показаний гироскопов; б) на основе показаний акселерометров; в) путем моделирования.
6. Матрица шумов возмущений алгоритма ориентации на основе фильтра Калмана формируется:
  - а) на основе показаний гироскопов; б) на основе показаний акселерометров; в) путем моделирования.
7. Получение оценки вектора состояния системы ориентации на выходе фильтра Калмана основано на использовании:
  - а) уравнений алгоритма системы ориентации; б) фильтров верхних; в) фильтров нижних частот.
8. В алгоритме ориентации на основе вектора силы тяжести оптимальной фильтрации Калмана показания гироскопов используется:
  - а) для формирования матрицы перехода; б) для формирования вектора измерений; в) для коррекции вектора измерений.
9. Реализация алгоритмов систем ориентации основана:
  - а) на численном решении уравнений; б) на аналитическом решении уравнений; в) на комбинированном решении уравнений.
10. С уменьшением шага дискретизации точность алгоритма:
  - а) повышается; б) понижается; в) не зависит от шага дискретизации.

**Перечень контрольных заданий и (или) вопросов для оценки сформированности компетенции ПК-2 (контролируемый индикатор достижения компетенции ПК-2.3)**

1. Найти дисперсию дискретной случайной величины.

x	0	0,1	0,2	0,3
p	0,1	0,5	0,3	0,1

2. Найти дисперсию выходного сигнала, если дисперсия входного сигнала  $D_{\text{вх}} = 0,5$ , зависимость для выходного сигнала имеет вид:

$$y_{\text{вых}} = 5y_{\text{вх}}.$$

3. Определить среднее квадратическое отклонение случайного процесса, если дисперсия описывается выражением:

$$K(\tau) = 4e^{-2|\tau|}.$$

4. Определить постоянную времени системы ориентации на основе фильтр Калмана, если шаг дискретизации  $\tau = 0,01$  с, коэффициент передачи матрицы Калмана  $K = 0,001$ .

5. Определить во сколько раз уменьшится остаточный член алгоритма ориентации при уменьшении шага дискретизации в 10 раз, если число членов ряда равно 2.
6. Определить интервал квантования бесплатформенной вертикали на основе фильтра Калмана, если погрешность оценки равна  $10^{-3} \text{ (м/с}^2\text{)}^2$ , погрешность возмущений –  $10^{-6} \text{ (м/с}^2\text{)}^2$ , погрешность измерений –  $1 \text{ (м/с}^2\text{)}^2$ , постоянная времени – 25 с.
7. Зарисовать структурную схему алгоритма ориентации на основе кватернионов.
8. Зарисовать структурную схему алгоритма ориентации на основе вектора силы тяжести на основе фильтра Калмана.

**Перечень контрольных заданий и (или) вопросов для оценки сформированности компетенции ПК-2 (контролируемый индикатор достижения компетенции ПК-2.4)**

1. Кватернион ориентации  $\Lambda$  удовлетворяет кинематическому уравнению:  
 а)  $\dot{\Lambda} = (\Omega - \Omega_g^c) \Lambda$ ; б)  $\dot{\Lambda} = (\Omega_g^c - \Omega) \Lambda$ ; в)  $2\dot{\Lambda} = (\Omega - \Omega_g^c) \Lambda$ .
2. Составить матрицы перехода, возмущения и измерения фильтра Калмана для системы, описываемой системой уравнений ( $w$  – шум возмущения):  

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = -x_2 + x_3; \\ \dot{x}_2 = w; \\ \dot{x}_3 = -x_3; \\ y = x_2. \end{cases}$$
3. Составить схему алгоритма ориентации на основе кватернионов, в котором учитывается три члена разложения в ряд Тэйлора.
4. Решение упрощенного уравнения алгоритма ориентации на основе кватернионов имеет на  $k+1$  шаге вид:  
 а)  $\Lambda(k+1) = \exp(\frac{\theta(k)}{2})\Lambda(k)$ ; б)  $\Lambda(k+1) = \theta(k)\Lambda(k)$ ; в)  $\Lambda(k+1) = \exp(\theta(k))\Lambda(k)$ .
5. Численную реализацию алгоритма ориентации на основе кватернионов можно представить в виде:  
 а)  $\Lambda(k+1) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{n!} \left[ \frac{\Omega(k)}{2} \right]^n \Lambda(k)$ ; б)  $\Lambda(k+1) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{n!} \left[ \frac{T_0 \Omega(k)}{2} \right]^n \Lambda(k)$ ;  
 в)  $\Lambda(k+1) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{n!} [T_0 \Omega(k)]^n \Lambda(k)$ .
6. Начальное значение вектора оценки силы тяжести принимается равным:  
 а) показаниям акселерометров; б) показаниям акселерометров, когда БСО находится в покое; в) показаниям гироскопов.
7. Рекуррентное уравнение для вычисления вектора ускорения силы тяжести имеет вид:  
 а)  $\bar{g}_i = \tau \bar{g}_{i-1} \times \Omega_{i-1} + \bar{g}_{i-1}$ ; б)  $\bar{g}_i = \bar{g}_{i-1} \times \Omega_{i-1} + \bar{g}_{i-1}$ ; в)  $\bar{g}_i = \Omega_{i-1} \times \bar{g}_{i-1} + \bar{g}_{i-1}$ .
8. Число членов разложения в ряд Тэйлора в алгоритме ориентации на основе кватернионов, достаточное для маломаневренных летательных аппаратов:  
 а) 2; б) 3; в) 4.
9. Матрица дисперсий шумов измерения в случае независимости сигналов акселерометров задается как:

