

**ПРИЛОЖЕНИЕ А**  
**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**  
**ПО ДИСЦИПЛИНЕ «Теория и системы управления»**

**1. Перечень оценочных средств для компетенций, формируемых в результате освоения дисциплины**

| Код контролируемой компетенции                                                                                                                                            | Способ оценивания | Оценочное средство                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------------------------------------|
| ОПК-3: Способен использовать фундаментальные знания для решения базовых задач управления в технических системах с целью совершенствования в профессиональной деятельности | Экзамен           | Комплект контролирующих материалов для экзамена |
| ОПК-4: Способен осуществлять оценку эффективности систем управления, разработанных на основе математических методов                                                       | Экзамен           | Комплект контролирующих материалов для экзамена |

**2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания**

Оцениваемые компетенции представлены в разделе «Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций» рабочей программы дисциплины «Теория и системы управления».

При оценивании сформированности компетенций по дисциплине «Теория и системы управления» используется 100-балльная шкала.

| Критерий                                                                                                                                                                                                                                                | Оценка по 100-балльной шкале | Оценка по традиционной шкале |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Студент освоил изучаемый материал (основной и дополнительный), системно и грамотно излагает его, осуществляет полное и правильное выполнение заданий в соответствии с индикаторами достижения компетенций, способен ответить на дополнительные вопросы. | 75-100                       | <i>Отлично</i>               |
| Студент освоил изучаемый материал, осуществляет выполнение заданий в соответствии с индикаторами достижения компетенций с не принципиальными ошибками.                                                                                                  | 50-74                        | <i>Хорошо</i>                |
| Студент демонстрирует освоение только основного материала, при выполнении заданий в соответствии с индикаторами достижения компетенций допускает отдельные ошибки, не способен систематизировать материал и делать выводы.                              | 25-49                        | <i>Удовлетворительно</i>     |
| Студент не освоил основное                                                                                                                                                                                                                              | <25                          | <i>Неудовлетворительно</i>   |

|                                                                                                                                   |  |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
| содержание изучаемого материала, задания в соответствии с индикаторами достижения компетенций не выполнены или выполнены неверно. |  |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|

### 3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки уровня достижения компетенций в соответствии с индикаторами

#### 1. Модальный синтез многосвязных систем.

| Компетенция                                                                                                                                                              | Индикатор достижения компетенции                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-3 Способен использовать фундаментальные знания для решения базовых задач управления в технических системах с целью совершенствования в профессиональной деятельности | ОПК-3.1 Способен решать задачи управления в технических системах                  |
| ОПК-4 Способен осуществлять оценку эффективности систем управления, разработанных на основе математических методов                                                       | ОПК-4.2 Способен оценивать эффективность системы управления по заданным критериям |

#### Кейс 1

Решить задачу управления в технической системе и оценить эффективность системы управления по заданным критериям – показателям качества.

Рассматривается объект управления - боковое движение самолета, описываемое системой уравнений

$$\dot{x} = Ax + Bu,$$

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -0,098 & 0 & 0,038 & 0,75 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & -0,089 & 0 & -1,52 & -3,4 \\ 0 & 1 & 0,38 & 0,11 & -0,09 \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ -0,63 & -0,16 \\ 0 & 0 \\ 0,9 & -2,3 \\ -0,016 & 0 \end{bmatrix}, \text{ где}$$

$x_1 = \tilde{\psi}$  - отклонение угла курса (рад),  $x_3 = \tilde{\gamma}$  - отклонение угла крена (рад),  $x_5 = \tilde{\beta}$  - отклонение угла курса (рад),  $x_2 = \tilde{\omega}_y$ ,  $x_4 = \tilde{\omega}_x$  - проекции вектора угловой скорости и на связанные оси координат (рад/с). Вектор управления состоит из угла отклонения руля направления  $u_1 = \tilde{\delta}_n$ ,  $u_2 = \tilde{\delta}_o$ .

Необходимо построить стабилизирующее управление в виде обратной связи по состоянию. Зададим желаемые собственные числа матрицы замкнутой системы все равными «-2». Для вычисления матрицы обратной связи применить функцию `prol` пакета Scilab.

