

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
"ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ"
(ДГТУ)

ФАКУЛЬТЕТ: АВТОМАТИЗАЦИЯ, МЕХАТРОНИКА И УПРАВЛЕНИЕ
КАФЕДРА: АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к расчетно-графической работе

по дисциплине: Теория автоматического управления
для студентов: Заочной сокращенной формы обучения по на-
правлению 15.03.04 “Автоматизация техноло-
гических процессов и производств”
автор: к.т.н. доцент Чувейко М.В.

Аннотация

Приведены пояснения по выбору варианта задания для расчетно-графической работы по дисциплине “Теория автоматического управления”, а также пояснения по выполнению разделов расчетно-графической работы. Методические указания предназначены для студентов заочной сокращенной формы обучения по направлению 15.03.04 “Автоматизация технологических процессов и производств”.

Содержание

1	Цели и задачи	4
2	Выбор варианта задания	4
3	Задание на работу	4
3.1	Общие сведения	4
3.2	Основные этапы выполнения	5
3.3	Рекомендации по выполнению и оформлению	6
4	Индивидуальные задания	7
	Список литературы	33
	Приложение А Пример выполнения работы	34

1 Цели и задачи

Целью выполнения данной работы является получение основных знаний и навыков по анализу линейных стационарных динамических систем. В качестве систем могут выступать различные линеаризованные технические объекты (механические, электрические, электромеханические, гидравлические, пневматические и т.п.) и физические процессы (процессы резания, процессы трения, тепловые процессы и т.п.). Достижение поставленной цели обеспечивается выполнением ряда типовых заданий. После выполнения некоторых заданий необходимо сделать соответствующие выводы о динамических свойствах исследуемого объекта. Необходимость формулирования выводов объясняется тем, что у студента должна сформироваться четкая связь между результатами полученными при помощи математических методов и физическим поведением исследуемого объекта или процесса.

2 Выбор варианта задания

Исходными данными для выполнения работы является система дифференциальных уравнений описывающих исследуемую систему. Для выбора задания необходимо:

- а) Определить номер варианта N. Номер варианта соответствует двум последним цифрам номера зачетной книжки.
- б) Выбрать в соответствии со своим номером варианта параметры исследуемой системы в главе 4.

3 Задание на работу

3.1 Общие сведения

В данном разделе приводится перечень заданий которые необходимо выполнить в данной работе. По каждому заданию даны краткие указания, а также ссылки на литературные источники в которых подробно освещены соответствующие

ющие вопросы.

Выполнение работы рекомендуется осуществлять в соответствии с примером выполнения, приведенном в приложении к данному методическому пособию.

3.2 Основные этапы выполнения

Для успешного выполнения работы необходимо осуществление следующих пунктов работы:

- а) Выбрать индивидуальное задание (см. главу 2).
- б) Получить передаточную функцию системы. Для этого применить преобразование Лапласа к исходной системе уравнений и разрешить преобразованную систему относительно выходной переменной, используя метод Крамера. При этом в качестве выходной переменной динамической системы считать $y_1(t)$, а в качестве входной - $u(t)$.
- в) Основываясь на передаточной функции получить матрично-векторное представление системы. (см. [1] п. 1.1 на стр. 11, [2] п. 3.1.2 на стр. 85).
- г) Произвести оценку наблюдаемости и управляемости системы. (см. [1] п. 1.4 на стр. 19, п. 1.5 на стр. 30, [2] п. 5.3 на стр. 149).
- д) Произвести переход к канонической наблюдаемой форме. (см. [1] п. 1.5 на стр. 30, [2] п. 3.4.3 на стр. 109).
- е) Произвести переход к вход-выходной форме, то есть получить передаточную функцию системы по её матрично-векторному представлению. (см. [2] п. 3.2.2 на стр. 96).
- ж) Осуществить оценку устойчивости системы. (см. [2] п. 5.2.2 на стр. 145).
- з) Осуществить переход к канонической диагональной форме. (см. [2] п. 3.4.2 на стр. 109).
- и) Используя системную матрицу в канонической диагональной форме, произвести построение фундаментальной матрицы решений. На её основе сформировать общее решение динамики исследуемой системы (без внешнего управления). Произвести компьютерное моделирование динамики системы и сравнить результаты аналитических и численных вычислений. Для проведения моделирования предлагается использование библиотеки Control System Toolbox математического пакета Matlab. (см. [1] п. 1.3 на стр. 16, см. [3]).

3.3 Рекомендации по выполнению и оформлению

В работе необходимо приводить все схемы, графики, аналитические выкладки при выводе передаточных функций и других выражений. В работе присутствует довольно большое количество сложных вычислительных операций. Эти вычисления можно выполнять без применения ЭВМ. В этом случае подробное описание процесса вычислений приводится в приложении к выполненной работе. Если для вычисления используется ЭВМ, то их детальное описание в работе можно не приводить. Вместо этого приводятся листинги программ (тексты программ) при помощи которых выполнялись вычисления.

Для проведения численного моделирования динамики динамической системы использование ЭВМ так же не является необходимым. Допускается ручное вычисление методом Рунге-Кутты с приведением всех соответствующих расчетов в тексте работы. При использовании ЭВМ для проведения вычислений необходимо привести листинги программ или, в случае использования для моделирования программ типа Simulink, снимки с экрана (screenshot), а также графики выходного сигнала.

4 Индивидуальные задания

Вариант №00

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 200y_1 + 32\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 22y_2 + 3\dot{y}_2 + 9y_3 + 3\dot{y}_3 = 1872u + 300\dot{u} + 12\ddot{u}, \\ 300y_1 + 48\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 5y_2 + \dot{y}_2 + 3y_3 + \dot{y}_3 = 624u + 100\dot{u} + 4\ddot{u}, \\ 100y_1 + 16\dot{y}_1 + \ddot{y}_1 + 23y_2 + 3\dot{y}_2 + 5y_3 + 2\dot{y}_3 = 1248u + 200\dot{u} + 8\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №01

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 183y_1 + 36\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 5y_2 + \dot{y}_2 + 7y_3 + 4\dot{y}_3 = 4992u + 800\dot{u} + 32\ddot{u}, \\ 183y_1 + 36\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 5y_2 + \dot{y}_2 + 3y_3 + 2\dot{y}_3 = 2496u + 400\dot{u} + 16\ddot{u}, \\ 61y_1 + 12\dot{y}_1 + \ddot{y}_1 + 23y_2 + 3\dot{y}_2 + 5y_3 + 4\dot{y}_3 = 4992u + 800\dot{u} + 32\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №02

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 170y_1 + 8\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 7y_2 + \dot{y}_2 + 8y_3 + 3\dot{y}_3 = 1980u + 345\dot{u} + 15\ddot{u}, \\ 85y_1 + 4\dot{y}_1 + \ddot{y}_1 + 8y_2 + \dot{y}_2 + 2y_3 + \dot{y}_3 = 660u + 115\dot{u} + 5\ddot{u}, \\ 170y_1 + 8\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 16y_2 + 2\dot{y}_2 + 10y_3 + 4\dot{y}_3 = 2640u + 460\dot{u} + 20\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №03

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 130y_1 + 28\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 4y_2 + \dot{y}_2 + 3y_3 + 4\dot{y}_3 = 5096u + 756\dot{u} + 28\ddot{u}, \\ 260y_1 + 56\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 8y_2 + 2\dot{y}_2 + y_3 + 3\dot{y}_3 = 3822u + 567\dot{u} + 21\ddot{u}, \\ 65y_1 + 14\dot{y}_1 + \ddot{y}_1 + 11y_2 + 2\dot{y}_2 + 2y_3 = 2548u + 378\dot{u} + 14\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №04

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 164y_1 + 4\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 14y_2 + 2\dot{y}_2 + y_3 + \dot{y}_3 = 169u + 26\dot{u} + \ddot{u}, \\ 82y_1 + 2\dot{y}_1 + \ddot{y}_1 + 31y_2 + 4\dot{y}_2 + 8y_3 + 4\dot{y}_3 = 676u + 104\dot{u} + 4\ddot{u}, \\ 246y_1 + 6\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 29y_2 + 4\dot{y}_2 + 8y_3 + 4\dot{y}_3 = 676u + 104\dot{u} + 4\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №05

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 150y_1 + 30\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 29y_2 + 4\dot{y}_2 + 2y_3 + 3\dot{y}_3 = 2016u + 312\dot{u} + 12\ddot{u}, \\ 100y_1 + 20\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 6y_2 + \dot{y}_2 + y_3 + \dot{y}_3 = 672u + 104\dot{u} + 4\ddot{u}, \\ 100y_1 + 20\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 30y_2 + 4\dot{y}_2 + 2\dot{y}_3 = 1344u + 208\dot{u} + 8\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №06

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 170y_1 + 24\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 26y_2 + 4\dot{y}_2 + 4\dot{y}_3 = 572u + 96\dot{u} + 4\ddot{u}, \\ 255y_1 + 36\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 11y_2 + 2\dot{y}_2 + 2y_3 + 4\dot{y}_3 = 572u + 96\dot{u} + 4\ddot{u}, \\ 255y_1 + 36\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 4y_2 + \dot{y}_2 + \dot{y}_3 = 143u + 24\dot{u} + \ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №07

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 174y_1 + 18\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 6y_2 + \dot{y}_2 + 11y_3 + 3\dot{y}_3 = 1008u + 156\dot{u} + 6\ddot{u}, \\ 116y_1 + 12\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 16y_2 + 2\dot{y}_2 + 2y_3 + \dot{y}_3 = 336u + 52\dot{u} + 2\ddot{u}, \\ 174y_1 + 18\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 24y_2 + 3\dot{y}_2 + 13y_3 + 4\dot{y}_3 = 1344u + 208\dot{u} + 8\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №08

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 146y_1 + 12\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 12y_2 + 2\dot{y}_2 + 6y_3 + 2\dot{y}_3 = 338u + 52\dot{u} + 2\ddot{u}, \\ 219y_1 + 18\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 11y_2 + 2\dot{y}_2 + 2y_3 + \dot{y}_3 = 169u + 26\dot{u} + \ddot{u}, \\ 219y_1 + 18\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 25y_2 + 4\dot{y}_2 + 4y_3 + 2\dot{y}_3 = 338u + 52\dot{u} + 2\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №09

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 160y_1 + 16\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 6y_2 + \dot{y}_2 + 2y_3 + 3\dot{y}_3 = 2772u + 483\dot{u} + 21\ddot{u}, \\ 320y_1 + 32\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 4y_2 + \dot{y}_2 + 3y_3 + 4\dot{y}_3 = 3696u + 644\dot{u} + 28\ddot{u}, \\ 80y_1 + 8\dot{y}_1 + \ddot{y}_1 + 31y_2 + 4\dot{y}_2 + -3y_3 + \dot{y}_3 = 924u + 161\dot{u} + 7\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №10

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 260y_1 + 56\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 4y_2 + \dot{y}_2 + 11y_3 + 4\dot{y}_3 = 576u + 96\dot{u} + 4\ddot{u}, \\ 195y_1 + 42\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 21y_2 + 3\dot{y}_2 + 3y_3 + 2\dot{y}_3 = 288u + 48\dot{u} + 2\ddot{u}, \\ 195y_1 + 42\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 21y_2 + 3\dot{y}_2 + 6y_3 + 3\dot{y}_3 = 432u + 72\dot{u} + 3\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №11

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 156y_1 + 36\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 21y_2 + 4\dot{y}_2 + -3y_3 + \dot{y}_3 = 312u + 50\dot{u} + 2\ddot{u}, \\ 52y_1 + 12\dot{y}_1 + \ddot{y}_1 + 23y_2 + 4\dot{y}_2 + -y_3 + 3\dot{y}_3 = 936u + 150\dot{u} + 6\ddot{u}, \\ 104y_1 + 24\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 16y_2 + 3\dot{y}_2 + y_3 + 4\dot{y}_3 = 1248u + 200\dot{u} + 8\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №12

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 106y_1 + 10\dot{y}_1 + \ddot{y}_1 + 31y_2 + 4\dot{y}_2 + 8y_3 + 3\dot{y}_3 = 2340u + 375\dot{u} + 15\ddot{u}, \\ 212y_1 + 20\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 6y_2 + \dot{y}_2 + 15y_3 + 4\dot{y}_3 = 3120u + 500\dot{u} + 20\ddot{u}, \\ 106y_1 + 10\dot{y}_1 + \ddot{y}_1 + 15y_2 + 2\dot{y}_2 + 6y_3 + 2\dot{y}_3 = 1560u + 250\dot{u} + 10\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №13

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 351y_1 + 54\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 13y_2 + 2\dot{y}_2 + \dot{y}_3 = 546u + 81\dot{u} + 3\ddot{u}, \\ 117y_1 + 18\dot{y}_1 + \ddot{y}_1 + 31y_2 + 4\dot{y}_2 + 4y_3 + 4\dot{y}_3 = 2184u + 324\dot{u} + 12\ddot{u}, \\ 468y_1 + 72\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 28y_2 + 4\dot{y}_2 + 4y_3 + 4\dot{y}_3 = 2184u + 324\dot{u} + 12\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №14

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 260y_1 + 28\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 10y_2 + 2\dot{y}_2 + 2y_3 + 4\dot{y}_3 = 4752u + 828\dot{u} + 36\ddot{u}, \\ 520y_1 + 56\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 14y_2 + 3\dot{y}_2 + 3\dot{y}_3 = 3564u + 621\dot{u} + 27\ddot{u}, \\ 520y_1 + 56\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 20y_2 + 4\dot{y}_2 + -3y_3 + \dot{y}_3 = 1188u + 207\dot{u} + 9\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №15

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 136y_1 + 24\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 2y_2 + \dot{y}_2 + 5y_3 + 2\dot{y}_3 = 2376u + 414\dot{u} + 18\ddot{u}, \\ 34y_1 + 6\dot{y}_1 + \ddot{y}_1 + 23y_2 + 4\dot{y}_2 + -y_3 + \dot{y}_3 = 1188u + 207\dot{u} + 9\ddot{u}, \\ 102y_1 + 18\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 9y_2 + 2\dot{y}_2 + 4y_3 + 2\dot{y}_3 = 2376u + 414\dot{u} + 18\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №16

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 160y_1 + 16\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 32y_2 + 4\dot{y}_2 + 2y_3 + 2\dot{y}_3 = 936u + 150\dot{u} + 6\ddot{u}, \\ 120y_1 + 12\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 33y_2 + 4\dot{y}_2 + 8y_3 + 4\dot{y}_3 = 1872u + 300\dot{u} + 12\ddot{u}, \\ 160y_1 + 16\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 32y_2 + 4\dot{y}_2 + 8y_3 + 4\dot{y}_3 = 1872u + 300\dot{u} + 12\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №17

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 32y_1 + 16\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 17y_2 + 3\dot{y}_2 + y_3 + 4\dot{y}_3 = 1848u + 300\dot{u} + 12\ddot{u}, \\ 32y_1 + 16\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 3y_2 + \dot{y}_2 + 3y_3 + 4\dot{y}_3 = 1848u + 300\dot{u} + 12\ddot{u}, \\ 32y_1 + 16\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 3y_2 + \dot{y}_2 + y_3 + 2\dot{y}_3 = 924u + 150\dot{u} + 6\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №18

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 10y_1 + 2\dot{y}_1 + \ddot{y}_1 + 35y_2 + 4\dot{y}_2 + 8y_3 + 3\dot{y}_3 = 3024u + 468\dot{u} + 18\ddot{u}, \\ 10y_1 + 2\dot{y}_1 + \ddot{y}_1 + 8y_2 + \dot{y}_2 + 7y_3 + 2\dot{y}_3 = 2016u + 312\dot{u} + 12\ddot{u}, \\ 20y_1 + 4\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 7y_2 + \dot{y}_2 + 3y_3 + \dot{y}_3 = 1008u + 156\dot{u} + 6\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №19

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 160y_1 + 48\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 2y_2 + \dot{y}_2 + 2y_3 + \dot{y}_3 = 1512u + 234\dot{u} + 9\ddot{u}, \\ 80y_1 + 24\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 22y_2 + 4\dot{y}_2 + 2y_3 + 2\dot{y}_3 = 3024u + 468\dot{u} + 18\ddot{u}, \\ 120y_1 + 36\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 3y_2 + \dot{y}_2 + 5y_3 + 2\dot{y}_3 = 3024u + 468\dot{u} + 18\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №20

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 195y_1 + 42\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 33y_2 + 4\dot{y}_2 + 4y_3 + 2\dot{y}_3 = 1960u + 280\dot{u} + 10\ddot{u}, \\ 130y_1 + 28\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 25y_2 + 3\dot{y}_2 + 13y_3 + 4\dot{y}_3 = 3920u + 560\dot{u} + 20\ddot{u}, \\ 195y_1 + 42\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 15y_2 + 2\dot{y}_2 + 10y_3 + 3\dot{y}_3 = 2940u + 420\dot{u} + 15\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №21

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 130y_1 + 16\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 12y_2 + 2\dot{y}_2 + \dot{y}_3 = 910u + 135\dot{u} + 5\ddot{u}, \\ 195y_1 + 24\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 18y_2 + 3\dot{y}_2 + 5y_3 + 4\dot{y}_3 = 3640u + 540\dot{u} + 20\ddot{u}, \\ 195y_1 + 24\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 11y_2 + 2\dot{y}_2 + \dot{y}_3 = 910u + 135\dot{u} + 5\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №22

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 148y_1 + 28\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 16y_2 + 2\dot{y}_2 + 2\dot{y}_3 = 672u + 104\dot{u} + 4\ddot{u}, \\ 222y_1 + 42\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 15y_2 + 2\dot{y}_2 + 2y_3 + 4\dot{y}_3 = 1344u + 208\dot{u} + 8\ddot{u}, \\ 296y_1 + 56\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 5y_2 + \dot{y}_2 + y_3 + 2\dot{y}_3 = 672u + 104\dot{u} + 4\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №23

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 148y_1 + 28\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 16y_2 + 3\dot{y}_2 + -y_3 + \dot{y}_3 = 462u + 75\dot{u} + 3\ddot{u}, \\ 74y_1 + 14\dot{y}_1 + \ddot{y}_1 + 23y_2 + 4\dot{y}_2 + 4y_3 + 4\dot{y}_3 = 1848u + 300\dot{u} + 12\ddot{u}, \\ 222y_1 + 42\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 9y_2 + 2\dot{y}_2 + 2y_3 + 2\dot{y}_3 = 924u + 150\dot{u} + 6\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №24

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 260y_1 + 36\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 25y_2 + 3\dot{y}_2 + y_3 + 4\dot{y}_3 = 576u + 96\dot{u} + 4\ddot{u}, \\ 520y_1 + 72\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 23y_2 + 3\dot{y}_2 + 3\dot{y}_3 = 432u + 72\dot{u} + 3\ddot{u}, \\ 130y_1 + 18\dot{y}_1 + \ddot{y}_1 + 35y_2 + 4\dot{y}_2 + -2y_3 + 2\dot{y}_3 = 288u + 48\dot{u} + 2\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №25

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 20y_1 + 8\dot{y}_1 + \ddot{y}_1 + 23y_2 + 4\dot{y}_2 + 2y_3 + 3\dot{y}_3 = 2376u + 414\dot{u} + 18\ddot{u}, \\ 80y_1 + 32\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 2y_2 + \dot{y}_2 + 7y_3 + 4\dot{y}_3 = 3168u + 552\dot{u} + 24\ddot{u}, \\ 80y_1 + 32\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 14y_2 + 3\dot{y}_2 + 3y_3 + 3\dot{y}_3 = 2376u + 414\dot{u} + 18\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №26

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 32y_1 + 16\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 12y_2 + 2\dot{y}_2 + 4y_3 + 3\dot{y}_3 = 429u + 72\dot{u} + 3\ddot{u}, \\ 8y_1 + 4\dot{y}_1 + \ddot{y}_1 + 15y_2 + 2\dot{y}_2 + 2y_3 + 2\dot{y}_3 = 286u + 48\dot{u} + 2\ddot{u}, \\ 8y_1 + 4\dot{y}_1 + \ddot{y}_1 + 15y_2 + 2\dot{y}_2 + 4y_3 + 3\dot{y}_3 = 429u + 72\dot{u} + 3\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №27

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 6y_1 + 6\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 15y_2 + 3\dot{y}_2 + 9y_3 + 4\dot{y}_3 = 1248u + 200\dot{u} + 8\ddot{u}, \\ 2y_1 + 2\dot{y}_1 + \ddot{y}_1 + 17y_2 + 3\dot{y}_2 + \dot{y}_3 = 312u + 50\dot{u} + 2\ddot{u}, \\ 4y_1 + 4\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 4y_2 + \dot{y}_2 + 8y_3 + 3\dot{y}_3 = 936u + 150\dot{u} + 6\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №28

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 111y_1 + 36\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 9y_2 + 2\dot{y}_2 + 10y_3 + 3\dot{y}_3 = 2376u + 414\dot{u} + 18\ddot{u}, \\ 148y_1 + 48\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 20y_2 + 4\dot{y}_2 + 8y_3 + 3\dot{y}_3 = 2376u + 414\dot{u} + 18\ddot{u}, \\ 37y_1 + 12\dot{y}_1 + \ddot{y}_1 + 5y_2 + \dot{y}_2 + 15y_3 + 4\dot{y}_3 = 3168u + 552\dot{u} + 24\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №29

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 340y_1 + 16\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 12y_2 + 2\dot{y}_2 + 4y_3 + 2\dot{y}_3 = 2574u + 432\dot{u} + 18\ddot{u}, \\ 255y_1 + 12\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 29y_2 + 4\dot{y}_2 + -y_3 + \dot{y}_3 = 1287u + 216\dot{u} + 9\ddot{u}, \\ 255y_1 + 12\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 21y_2 + 3\dot{y}_2 + 9y_3 + 4\dot{y}_3 = 5148u + 864\dot{u} + 36\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №30

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 37y_1 + 2\dot{y}_1 + \ddot{y}_1 + 17y_2 + 2\dot{y}_2 + y_3 + \dot{y}_3 = 1152u + 192\dot{u} + 8\ddot{u}, \\ 148y_1 + 8\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 14y_2 + 2\dot{y}_2 + 10y_3 + 4\dot{y}_3 = 4608u + 768\dot{u} + 32\ddot{u}, \\ 148y_1 + 8\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 5y_2 + \dot{y}_2 + 5y_3 + 2\dot{y}_3 = 2304u + 384\dot{u} + 16\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №31

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 75y_1 + 18\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 24y_2 + 3\dot{y}_2 + 9y_3 + 4\dot{y}_3 = 6272u + 896\dot{u} + 32\ddot{u}, \\ 100y_1 + 24\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 5y_2 + \dot{y}_2 + 8y_3 + 3\dot{y}_3 = 4704u + 672\dot{u} + 24\ddot{u}, \\ 50y_1 + 12\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 25y_2 + 3\dot{y}_2 + \dot{y}_3 = 1568u + 224\dot{u} + 8\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №32

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 170y_1 + 24\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 7y_2 + \dot{y}_2 + \dot{y}_3 = 1183u + 182\dot{u} + 7\ddot{u}, \\ 255y_1 + 36\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 33y_2 + 4\dot{y}_2 + -3y_3 + \dot{y}_3 = 1183u + 182\dot{u} + 7\ddot{u}, \\ 340y_1 + 48\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 23y_2 + 3\dot{y}_2 + -y_3 + 2\dot{y}_3 = 2366u + 364\dot{u} + 14\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №33

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 339y_1 + 48\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 21y_2 + 3\dot{y}_2 + 3y_3 + 3\dot{y}_3 = 4212u + 675\dot{u} + 27\ddot{u}, \\ 339y_1 + 48\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 5y_2 + \dot{y}_2 + 5y_3 + 3\dot{y}_3 = 4212u + 675\dot{u} + 27\ddot{u}, \\ 452y_1 + 64\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 28y_2 + 4\dot{y}_2 + 2y_3 + 3\dot{y}_3 = 4212u + 675\dot{u} + 27\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №34

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 128y_1 + 16\dot{y}_1 + \ddot{y}_1 + 31y_2 + 4\dot{y}_2 + -y_3 + \dot{y}_3 = 396u + 69\dot{u} + 3\ddot{u}, \\ 384y_1 + 48\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 29y_2 + 4\dot{y}_2 + 8y_3 + 4\dot{y}_3 = 1584u + 276\dot{u} + 12\ddot{u}, \\ 512y_1 + 64\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 12y_2 + 2\dot{y}_2 + y_3 + \dot{y}_3 = 396u + 69\dot{u} + 3\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №35

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 328y_1 + 8\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 4y_2 + \dot{y}_2 + y_3 + 2\dot{y}_3 = 1092u + 162\dot{u} + 6\ddot{u}, \\ 82y_1 + 2\dot{y}_1 + \ddot{y}_1 + 31y_2 + 4\dot{y}_2 + -3y_3 + \dot{y}_3 = 546u + 81\dot{u} + 3\ddot{u}, \\ 246y_1 + 6\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 21y_2 + 3\dot{y}_2 + -y_3 + 2\dot{y}_3 = 1092u + 162\dot{u} + 6\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №36

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 36y_1 + 12\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 30y_2 + 4\dot{y}_2 + 4y_3 + 4\dot{y}_3 = 3360u + 520\dot{u} + 20\ddot{u}, \\ 36y_1 + 12\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 14y_2 + 2\dot{y}_2 + 6y_3 + 4\dot{y}_3 = 3360u + 520\dot{u} + 20\ddot{u}, \\ 36y_1 + 12\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 22y_2 + 3\dot{y}_2 + y_3 + 2\dot{y}_3 = 1680u + 260\dot{u} + 10\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №37

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 136y_1 + 8\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 4y_2 + \dot{y}_2 + 3y_3 + 2\dot{y}_3 = 1352u + 208\dot{u} + 8\ddot{u}, \\ 136y_1 + 8\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 10y_2 + 2\dot{y}_2 + 2y_3 + 2\dot{y}_3 = 1352u + 208\dot{u} + 8\ddot{u}, \\ 204y_1 + 12\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 9y_2 + 2\dot{y}_2 + 6y_3 + 4\dot{y}_3 = 2704u + 416\dot{u} + 16\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №38

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 50y_1 + 2\dot{y}_1 + \ddot{y}_1 + 23y_2 + 3\dot{y}_2 + 9y_3 + 3\dot{y}_3 = 1386u + 225\dot{u} + 9\ddot{u}, \\ 100y_1 + 4\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 6y_2 + \dot{y}_2 + 11y_3 + 3\dot{y}_3 = 1386u + 225\dot{u} + 9\ddot{u}, \\ 150y_1 + 6\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 21y_2 + 3\dot{y}_2 + 9y_3 + 3\dot{y}_3 = 1386u + 225\dot{u} + 9\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №39

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 68y_1 + 32\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 12y_2 + 2\dot{y}_2 + 4y_3 + 2\dot{y}_3 = 2352u + 364\dot{u} + 14\ddot{u}, \\ 17y_1 + 8\dot{y}_1 + \ddot{y}_1 + 15y_2 + 2\dot{y}_2 + 4y_3 + 2\dot{y}_3 = 2352u + 364\dot{u} + 14\ddot{u}, \\ 68y_1 + 32\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 4y_2 + \dot{y}_2 + 8y_3 + 3\dot{y}_3 = 3528u + 546\dot{u} + 21\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №40

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 232y_1 + 56\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 4y_2 + \dot{y}_2 + y_3 + \dot{y}_3 = 1001u + 168\dot{u} + 7\ddot{u}, \\ 174y_1 + 42\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 29y_2 + 4\dot{y}_2 + 2y_3 + 3\dot{y}_3 = 3003u + 504\dot{u} + 21\ddot{u}, \\ 174y_1 + 42\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 13y_2 + 2\dot{y}_2 + 2y_3 + 2\dot{y}_3 = 2002u + 336\dot{u} + 14\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №41

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 384y_1 + 48\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 18y_2 + 3\dot{y}_2 + 3y_3 + 3\dot{y}_3 = 3564u + 621\dot{u} + 27\ddot{u}, \\ 512y_1 + 64\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 10y_2 + 2\dot{y}_2 + 6y_3 + 4\dot{y}_3 = 4752u + 828\dot{u} + 36\ddot{u}, \\ 384y_1 + 48\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 25y_2 + 4\dot{y}_2 + 2\dot{y}_3 = 2376u + 414\dot{u} + 18\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №42

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 486y_1 + 54\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 33y_2 + 4\dot{y}_2 + \dot{y}_3 = 780u + 125\dot{u} + 5\ddot{u}, \\ 648y_1 + 72\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 23y_2 + 3\dot{y}_2 + 5y_3 + 2\dot{y}_3 = 1560u + 250\dot{u} + 10\ddot{u}, \\ 648y_1 + 72\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 32y_2 + 4\dot{y}_2 + \dot{y}_3 = 780u + 125\dot{u} + 5\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №43

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 580y_1 + 72\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 12y_2 + 2\dot{y}_2 + 6y_3 + 4\dot{y}_3 = 3120u + 500\dot{u} + 20\ddot{u}, \\ 435y_1 + 54\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 21y_2 + 3\dot{y}_2 + y_3 + 2\dot{y}_3 = 1560u + 250\dot{u} + 10\ddot{u}, \\ 435y_1 + 54\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 21y_2 + 3\dot{y}_2 + 5y_3 + 4\dot{y}_3 = 3120u + 500\dot{u} + 20\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №44

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 26y_1 + 8\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 19y_2 + 3\dot{y}_2 + 13y_3 + 4\dot{y}_3 = 2912u + 432\dot{u} + 16\ddot{u}, \\ 52y_1 + 16\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 10y_2 + 2\dot{y}_2 + 14y_3 + 4\dot{y}_3 = 2912u + 432\dot{u} + 16\ddot{u}, \\ 26y_1 + 8\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 26y_2 + 4\dot{y}_2 + 12y_3 + 4\dot{y}_3 = 2912u + 432\dot{u} + 16\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №45

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 82y_1 + 16\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 34y_2 + 4\dot{y}_2 + -2y_3 + 2\dot{y}_3 = 312u + 50\dot{u} + 2\ddot{u}, \\ 82y_1 + 16\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 7y_2 + \dot{y}_2 + 3y_3 + 4\dot{y}_3 = 624u + 100\dot{u} + 4\ddot{u}, \\ 123y_1 + 24\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 6y_2 + \dot{y}_2 + \dot{y}_3 = 156u + 25\dot{u} + \ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №46

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 80y_1 + 24\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 34y_2 + 4\dot{y}_2 + -3y_3 + \dot{y}_3 = 1092u + 162\dot{u} + 6\ddot{u}, \\ 80y_1 + 24\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 25y_2 + 3\dot{y}_2 + -2y_3 + \dot{y}_3 = 1092u + 162\dot{u} + 6\ddot{u}, \\ 120y_1 + 36\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 6y_2 + \dot{y}_2 + \dot{y}_3 = 1092u + 162\dot{u} + 6\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №47

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 102y_1 + 30\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 25y_2 + 4\dot{y}_2 + 4y_3 + 4\dot{y}_3 = 1232u + 200\dot{u} + 8\ddot{u}, \\ 102y_1 + 30\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 18y_2 + 3\dot{y}_2 + 3y_3 + 3\dot{y}_3 = 924u + 150\dot{u} + 6\ddot{u}, \\ 136y_1 + 40\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 24y_2 + 4\dot{y}_2 + 2y_3 + 3\dot{y}_3 = 924u + 150\dot{u} + 6\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №48

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 200y_1 + 8\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 12y_2 + 2\dot{y}_2 + 7y_3 + 3\dot{y}_3 = 1848u + 300\dot{u} + 12\ddot{u}, \\ 100y_1 + 4\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 6y_2 + \dot{y}_2 + 5y_3 + 2\dot{y}_3 = 1232u + 200\dot{u} + 8\ddot{u}, \\ 200y_1 + 8\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 4y_2 + \dot{y}_2 + 8y_3 + 3\dot{y}_3 = 1848u + 300\dot{u} + 12\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №49

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 234y_1 + 24\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 19y_2 + 3\dot{y}_2 + y_3 + 2\dot{y}_3 = 1430u + 240\dot{u} + 10\ddot{u}, \\ 468y_1 + 48\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 3y_2 + \dot{y}_2 + 7y_3 + 4\dot{y}_3 = 2860u + 480\dot{u} + 20\ddot{u}, \\ 351y_1 + 36\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 18y_2 + 3\dot{y}_2 + y_3 + 2\dot{y}_3 = 1430u + 240\dot{u} + 10\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №50

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 116y_1 + 12\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 19y_2 + 3\dot{y}_2 + -y_3 + 2\dot{y}_3 = 676u + 104\dot{u} + 4\ddot{u}, \\ 58y_1 + 6\dot{y}_1 + \ddot{y}_1 + 27y_2 + 4\dot{y}_2 + -2y_3 + 2\dot{y}_3 = 676u + 104\dot{u} + 4\ddot{u}, \\ 116y_1 + 12\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 12y_2 + 2\dot{y}_2 + y_3 + 3\dot{y}_3 = 1014u + 156\dot{u} + 6\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №51

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 324y_1 + 36\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 30y_2 + 4\dot{y}_2 + 4\dot{y}_3 = 2464u + 400\dot{u} + 16\ddot{u}, \\ 648y_1 + 72\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 4y_2 + \dot{y}_2 + 3y_3 + 4\dot{y}_3 = 2464u + 400\dot{u} + 16\ddot{u}, \\ 486y_1 + 54\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 13y_2 + 2\dot{y}_2 + -y_3 + \dot{y}_3 = 616u + 100\dot{u} + 4\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №52

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 212y_1 + 16\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 32y_2 + 4\dot{y}_2 + 12y_3 + 4\dot{y}_3 = 4368u + 648\dot{u} + 24\ddot{u}, \\ 53y_1 + 4\dot{y}_1 + \ddot{y}_1 + 8y_2 + \dot{y}_2 + 7y_3 + 2\dot{y}_3 = 2184u + 324\dot{u} + 12\ddot{u}, \\ 212y_1 + 16\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 5y_2 + \dot{y}_2 + 3y_3 + \dot{y}_3 = 1092u + 162\dot{u} + 6\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №53

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 400y_1 + 64\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 8y_2 + 2\dot{y}_2 + 2y_3 + 2\dot{y}_3 = 672u + 104\dot{u} + 4\ddot{u}, \\ 400y_1 + 64\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 20y_2 + 4\dot{y}_2 + 2y_3 + 3\dot{y}_3 = 1008u + 156\dot{u} + 6\ddot{u}, \\ 100y_1 + 16\dot{y}_1 + \ddot{y}_1 + 11y_2 + 2\dot{y}_2 + 6y_3 + 4\dot{y}_3 = 1344u + 208\dot{u} + 8\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №54

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 80y_1 + 16\dot{y}_1 + \ddot{y}_1 + 11y_2 + 2\dot{y}_2 + 4y_3 + 2\dot{y}_3 = 676u + 104\dot{u} + 4\ddot{u}, \\ 80y_1 + 16\dot{y}_1 + \ddot{y}_1 + 5y_2 + \dot{y}_2 + 5y_3 + 2\dot{y}_3 = 676u + 104\dot{u} + 4\ddot{u}, \\ 240y_1 + 48\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 3y_2 + \dot{y}_2 + 11y_3 + 4\dot{y}_3 = 1352u + 208\dot{u} + 8\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №55

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 50y_1 + 12\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 4y_2 + \dot{y}_2 + 5y_3 + 3\dot{y}_3 = 3696u + 600\dot{u} + 24\ddot{u}, \\ 75y_1 + 18\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 15y_2 + 3\dot{y}_2 + 3y_3 + 3\dot{y}_3 = 3696u + 600\dot{u} + 24\ddot{u}, \\ 25y_1 + 6\dot{y}_1 + \ddot{y}_1 + 23y_2 + 4\dot{y}_2 + 4y_3 + 4\dot{y}_3 = 4928u + 800\dot{u} + 32\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №56

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 388y_1 + 32\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 28y_2 + 4\dot{y}_2 + 2y_3 + 3\dot{y}_3 = 3744u + 600\dot{u} + 24\ddot{u}, \\ 194y_1 + 16\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 30y_2 + 4\dot{y}_2 + -2y_3 + \dot{y}_3 = 1248u + 200\dot{u} + 8\ddot{u}, \\ 194y_1 + 16\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 22y_2 + 3\dot{y}_2 + 3y_3 + 3\dot{y}_3 = 3744u + 600\dot{u} + 24\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №57

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 246y_1 + 54\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 25y_2 + 4\dot{y}_2 + 12y_3 + 4\dot{y}_3 = 3456u + 576\dot{u} + 24\ddot{u}, \\ 82y_1 + 18\dot{y}_1 + \ddot{y}_1 + 27y_2 + 4\dot{y}_2 + 12y_3 + 4\dot{y}_3 = 3456u + 576\dot{u} + 24\ddot{u}, \\ 246y_1 + 54\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 11y_2 + 2\dot{y}_2 + 10y_3 + 3\dot{y}_3 = 2592u + 432\dot{u} + 18\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №58

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 104y_1 + 16\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 6y_2 + \dot{y}_2 + \dot{y}_3 = 720u + 120\dot{u} + 5\ddot{u}, \\ 156y_1 + 24\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 5y_2 + \dot{y}_2 + \dot{y}_3 = 720u + 120\dot{u} + 5\ddot{u}, \\ 208y_1 + 32\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 12y_2 + 2\dot{y}_2 + -y_3 + \dot{y}_3 = 720u + 120\dot{u} + 5\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №59

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 26y_1 + 12\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 19y_2 + 3\dot{y}_2 + 3y_3 + 2\dot{y}_3 = 1540u + 250\dot{u} + 10\ddot{u}, \\ 13y_1 + 6\dot{y}_1 + \ddot{y}_1 + 6y_2 + \dot{y}_2 + 2y_3 + \dot{y}_3 = 770u + 125\dot{u} + 5\ddot{u}, \\ 26y_1 + 12\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 5y_2 + \dot{y}_2 + 2y_3 + \dot{y}_3 = 770u + 125\dot{u} + 5\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №60

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 15y_1 + 6\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 15y_2 + 2\dot{y}_2 + 2\dot{y}_3 = 308u + 50\dot{u} + 2\ddot{u}, \\ 5y_1 + 2\dot{y}_1 + \ddot{y}_1 + 17y_2 + 2\dot{y}_2 + y_3 + 3\dot{y}_3 = 462u + 75\dot{u} + 3\ddot{u}, \\ 10y_1 + 4\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 16y_2 + 2\dot{y}_2 + y_3 + 3\dot{y}_3 = 462u + 75\dot{u} + 3\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №61

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 20y_1 + 12\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 19y_2 + 3\dot{y}_2 + 9y_3 + 4\dot{y}_3 = 1936u + 352\dot{u} + 16\ddot{u}, \\ 40y_1 + 24\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 3y_2 + \dot{y}_2 + 11y_3 + 4\dot{y}_3 = 1936u + 352\dot{u} + 16\ddot{u}, \\ 30y_1 + 18\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 4y_2 + \dot{y}_2 + 2y_3 + \dot{y}_3 = 484u + 88\dot{u} + 4\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №62

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 102y_1 + 18\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 18y_2 + 3\dot{y}_2 + \dot{y}_3 = 770u + 125\dot{u} + 5\ddot{u}, \\ 34y_1 + 6\dot{y}_1 + \ddot{y}_1 + 6y_2 + \dot{y}_2 + 2y_3 + \dot{y}_3 = 770u + 125\dot{u} + 5\ddot{u}, \\ 102y_1 + 18\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 4y_2 + \dot{y}_2 + 2y_3 + \dot{y}_3 = 770u + 125\dot{u} + 5\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №63

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 52y_1 + 20\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 26y_2 + 4\dot{y}_2 + 2\dot{y}_3 = 2772u + 450\dot{u} + 18\ddot{u}, \\ 78y_1 + 30\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 18y_2 + 3\dot{y}_2 + 5y_3 + 4\dot{y}_3 = 5544u + 900\dot{u} + 36\ddot{u}, \\ 104y_1 + 40\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 3y_2 + \dot{y}_2 + 7y_3 + 4\dot{y}_3 = 5544u + 900\dot{u} + 36\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №64

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 260y_1 + 56\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 20y_2 + 3\dot{y}_2 + 5y_3 + 2\dot{y}_3 = 1014u + 156\dot{u} + 6\ddot{u}, \\ 130y_1 + 28\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 6y_2 + \dot{y}_2 + 11y_3 + 3\dot{y}_3 = 1521u + 234\dot{u} + 9\ddot{u}, \\ 260y_1 + 56\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 12y_2 + 2\dot{y}_2 + 14y_3 + 4\dot{y}_3 = 2028u + 312\dot{u} + 12\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №65

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 52y_1 + 20\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 7y_2 + \dot{y}_2 + y_3 + 2\dot{y}_3 = 1728u + 288\dot{u} + 12\ddot{u}, \\ 26y_1 + 10\dot{y}_1 + \ddot{y}_1 + 8y_2 + \dot{y}_2 + 3y_3 + 4\dot{y}_3 = 3456u + 576\dot{u} + 24\ddot{u}, \\ 78y_1 + 30\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 6y_2 + \dot{y}_2 + y_3 + 2\dot{y}_3 = 1728u + 288\dot{u} + 12\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №66

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 29y_1 + 4\dot{y}_1 + \ddot{y}_1 + 23y_2 + 3\dot{y}_2 + y_3 + \dot{y}_3 = 672u + 104\dot{u} + 4\ddot{u}, \\ 87y_1 + 12\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 29y_2 + 4\dot{y}_2 + 12y_3 + 4\dot{y}_3 = 2688u + 416\dot{u} + 16\ddot{u}, \\ 116y_1 + 16\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 20y_2 + 3\dot{y}_2 + 13y_3 + 4\dot{y}_3 = 2688u + 416\dot{u} + 16\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №67

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 120y_1 + 36\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 25y_2 + 4\dot{y}_2 + 5y_3 + 3\dot{y}_3 = 4536u + 702\dot{u} + 27\ddot{u}, \\ 80y_1 + 24\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 5y_2 + \dot{y}_2 + 11y_3 + 4\dot{y}_3 = 6048u + 936\dot{u} + 36\ddot{u}, \\ 160y_1 + 48\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 24y_2 + 4\dot{y}_2 + 2y_3 + 2\dot{y}_3 = 3024u + 468\dot{u} + 18\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №68

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 80y_1 + 24\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 30y_2 + 4\dot{y}_2 + 4y_3 + 4\dot{y}_3 = 5148u + 864\dot{u} + 36\ddot{u}, \\ 120y_1 + 36\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 21y_2 + 3\dot{y}_2 + 3y_3 + 3\dot{y}_3 = 3861u + 648\dot{u} + 27\ddot{u}, \\ 160y_1 + 48\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 12y_2 + 2\dot{y}_2 + \dot{y}_3 = 1287u + 216\dot{u} + 9\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №69

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 52y_1 + 4\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 16y_2 + 2\dot{y}_2 + 2\dot{y}_3 = 2288u + 384\dot{u} + 16\ddot{u}, \\ 104y_1 + 8\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 32y_2 + 4\dot{y}_2 + -2y_3 + 2\dot{y}_3 = 2288u + 384\dot{u} + 16\ddot{u}, \\ 78y_1 + 6\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 33y_2 + 4\dot{y}_2 + -3y_3 + \dot{y}_3 = 1144u + 192\dot{u} + 8\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №70

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 150y_1 + 42\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 6y_2 + \dot{y}_2 + \dot{y}_3 = 1512u + 234\dot{u} + 9\ddot{u}, \\ 150y_1 + 42\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 6y_2 + \dot{y}_2 + 2y_3 + 3\dot{y}_3 = 4536u + 702\dot{u} + 27\ddot{u}, \\ 200y_1 + 56\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 5y_2 + \dot{y}_2 + 2y_3 + 3\dot{y}_3 = 4536u + 702\dot{u} + 27\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №71

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 260y_1 + 32\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 23y_2 + 3\dot{y}_2 + 3y_3 + 3\dot{y}_3 = 864u + 144\dot{u} + 6\ddot{u}, \\ 65y_1 + 8\dot{y}_1 + \ddot{y}_1 + 35y_2 + 4\dot{y}_2 + -2y_3 + \dot{y}_3 = 288u + 48\dot{u} + 2\ddot{u}, \\ 130y_1 + 16\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 34y_2 + 4\dot{y}_2 + 4y_3 + 4\dot{y}_3 = 1152u + 192\dot{u} + 8\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №72

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 39y_1 + 18\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 15y_2 + 3\dot{y}_2 + y_3 + 4\dot{y}_3 = 7056u + 1008\dot{u} + 36\ddot{u}, \\ 52y_1 + 24\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 8y_2 + 2\dot{y}_2 + -y_3 + \dot{y}_3 = 1764u + 252\dot{u} + 9\ddot{u}, \\ 39y_1 + 18\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 21y_2 + 4\dot{y}_2 + -2y_3 + 2\dot{y}_3 = 3528u + 504\dot{u} + 18\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №73

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 135y_1 + 18\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 33y_2 + 4\dot{y}_2 + 5y_3 + 3\dot{y}_3 = 4158u + 675\dot{u} + 27\ddot{u}, \\ 180y_1 + 24\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 32y_2 + 4\dot{y}_2 + -y_3 + \dot{y}_3 = 1386u + 225\dot{u} + 9\ddot{u}, \\ 45y_1 + 6\dot{y}_1 + \ddot{y}_1 + 26y_2 + 3\dot{y}_2 + 9y_3 + 4\dot{y}_3 = 5544u + 900\dot{u} + 36\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №74

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 100y_1 + 28\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 6y_2 + \dot{y}_2 + 11y_3 + 3\dot{y}_3 = 1815u + 330\dot{u} + 15\ddot{u}, \\ 100y_1 + 28\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 30y_2 + 4\dot{y}_2 + \dot{y}_3 = 605u + 110\dot{u} + 5\ddot{u}, \\ 100y_1 + 28\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 30y_2 + 4\dot{y}_2 + 8y_3 + 3\dot{y}_3 = 1815u + 330\dot{u} + 15\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №75

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 146y_1 + 32\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 30y_2 + 4\dot{y}_2 + 2y_3 + 2\dot{y}_3 = 2912u + 432\dot{u} + 16\ddot{u}, \\ 73y_1 + 16\dot{y}_1 + \ddot{y}_1 + 23y_2 + 3\dot{y}_2 + 3y_3 + 2\dot{y}_3 = 2912u + 432\dot{u} + 16\ddot{u}, \\ 219y_1 + 48\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 13y_2 + 2\dot{y}_2 + 7y_3 + 3\dot{y}_3 = 4368u + 648\dot{u} + 24\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №76

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 52y_1 + 20\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 16y_2 + 3\dot{y}_2 + y_3 + 4\dot{y}_3 = 1344u + 208\dot{u} + 8\ddot{u}, \\ 78y_1 + 30\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 3y_2 + \dot{y}_2 + 2y_3 + 3\dot{y}_3 = 1008u + 156\dot{u} + 6\ddot{u}, \\ 26y_1 + 10\dot{y}_1 + \ddot{y}_1 + 11y_2 + 2\dot{y}_2 + -y_3 + \dot{y}_3 = 336u + 52\dot{u} + 2\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №77

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 267y_1 + 30\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 4y_2 + \dot{y}_2 + y_3 + 2\dot{y}_3 = 1232u + 200\dot{u} + 8\ddot{u}, \\ 356y_1 + 40\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 10y_2 + 2\dot{y}_2 + -y_3 + \dot{y}_3 = 616u + 100\dot{u} + 4\ddot{u}, \\ 267y_1 + 30\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 25y_2 + 4\dot{y}_2 + 4\dot{y}_3 = 2464u + 400\dot{u} + 16\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №78

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 72y_1 + 24\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 28y_2 + 4\dot{y}_2 + \dot{y}_3 = 1638u + 243\dot{u} + 9\ddot{u}, \\ 36y_1 + 12\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 14y_2 + 2\dot{y}_2 + 14y_3 + 4\dot{y}_3 = 6552u + 972\dot{u} + 36\ddot{u}, \\ 54y_1 + 18\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 5y_2 + \dot{y}_2 + 11y_3 + 3\dot{y}_3 = 4914u + 729\dot{u} + 27\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №79

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 73y_1 + 16\dot{y}_1 + \ddot{y}_1 + 7y_2 + \dot{y}_2 + 3y_3 + 2\dot{y}_3 = 1540u + 250\dot{u} + 10\ddot{u}, \\ 73y_1 + 16\dot{y}_1 + \ddot{y}_1 + 23y_2 + 3\dot{y}_2 + -y_3 + \dot{y}_3 = 770u + 125\dot{u} + 5\ddot{u}, \\ 73y_1 + 16\dot{y}_1 + \ddot{y}_1 + 31y_2 + 4\dot{y}_2 + 2\dot{y}_3 = 1540u + 250\dot{u} + 10\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №80

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 267y_1 + 48\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 4y_2 + \dot{y}_2 + \dot{y}_3 = 1078u + 175\dot{u} + 7\ddot{u}, \\ 267y_1 + 48\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 18y_2 + 3\dot{y}_2 + -2y_3 + \dot{y}_3 = 1078u + 175\dot{u} + 7\ddot{u}, \\ 356y_1 + 64\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 10y_2 + 2\dot{y}_2 + 2y_3 + 4\dot{y}_3 = 4312u + 700\dot{u} + 28\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №81

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 73y_1 + 6\dot{y}_1 + \ddot{y}_1 + 23y_2 + 4\dot{y}_2 + 2y_3 + 3\dot{y}_3 = 2940u + 420\dot{u} + 15\ddot{u}, \\ 146y_1 + 12\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 4y_2 + \dot{y}_2 + 7y_3 + 4\dot{y}_3 = 3920u + 560\dot{u} + 20\ddot{u}, \\ 73y_1 + 6\dot{y}_1 + \ddot{y}_1 + 23y_2 + 4\dot{y}_2 + -2y_3 + \dot{y}_3 = 980u + 140\dot{u} + 5\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №82

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 50y_1 + 16\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 25y_2 + 3\dot{y}_2 + 3y_3 + 3\dot{y}_3 = 2772u + 483\dot{u} + 21\ddot{u}, \\ 100y_1 + 32\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 5y_2 + \dot{y}_2 + y_3 + \dot{y}_3 = 924u + 161\dot{u} + 7\ddot{u}, \\ 50y_1 + 16\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 25y_2 + 3\dot{y}_2 + -y_3 + \dot{y}_3 = 924u + 161\dot{u} + 7\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №83

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 200y_1 + 56\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 17y_2 + 3\dot{y}_2 + y_3 + 2\dot{y}_3 = 2496u + 400\dot{u} + 16\ddot{u}, \\ 200y_1 + 56\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 3y_2 + \dot{y}_2 + y_3 + \dot{y}_3 = 1248u + 200\dot{u} + 8\ddot{u}, \\ 150y_1 + 42\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 18y_2 + 3\dot{y}_2 + -y_3 + \dot{y}_3 = 1248u + 200\dot{u} + 8\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №84

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 136y_1 + 32\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 22y_2 + 4\dot{y}_2 + 4y_3 + 2\dot{y}_3 = 2772u + 450\dot{u} + 18\ddot{u}, \\ 68y_1 + 16\dot{y}_1 + \ddot{y}_1 + 23y_2 + 4\dot{y}_2 + 4y_3 + 2\dot{y}_3 = 2772u + 450\dot{u} + 18\ddot{u}, \\ 136y_1 + 32\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 4y_2 + \dot{y}_2 + 11y_3 + 3\dot{y}_3 = 4158u + 675\dot{u} + 27\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №85

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 232y_1 + 24\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 20y_2 + 4\dot{y}_2 + 12y_3 + 4\dot{y}_3 = 4312u + 700\dot{u} + 28\ddot{u}, \\ 116y_1 + 12\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 4y_2 + \dot{y}_2 + 15y_3 + 4\dot{y}_3 = 4312u + 700\dot{u} + 28\ddot{u}, \\ 174y_1 + 18\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 3y_2 + \dot{y}_2 + 15y_3 + 4\dot{y}_3 = 4312u + 700\dot{u} + 28\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №86

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 226y_1 + 28\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 26y_2 + 4\dot{y}_2 + \dot{y}_3 = 728u + 108\dot{u} + 4\ddot{u}, \\ 226y_1 + 28\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 19y_2 + 3\dot{y}_2 + 13y_3 + 4\dot{y}_3 = 2912u + 432\dot{u} + 16\ddot{u}, \\ 226y_1 + 28\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 19y_2 + 3\dot{y}_2 + y_3 + \dot{y}_3 = 728u + 108\dot{u} + 4\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №87

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 102y_1 + 30\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 29y_2 + 4\dot{y}_2 + 8y_3 + 4\dot{y}_3 = 4312u + 700\dot{u} + 28\ddot{u}, \\ 68y_1 + 20\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 14y_2 + 2\dot{y}_2 + 10y_3 + 4\dot{y}_3 = 4312u + 700\dot{u} + 28\ddot{u}, \\ 136y_1 + 40\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 4y_2 + \dot{y}_2 + 2y_3 + \dot{y}_3 = 1078u + 175\dot{u} + 7\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №88

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 270y_1 + 54\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 33y_2 + 4\dot{y}_2 + 5y_3 + 3\dot{y}_3 = 429u + 72\dot{u} + 3\ddot{u}, \\ 180y_1 + 36\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 34y_2 + 4\dot{y}_2 + -y_3 + \dot{y}_3 = 143u + 24\dot{u} + \ddot{u}, \\ 180y_1 + 36\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 34y_2 + 4\dot{y}_2 + 5y_3 + 3\dot{y}_3 = 429u + 72\dot{u} + 3\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №89

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 183y_1 + 36\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 6y_2 + \dot{y}_2 + 2y_3 + \dot{y}_3 = 484u + 88\dot{u} + 4\ddot{u}, \\ 244y_1 + 48\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 32y_2 + 4\dot{y}_2 + -y_3 + \dot{y}_3 = 484u + 88\dot{u} + 4\ddot{u}, \\ 183y_1 + 36\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 24y_2 + 3\dot{y}_2 + 9y_3 + 4\dot{y}_3 = 1936u + 352\dot{u} + 16\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №90

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 136y_1 + 40\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 5y_2 + \dot{y}_2 + 7y_3 + 4\dot{y}_3 = 6048u + 936\dot{u} + 36\ddot{u}, \\ 68y_1 + 20\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 34y_2 + 4\dot{y}_2 + 4y_3 + 4\dot{y}_3 = 6048u + 936\dot{u} + 36\ddot{u}, \\ 68y_1 + 20\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 7y_2 + \dot{y}_2 + 7y_3 + 4\dot{y}_3 = 6048u + 936\dot{u} + 36\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №91

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 20y_1 + 12\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 22y_2 + 4\dot{y}_2 + 8y_3 + 4\dot{y}_3 = 5824u + 864\dot{u} + 32\ddot{u}, \\ 30y_1 + 18\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 3y_2 + \dot{y}_2 + 5y_3 + 2\dot{y}_3 = 2912u + 432\dot{u} + 16\ddot{u}, \\ 40y_1 + 24\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 14y_2 + 3\dot{y}_2 + 3y_3 + 2\dot{y}_3 = 2912u + 432\dot{u} + 16\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №92

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 20y_1 + 12\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 7y_2 + \dot{y}_2 + 2y_3 + \dot{y}_3 = 168u + 26\dot{u} + \ddot{u}, \\ 20y_1 + 12\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 34y_2 + 4\dot{y}_2 + 5y_3 + 3\dot{y}_3 = 504u + 78\dot{u} + 3\ddot{u}, \\ 30y_1 + 18\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 24y_2 + 3\dot{y}_2 + 9y_3 + 4\dot{y}_3 = 672u + 104\dot{u} + 4\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №93

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 54y_1 + 18\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 4y_2 + \dot{y}_2 + \dot{y}_3 = 392u + 56\dot{u} + 2\ddot{u}, \\ 54y_1 + 18\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 25y_2 + 4\dot{y}_2 + 4\dot{y}_3 = 1568u + 224\dot{u} + 8\ddot{u}, \\ 72y_1 + 24\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 3y_2 + \dot{y}_2 + y_3 + 2\dot{y}_3 = 784u + 112\dot{u} + 4\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №94

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 17y_1 + 2\dot{y}_1 + \ddot{y}_1 + 23y_2 + 3\dot{y}_2 + 9y_3 + 3\dot{y}_3 = 396u + 69\dot{u} + 3\ddot{u}, \\ 51y_1 + 6\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 21y_2 + 3\dot{y}_2 + 13y_3 + 4\dot{y}_3 = 528u + 92\dot{u} + 4\ddot{u}, \\ 34y_1 + 4\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 30y_2 + 4\dot{y}_2 + 4y_3 + 2\dot{y}_3 = 264u + 46\dot{u} + 2\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №95

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 122y_1 + 24\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 16y_2 + 3\dot{y}_2 + -y_3 + 2\dot{y}_3 = 1344u + 208\dot{u} + 8\ddot{u}, \\ 244y_1 + 48\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 14y_2 + 3\dot{y}_2 + -y_3 + 2\dot{y}_3 = 1344u + 208\dot{u} + 8\ddot{u}, \\ 122y_1 + 24\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 10y_2 + 2\dot{y}_2 + -y_3 + \dot{y}_3 = 672u + 104\dot{u} + 4\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №96

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 246y_1 + 6\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 21y_2 + 4\dot{y}_2 + -2y_3 + \dot{y}_3 = 1078u + 175\dot{u} + 7\ddot{u}, \\ 246y_1 + 6\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 9y_2 + 2\dot{y}_2 + 4y_3 + 3\dot{y}_3 = 3234u + 525\dot{u} + 21\ddot{u}, \\ 246y_1 + 6\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 3y_2 + \dot{y}_2 + y_3 + \dot{y}_3 = 1078u + 175\dot{u} + 7\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №97

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 34y_1 + 4\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 34y_2 + 4\dot{y}_2 + \dot{y}_3 = 1078u + 175\dot{u} + 7\ddot{u}, \\ 34y_1 + 4\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 34y_2 + 4\dot{y}_2 + 4y_3 + 2\dot{y}_3 = 2156u + 350\dot{u} + 14\ddot{u}, \\ 51y_1 + 6\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 33y_2 + 4\dot{y}_2 + 4y_3 + 2\dot{y}_3 = 2156u + 350\dot{u} + 14\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №98

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 68y_1 + 12\dot{y}_1 + 2\ddot{y}_1 + 16y_2 + 2\dot{y}_2 + -y_3 + \dot{y}_3 = 1001u + 168\dot{u} + 7\ddot{u}, \\ 34y_1 + 6\dot{y}_1 + \ddot{y}_1 + 35y_2 + 4\dot{y}_2 + 4\dot{y}_3 = 4004u + 672\dot{u} + 28\ddot{u}, \\ 102y_1 + 18\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 15y_2 + 2\dot{y}_2 + 2\dot{y}_3 = 2002u + 336\dot{u} + 14\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №99

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 73y_1 + 6\dot{y}_1 + \ddot{y}_1 + 31y_2 + 4\dot{y}_2 + -y_3 + \dot{y}_3 = 1274u + 189\dot{u} + 7\ddot{u}, \\ 219y_1 + 18\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 13y_2 + 2\dot{y}_2 + 10y_3 + 4\dot{y}_3 = 5096u + 756\dot{u} + 28\ddot{u}, \\ 292y_1 + 24\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 12y_2 + 2\dot{y}_2 + 7y_3 + 3\dot{y}_3 = 3822u + 567\dot{u} + 21\ddot{u}. \end{cases}$$

Вариант №100

Система уравнений описывающих динамическую систему:

$$\begin{cases} 135y_1 + 36\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 6y_2 + \dot{y}_2 + 15y_3 + 4\dot{y}_3 = 2420u + 440\dot{u} + 20\ddot{u}, \\ 135y_1 + 36\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 24y_2 + 3\dot{y}_2 + 5y_3 + 2\dot{y}_3 = 1210u + 220\dot{u} + 10\ddot{u}, \\ 180y_1 + 48\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 23y_2 + 3\dot{y}_2 + 13y_3 + 4\dot{y}_3 = 2420u + 440\dot{u} + 20\ddot{u}. \end{cases}$$

Список литературы

1. Ким Д. П. Теория автоматического управления. Т.2. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы - 2-е изд., испр. и доп. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. - 440 с
2. Мирошник И. В. Теория автоматического управления. Линейные системы. - СПб.: Питер, 2005 - 336 с.:ил.
3. Никульчев Е. В. Пособие "Control System Toolbox", URL: <http://matlab.exponenta.ru/controlsystem/book1/index.php>

Приложение А

Пример выполнения работы

В данном приложении приводится пример выполнения данной работы. В процессе написания примера работы для проведения всех вычислений использовался математический пакет Matlab.

Донской государственный технический университет
факультет «Автоматизация, мехатроника и управление»

Заочная форма обучения

=====

Студент _____ Адрес _____

_____ группа _____ Шифр _____

(номер зачетной книжки)

Контрольная работа №2

по дисциплине «ТАУ»

за _____ курс

Содержание

1	Выбор задания	3
2	Получение передаточной функции	3
3	Получение матрично-векторной формы	4
4	Оценка наблюдаемости и управляемости	5
5	Переход к наблюдаемой форме	7
6	Переход к вход-выходной форме	9
7	Оценка устойчивости системы	10
8	Переход к диаганальной форме	11
9	Построение фундаментальной матрицы решений и общего решения ОДУ	13
	Заключение	15

					15.03.04.10000000.000 КР				
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					
Разраб.					Контрольная работа №2 по дисциплине «ТАУ»				
Пров.	Чувейко								
Н. контр.									
Утв.									
					Лит.	Лист	Листов		
					У	2	15		
					ДГТУ каф. АПП				

1 Выбор задания

В соответствии с двумя последними цифрами зачетки $N = 100$ выбираем систему дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} 135y_1 + 36\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 6y_2 + \dot{y}_2 + 15y_3 + 4\dot{y}_3 = 2420u + 440\dot{u} + 20\ddot{u}, \\ 135y_1 + 36\dot{y}_1 + 3\ddot{y}_1 + 24y_2 + 3\dot{y}_2 + 5y_3 + 2\dot{y}_3 = 1210u + 220\dot{u} + 10\ddot{u}, \\ 180y_1 + 48\dot{y}_1 + 4\ddot{y}_1 + 23y_2 + 3\dot{y}_2 + 13y_3 + 4\dot{y}_3 = 2420u + 440\dot{u} + 20\ddot{u}. \end{cases}$$

2 Получение передаточной функции

Осуществляем преобразование Лапласа исходной системы уравнений:

$$\begin{cases} (3.0s^2 + 36.0s + 135.0)Y_1(s) + (1.0s + 6.0)Y_2(s) + (4.0s + 15.0)Y_3(s) = \\ = (20.0s^2 + 440.0s + 2420.0)U(s), \\ (3.0s^2 + 36.0s + 135.0)Y_1(s) + (3.0s + 24.0)Y_2(s) + (2.0s + 5.0)Y_3(s) = \\ = (10.0s^2 + 220.0s + 1210.0)U(s), \\ (4.0s^2 + 48.0s + 180.0)Y_1(s) + (3.0s + 23.0)Y_2(s) + (4.0s + 13.0)Y_3(s) = \\ = (20.0s^2 + 440.0s + 2420.0)U(s). \end{cases}$$

Так как выходной сигнал $y(t) = y_1(t)$ разрешим систему уравнений относительно $Y_1(s)$. Для этого представим полученную систему в матричном виде:

$$\begin{pmatrix} 3.0s^2 + 36.0s + 135.0 & 1.0s + 6.0 & 4.0s + 15.0 \\ 3.0s^2 + 36.0s + 135.0 & 3.0s + 24.0 & 2.0s + 5.0 \\ 4.0s^2 + 48.0s + 180.0 & 3.0s + 23.0 & 4.0s + 13.0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Y_1(s) \\ Y_2(s) \\ Y_3(s) \end{pmatrix} = \\ = \begin{pmatrix} 20.0s^2 + 440.0s + 2420.0 \\ 10.0s^2 + 220.0s + 1210.0 \\ 20.0s^2 + 440.0s + 2420.0 \end{pmatrix} U.$$

Решим по методу Крамера:

$$Y_1 = \frac{\Delta_1(s)}{\Delta(s)},$$

где $\Delta_1(s)$ и $\Delta(s)$ - определители приведенные ниже:

$$\Delta_1(s) = U(s) \det \begin{pmatrix} 20.0s^2 + 440.0s + 2420.0 & 1.0s + 6.0 & 4.0s + 15.0 \\ 10.0s^2 + 220.0s + 1210.0 & 3.0s + 24.0 & 2.0s + 5.0 \\ 20.0s^2 + 440.0s + 2420.0 & 3.0s + 23.0 & 4.0s + 13.0 \end{pmatrix},$$

$$\Delta(s) = \det \begin{pmatrix} 3.0s^2 + 36.0s + 135.0 & 1.0s + 6.0 & 4.0s + 15.0 \\ 3.0s^2 + 36.0s + 135.0 & 3.0s + 24.0 & 2.0s + 5.0 \\ 4.0s^2 + 48.0s + 180.0 & 3.0s + 23.0 & 4.0s + 13.0 \end{pmatrix}.$$

Вычислим:

$$\Delta(s) = 2.0s^4 + 50.0s^3 + 474.0s^2 + 2034.0s + 3240.0,$$

$$\Delta_1(s) = U(s)(10.0s^2 + 220.0s + 1210.0).$$

Следовательно:

$$Y_1(s) = U(s) \frac{10.0s^2 + 220.0s + 1210.0}{2.0s^4 + 50.0s^3 + 474.0s^2 + 2034.0s + 3240.0}.$$

Определим передаточную функцию:

$$W(s) = \frac{Y(s)}{U(s)},$$

$$W(s) = \frac{10.0s^2 + 220.0s + 1210.0}{2.0s^4 + 50.0s^3 + 474.0s^2 + 2034.0s + 3240.0}.$$

В дальнейшем будем использовать следующее символьное выражение передаточной функции:

$$W(s) = \frac{b_2s^2 + b_1s + b_0}{a_4s^4 + a_3s^3 + a_2s^2 + a_1s + a_0}.$$

3 Получение матрично-векторной формы

Используя полученную передаточную функцию определим матрицы входящие в матрично-векторную форму системы:

$$\begin{cases} \dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t), \\ y(t) = Cx(t), \end{cases} \quad (1)$$

где матрицы имеют следующие значения:

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ -\frac{a_0}{a_4} & -\frac{a_1}{a_4} & -\frac{a_2}{a_4} & -\frac{a_3}{a_4} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ -\frac{3240}{2} & -\frac{2034}{2} & -\frac{474}{2} & -\frac{50}{2} \end{pmatrix},$$

$$B = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}, \quad C = \begin{pmatrix} \frac{b_0}{a_4} & \frac{b_1}{a_4} & \frac{b_2}{a_4} & \frac{b_3}{a_4} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{1210}{2} & \frac{220}{2} & \frac{10}{2} & 0 \end{pmatrix}.$$

4 Оценка наблюдаемости и управляемости

Оценим наблюдаемость системы. Для этого необходимо построить матрицу наблюдаемости:

$$Q = \begin{pmatrix} C \\ CA \\ CA^2 \\ CA^3 \end{pmatrix}. \quad (2)$$

Определим требуемые степени матрицы A:

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ -1620 & -1017 & -237 & -25 \end{pmatrix},$$

$$A^2 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ -1620 & -1017 & -237 & -25 \\ 40500 & 23805 & 4908 & 388 \end{pmatrix},$$

$$A^3 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ -1620 & -1017 & -237 & -25 \\ 40500 & 23805 & 4908 & 388 \\ -628560 & -354096 & -68151 & -4792 \end{pmatrix}.$$

Тогда, производя умножение матриц, составим матрицу наблюдаемости:

$$Q = \begin{pmatrix} 605 & 110 & 5 & 0 \\ 0 & 605 & 110 & 5 \\ -8100 & -5085 & -580 & -15 \\ 24300 & 7155 & -1530 & -205 \end{pmatrix}.$$

Для определения ранга матрицы используем программу в Matlab:

```
Q=[605, 110, 5, 0; ...
0, 605, 110, 5; ...
-8100, -5085, -580, -15; ...
24300, 7155, -1530, -205];
rank(Q)
```

Ранг матрицы наблюдаемости равен 4. Система имеет порядок равный рангу матрицы Q . Следовательно система наблюдаема.

Оценим управляемость системы. Для этого необходимо построить матрицу управляемости:

$$U = \begin{pmatrix} B & AB & A^2B & A^3B \end{pmatrix}, \quad (3)$$

$$U = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & -25 \\ 0 & 1 & -25 & 388 \\ 1 & -25 & 388 & -4792 \end{pmatrix}.$$

Для определения ранга матрицы используем программу в Matlab:

```
U=[0, 0, 0, 1; ...
0, 0, 1, -25; ...
0, 1, -25, 388; ...
1, -25, 388, -4792];
rank(U)
```

Ранг матрицы управляемости равен 4. Система имеет порядок равный рангу матрицы U . Следовательно система управляема.

5 Переход к наблюдаемой форме

Для перехода к наблюдаемой форме необходимо произвести расчет матрицы наблюдаемости в желаемой форме. Системная матрица A_n в желаемой форме будет иметь вид:

$$A_n = A^T = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & -\frac{a_0}{a_4} \\ 1 & 0 & 0 & -\frac{a_1}{a_4} \\ 0 & 1 & 0 & -\frac{a_2}{a_4} \\ 0 & 0 & 1 & -\frac{a_3}{a_4} \end{pmatrix}.$$

Матрица C_n связи переменных состояния и выходного сигнала будет иметь вид:

$$C_n = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Определим требуемые степени матрицы A_n :

$$A_n = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & -1620 \\ 1 & 0 & 0 & -1017 \\ 0 & 1 & 0 & -237 \\ 0 & 0 & 1 & -25 \end{pmatrix},$$

$$A_n^2 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & -1620 & 40500 \\ 0 & 0 & -1017 & 23805 \\ 1 & 0 & -237 & 4908 \\ 0 & 1 & -25 & 388 \end{pmatrix},$$

$$A_n^3 = \begin{pmatrix} 0 & -1620 & 40500 & -628560 \\ 0 & -1017 & 23805 & -354096 \\ 0 & -237 & 4908 & -68151 \\ 1 & -25 & 388 & -4792 \end{pmatrix}.$$

Построим матрицу наблюдаемости по формуле (2):

$$Q_n = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1620 \\ 0 & 0 & -1620 & 40500 \\ 0 & -1620 & 40500 & -628560 \end{pmatrix}.$$

Построим матрицу перехода от исходного базиса к желаемому:

$$T = (Q_n)^{-1} Q. \quad (4)$$

Для нахождения обратной матрицы используем программу в Matlab:

```
Qn= [1, 0, 0, 0; ...
0, 0, 0, -1620; ...
0, 0, -1620, 40500; ...
0, -1620, 40500, -628560]
inv(Qn)
```

Результат работы программы:

$$(Q_n)^{-1} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -0.1462963 & -0.0154321 & -0.00061728 \\ 0 & -0.0154321 & -0.00061728 & 0 \\ 0 & -0.00061728 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Тогда матрица перехода будет:

$$T = \begin{pmatrix} 605 & 110 & 5 & 0 \\ 110 & -14.4537 & -6.197531 & -0.3734568 \\ 5 & -6.197531 & -1.339506 & -0.06790123 \\ 0 & -0.3734568 & -0.06790123 & -0.00308642 \end{pmatrix}.$$

Для перехода к другому базису используются формулы:

$$\begin{aligned} A_n &= T A T^{-1}, \\ B_n &= T B, \\ C_n &= C T^{-1}. \end{aligned} \quad (5)$$

Для проведения вычислений используем программу Matlab:

```
T= [605, 110, 5, 0; ...
110, -14.4537, -6.197531, -0.3734568; ...
5, -6.197531, -1.339506, -0.06790123; ...
0, -0.3734568, -0.06790123, -0.00308642]
A= [0, 1, 0, 0; ...
0, 0, 1, 0; ...
0, 0, 0, 1; ...
-1620, -1017, -237, -25]
```

C= [605, 110, 5, 0]

B= [0; ...

0; ...

0; ...

1]

$A_n = T \cdot A \cdot \text{inv}(T)$

$B_n = T \cdot B$

$C_n = C \cdot \text{inv}(T)$

В результате работы программы были получены матрицы:

$$A_{n2} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & -1620 \\ 1 & 0 & 0 & -1017 \\ 0 & 1 & 0 & -237 \\ 0 & 0 & 1 & -25 \end{pmatrix},$$

$$C_{n2} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix},$$

$$B_{n2} = \begin{pmatrix} 0 \\ -0.3734568 \\ -0.06790123 \\ -0.00308642 \end{pmatrix}.$$

Так как матрицы A_{n2} и A_n совпадают значит переход к наблюдаемой форме возможен и выполнен корректно.

6 Переход к вход-выходной форме

Система в МВФ представлена в виде (1). Осуществим преобразование Лапласа:

$$\begin{cases} x(s)s = Ax(s) + Bu(s), \\ y(s) = Cx(s). \end{cases}.$$

Из первого равенства выразим $x(s)$:

$$x(s) = (Is - A)^{-1}Bu(s).$$

					15.03.04.10000000.000 КР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		9

Подставим полученное во второе равенство:

$$y(s) = C(Is - A)^{-1}Bu(s).$$

Отсюда передаточная функция:

$$W(s) = \frac{y(s)}{u(s)} = C(Is - A)^{-1}B. \quad (6)$$

В качестве исходных матриц используем матрицы системы в наблюдаемой форме.

Расчет выполним с использованием программы:

```
An= [0 , 1, 0, 0; ...
      0, 0, 1, 0; ...
      0, 0, 0, 1; ...
      -1620, -1017, -237, -25]
Cn= [605, 110, 5, 0]
Bn= [0; ...
      0; ...
      0; ...
      1]
I = eye(4)
syms s
W = Cn*inv(I*s-An)*Bn
```

В результате работы программы получена передаточная функция:

$$W = \frac{5.0s^2 + 110.0s + 605.0}{1.0s^4 + 25.0s^3 + 237.0s^2 + 1017.0s + 1620.0},$$

что соответствует изначальной передаточной функции.

7 Оценка устойчивости системы

Для оценки устойчивости системы необходимо найти собственные числа системной матрицы. Для этого необходимо решить уравнение:

$$\det(Is - A) = 0. \quad (7)$$

Для вычисления корней используем программу:

					15.03.04.10000000.000 КР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		10

```

An=[0, 1, 0, 0; ...
0, 0, 1, 0; ...
0, 0, 0, 1; ...
-1620, -1017, -237, -25]
I = eye(4)
syms s
D = det(I*s-An)
Dn = sym2poly(D)
R = roots(Dn)

```

В результате работы программы получены следующие корни:

$$s_1 = -9, \quad s_2 = -6 + 3j,$$

$$s_3 = -6 - 3j, \quad s_4 = -4.$$

Так как действительные части всех собственных чисел меньше нуля, то система устойчива.

8 Переход к диаганальной форме

Для перехода к диаганальной форме необходимо построить матрицу Вандермонда:

$$\begin{aligned}
 W &= \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ s_1 & s_2 & s_3 & s_4 \\ s_1^2 & s_2^2 & s_3^2 & s_4^2 \\ s_1^3 & s_2^3 & s_3^3 & s_4^4 \end{pmatrix} = \\
 &= \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ -9 & -6 + 3j & -6 - 3j & -4 \\ 81 & 27 - 36j & 27 + 36j & 16 \\ -729 & -54 + 297j & -54 - 297j & -64 \end{pmatrix}.
 \end{aligned} \tag{8}$$

Матрица перехода определяется выражением:

$$T_d = W^{-1} =$$

$$= \begin{pmatrix} -2 & -1.03 & -0.178 & -0.0111 \\ -1.62 + 2.08j & -0.66 + 1.13j & -0.0726 + 0.197j & -0.00214 + 0.0107j \\ -1.62 - 2.08j & -0.66 - 1.13j & -0.0726 - 0.197j & -0.00214 - 0.0107j \\ 6.23 & 2.35 & 0.323 & 0.0154 \end{pmatrix}.$$

Для перехода используем формулы (5). Расчет выполним с использованием программы Matlab:

```
Td = [-2, -1.03, -0.178, -0.0111; ...
      -1.62+2.08j, -0.66+1.13j, -0.0726+0.197j, -0.00214+0.0107j; ...
      -1.62-2.08j, -0.66-1.13j, -0.0726-0.197j, -0.00214-0.0107j; ...
      6.23, 2.35, 0.323, 0.0154]
A = [0, 1, 0, 0; ...
      0, 0, 1, 0; ...
      0, 0, 0, 1; ...
      -1620, -1017, -237, -25]
C = [605, 110, 5, 0]
B = [0; ...
      0; ...
      0; ...
      1]
Ad = Td*A*inv(Td)
Bd = Td*B'
Cd = C*inv(Td)
```

В результате работы программы были получены матрицы:

$$A_d = \begin{pmatrix} -9 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -6 + 3j & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -6 - 3j & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -4 \end{pmatrix},$$

$$C_d = \begin{pmatrix} 20 & 80 + 150j & 80 - 150j & 245 \end{pmatrix},$$

$$B_d = \begin{pmatrix} -0.0111 \\ -0.00214 + 0.0107j \\ -0.00214 - 0.0107j \\ 0.0154 \end{pmatrix}.$$

9 Построение фундаментальной матрицы решений и общего решения ОДУ

Будем строить фундаментальную матрицу решений в базисе где $A = A_d$, то есть является диагональной. Тогда:

$$\Phi_d(t, t_0) = \begin{pmatrix} e^{s_1(t-t_0)} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & e^{s_2(t-t_0)} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & e^{s_3(t-t_0)} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & e^{s_4(t-t_0)} \end{pmatrix}.$$

Будем полагать что $t_0 = 0$. Тогда матрица примет вид:

$$\Phi_d(t, t_0) = \begin{pmatrix} e^{(-9)t} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & e^{(-6+3j)t} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & e^{(-6-3j)t} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & e^{(-4)t} \end{pmatrix}.$$

Для получения общего решения используем формулу:

$$y(t) = C_d \Phi_d(t) T_d x_0,$$

где: T_d - найденная ранее матрица перехода к диаганальной форме;

C_d - матрица C в диаганальной форме, найденная ранее;

x_0 - вектор начального состояния.

Осуществляя перемножение матриц с учетом:

$$\cos(\phi) = \frac{e^{j\phi} + e^{-j\phi}}{2}, \quad \sin(\phi) = \frac{e^{j\phi} - e^{-j\phi}}{2j},$$

получаем общее решение системы ОДУ:

$$\begin{aligned} y = & (-40.0e^{-9.0t} + 152.0e^{-6.0t} \sin(3.0t) - 882.0e^{-6.0t} \cos(3.0t) + 1.53 \cdot 10^3 e^{-4.0t})x_{10} + \\ & + (-20.7e^{-9.0t} + 16.5e^{-6.0t} \sin(3.0t) - 446.0e^{-6.0t} \cos(3.0t) + 577.0e^{-4.0t})x_{20} + \\ & + (-3.56e^{-9.0t} - 9.66e^{-6.0t} \sin(3.0t) - 70.6e^{-6.0t} \cos(3.0t) + 79.2e^{-4.0t})x_{30} + \\ & + (-0.222e^{-9.0t} - 1.07e^{-6.0t} \sin(3.0t) - 3.55e^{-6.0t} \cos(3.0t) + 3.77e^{-4.0t})x_{40} \end{aligned}$$

Вычислим значение $y(t)$ при начальных условиях:

$$x_{10} = 1, x_{20} = 1, x_{30} = 1, x_{40} = 1.$$

По результатам вычислений составим таблицу:

t:	0	0.219	0.437	0.656	0.875	1.094	1.312	1.531	1.75
y(t):	720	629.371	363.755	171.609	72.792	29.443	11.8	4.783	1.97

Проведем численное моделирование. Для этого используем программу:

```
A=[0, 1, 0, 0; ...
0, 0, 1, 0; ...
0, 0, 0, 1; ...
-1620, -1017, -237, -25]
C=[605, 110, 5, 0]
B=[0; ...
0; ...
0; ...
1]
ya=[720, 629.371, 363.755, 171.609, 72.792, 29.443, 11.8, 4.783,
1.97]
ta=[0, 0.219, 0.437, 0.656, 0.875, 1.094, 1.312, 1.531, 1.75]
t=linspace(0,1.75,1000);
Wsys = ss(A,B,C,[]);
[y,t]=lsim(Wsys,0*t,t,[1,1,1,1]);
plot(t,y,'-',ta,ya,'r+');
grid on
xlabel('t');
ylabel('y(t)');
```

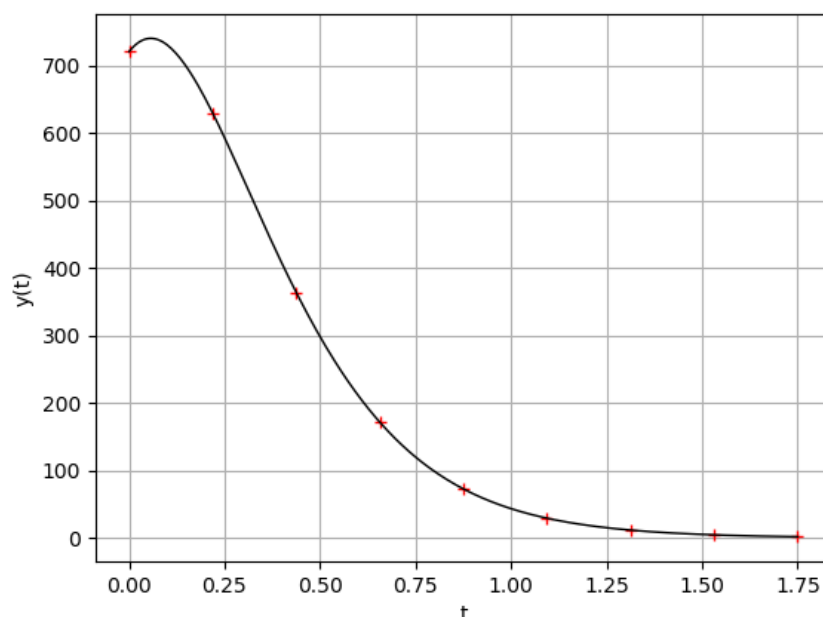



Рисунок 1 – Переходной процесс: “-” - результат численного моделирования; “+” - результат аналитических вычислений

График демонстрирует полное соответствие численных и аналитических выражений, что подтверждает корректность проведенных вычислений.

Заключение

В ходе выполнения работы получена матрично-векторная форма представления исследуемой системы (см. выражение (1)). По матрично-векторному представлению найдена передаточная функция системы:

$$W(s) = \frac{5.0s^2 + 110.0s + 605.0}{1.0s^4 + 25.0s^3 + 237.0s^2 + 1017.0s + 1620.0}.$$

Анализ системы на динамические и структурные свойства позволил установить, что система является: устойчивой, полностью управляемой и полностью наблюдаемой.

Также в работе произведено компьютерное и аналитическое моделирование динамики системы. Результаты аналитических и численных вычислений совпали, что подтвердило корректность выполнения расчетов.