$$\text{а) } R_a = \begin{pmatrix} \sigma_a^2 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_a^2 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_a^2 \end{pmatrix}; \text{ б) } R_a = \begin{pmatrix} 0 & 0 & \sigma_a^2 \\ 0 & \sigma_a^2 & 0 \\ \sigma_a^2 & 0 & 0 \end{pmatrix}; \text{ в) } R_a = \begin{pmatrix} \sigma_a^2 & 0 & 0 \\ \sigma_a^2 & 0 & 0 \\ \sigma_a^2 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

**Перечень контрольных заданий и (или) вопросов для оценки сформированности компетенции ПК-2 (контролируемый индикатор достижения компетенции ПК-2.6)**

1. Какое значение матрицы дисперсий оценки было задано в начале моделирования работы системы?
2. Каким образом в фильтре Калмана учитывается математическое ожидание возмущающего сигнала, если оно известно?
3. Как изменится матрица управления, если в системе несколько возмущающих сигналов?
4. Как изменится матрица возмущения, если в системе несколько возмущающих сигналов?
5. Опишите вид матрицы измерений.

**4. Оценочные средства (оценочные материалы) для проведения промежуточной аттестации обучающихся (защиты курсовой работы (проекта)) по дисциплине (модулю)**

**Перечень контрольных заданий и (или) вопросов для оценки сформированности компетенции ПК-2 (контролируемый индикатор достижения компетенции ПК-2.2)**

1. Что является шумом возмущения?
2. Что является шумом измерения?
3. Опишите график изменения математического ожидания выходного сигнала?
4. Чем отличается график изменения выходного сигнала при учете математического ожидания возмущающего сигнала от переходного процесса на ступенчатое воздействие?
5. Опишите график изменения элементов матрицы Калмана.
6. Что представляет собой матрица дисперсий оценки?
7. Перечислите переменные, входящие в вектор состояния оценки.
8. Что является входным сигналом фильтра Калмана?
9. Каким образом из оценки вектора состояния была получена оценка выходного сигнала системы?
10. В чем отличие графиков изменения ошибки до и после фильтрации выходного сигнала?

**Перечень контрольных заданий и (или) вопросов для оценки сформированности компетенции ПК-2 (контролируемый индикатор достижения компетенции ПК-2.3)**

1. Опишите процесс получения передаточной функции, связывающей выходной сигнал с возмущением.
2. Опишите процесс составления уравнений движения системы.
3. Опишите процесс получения матриц пространства состояния.
4. Как было определено математическое ожидание выходного сигнала?
5. Как была получена спектральная плотность выходного сигнала?
6. Как было определено среднее квадратическое отклонение выходного сигнала?
7. Чему равно математическое ожидание возмущающего сигнала в имитационной модели фильтра Калмана и почему?
8. Опишите имитационную модель для получения матрицы Калмана
9. Опишите имитационную модель фильтра Калмана.
10. Во сколько раз изменилось среднее квадратическое отклонение выходного сигнала после фильтрации?

**Перечень контрольных заданий и (или) вопросов для оценки сформированности компетенции ПК-2 (контролируемый индикатор достижения компетенции ПК-2.4)**



1. Что является критерием оптимальности коэффициента передачи системы?
2. Опишите зависимость среднего квадратического значения в функции от коэффициента усиления системы.
3. Как было получено оптимальное значение коэффициента передачи системы?
4. Какое значение коэффициента передачи системы было использовано после анализа статистических характеристик выходного сигнала?
5. Какое значение матрицы Калмана было использовано при моделировании работы системы и почему?

**Перечень контрольных заданий и (или) вопросов для оценки сформированности компетенции ПК-2 (контролируемый индикатор достижения компетенции ПК-2.6)**

1. Какое значение матрицы дисперсий оценки было задано в начале моделирования работы системы?
2. Каким образом в фильтре Калмана учитывается математическое ожидание возмущающего сигнала, если оно известно?
3. Как изменится матрица управления, если в системе несколько возмущающих сигналов?
4. Как изменится матрица возмущения, если в системе несколько возмущающих сигналов?
5. Опишите вид матрицы измерений.