Промоделировать замкнутую систему управления при начальном состоянии

$x = [0 \ 0 \ 0,01 \ 0 \ 0]^T$  и проанализировать показатели качества переходных процессов по построенным графикам.

#### 2. Модальный синтез многосвязных систем.

| Компетенция                                                                               | Индикатор достижения компетенции                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| ОПК-3 Способен использовать фундаментальные знания для решения базовых задач управления в | ОПК-3.1 Способен решать задачи управления в технических системах |

|                                                                                                                    |                                                                                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| технических систем с целью совершенствования в профессиональной деятельности                                       |                                                                                   |
| ОПК-4 Способен осуществлять оценку эффективности систем управления, разработанных на основе математических методов | ОПК-4.2 Способен оценивать эффективность системы управления по заданным критериям |

## Кейс 2

Решить задачу управления в технической системе и оценить эффективность системы управления по заданным критериям – показателям качества.

Рассматривается объект управления - боковое движение самолета, описываемое системой уравнений

$$\dot{x} = Ax + Bu,$$

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -0,098 & 0 & 0,038 & 0,75 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & -0,089 & 0 & -1,52 & -3,4 \\ 0 & 1 & 0,38 & 0,11 & -0,09 \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ -0,63 & -0,16 \\ 0 & 0 \\ 0,9 & -2,3 \\ -0,016 & 0 \end{bmatrix}, \text{ где}$$

$x_1 = \tilde{\psi}$  - отклонение угла курса (рад),  $x_3 = \tilde{\gamma}$  - отклонение угла крена (рад),  $x_5 = \tilde{\beta}$  - отклонение угла курса (рад),  $x_2 = \tilde{\omega}_y$ ,  $x_4 = \tilde{\omega}_x$  - проекции вектора угловой скорости и на связанные оси координат (рад/с). Вектор управления состоит из угла отклонения руля направления  $u_1 = \tilde{\delta}_n$ ,  $u_2 = \tilde{\delta}_y$ .

Предполагается, что измерению доступны только угол курса и угол крена. Следовательно, вектор измерений

$$y = Cx,$$

имеет следующую матрицу

$$C = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

Системы при ней наблюдаема. Используя функцию `prol` пакета Scilab, рассчитайте матрицу коэффициентов наблюдателя из условия, что все собственные числа матрицы  $A+LC$  равны -3. Матрица обратной связи для исходной системы уже найдена и равна:

$$F = \begin{bmatrix} 3,43 & 6,72 & 1,44 & 0,70 & 1,67 \\ -7,22 & 2,71 & 4,79 & 2,22 & 8,19 \end{bmatrix}.$$

На основе матрицы обратной связи  $F$  и матрицы коэффициентов наблюдателя  $L$  постройте замкнутую систему управления с наблюдателем. Про моделируйте ее работу с начальными условиями  $x = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0,01]^T$ .

Проанализируйте показатели качества переходных процессов, используя построенные графики, по углу скольжения и оценки угла скольжения.

### 3. Синтез ПИД-регулятора по заданным полюсам передаточной функции.

| Компетенция                                                                                                            | Индикатор достижения компетенции                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| ОПК-3 Способен использовать фундаментальные знания для решения базовых задач управления в технических системах с целью | ОПК-3.1 Способен решать задачи управления в технических системах |

|                                                                                                                    |                                                                                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| совершенствования в профессиональной деятельности                                                                  |                                                                                   |
| ОПК-4 Способен осуществлять оценку эффективности систем управления, разработанных на основе математических методов | ОПК-4.2 Способен оценивать эффективность системы управления по заданным критериям |

### Кейс 3

Решить задачу управления в технической системе и оценить эффективность системы управления по заданным критериям – показателям качества.

Рассматривается задача синтеза контроллера (регулятора) привода магнитной головки жесткого диска, схема которого показана на рис.1

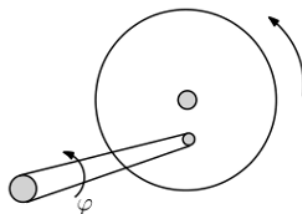


Рис.1. – Схема привода

Уравнение движения магнитной головки записи-считывания жесткого диска имеет следующий вид

$$J\ddot{\varphi} + c\dot{\varphi} + k_1\varphi = k_2 I,$$

где  $\varphi$  - угловое положение магнитной головки,  $I$  – ток якоря двигателя,  $J$  – момент инерции магнитной головки,  $c$  – коэффициент вязкого трения,  $k_1$  – коэффициент жесткости пружины,  $k_2$  – моментный коэффициент двигателя. Значения параметров равны:  $J=0,01$  кгм<sup>2</sup>,  $c=0,004$ ,  $k_1=10$ ,  $k_2=0,05$ .

Построить контроллер в виде ПИД-регулятора. Задать желаемый характеристический многочлен замкнутой системы в виде многочлена 3-го порядка, все корни которого равны – 30.

Используя средства пакета Scilab, вычислить значения коэффициентов ПИД-регулятора. Построить по ним замкнутую систему управления и промоделировать ее с начальными условиями  $\varphi(0) = 0$ ,  $\dot{\varphi}(0) = 0$ .

По графикам переходного процесса  $\varphi$  - углового положения магнитной головки оценить качество переходного процесса, по соответствующим показателям.

#### 4. Синтез ПИД-регулятора по переходной функции.

| Компетенция                                                                                                                                                              | Индикатор достижения компетенции                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-3 Способен использовать фундаментальные знания для решения базовых задач управления в технических системах с целью совершенствования в профессиональной деятельности | ОПК-3.1 Способен решать задачи управления в технических системах                  |
| ОПК-4 Способен осуществлять оценку эффективности систем управления, разработанных на основе математических методов                                                       | ОПК-4.2 Способен оценивать эффективность системы управления по заданным критериям |

#### Кейс 4

Решить задачу управления в технической системе и оценить эффективность системы управления по заданным критериям – показателям качества.

Рассматривается прямолинейное движение автомобиля по наклонной поверхности, описываемое уравнением

$$m\dot{v} = -mgc_r v - \frac{1}{2} \rho c_d S v^2 - mg \sin \theta + F ,$$

где  $v$  – скорость движения автомобиля,  $m$  – масса автомобиля;  $g$  – ускорение свободного падения;  $c_r$  – коэффициент трения качения;  $\rho$  – плотность атмосферы;  $c_d$  – коэффициент аэродинамического сопротивления;  $S$  – фронтальная площадь автомобиля;  $\theta$  – угол наклона поверхности движения;  $F$  – движущая сила.

Задача управления заключается в обеспечении заданной скорости движения автомобиля. Учет динамику трансмиссии в виде инерционного звена первого порядка

$$T\dot{F} + F = ku .$$

Пусть  $m=1500$  кг,  $g=9,81$  м/с<sup>2</sup>,  $c_r=0.01$ ,  $\rho=1.3$ ,  $c_d=0.32$ ,  $S=2.4$  м<sup>2</sup>,  $\theta=0.035$ ,  $T=3$ ,  $k=7000$ .

Необходимо рассчитать коэффициенты ПИД-регулятора  $k_p$ ,  $k_i$ ,  $k_d$  по переходной функции системы (метод Циглера-Никольса).

Построить замкнутую систему управления и используя средства пакета Scilab, промоделировать ее с начальными условиями  $v(0) = 0$ .

По графикам переходного процесса  $v$  – скорости движения автомобиля оценить качество переходного процесса.

#### 5. Синтез ПИД-регулятора по заданным полюсам передаточной функции.

| Компетенция                                                                                                                                                              | Индикатор достижения компетенции                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-3 Способен использовать фундаментальные знания для решения базовых задач управления в технических системах с целью совершенствования в профессиональной деятельности | ОПК-3.1 Способен решать задачи управления в технических системах                  |
| ОПК-4 Способен осуществлять оценку эффективности систем управления, разработанных на основе математических методов                                                       | ОПК-4.2 Способен оценивать эффективность системы управления по заданным критериям |

## Кейс 5

Решить задачу управления в технической системе и оценить эффективность системы управления по заданным критериям – показателям качества.

