**Олимпиада для студентов и выпускников - 2016 г.**

**Решения задания**
**по направлению «Прикладная математика»**

**Профиль**
**«Системы управления и обработки информации в инженерии»**

**Задание включает 5 задач.**

**Задача 1.(20 баллов)**

(дифференциальные уравнения, теория управления)

Для объекта

$\frac{dx}{dt} = bu$, при $x(0) = x_0$, построить управление вида $u = -cx$, минимизирующее функционал качества $y = \frac{1}{2} \cdot \int_{t_0}^{t_f} (q \cdot x^2 + r \cdot u)dt; \quad t_f \to \infty;$

Оценить влияние соотношения параметров функционала качества $q$ и $r$ на переходной процесс в управляемом объекте.

**Решение задачи 1.**

1. Составим дифференциальное уравнение Риккати

$$\dot{S} = -SA - A^T S - Q_1 + SBQ_2^{-1} B^T S$$

Для параметров заданных объекта и функционала качества

$$A = 0; \quad B = b; \quad Q_1 = q; \quad Q_2 = r;$$
$$\dot{S} = -q + S^2 b^2 \frac{1}{r}.$$

2. Стационарное положительное решение для $S$

$$S = \sqrt{\frac{q \cdot r}{b^2}} = \frac{1}{b}\sqrt{q \cdot r} \; .$$

3. Оптимальное управление

$$u = -Q_2^{-1} B^T S \cdot x; \qquad C = \sqrt{\frac{q}{r}};$$

4. Уравнение управляемого объекта

$$\frac{dx}{dt} = -b\sqrt{\frac{q}{r}} \cdot x \; .$$

Это апериодическое звено с постоянной времени $\tau = \frac{1}{b}\sqrt{\frac{r}{q}}$

$$x(t) = x_0 \cdot e^{-t/\tau};$$

Таким образом, чем больше отношение $r/q$, тем меньше постоянная времени $\tau$ и, тем быстрее сходится процесс стабилизации, который характеризуется экспонентой.

**Задача 2.(20 баллов)**

(теория управления)

Построить в плоскости комплексного переменного амплитудно-фазовую характеристику (АФХ) идеального ПИД регулятора. Указать характерные точки на построенной АФХ.

*Указание*. Математическая модель регулятора представляет собой линейную комбинацию пропорционального интегрирующего и дифференцирующего звеньев, то есть имеет передаточную функцию $W(s) = a_1 + a_2\frac{1}{s} + a_3 s,\ \left(a_i > 0\right)$.

**Решение задачи 2.**

Согласно определению АФХ строится на комплексной плоскости и представляет собой геометрическое место концов векторов (годограф), соответствующих частотной передаточной функции $W(j\omega)$ при изменении частоты от нуля до бесконечности. Преобразуем исходную передаточную функцию в частотную передаточную функцию:

$$W(j\omega) = a_1 + a_2\frac{1}{j\omega} + a_3 j\omega = a_1 + j\left(a_3\omega - a_2\frac{1}{\omega}\right).$$

Из приведенного соотношения видно, что действительная часть $W(j\omega)$ не зависит от величины $\omega$ и равна $a_1$, то есть АФХ располагается параллельно мнимой оси на расстоянии $a_1$ от нее. При $\omega = 0$ мнимая часть $W(j\omega)$ равна $-\infty$, при $\omega = \infty$ мнимая часть $W(j\omega)$ равна $+\infty$. Из сказанного следует, АФХ располагается параллельно мнимой оси на расстоянии $a_1$ от нее и меняется в пределах $-\infty$ и $+\infty$, то есть пересекает действительную ось плоскости комплексного переменного. Найдем значение $\omega$, при котором это происходит. Оно определяется из соотношения

$$\left(a_3\omega - a_2\frac{1}{\omega}\right) = 0,\ \Rightarrow \omega = \sqrt{a_2/a_3}\ .$$

**Задача 3.(10 балов)**

(линейная алгебра)

Найти ортогональный базис подпространства решений линейной однородной системы уравнений:

$$\begin{cases} x_1 - 3x_2 + 2x_3 + 5x_4 + 9x_5 = 0 \\ 2x_1 - x_2 - x_3 + 3x_5 = 0 \\ 3x_1 - 4x_2 + x_3 + 5x_4 + 12x_5 = 0 \end{cases}$$

**Решение к задаче 3.**

Обозначим $L \subset \Re^5$ - подпространство решений представленной системы. Решим эту систему уравнений методом Гаусса и найдем фундаментальную систему решений, т.е. один из базисов подпространства *L*. Запишем расширенную матрицу системы и элементарными преобразованиями строк этой матрицы приведем ее к ступенчатой матрице:

$$\begin{pmatrix} 1 & -3 & 2 & 5 & 9 & 0 \\ 2 & -1 & -1 & 0 & 3 & 0 \\ 3 & -4 & 1 & 5 & 12 & 0 \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{pmatrix} 1 & -3 & 2 & 5 & 9 & 0 \\ 0 & 5 & -5 & -10 & -15 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{pmatrix} 1 & -3 & 2 & 5 & 9 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & -2 & -3 & 0 \end{pmatrix} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \begin{pmatrix} 1 & 0 & -1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & -2 & -3 & 0 \end{pmatrix}$$

Используя последнюю матрицу, записываем систему уравнений, равносильную исходной:

$$\begin{cases} x_1 - x_3 - x_4 = 0 \\ x_2 - x_3 - 2x_4 - 3x_5 = 0 \end{cases}$$

Запишем решения $\vec{x} \in L$ последней системы сначала в координатном виде, а затем в векторном виде, используя параметрическую форму:

$$\begin{cases} x_1 = t_1 + t_2 \\ x_2 = t_1 + 2t_2 + 3t_3 \\ x_3 = t_1 \\ x_4 = t_2 \\ x_5 = t_3 \end{cases} \Leftrightarrow \quad \vec{x} = \begin{pmatrix} t_1 + t_2 \\ t_1 + 2t_2 + 3t_3 \\ t_1 \\ t_2 \\ t_3 \end{pmatrix} = t_1 \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} + t_2 \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} + t_3 \begin{pmatrix} 0 \\ 3 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} \quad \forall t_1, t_2, t_3 \in \Re$$

Таким образом, фундаментальная система решений (т.е. базис подпространства решений) – это три вектора

$$\vec{a}_1 = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}; \quad \vec{a}_2 = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}; \quad \vec{a}_3 = \begin{pmatrix} 0 \\ 3 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}.$$

Но эти векторы не образуют ортогональный базис, например, $(\vec{a}_1, \vec{a}_2) = 1 \neq 0$.
Ортогонализируем систему векторов $\vec{a}_1, \vec{a}_2, \vec{a}_3$ методом Грама-Шмидта, т.е. построим новые векторы $\vec{b}_1, \vec{b}_2, \vec{b}_3$, которые будут попарно ортогональны и будут являться требуемым ортогональным базисом подпространства *L*.

1. $\vec{b}_1 = \vec{a}_1 = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$; 2. $\vec{b}_2 = \vec{a}_2 - \lambda \vec{b}_1, \quad \text{ãäå} \quad \lambda = \frac{(\vec{a}_2, \vec{b}_1)}{(\vec{b}_1, \vec{b}_1)} = \frac{3}{3} = 1, \Rightarrow \vec{b}_2 = \vec{a}_2 - \vec{b}_1 = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ -1 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}$;

3. $\vec{b}_3 = \vec{a}_3 - \lambda_1 \vec{b}_1 - \lambda_2 \vec{b}_2, \quad \text{ãäå} \quad \lambda_1 = \frac{(\vec{a}_3, \vec{b}_1)}{(\vec{b}_1, \vec{b}_1)} = \frac{3}{3} = 1, \quad \lambda_2 = \frac{(\vec{a}_3, \vec{b}_2)}{(\vec{b}_2, \vec{b}_2)} = \frac{3}{3} = 1.$

$$\Rightarrow \vec{b}_3 = \vec{a}_3 - \vec{b}_1 - \vec{b}_2 = \begin{pmatrix} 0 \\ 3 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ -1 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 \\ 1 \\ 0 \\ -1 \\ 1 \end{pmatrix}.$$

Ответ:

$$\begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}; \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ -1 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}; \begin{pmatrix} -1 \\ 1 \\ 0 \\ -1 \\ 1 \end{pmatrix}.$$

Замечание. Ответ может быть другим, но полученные другие три вектора должны быть:
a). Решением исходной системы (что легко проверяется подстановкой);
b). Попарно ортогональными, что легко проверяется при помощи вычисления скалярных произведений.

**Задача 4.(20 балов)**

(шифрование и криптография)

В таблицу, состоящую из 28 строк и 29 столбцов, внесены буквы русского алфавита, размещенные в случайном порядке, первый столбец включает порядковые номера строк (табл.1). Необходимо прочитать фразу, которая зашифрована в данной таблице, используя в качестве подсказки пример (табл.2).

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | А | П | Ч | Ц | И | Щ | Ю | И | Э | Б | Ь | Н | Щ | Э | Д | С | Ч | И | Щ | Ц | Ь | Ф | Л | Х | Е | У | Г | Р |
| 2 | Л | Т | И | Ф | Э | Ю | З | М | И | Ч | Я | А | Я | Ц | Э | Н | У | Щ | М | Я | Ц | Л | Ф | Щ | Я | А | Р | К |
| 3 | Т | И | О | К | Б | З | Д | Н | Щ | И | Е | Щ | О | С | Ь | Л | О | М | Т | Д | О | Ц | Х | А | У | Г | А | С |
| 4 | П | Ч | А | Щ | К | Ч | Х | Э | Б | Ь | Н | Я | Н | Ю | С | Д | Х | Г | Я | М | Ч | Ч | А | У | Щ | Е | М | Э |
| 5 | Д | Ь | Ц | И | Я | Х | Щ | Е | М | Э | Ю | Б | Ц | Н | А | У | Ж | У | И | Е | Ю | О | Щ | Ь | Х | Р | У | Г |
| 6 | Н | В | Ж | Е | Е | У | М | У | Р | Е | З | Т | У | Л | Т | К | М | В | Г | В | У | И | Е | Р | Н | К | О | Х |
| 7 | М | Л | Н | Н | У | О | Б | Щ | Ь | Н | Щ | З | С | Ч | Н | Э | Д | Т | В | Ь | Е | Т | У | Ф | А | М | Д | Л |
| 8 | Е | Б | П | Л | О | А | О | Х | Н | Р | К | Ц | Ч | Ж | Б | В | И | О | К | Ф | В | З | Ч | Е | С | О | Б | И |
| 9 | В | К | Д | У | Л | К | Н | В | Е | М | Б | С | Д | О | Ж | Х | Т | Ж | Е | И | М | У | Ц | Д | Р | Ч | С | М |
| 10 | К | А | Т | Ч | З | Р | И | К | Ч | Л | Ц | Е | И | Б | Р | О | В | Ф | Д | Ч | Л | Е | Б | Л | О | Х | Е | Б |
| 11 | Ж | Н | Л | Ж | Н | Г | Л | Б | Х | В | И | У | З | Р | Г | А | Э | З | Ч | К | Я | Х | П | С | Г | Д | Л | О |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12 | Б | Е | Ф | А | П | Н | Р | О | Ц | Щ | Ч | К | Л | Д | В | Т | Н | Л | О | Т | Б | Ж | Т | Б | М | Н | К | Е |
| 13 | Ч | М | В | П | Ж | И | К | З | В | Ж | С | И | Б | Х | Х | Ж | Г | К | Ж | П | А | М | С | Т | Д | С | Ф | Д |
| 14 | Ц | Ж | С | Т | Ф | М | В | П | Л | К | М | Д | Ж | Т | У | Е | Щ | Д | У | Л | Х | Щ | Ь | М | Т | Я | Х | У |
| 15 | Ф | Д | З | О | Г | П | Е | Ь | О | Х | А | О | Р | А | О | И | Л | Р | З | Щ | И | Б | Д | П | В | Л | И | Н |
| 16 | О | Ц | К | Г | Х | Л | Ф | Л | Г | Д | О | Л | Ф | У | Ц | М | Б | Н | Ц | Ж | Г | П | Я | Н | Ч | Ж | Н | Ж |
| 17 | З | Ф | Б | З | Р | Ф | Г | Д | Т | Ц | Л | Р | В | З | Л | Г | Р | Е | Л | А | К | С | М | Ч | Л | Ф | В | П |
| 18 | Ш | С | У | М | Т | Ж | У | Т | Ж | О | Г | Ф | К | Щ | И | Щ | З | Ь | А | С | Ж | Д | Р | Ж | Ф | Б | П | З |
| 19 | И | О | Г | Д | Ц | Б | П | Ф | К | А | Р | Ж | Х | Е | П | Ф | К | Х | П | У | П | Ь | В | О | К | Т | Ц | Ч |
| 20 | Г | Ю | М | Р | М | Е | Ь | Г | Ф | З | Д | М | А | Ь | М | Ь | Ф | Ю | Б | О | С | К | Н | Г | Ц | З | Ж | В |
| 21 | Э | З | Р | Б | А | С | Т | Р | Д | С | У | Ь | Т | И | Е | Р | Е | Ц | С | Х | Д | Я | З | Ц | Ж | П | Ь | Ц |
| 22 | Ь | Щ | Ю | Я | С | В | Я | Ж | Я | Г | П | В | Э | П | Ч | Ч | Ю | А | Н | Э | З | В | Э | Ю | Б | И | Т | Щ |
| 23 | С | Х | Е | С | Д | Ь | Ж | А | С | У | Э | Х | М | Г | Щ | П | Ц | Я | Х | Н | Щ | Р | И | К | Ь | Э | Э | Ф |
| 24 | Х | Г | Я | Э | Ю | Т | Э | Ц | У | Т | Х | Ч | П | М | Ю | З | Я | С | Ю | Б | Р | Ю | Г | Э | П | В | З | Ь |
| 25 | Я | Я | Ь | Ю | В | Я | Ч | Я | З | П | В | Ю | Е | К | Ф | Ю | П | Б | Э | Г | Т | Н | О | З | И | Ю | Ю | А |
| 26 | Р | У | Щ | В | Ь | Ц | А | Ч | Ю | Я | Ф | Э | Г | В | З | Ц | Ь | Ч | Р | Ю | Ф | А | Ж | В | Ю | Ь | Щ | Я |
| 27 | Ю | Э | Х | Ь | Щ | Д | С | Ю | А | Ф | Т | П | Ю | Я | К | Я | А | Э | Ф | Р | Н | Э | Ю | Я | З | Ц | Я | Т |
| 28 | У | Р | Э | Х | Ч | Э | Ц | С | П | Ю | Ж | Г | Ь | Ф | Я | Б | С | П | Ь | З | Э | Г | К | И | Э | