

ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический
университет»

Кафедра системного анализа и управления
в медицинских системах

439-2015

**ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ
АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ.
УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ ДИАГНОСТИКИ
И ЛЕЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ ИГР**

МЕТОДИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО

к выполнению курсового проекта по дисциплине
"Управление в биотехнических системах"
для студентов направления 12.03.04
"Биотехнические системы и технологии"
(профиль «Биотехнические и медицинские аппараты и системы»)
очной формы обучения



Воронеж 2015

Составители: д-р техн. наук О.В. Родионов,
 д-р техн. наук Е.Н. Коровин,
 канд. техн. наук В.Н. Коровин

УДК 681.327.8

Исследование систем автоматического управления. Управление процессами диагностики и лечения на основе теории игр: методическое руководство к выполнению курсового проекта по дисциплине "Управление в биотехнических системах" для студентов направления 12.03.04 «Биотехнические системы и технологии» (профиль "Биотехнические и медицинские аппараты и системы") очной формы обучения / ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет»; сост. О.В. Родионов, Е.Н. Коровин, В.Н. Коровин. Воронеж, 2015. 25 с.

Данное методическое руководство предназначено для выполнения курсового проекта по дисциплине «Управление в биотехнических системах».

Предназначено для студентов 4 курса.

Табл. 10. Ил. 9. Библиогр.: 7 назв.

Рецензент д-р техн. наук, проф. И.Я. Львович

Ответственный за выпуск зав. кафедрой

д-р техн. наук, проф. О.В. Родионов

Печатается по решению редакционно-издательского совета Воронежского государственного технического университета

© ФГБОУ ВПО «Воронежский
государственный технический
университет», 2015

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ. УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ ДИАГНОСТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ ИГР

1 Цель курсового проекта

Целью курсового проекта является исследование систем автоматического управления и приобретения навыков анализа и корректировки таких систем, а также применение теории игр для задач здравоохранения.

2 Особенности выполнения курсового проекта по курсу «Управление в биотехнических системах»

Используемые программно-аппаратные средства: ПЭВМ класса IBM стандартной конфигурации, пакет MathCad, Excel.

Перед выполнением проекта каждый студент должен изучить правила техники безопасности и пожарной безопасности при работе с ПЭВМ в лаборатории кафедры.

3 Исследование систем автоматического управления

Теория автоматического управления и регулирования – наука, которая изучает процессы управления, методы их исследования и основы проектирования автоматических систем, работающих по замкнутому циклу, в любой области техники. Для составления уравнений динамики системы автоматического управления и регулирования разбиваются на звенья.

Для изучения системы автоматического управления необходимо сначала рассмотреть разомкнутую цепь звеньев. Путём преобразования схемы необходимо получить передаточную функцию разомкнутой цепи звеньев. При этом пользуются следующими правилами преобразования.

Передаточная функция последовательно соединённых звеньев равна произведению передаточных функций всех звеньев:

$$W(s) = \prod_{i=1}^n W_i(s). \quad (3.1)$$

Передаточная функция параллельно соединённых звеньев равна сумме передаточных функций всех звеньев:

$$W(s) = \sum_{i=1}^n W_i(s). \quad (3.2)$$

Передаточная функция звеньев, охваченных обратной (отрицательной) связью равна произведению передаточных функций всех звеньев прямой цепи, делённому на единицу плюс произведение передаточной функции обратной связи на передаточную функцию охватываемого ею звена:

$$\Phi(s) = \frac{\prod_{i=1}^n W_i(s)}{1 + W_{oc}(s) * W_{ox}(s)}. \quad (3.3)$$

Передаточная функция замкнутой системы, охваченной единичной обратной (отрицательной) связью по возмущающему воздействию, равна передаточной функции разомкнутой системы, делённой на единицу плюс передаточная функция разомкнутой системы

$$\Phi(s) = \frac{W(s)}{1 + W(s)}. \quad (3.4)$$

Характеристическое уравнение представляет собой знаменатель передаточной функции, приравненный к 0.

На любую автоматическую систему всегда действуют различные внешние возмущения, которые могут нарушать её нормальную работу. Правильно спроектированная система должна устойчиво работать при всех внешних возмущениях.

Условие устойчивости линейных систем формулируется следующим образом. Для того чтобы система была устойчива необходимо и достаточно, чтобы все корни её характеристического уравнения были левыми. Вычисление корней просто лишь для характеристического уравнения первой и второй степени. Поэтому важное значение

приобретают правила, которые позволяют определить устойчивость системы без вычисления корней. Эти правила – критерии устойчивости. С помощью критериев устойчивости можно не только установить, устойчива система или нет, но и выяснить, как влияют на устойчивость те или иные параметры и структурные изменения в системе.

Критерии устойчивости могут быть разделены на алгебраические и частотные.

В процессе выполнения курсовой работы необходимо исследовать систему на устойчивость по критериям Рауса, Гурвица, Михайлова, Найквиста. Для устойчивой системы проводятся исследования по методу D-разбиения.

- По критерию Рауса для устойчивости системы автоматического управления необходимо и достаточно, чтобы коэффициенты первого столбца таблицы Рауса имели один и тот же знак [5]. То есть при $A_0 > 0$ были положительны.

- Для устойчивости системы по методу Гурвица необходимо и достаточно, чтобы все горизонтальные миноры определителя Гурвица были больше 0 [1].

Частотные критерии позволяют судить об устойчивости системы по виду их частотных характеристик. Эти критерии являются графоаналитическими.

- Для устойчивости линейной системы N-го порядка по критерию Михайлова необходимо и достаточно, чтобы годограф Михайлова начинался на положительной части вещественной оси и проходил последовательно в положительном направлении против хода часовой стрелки, не попадая в начало координат, N-квадрантов.

- Частотный критерий устойчивости (критерий Найквиста) базируется на частотных характеристиках разомкнутой цепи системы автоматического управления и даёт правила, согласно которым по

виду частотной характеристики разомкнутой цепи можно судить об устойчивости замкнутой системы.

Формулируется критерий Найквиста следующим образом. Если разомкнутая цепь системы устойчива, то для устойчивости замкнутой системы необходимо и достаточно, чтобы амплитудно-фазовая частотная характеристика разомкнутой цепи $W(j\omega)$ при изменении частоты от 0 до $+\infty$ не охватывала точку $(-1; j0)$.

В инженерной практике широкое распространение получил анализ устойчивости систем автоматического управления, основанный на применении логарифмических частотных характеристик разомкнутой системы. Это обусловлено тем, что построение логарифмической частотной характеристики разомкнутых систем значительно проще, чем построение годографа амплитудно-фазовой характеристики.

Критерий устойчивости Найквиста применительно к логарифмической частотной характеристике можно сформулировать следующим образом. Для того, чтобы система автоматического управления была устойчива, необходимо и достаточно, чтобы разность между числом положительных и отрицательных переходов логарифмической фазо-частотной характеристики прямых $\pm(2i+1)$, $i=0,1,2,\dots$ во всех областях, где логарифмическая амплитудно-частотная характеристика положительна $LmA(\omega)>0$, была равна $1/2$ (1 – число правых корней характеристического уравнения разомкнутой системы) [5].

При исследовании устойчивости большое практическое значение имеет построение областей устойчивости в области одного или каких-либо двух параметров, влияние которых на устойчивость исследуется. Для определения границ области устойчивости чаще используется метод D-разбиения.

Метод D-разбиения используется в том случае, когда требуется определить значения параметров для системы, которая заведомо должна быть устойчивой.

Для выделения областей устойчивости необходимо характеристическое уравнение замкнутой системы решить относительно, например, одного интересующего нас параметра. Подставляя в характеристическое уравнение $s=j\omega$, получаем выражение для границы Д-разбиения. Штриховка наносится с левой стороны при движении от $\omega=-\infty$ к $\omega=+\infty$. Претендентом на область устойчивости является область, в которой штриховка направлена внутрь. В области где часть штриховки направлена внутрь, находятся все значения интересующего нас параметра, которые приводят систему на границу устойчивости. В той области в которой нет штриховки, направленной внутрь, расположены значения параметра неустойчивой системы.

Исследование системы на качество регулирования является одним из основных при выполнении курсового проекта. В общем случае если система содержит релейный элемент, то она анализируется на качество регулирования с использованием фазового портрета. Если система не содержит релейных элементов, возможно исследование системы методом трапеций. Для этого в передаточной функции замкнутой системы выполняется замена $s=j\omega$. В итоге преобразование приводится к виду

$$\Phi(j\omega) = P(\omega) + j * Q(\omega). \quad (3.5)$$

Характеристика $P(\omega)$ аппроксимируется отрезками прямых, при этом в окрестности экстремумов прямолинейные отрезки располагают параллельно оси частот. Из точки изломов, проводят линии таким образом, чтобы вещественная характеристика оказалась разбитой на несколько трапеций, частично наложенных одна на другую.

Для каждой i -ой трапеции определим $X_i=W_{di}/W_{0i}$. Из приложения 3 к работе находим значения h_{xi} про соответствующих значениях dt . Истинный масштаб времени определяется путём пересчёта $T=t/w_{0i}$. Для каждой трапеции определяется

$$h_i(T) = P_{0i}(\omega) * h_{xi}(t). \quad (3.6)$$

Суммируя полученные характеристики $h_i(T)$ с учётом знаков, получаем переходную характеристику системы. Для полученной характеристики определяется перерегулирование:

$$\sigma = (h_{\max} - h_{\text{ecn}}) / h_{\text{ecn}}.$$

В ходе выполнения курсового проекта необходимо также определить характер переходного процесса.

4 Управление процессами диагностики и лечения на основе теории игр

Для рационального принятия решений о проведении хирургических операций при остром аппендиците, остром холецистите, закрытых травмах, онкологических и гинекологических заболеваниях одним из целесообразных подходов является применение теории игр [7].

В задачах теории игр неопределенность выбора решения связана с неизвестным поведением разумного и "враждебно" настроенного противника. Однако часто в задачах поиска наилучшего решения неопределенность связана с неполной априорной информацией об условиях объективной действительности, которую в теории решений принято называть "природой". "Природа" здесь рассматривается как некоторая незаинтересованная сторона, поведение которой неизвестно, но не содержит элементов сознательного противодействия разработанным планам. Такие задачи часто называются "играми с природой". Их нельзя решать методами антагонистических игр, так как со стороны "природы" противодействие отсутствует.

Пусть у исследователя (сторона A) имеется m возможных стратегий: $A_1, A_2, \dots, A_m$; что касается "природы", то о ней возможно сделать n предположений $S_1, S_2, \dots, S_n$. Последнее можно рассматривать как состояния или стратегии "природы". Выигрыш a_{ij} при каждой паре стратегий (A_i, S_j) задается матрицей, приведенной в таблице 4.1.

Требуется выбрать такую стратегию игрока A (чистую или смешанную), которая является наиболее выгодной для него.

Таблица 4.1

$A_i \backslash S_j$	S_1	S_2	...	S_n
A_1	a_{11}	a_{12}	...	a_{1n}
A_2	a_{21}	a_{22}	...	a_{2n}
...	...	...	...	...
A_m	a_{m1}	a_{m2}	...	a_{mn}

С точки зрения лечебного процесса состояния S_j могут рассматриваться как неизбежные состояния больного организма, а стратегии A_i – как возможные планы лечения (в простейшем случае – лечебные воздействия). В этом случае выигрыш a_{ij} – это эффективность лечения, например, вероятность выздоровления. В качестве оценки такой вероятности можно использовать соответствующую частоту, либо субъективную вероятность, задаваемую экспертом.

Учитывая, что состояния "природы" неуправляемы, кроме показателя a_{ij} можно ввести другие, отражающие "удачность" выбора данной стратегии именно в данной ситуации. К таким показателям относится "риск". Риском r_{ij} игрока A при пользовании стратегией A_i в условиях S_j называется разность между выигрышем, который он получил бы, если знал условия S_j , и выигрышем, который он получит, не зная их и выбирая стратегию A_i . Следовательно,

$$r_{ij} = \beta_j - a_{ij}. \quad (4.1)$$

При поиске оптимальной стратегии игрока A в зависимости от выбранного показателя a_{ij} или r_{ij} либо максимизируется выигрыш, либо минимизируется риск.

Так как мы хотели бы иметь наибольший выигрыш и одновременно наименьший риск, то объединенный показатель полезности f_{ij} , названный "сочетанием показателей полезности", вычисляется в виде

$$f_{ij} = a_{ij} - r_{ij}. \quad (4.2)$$

Чем больше f_{ij} , тем лучше, так как больше выигрыш и меньше риск, поэтому при оптимизации выбора A_i показатель f_{ij} нужно максимизировать.

• **Пример 4.1.** Пусть больной организм может находиться в одном из трех состояний: S_1, S_2, S_3 , а у врача есть три варианта лечения: A_1, A_2 и A_3 . Применение лечения A_i к больному в состоянии S_j приводит к вероятности выздоровления a_{ij} . Пусть значения a_{ij} задаются матрицей M_a в виде таблице 4.2. Рассчитанные по этой матрице значения α_i , а значения β_j – под соответствующими столбцами.

Таблица 4.2

$A_i \backslash S_j$	S_1	S_2	S_3	
A_1	0,95	0,90	0,85	$\left. \begin{array}{l} \alpha_1 = 0,85 \\ \alpha_2 = 0,75 \\ \alpha_3 = 0,60 \end{array} \right\} \alpha = 0,85$
A_2	0,97	0,92	0,75	
A_3	0,99	0,75	0,60	
$\underbrace{\beta_1 = 0,99; \quad \beta_2 = 0,92; \quad \beta_3 = 0,85.}_{\beta = 0,85}$				

Матрица рисков M_r получается из M_a на основе соотношения

$$M_r = \begin{bmatrix} \beta_1 & \beta_2 & \beta_3 \\ \beta_1 & \beta_2 & \beta_3 \\ \beta_1 & \beta_2 & \beta_3 \end{bmatrix} - M_a, \quad (4.3)$$

поэтому M_r имеет вид, представленный в таблице 4.3.

Таблица 4.3

$A_i \backslash S_j$	S_1	S_2	S_3
A_1	0,04	0,02	0
A_2	0,02	0	0,10
A_3	0	0,17	0,25

Наконец, матрица M_f сочетанного показателя полезности f_{ij} определяется равенством $M_f = M_a - M_r$ и имеет вид таблицы 4.4. Для этой матрицы рассчитаны нижняя α^* и верхняя β^* цены игры.

Таблица 4.4

$A_i \backslash S_j$	S_1	S_2	S_3
A_1	0,91	0,88	0,85
A_2	0,95	0,92	0,65
A_3	0,99	0,58	0,35

$$\left. \begin{array}{l} \alpha_1^* = 0,85 \\ \alpha_2^* = 0,65 \\ \alpha_3^* = 0,35 \end{array} \right\} \alpha^* = 0,85$$

$$\underbrace{\beta_1^* = 0,99; \quad \beta_2^* = 0,92; \quad \beta_3^* = 0,85.}_{\beta^* = 0,85}$$

При нахождении минимаксных стратегий теории игр по полученным матрицам выигрышей M_a и M_f выполняются соотношения $\alpha_c = \beta = 0,85$; $\alpha^* = \beta^* = 0,85$, что говорит о наличии устойчивых чистых стратегий, определяемых седловой точкой. Для обеих матриц эта точка оказалась одной и той же $\gamma = \gamma^* = 0,85$. В таблицах 4.2 и 4.4 она обведена кружком и определяет пару оптимальных чистых стратегий (A_1, S_3). В общем случае решение находится в области смешанных стратегий.

В случае, если $\alpha \neq \beta$ для матрицы M_a , либо $\alpha^* \neq \beta^*$ для матрицы M_f , в этих матрицах отсутствует седловая точка и игроку более выгодно применять смешанную стратегию. С точки зрения лечебного процесса это означает, что в качестве оптимального решения врачу предлагают применять различные планы лечения с соответствующими вероятностями, а не просто наилучший план. Учитывая, что данная "вычисленная" информация используется врачом в качестве совета, применение смешанных стратегий в данном случае следует считать целесообразным.

Матрица M_f размерности 2×2 имеет вид таблицы 4.5.

Таблица 4.5

$A_i \backslash S_j$	S_1	S_2
A_1	f_{11}	f_{12}
A_2	f_{21}	f_{22}

Если эта матрица не имеет седловой точки, то оптимальная смешанная стратегия $S_A^*(P_1, P_2)$ игрока A определяется соотношениями

$$P_1 = \frac{f_{22} - f_{21}}{f_{11} + f_{22} - f_{12} - f_{21}}; \quad P_2 = \frac{f_{11} - f_{12}}{f_{11} + f_{22} - f_{12} - f_{21}},$$

откуда

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{f_{22} - f_{21}}{f_{11} - f_{12}}; \quad (4.4)$$

$$\gamma_1 = \frac{f_{22} f_{11} - f_{12} f_{21}}{f_{11} + f_{22} - f_{12} - f_{21}}. \quad (4.5)$$

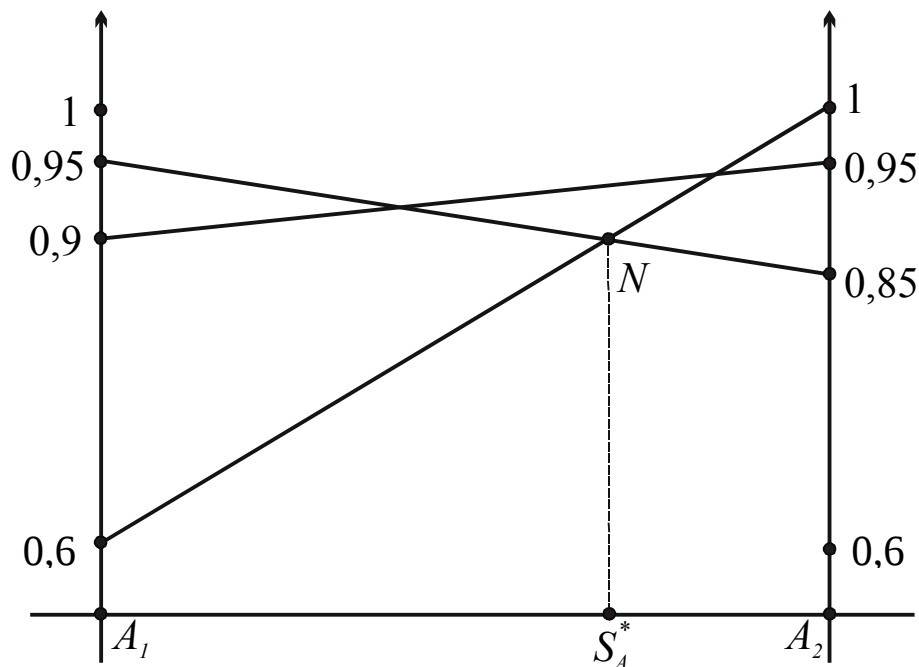
• **Пример 4.2.** Необходимо принять решение, проводить ли срочную хирургическую операцию, если у больного можно выделить 3 состояния: S_1 – состояние, при котором необходима срочная операция; S_2 – состояние, при котором срочная операция не требуется; S_3 – состояние, при котором срочная операция противопоказана. Матрица M_f имеет вид таблицы 4.6.

Таблица 4.6

$A_i \backslash S_j$	S_1	S_2	S_3
A_1	0,95	0,9	0,6
A_2	0,85	0,95	1

Можно легко убедиться, что данная матрица не имеет седловой точки. Воспользуемся для решения геометрической интерпретацией игры. Для этого выполним необходимые построения. Они представ-

лены на рисунке, откуда видно, что в точке решения N пересекаются только две прямые, соответствующие стратегиям S_1 и S_3 , поэтому для точки N игру можно представить в виде игры 2×2 с матрицей M_f (таблица 4.7).



Геометрическая интерпретация игры и ее решение

Таблица 4.7

$A_i \backslash S_j$	S_1	S_3
A_1	0,95	0,6
A_2	0,85	1

Пользуясь формулой (4.4), получаем решение в виде смешанной стратегии хирурга

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{f_{22} - f_{21}}{f_{11} - f_{12}} = \frac{1 - 0,85}{0,95 - 0,6} = 0,4.$$

Таким образом, $F(A_1) / F(A_1) = 0,4$, и хирургу надо почти в два раза чаще применять отказ от операции, чем оперировать больного.

«Цена» данного решения определяется по формуле (4.5)

$$\gamma_1 = \frac{f_{22}f_{11} - f_{12}f_{21}}{f_{11} + f_{22} - f_{12} - f_{21}} = \frac{1*0,95 - 0,6*0,85}{0,95 + 1 - 0,6 - 0,85} = 0,9.$$

5 Содержание и порядок выполнения проекта

5.1 Каждый студент получает вариант задания у преподавателя

5.2 Путём преобразования структурной схемы, получить передаточную функцию разомкнутой системы звеньев.

5.3 Построить передаточную функцию замкнутой системы звеньев.

5.4 Записать характеристическое уравнение замкнутой системы звеньев.

5.5 Исследовать систему автоматического управления на устойчивость.

5.5.1 Исследовать систему по критерию Рауса.

5.5.2 Исследовать по критерию Гурвица.

5.5.3 Исследовать по критерию Михайлова.

5.5.4 Исследовать по критерию Найквиста.

5.5.5 Исследование с использованием метода D-разбиения.

5.5.6 Построить необходимые графики, поясняющие исследование систем на устойчивость.

5.5.7 Сделать выводы об устойчивости системы и целесообразности использования рассмотренных методов исследования.

5.6 Исследовать систему на качество регулирования.

5.6.1 Заменить в передаточной функции замкнутой системы s на $j\omega$.

5.6.2 Получить обобщённую вещественную характеристику, построить график обобщённой вещественной характеристики.

5.6.3 Провести декомпозицию обобщённой вещественной характеристики на трапеции.

5.6.4 Для каждой i -ой трапеции определяется отношение $X_i = W_{di}/W_{0i}$.

5.6.5 Из приложения В определить значения h_{xi} при соответствующих значениях времени.

5.6.6 Определить истинный масштаб времени.

5.6.7 Построить трапеции декомпозиции.

5.6.8 Определить перерегулирование, быстродействие системы, характер процесса регулирования.

5.7 Построить графики логарифмической амплитудной и фазовой частотных характеристик разомкнутой системы.

5.8 По логарифмической амплитудной и фазовой частотным характеристикам определить запас устойчивости по амплитуде и по фазе.

5.9 Необходимо принять решение на основе теории игр, проводить терапию (A_1) или терапию (A_2), если у больного можно выделить три состояния (S_1, S_2, S_3).

5.9.1 Построить матрицу полезности M_f .

5.9.2 Определить имеет ли матрица M_f седловую точку. Если в матрице отсутствует седловая точка, необходимо принять решение в области смешанных стратегий, путем геометрической интерпретации игры.

5.9.3 Сделать вывод о применении стратегий для определенных состояний пациентов.

6 Исходные данные для выполнения курсового проекта

Структурные схемы по вариантам приведены в приложении А.

Значение параметров цепей содержатся в таблице исходных данных (приложение Б).

Данные о пациентах для принятия решений по теории игр, приведены в таблице приложения Г (из выборки исключается строка с номером варианта).

7 Указания по оформлению курсового проекта

Пояснительная записка к курсовому проекту должна содержать:

- введение;
- исходные данные по выполнению варианта проекта;
- краткие формулировки основных положений теоретической части;
- последовательные этапы получения передаточной функции замкнутой и разомкнутой систем с пояснениями;
- получение характеристического уравнения замкнутой системы;
- последовательные этапы и результаты исследования систем автоматического управления на устойчивость по критериям Рауса, Гурвица, Михайлова, Найквиста, D-разбиения, графики и необходимые пояснения;
- последовательные этапы и результаты исследования систем автоматического управления на качество регулирования;
- графики и необходимые пояснения определения запаса устойчивости по амплитуде и по фазе на основе логарифмической амплитудной и фазовой частотных характеристик;
- получение матрицы полезности для принятия решений на основе теории игр, этапы определения седловой точки, графическая интерпретация игры, решение о применении стратегий;
- выводы;
- список используемой литературы.

8 Контрольные вопросы

8.1 Понятие объекта управления, системы управления.

8.2 Что называется системой автоматизированного проектирования?

8.3 Что представляет собой главная обратная связь?

- 8.4 Какие существуют основные виды автоматического управления?
- 8.5 Что представляет собой передаточная функция звена?
- 8.6 С какой целью строятся частотные характеристики?
- 8.7 Что представляют собой временные характеристики?
- 8.8 Почему в практических применениях чаще всего амплитудные и фазовые частотные характеристики строятся в логарифмическом масштабе?
- 8.9 Какие типы динамических звеньев Вы знаете?
- 8.10 Какая обратная связь является отрицательной, какая положительной?
- 8.11 Какие существуют правила переноса узлов?
- 8.12 Понятие устойчивости в малом, в большом, в целом.
- 8.13 Условие устойчивости системы автоматического управления.
- 8.14 Каким образом формулируются алгебраические критерии устойчивости Рауса, Гурвица?
- 8.15 Как определяется запас устойчивости по амплитуде и по фазе по логарифмическим амплитудной и фазовой частотным характеристикам?
- 8.16 Каким образом формулируются частотные критерии Найквиста, Михайлова?
- 8.17 Понятие о D-разбиении.
- 8.18 По каким критериям проводится оценка качества переходного процесса?
- 8.19 Какие существуют методы оценки качества регулирования?
- 8.20 Виды стратегий в теории игр.
- 8.21 Определение седловой точки в теории игр.
- 8.22 Графический метод принятия решений в области смешанных стратегий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Попов, Е.П. Теория линейных систем автоматического регулирования и управления [текст]: учеб. пособие для ВТУЗов / Е.П. Попов. М.: Наука, 1989. 304 с.
- 2 Бессекерский, В.А. Руководство по проектированию систем автоматического управления [текст] / В.А. Бессекерский, В.Ф. Власов. М.: Высш. шк., 1983. 125 с.
- 3 Зацепина, С.А. Теория управления [текст]: учебное пособие / С.А. Зацепина, Я.Е. Львович, В.Н. Фролов. Воронеж: Изд. ВГУ, 1989. 200 с.
- 4 Воронов, А.А. Теория автоматического управления [текст]/ А.А. Воронов. М.: Высш. шк., 1977. 306 с.
- 5 Иващенко, Н.Н. Автоматическое регулирование [текст]/ Н.Н. Иващенко. М.: Машиностроение, 1977. 566 с.
- 6 Топичев, Ю.И. Задачник по ТАУ [текст]/ Ю.И. Топичев, А.П. Цыплаков. М.: Машиностроение, 1977. 498 с.
- 7 Фролов, В.Н. Управление в биологических и медицинских системах [текст]: учеб. пос. для ВУЗов / В.Н. Фролов. Воронеж: ВГТУ, 2001. 327 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А Структурные схемы по вариантам для выполнения курсовой работы

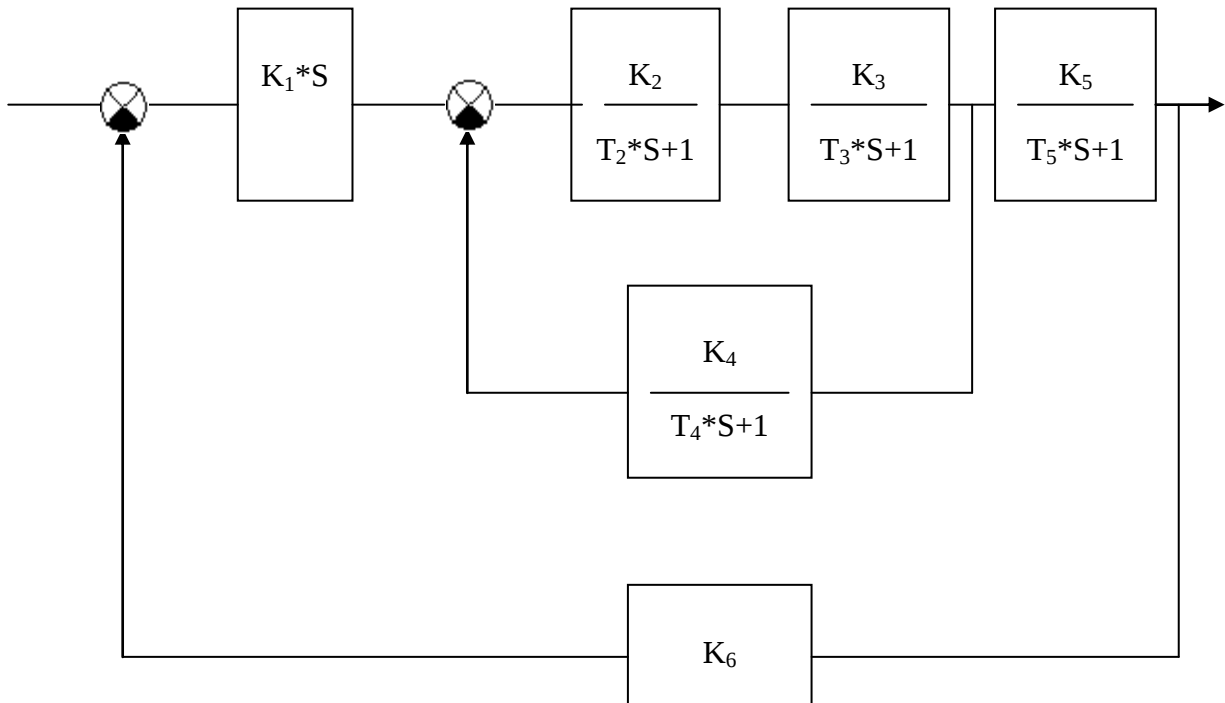


Рисунок А1

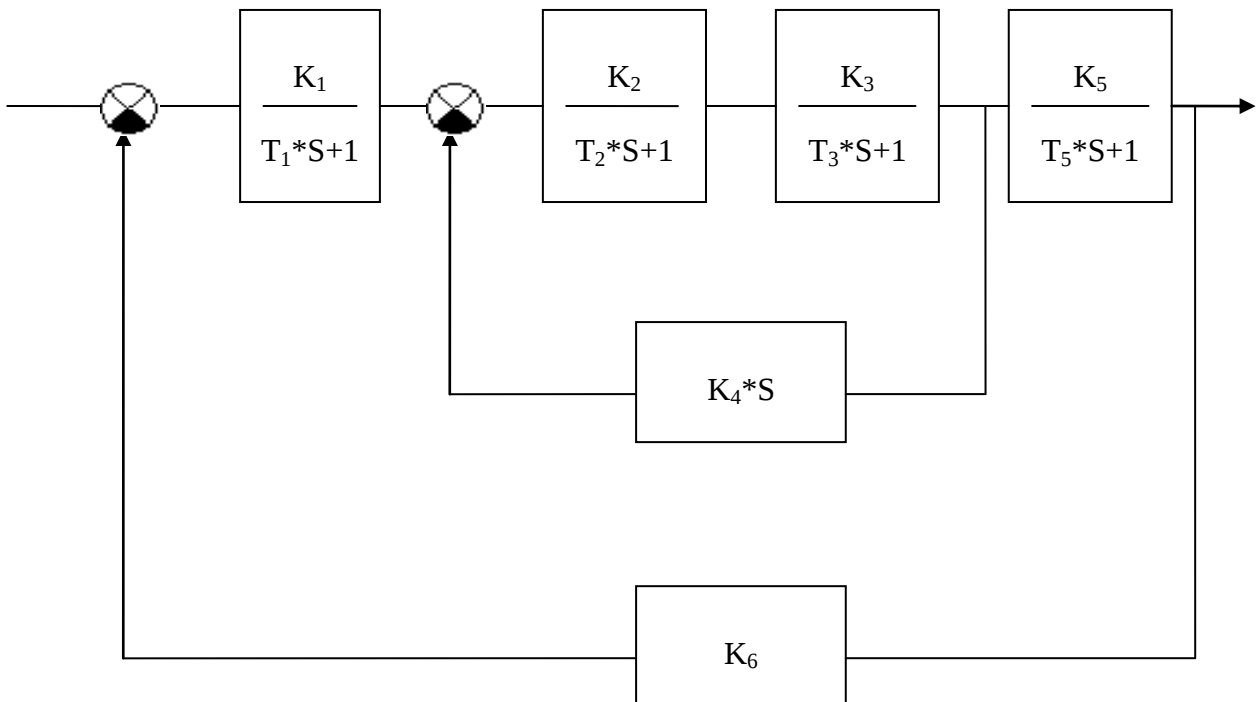


Рисунок А2

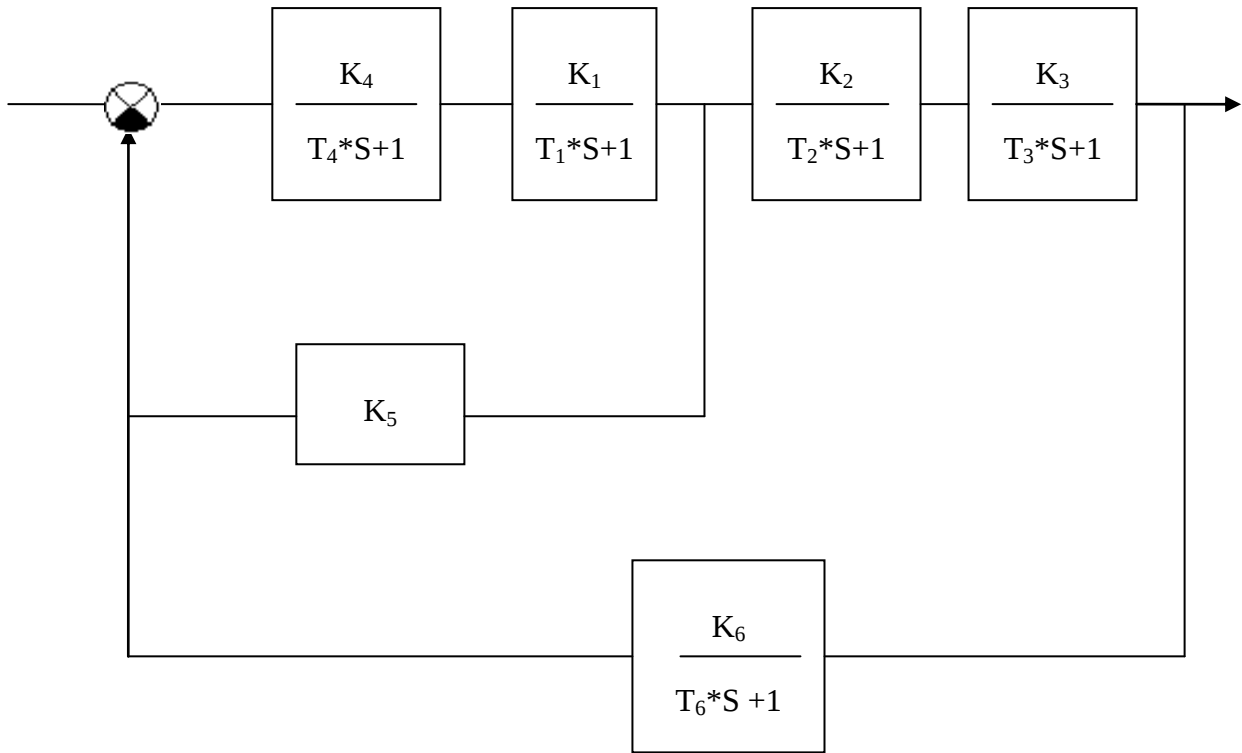


Рисунок А3

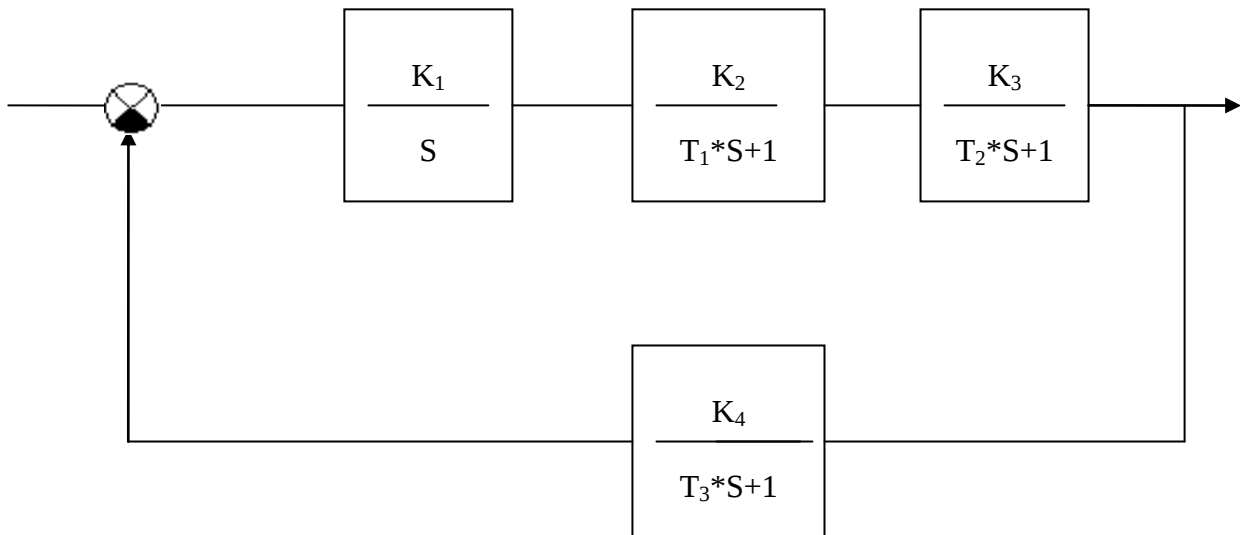


Рисунок А4

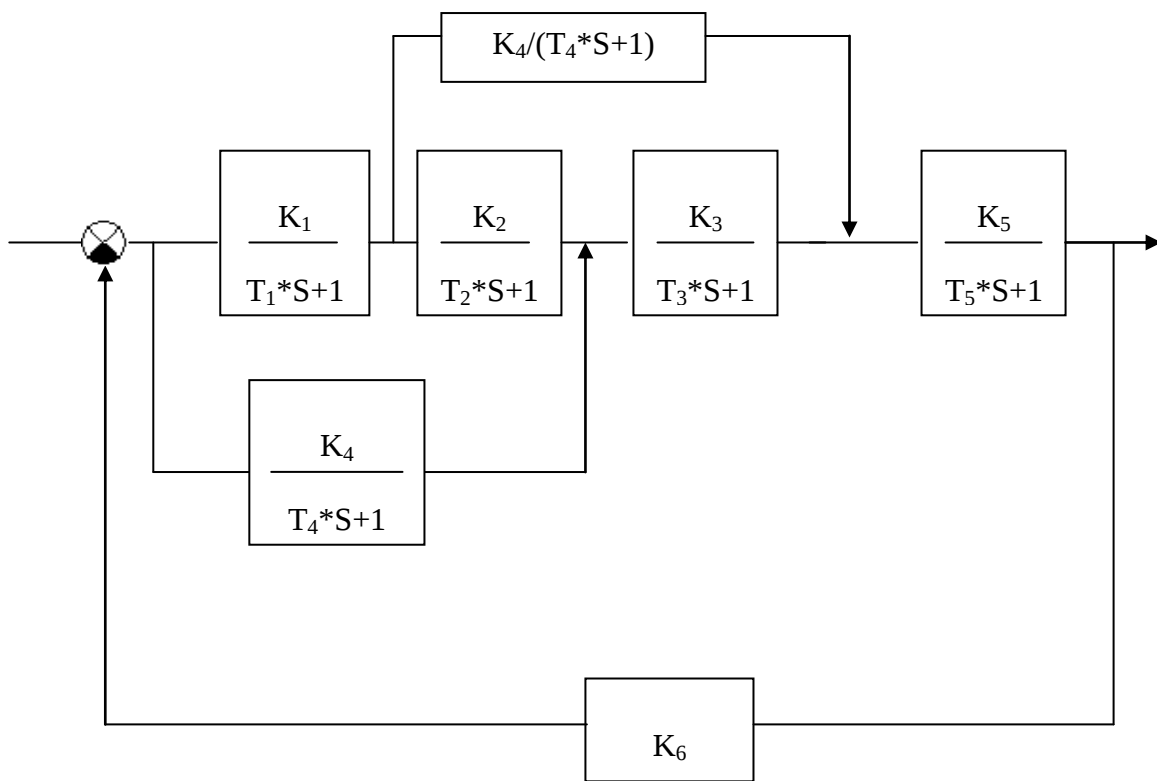


Рисунок А5

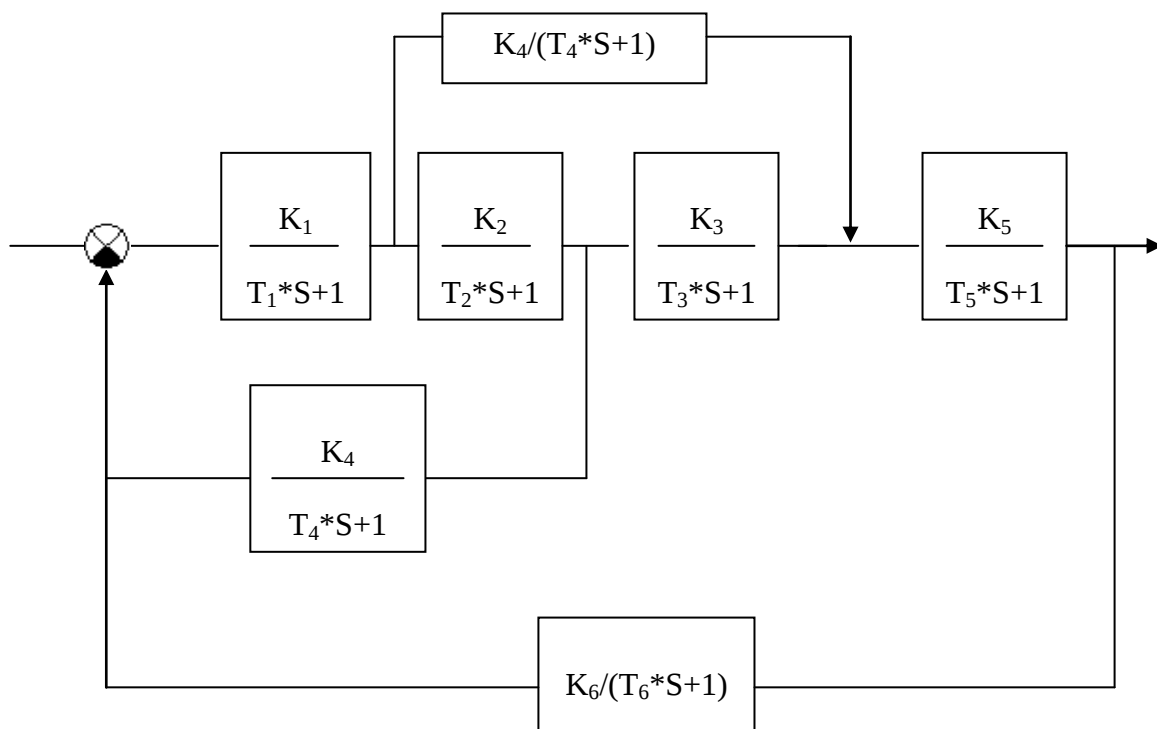


Рисунок А6

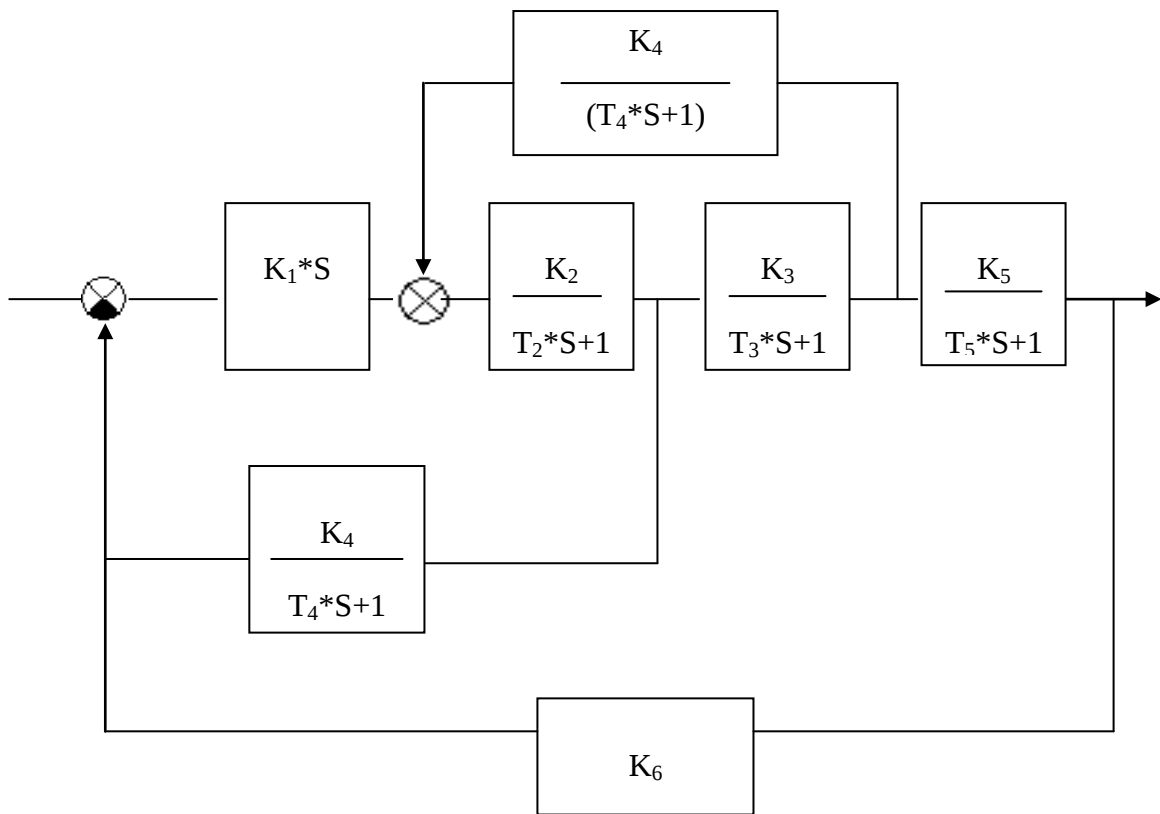


Рисунок А7

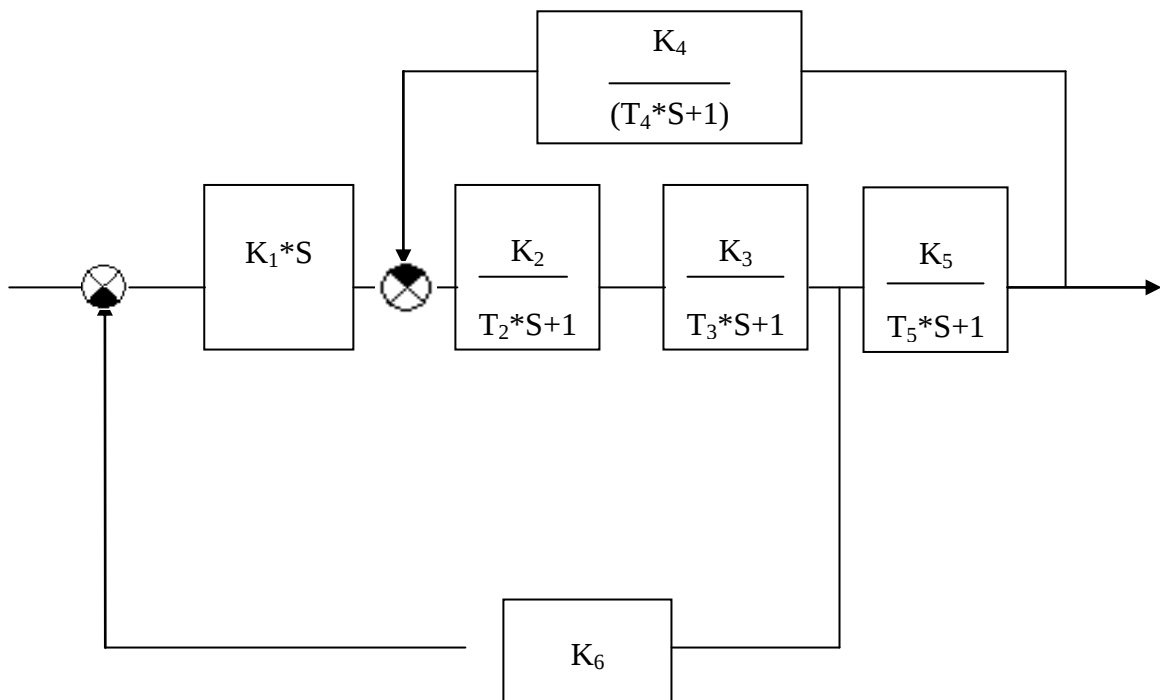


Рисунок А8

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б1 - Исходные данные для выполнения заданий по вариантам

№	Схема	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆
1	A1	0,25	10	0,2	5	0,01	0,1	0,01	1	0,0001	0,2	0,1	0,1
2	A2	10	0,1	0,1	2	0,1	0,2	1	0,1	0,1	0,01	1	0,1
3	A3	0,2	1	1	0,5	0,2	1	0,1	0,1	0,01	0,1	0,1	0,1
4	A4	0,3	0,3	2	10	10	0,2	0,01	0,01	0,0001	0,2	0,1	0,1
5	A5	0,2	10	0,2	0,5	0,01	0,3	0,02	0,1	0,01	0,02	0,1	0,1
6	A6	0,1	1	0,2	0,2	0,02	0,4	0,03	1	0,1	0,05	0,1	0,1
7	A7	10	2	0,1	0,1	0,03	0,5	0,04	0,02	0,0001	0,1	0,1	0,1
8	A8	1	0,3	0,3	5	0,04	0,2	0,05	0,03	0,0001	0,2	0,1	0,1
9	A1	10	0,2	0,4	2	0,1	0,1	1	0,04	0,1	0,02	1	0,1
10	A2	0,25	4	0,5	1	0,01	1	0,1	1	0,0001	0,2	0,1	0,1
11	A3	0,2	0,1	0,2	1	0,02	0,1	0,01	0,1	0,1	0,5	0,1	0,1
12	A4	0,3	10	0,1	5	0,1	0,5	0,1	0,01	0,01	0,1	1	0,1
13	A5	5	1	0,3	10	0,2	0,4	1	0,2	0,0001	0,2	1	0,1
14	A6	2	4	0,5	1	0,01	0,3	0,1	1	0,01	0,5	0,1	0,1
15	A7	0,2	0,5	0,1	2	0,1	0,2	0,01	0,1	0,0001	0,5	1	0,1
16	A8	0,4	1	1	3	0,1	0,2	0,1	1	0,2	0,2	0,1	0,1
17	A1	0,2	1	2	0,5	0,1	10	0,01	0,1	0,01	0,1	0,2	0,5
18	A2	1	100	0,5	0,2	10	2	0,1	0,03	1	0,3	0,1	0,5
19	A3	2	100	1	0,3	0,2	1	0,1	0,1	0,05	0,2	0,1	0,2
20	A4	3	100	2	10	10	0,2	0,01	0,05	0,0001	0,2	0,1	0,4
21	A5	2	100	0,2	0,3	0,01	0,3	0,02	0,1	0,05	0,02	0,1	0,2
22	A6	1	1	0,2	0,2	0,02	0,4	0,03	1	0,1	0,05	0,1	0,5
23	A7	1	5	0,1	0,1	0,03	0,5	0,04	0,02	0,005	0,1	0,1	0,1
24	A8	10	10	0,3	5	0,04	0,2	0,05	0,03	0,003	0,2	0,1	0,2
25	A1	0,2	4	0,2	10	0,02	0,1	0,05	1	0,005	0,2	0,1	0,5
26	A2	3	100	0,1	2	0,1	0,2	1	0,5	0,1	0,01	1	0,4
27	A3	2	10	1	0,5	0,2	1	0,1	0,1	0,5	0,1	0,1	0,2
28	A4	10	10	2	1	10	0,2	1	0,1	0,005	0,2	0,5	0,2
29	A5	2	10	0,2	0,1	0,01	0,3	0,02	0,1	0,05	0,02	0,1	0,1
30	A6	5	1	0,2	5	0,02	0,4	0,03	1	0,1	0,05	0,1	0,4
31	A7	1	0,1	100	0,1	0,03	0,5	0,04	0,02	0,004	0,1	0,1	0,2
32	A8	10	0,3	0,1	5	0,04	0,2	0,05	0,03	0,003	0,2	0,3	0,5
33	A1	10	0,1	0,1	2	0,1	0,2	1	0,1	0,1	0,01	1	0,1
34	A2	1	1	0,2	0,2	0,02	0,4	0,03	1	0,1	0,05	0,1	0,5
35	A3	0,3	10	0,1	5	0,1	0,5	0,1	0,01	0,01	0,1	1	0,1
36	A4	2	10	0,2	0,1	0,01	0,3	0,02	0,1	0,05	0,02	0,1	0,1
37	A5	0,2	4	0,2	10	0,02	0,1	0,05	1	0,005	0,2	0,1	0,5
38	A6	2	4	0,5	1	0,1	0,3	0,1	1	0,1	0,5	0,1	0,1
39	A7	0,2	0,5	0,1	1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,01	0,5	1	0,2
40	A8	0,3	1	1	2	0,1	0,2	0,1	1	0,2	0,5	0,1	0,2
41	A1	0,2	0,1	0,2	1	0,02	0,1	0,01	0,1	0,1	0,5	0,1	0,1
42	A2	0,3	10	0,1	5	0,1	0,5	0,1	0,01	0,01	0,1	1	0,1

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Таблица В1 - Таблица $h_x(\tau)$ - функций

τ	x_i (коэффициент наклона)											τ
	0,0	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	
0,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0
0,5	0,138	0,165	0,176	0,184	0,192	0,199	0,207	0,215	0,223	0,231	0,240	0,5
1,0	0,310	0,325	0,340	0,356	0,371	0,386	0,402	0,417	0,432	0,447	0,461	1,0
1,5	0,449	0,469	0,494	0,516	0,538	0,560	0,594	0,603	0,617	0,646	0,665	1,5
2,0	0,571	0,597	0,628	0,655	0,682	0,709	0,732	0,761	0,785	0,810	0,831	2,0
2,5	0,674	0,707	0,739	0,771	0,802	0,833	0,862	0,891	0,917	0,943	0,967	2,5
3,0	0,755	0,792	0,828	0,863	0,895	0,928	0,958	0,986	1,013	1,038	1,061	3,0
3,5	0,815	0,853	0,892	0,928	0,963	0,994	1,024	1,050	1,074	1,095	1,115	3,5
4,0	0,850	0,898	0,937	0,974	1,008	1,039	1,066	1,090	1,110	1,127	1,141	4,0
4,5	0,883	0,923	0,960	0,998	1,029	1,057	1,084	1,104	1,120	1,129	1,138	4,5
5,0	0,895	0,939	0,977	1,012	1,042	1,067	1,087	1,102	1,112	1,117	1,117	5,0
5,5	0,900	0,940	0,986	1,015	1,042	1,063	1,079	1,088	1,092	1,096	1,090	5,5
6,0	0,903	0,945	0,981	1,013	1,037	1,054	1,065	1,070	1,068	1,062	1,051	6,0
6,5	0,904	0,943	0,980	1,009	1,029	1,043	1,050	1,049	1,043	1,033	1,018	6,5
7,0	0,904	0,945	0,978	1,006	1,024	1,034	1,037	1,033	1,023	1,009	0,992	7,0
7,5	0,907	0,945	0,980	1,005	1,021	1,027	1,027	1,020	1,005	0,989	0,974	7,5
8,0	0,911	0,951	0,983	1,007	1,020	1,024	1,021	1,011	0,998	0,982	0,966	8,0
8,5	0,918	0,956	0,989	1,010	1,021	1,024	1,018	1,007	0,993	0,978	0,964	8,5
9,0	0,925	0,966	0,996	1,016	1,025	1,025	1,017	1,006	0,992	0,978	0,968	9,0
9,5	0,932	0,972	1,004	1,020	1,028	1,026	1,018	1,006	0,993	0,982	0,975	9,5
10,0	0,939	0,980	1,009	1,025	1,030	1,027	1,018	1,005	0,994	0,985	0,982	10,0
10,5	0,946	0,985	1,013	1,028	1,031	1,026	1,016	1,004	0,994	0,989	0,988	10,5
11,0	0,947	0,988	1,015	1,028	1,030	1,024	1,013	1,002	0,993	0,990	0,993	11,0
11,5	0,949	0,988	1,016	1,027	1,028	1,021	1,010	0,998	0,991	0,991	0,996	11,5
12,0	0,950	0,990	1,015	1,025	1,024	1,015	1,004	0,994	0,988	0,990	0,997	12,0
12,5	0,950	0,989	1,013	1,022	1,019	1,010	0,998	0,990	0,986	0,989	0,997	12,5
13,0	0,950	0,989	1,012	1,019	1,015	1,004	0,993	0,986	0,984	0,989	0,997	13,0
13,5	0,950	0,990	1,011	1,016	1,011	1,000	0,990	0,983	0,984	0,989	0,998	13,5
14,0	0,951	0,990	1,010	1,015	1,008	0,997	0,987	0,983	0,985	0,991	0,999	14,0
14,5	0,954	0,990	1,011	1,014	1,008	0,996	0,986	0,984	0,987	0,994	1,002	14,5
15,0	0,956	0,993	1,012	1,014	1,006	0,995	0,987	0,986	0,991	0,998	1,005	15,0
15,5	0,959	0,995	1,013	1,014	1,006	0,995	0,989	0,989	0,995	1,002	1,008	15,5
16,0	0,956	0,998	1,015	1,014	1,006	0,995	0,990	0,992	0,999	1,007	1,010	16,0
16,5	0,964	0,999	1,016	1,015	1,005	0,996	0,992	0,995	1,002	1,009	1,011	16,5
17,0	0,965	1,001	1,016	1,014	1,005	0,996	0,993	0,998	1,005	1,011	1,012	17,0
17,5	0,966	1,002	1,016	1,013	1,003	0,995	0,994	0,999	1,007	1,011	1,009	17,5
18,0	0,966	1,002	1,015	1,012	1,002	0,994	0,994	1,000	1,007	1,010	1,008	18,0
18,5	0,966	1,001	1,014	1,010	1,000	0,993	0,994	1,001	1,007	1,009	1,005	18,5
19,0	0,966	1,002	1,013	1,008	0,998	0,992	0,994	1,001	1,006	1,006	1,001	19,0
19,5	0,967	1,001	1,012	1,006	0,996	0,991	0,994	1,001	1,005	1,004	0,998	19,5
20,0	0,967	1,001	1,011	1,004	0,995	0,991	0,994	1,001	1,004	1,001	0,995	20,0
20,5	0,968	1,002	1,010	1,003	0,994	0,991	0,995	1,001	1,003	1,000	0,994	20,5
21,0	0,968	1,002	1,010	1,003	0,994	0,991	0,996	1,002	1,003	0,999	0,993	21,0
21,5	0,969	1,003	1,010	1,002	0,994	0,992	0,999	1,004	1,003	0,998	0,994	21,5
22,0	0,971	1,004	1,011	1,002	0,994	0,994	1,000	1,005	1,004	0,998	0,995	22,0
22,5	0,973	1,005	1,011	1,002	0,995	0,995	1,002	1,006	1,004	0,998	0,996	22,5
23,0	0,973	1,006	1,011	1,002	0,995	0,997	1,003	1,006	1,004	0,998	0,997	23,0
23,5	0,975	1,006	1,011	1,002	0,995	0,998	1,004	1,006	1,003	0,998	0,998	23,5
24,0	0,975	1,006	1,010	1,001	0,995	0,998	1,005	1,006	1,002	0,998	0,999	24,0
24,5	0,975	1,006	1,009	1,000	0,995	0,999	1,005	1,005	1,000	0,997	1,000	24,5
25,0	0,975	1,006	1,008	0,999	0,995	0,999	1,004	1,004	0,999	0,996	1,000	25,0
25,5	0,975	1,006	1,007	0,998	0,994	0,999	1,004	1,002	0,997	0,996	1,000	25,5
26,0	0,975	1,006	1,006	0,997	0,994	0,999	1,003	1,001	0,996	0,996	1,000	26,0
	0,0	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Продолжение таблицы В1 - Таблица $h_x(\tau)$ - функций

τ	x_i (коэффициент наклона)										τ
	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	
0,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0
0,5	0,248	0,255	0,259	0,267	0,275	0,282	0,290	0,297	0,304	0,314	0,5
1,0	0,476	0,490	0,505	0,519	0,534	0,547	0,561	0,575	0,590	0,602	1,0
1,5	0,685	0,706	0,722	0,740	0,758	0,776	0,794	0,813	0,832	0,844	1,5
2,0	0,856	0,878	0,899	0,919	0,938	0,957	0,974	0,991	1,008	1,022	2,0
2,5	0,985	1,010	1,030	1,050	1,067	1,084	1,090	1,105	1,120	1,133	2,5
3,0	1,081	1,100	1,116	1,131	1,143	1,154	1,162	1,169	1,175	1,177	3,0
3,5	1,132	1,145	1,158	1,165	1,170	1,174	1,174	1,175	1,176	1,175	3,5
4,0	1,151	1,158	1,162	1,163	1,161	1,156	1,150	1,141	1,132	1,119	4,0
4,5	1,141	1,141	1,138	1,132	1,127	1,111	1,099	1,085	1,071	1,053	4,5
5,0	1,114	1,107	1,097	1,084	1,069	1,053	1,036	1,019	1,003	0,987	5,0
5,5	1,076	1,064	1,050	1,032	1,016	0,994	0,979	0,962	0,951	0,932	5,5
6,0	1,036	1,020	1,001	0,984	0,956	0,949	0,934	0,922	0,914	0,907	6,0
6,5	1,001	0,982	0,965	0,948	0,936	0,920	0,910	0,906	0,904	0,905	6,5
7,0	0,975	0,957	0,941	0,927	0,917	0,911	0,909	0,911	0,917	0,926	7,0
7,5	0,956	0,944	0,931	0,922	0,919	0,920	0,927	0,934	0,946	0,962	7,5
8,0	0,952	0,941	0,934	0,932	0,936	0,944	0,955	0,970	0,986	1,002	8,0
8,5	0,954	0,948	0,948	0,951	0,958	0,974	0,990	1,006	1,023	1,041	8,5
9,0	0,962	0,961	0,967	0,976	0,990	1,006	1,023	1,038	1,051	1,060	9,0
9,5	0,972	0,977	0,987	1,000	1,015	1,033	1,048	1,059	1,065	1,066	9,5
10,0	0,984	0,993	1,006	1,020	1,036	1,049	1,059	1,063	1,062	1,056	10,0
10,5	0,994	1,005	1,019	1,033	1,046	1,054	1,058	1,055	1,048	1,033	10,5
11,0	1,001	1,014	1,027	1,039	1,047	1,048	1,044	1,034	1,021	1,005	11,0
11,5	1,006	1,017	1,029	1,037	1,039	1,034	1,024	1,010	0,994	0,997	11,5
12,0	1,007	1,018	1,026	1,029	1,025	1,015	1,000	0,984	0,970	0,958	12,0
12,5	1,007	1,015	1,019	1,017	1,010	0,995	0,980	0,965	0,955	0,950	12,5
13,0	1,006	1,012	1,012	1,005	0,993	0,980	0,965	0,955	0,952	0,955	13,0
13,5	1,005	1,008	1,004	0,995	0,982	0,968	0,958	0,954	0,958	0,970	13,5
14,0	1,005	1,005	0,998	0,987	0,975	0,965	0,961	0,965	0,976	0,991	14,0
14,5	1,005	1,003	0,994	0,983	0,970	0,969	0,971	0,981	0,997	1,010	14,5
15,0	1,006	1,002	0,994	0,983	0,977	0,978	0,987	1,001	1,018	1,032	15,0
15,5	1,007	1,001	0,992	0,985	0,984	0,991	1,003	1,019	1,032	1,048	15,5
16,0	1,008	1,001	0,994	0,990	0,993	1,003	1,018	1,031	1,040	1,039	16,0
16,5	1,008	1,001	0,995	0,995	1,001	1,014	1,027	1,035	1,037	1,028	16,5
17,0	1,007	1,000	0,996	0,999	1,008	1,020	1,030	1,032	1,026	1,012	17,0
17,5	1,005	0,998	0,997	1,002	1,012	1,023	1,027	1,023	1,013	0,994	17,5
18,0	1,001	0,997	0,997	1,004	1,014	1,020	1,018	1,008	0,993	0,978	18,0
18,5	0,999	0,995	0,997	1,005	1,012	1,014	1,007	0,993	0,978	0,969	18,5
19,0	0,995	0,993	0,997	1,004	1,009	1,006	0,995	0,981	0,970	0,967	19,0
19,5	0,992	0,992	0,997	1,003	1,005	0,998	0,985	0,973	0,967	0,973	19,5
20,0	0,991	0,992	0,998	1,003	1,001	0,991	0,980	0,972	0,975	0,986	20,0
20,5	0,991	0,994	0,999	1,002	0,998	0,987	0,978	0,977	0,990	1,001	20,5
21,0	0,992	0,996	1,001	1,002	0,996	0,987	0,982	0,989	1,001	1,015	21,0
21,5	0,995	0,999	0,995	1,002	0,995	0,988	0,988	0,998	1,013	1,025	21,5
22,0	0,997	1,000	1,004	1,002	0,995	0,991	0,997	1,010	1,024	1,029	22,0
22,5	1,000	1,005	1,005	1,002	0,996	0,996	1,006	1,018	1,028	1,028	22,5
23,0	1,002	1,007	1,007	1,002	0,997	1,001	1,011	1,022	1,025	1,016	23,0
23,5	1,003	1,008	1,006	1,001	0,998	1,004	1,015	1,021	1,016	1,002	23,5
24,0	1,004	1,007	1,004	0,999	0,999	1,007	1,015	1,016	1,006	0,990	24,0
24,5	1,004	1,006	1,02	0,998	0,999	1,007	1,012	1,007	0,995	0,979	24,5
25,0	1,004	1,004	0,999	0,996	1,000	1,007	1,008	0,998	0,984	0,975	25,0
25,5	1,003	1,002	0,997	0,995	1,000	1,005	1,001	0,989	0,978	0,977	25,5
26,0	1,002	0,999	0,995	0,995	1,000	1,002	0,997	0,984	0,978	0,983	26,0
	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Таблица Г1 – Данные о пациентах для принятия решений по теории игр

Паци- ент	Терапия (A_i)	Состояние (S_j)	Эффектив- ность	Пациент	Терапия (A_i)	Состояние (S_j)	Эффек- тивность
1	1	1	+	52	1	1	-
2	1	2	-	53	1	2	-
3	2	3	+	54	2	1	-
4	2	2	+	55	1	3	+
5	1	1	-	56	1	1	+
6	1	3	+	57	2	3	-
7	2	1	+	58	1	2	+
8	1	2	+	59	2	2	-
9	2	2	+	60	1	3	+
10	2	3	-	61	1	1	-
11	2	1	-	62	2	2	+
12	1	3	+	63	2	3	-
13	1	1	+	64	2	1	+
14	2	3	-	65	1	2	-
15	1	2	-	66	1	1	+
16	2	2	+	67	2	2	+
17	1	3	-	68	1	3	+
18	2	1	-	69	1	2	-
19	2	3	-	70	2	3	-
20	1	1	+	71	2	1	+
21	2	1	+	72	2	2	+
22	1	3	+	73	1	3	+
23	2	2	+	74	2	1	-
24	1	2	+	75	2	3	-
25	2	3	-	76	1	1	+
26	2	1	-	77	2	2	+
27	1	3	+	78	1	2	-
28	2	3	+	79	1	3	+
29	2	1	-	80	2	1	-
30	1	2	-	81	1	1	+
31	1	1	+	82	2	2	-
32	2	3	-	83	1	2	+
33	2	2	+	84	1	3	+
34	2	1	-	85	1	1	+
35	2	1	+	86	2	2	+
36	1	2	+	87	1	3	+
37	2	3	+	88	2	3	+
38	1	1	-	89	1	1	+
39	2	2	+	90	1	2	+
40	2	1	+	91	1	3	+
41	1	3	+	92	2	3	-
42	2	1	+	93	1	2	+
43	1	1	+	94	2	2	+
44	2	1	+	95	2	2	-
45	2	3	+	96	1	3	+
46	1	2	+	97	1	2	+
47	1	1	-	98	2	3	-
48	2	2	+	99	2	2	+
49	1	3	+	100	1	3	+
50	2	3	-	101	1	1	+
51	2	1	-	102	1	2	-

СОДЕРЖАНИЕ

1. Цель курсового проекта.....	1
2. Особенности выполнения курсового проекта по курсу «Управление в биотехнических системах».....	1
3. Исследование систем автоматического управления.....	1
4. Управление процессами диагностики и лечения на основе теории игр.....	6
5. Содержание и порядок выполнения курсового проекта.....	12
6. Исходные данные для выполнения курсового проекта.....	14
7. Указания по оформлению курсового проекта.....	14
8. Контрольные вопросы.....	15
Список литературы.....	16
Приложение А.....	17
Приложение Б.....	21
Приложение В.....	22
Приложение Г.....	24

**ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ
АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ.
УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ ДИАГНОСТИКИ
И ЛЕЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ ИГР**

МЕТОДИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО

к выполнению курсового проекта по дисциплине
"Управление в биотехнических системах"
для студентов направления 12.03.04
«Биотехнические системы и технологии»
(профиль "Биотехнические и медицинские аппараты и системы")
очной формы обучения

Составители: Родионов Олег Валерьевич
Коровин Евгений Николаевич
Коровин Владимир Николаевич

В авторской редакции

Подписано в печать 27.10.2015
Формат 60×84/16. Бумага для множительных аппаратов.
Усл. печ. л. 1,8. Уч.-изд. л. 1,6. Тираж 50 экз. «С»
Зак. №

ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет»
394026 Воронеж, Московский просп., 14