Динамика электропривода с электродвигателем постоянного тока (рис.1) описывается уравнениями

$$\begin{aligned}\dot{\varphi} &= \omega, \\ J\dot{\omega} &= -k_1\omega + k_2I + M_c, \\ L\dot{I} + RI &= u - k_3\omega,\end{aligned}$$

где  $\varphi$  - угол поворота вала двигателя (рад),  $\omega$  - угловая скорость вала двигателя (рад/с),  $I$  – сила тока (А),  $u$  – управляющее напряжение (В),  $J$  – момент инерции, приведенный к валу двигателя (кг·м<sup>2</sup>),  $L$  – индуктивность якорной цепи (Гн),  $R$  – сопротивление якорной цепи (Ом),  $M_c$  – момент внешних сил (Н·м),  $k_1, k_2, k_3$  – конструктивные параметры.

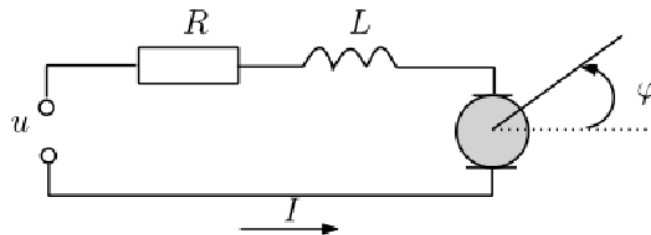


Рис. 1 - Электропривод

Описание электропривода как объекта управления в пространстве состояний, имеет вид

$$\begin{aligned}\dot{x} &= Ax + Bu, \\ y &= Cx + Du.\end{aligned}$$

Вектор состояния

$$x = \begin{bmatrix} \varphi \\ \omega \\ I \end{bmatrix}. \text{ Выход системы } y = \varphi. \text{ Матрицы системы равны}$$

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & -\frac{k_1}{J} & \frac{k_2}{J} \\ 0 & -\frac{k_3}{L} & -\frac{R}{L} \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \frac{1}{L} \end{bmatrix}, \quad C = [1 \ 0 \ 0], \quad D = [0]$$

Значения параметров заданы:  $J=0,68$ ;  $R=0,45$ ;  $L=0,0052$ ;  $k_1=7,5$ ;  $k_2=7,14$ ;  $k_3=0,098$ .

Задача регулирования состоит в поддержании постоянной угловой скорости ( $\omega=300$ ) при воздействии внешней нагрузки ( $M_c=14$ ).

Используя средства пакета Scilab необходимо рассчитать коэффициенты ПИД-регулятора заданным полюсам замкнутой системы.

Построить замкнутую систему управления и используя средства пакета Scilab, промоделировать ее с начальными условиями  $\varphi(0) = 0$ ,  $\omega(0) = 0$ ,  $I(0) = 0.5$ .

По графикам переходных процессов вектора состояния системы оценить качество переходного процесса.

### 6. Синтез ПИД-регулятора по переходной функции.

| Компетенция                                                                                                                                                              | Индикатор достижения компетенции                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-3 Способен использовать фундаментальные знания для решения базовых задач управления в технических системах с целью совершенствования в профессиональной деятельности | ОПК-3.1 Способен решать задачи управления в технических системах                  |
| ОПК-4 Способен осуществлять оценку эффективности систем управления, разработанных на основе математических методов                                                       | ОПК-4.2 Способен оценивать эффективность системы управления по заданным критериям |

#### Кейс 6

Решить задачу управления в технической системе и оценить эффективность системы управления по заданным критериям – показателям качества.

Рассматривается объект управления магнитная подвеска (рис. 1). Ток в электромагните создает электромагнитную силу, которая действует на шар. Задача управления заключается в удержании шара на заданной высоте. Электромагнитная сила пропорциональна квадрату силы тока и обратно пропорциональна расстоянию шара от электромагнита. Динамика системы описывается уравнениями:

$$m\ddot{y} = mg - \frac{kI^2}{y},$$

$$L\dot{I} + RI = u,$$

где  $y$  – смещение шара по отношению к электромагниту (м),  $I$  – сила тока (А),  $u$  – входное напряжение (В),  $R$  – сопротивление электрической цепи (Ом),  $L$  – индуктивность электрической цепи (Гн),  $m$  – масса шара (кг),  $g$  – ускорение свободного падения ( $\text{м/с}^2$ )

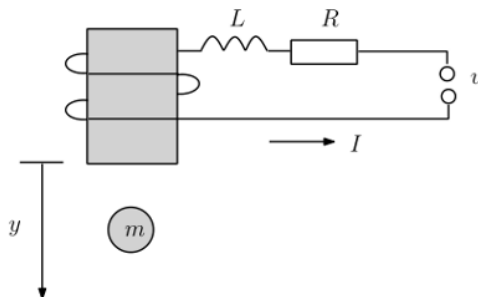


Рис. 1 – Магнитная подвеска

Объект управления является нелинейным. Значения параметров системы:  $m=1.2$ ,  $R=3$ ,  $L=1.4$ ,  $k=0.9$ .

Задача управления заключается в поддержании шарика на определенной высоте при изменении входного напряжения.

Необходимо рассчитать коэффициенты ПИД-регулятора  $k_p$ ,  $k_i$ ,  $k_d$  по переходной функции системы (метод Циглера-Никольса).

Построить замкнутую систему управления и используя средства пакета Scilab, промоделировать ее с начальными условиями  $y(0) = 0.01$ ,  $\dot{y}(0) = 0$ ,  $I(0) = 0.2$ .

По графикам переходных процессов смещения шара оценить качество переходного процесса.

## 7. Оптимизация систем с обратной связью.

| Компетенция                                                                                                                                                              | Индикатор достижения компетенции                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-3 Способен использовать фундаментальные знания для решения базовых задач управления в технических системах с целью совершенствования в профессиональной деятельности | ОПК-3.1 Способен решать задачи управления в технических системах                  |
| ОПК-4 Способен осуществлять оценку эффективности систем управления, разработанных на основе математических методов                                                       | ОПК-4.2 Способен оценивать эффективность системы управления по заданным критериям |

### Кейс 7

Решить задачу управления в технической системе и оценить эффективность системы управления по заданным критериям – показателям качества.

Продольное движение самолета в отклонениях от заданной траектории полета описывается уравнением

$$\dot{x} = Ax + Cu + Kw,$$

где  $x$  – вектор состояния,  $u$  – управление,  $w$  – возмущение.

Вектор состояния включает следующие переменные:

$x_1 = \theta$  - отклонение угла наклона траектории (рад),

$x_2 = \vartheta$  - отклонение угла тангажа (рад),

$x_3 = \omega_z$  - отклонение угловой скорости тангажа (рад/с),

$x_4 = H$  - отклонение высоты (м).

Управление осуществляется отклонением руля высоты  $u = \delta_\delta$  (рад). В качестве внешнего возмущения рассматривается скорость вертикального ветра  $w$  (м/с)

Матрицы системы равны

$$A = \begin{bmatrix} -0,86 & 0,86 & 0 & 0,61 \cdot 10^{-3} \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 4,85 & -4,85 & 0,777 & 0,12 \cdot 10^{-4} \\ 257 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad G = \begin{bmatrix} -0,0268 \\ 0 \\ -1,625 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad R = \begin{bmatrix} 0,0248 \\ 0 \\ 0,019 \\ 0 \end{bmatrix}.$$

Будем считать, что измеряются угол тангажа и высота:

$$y_1 = \vartheta + \varepsilon_1, \quad y_2 = H + \varepsilon_2,$$

где  $\varepsilon_1, \varepsilon_2$  - ошибки измерения.

Задача заключается в синтезе регулятора на основе критерия  $H_\infty$ , обеспечивающего оптимальную реакцию самолета по углу тангажа и высоте на произвольные изменения скорости ветра.

Используя средства пакета Scilab, найти управление в виде динамического регулятора. Построить замкнутую систему управления и используя средства пакета Scilab, выполнить ее моделирование.

По графикам переходных процессов состояния оценить качество переходного процесса системы управления.

*8. Оптимизация систем с обратной связью.*

| Компетенция                                                                                                                                                              | Индикатор достижения компетенции                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-3 Способен использовать фундаментальные знания для решения базовых задач управления в технических системах с целью совершенствования в профессиональной деятельности | ОПК-3.1 Способен решать задачи управления в технических системах                  |
| ОПК-4 Способен осуществлять оценку эффективности систем управления, разработанных на основе математических методов                                                       | ОПК-4.2 Способен оценивать эффективность системы управления по заданным критериям |

## Кейс 8

Решить задачу управления в технической системе и оценить эффективность системы управления по заданным критериям – показателям качества.

Рассматривается задача управления подвеской транспортного средства система описывается уравнениями

$$m_1 \frac{d^2 h_1}{dt^2} = -k_1(h_1 - h_0) + k_2(h_2 - h_1) + b \left( \frac{dh_2}{dt} - \frac{dh_1}{dt} \right) - F,$$

$$m_2 \frac{d^2 h_2}{dt^2} = -k_2(h_2 - h_1) - b \left( \frac{dh_2}{dt} - \frac{dh_1}{dt} \right) + F,$$

где  $h_1$  - вертикальное перемещение колеса (м),  $h_2$  - вертикальное перемещение корпуса (м),  $h_0$  - уровень поверхности (м),  $F$  - управляющая сила (Н),  $m_1$  – масса колеса (кг),  $m_2$  – масса корпуса в расчете на одно колесо (кг),  $k_1, k_2$  – коэффициенты жесткости колеса и рессоры (Н/м),  $b$  – коэффициент демпфирования амортизатора (Нс/м).

Вектор управляемых переменных зададим в виде  $z = \begin{bmatrix} r(h_2 - h_1) \\ F \end{bmatrix}$ , где  $r > 0$  – весовой коэффициент, в качестве измерений будем использовать разность перемещения масс  $y = h_2 - h_1 + \varepsilon$ .

Данную систему можно записать в матричном виде

$$\dot{x} = Ax + B_1 v + B_2 u,$$

$$z = C_1 x + D_{12} u,$$

$$y = C_2 x + D_{21} v,$$

где  $x$  – вектор состояния,  $u$  – вектор управления,  $v$  – вектор возмущений (вход системы),  $z$  – вектор управляемых переменных (выход системы),  $y$  – вектор измерений.

$$x = \begin{bmatrix} h_1 \\ \frac{dh_1}{dt} \\ h_2 \\ \frac{dh_2}{dt} \end{bmatrix}, \quad v = \begin{bmatrix} h_0 \\ \varepsilon \end{bmatrix}, \quad u = F, \quad A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\frac{k_1+k_2}{m_1} & -\frac{b}{m_1} & \frac{k_2}{m_1} & \frac{b}{m_1} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ \frac{k_2}{m_2} & \frac{b}{m_2} & -\frac{k_2}{m_2} & -\frac{b}{m_2} \end{bmatrix}, \quad B_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ \frac{k_1}{m_1} & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad B_2 = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{m_1}{m_2} & 0 \\ 0 & 1 \\ \frac{1}{m_2} & 0 \end{bmatrix},$$

$$C_1 = \begin{bmatrix} -r & 0 & r & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad D_{11} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad D_{12} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}, \quad C_2 = [-1 \ 0 \ 1 \ 0], \quad D_{21} = [0 \ 1], \quad D_{22} = [0].$$

Данные для расчетов:

$$m_1=345, \quad m_2=2300, \quad k_1=510000, \quad k_2=78000, \quad b=320, \quad r=10^5.$$

Используя средства пакета Scilab, построить регулятор для системы, производя оптимизацию по критерию  $H_2$ .

Построить замкнутую систему управления и используя средства пакета Scilab, выполнить ее моделирование.

По графикам переходных процессов состояния оценить качество переходного процесса системы управления.

**4. Файл и/или БТЗ с полным комплектом оценочных материалов прилагается.**

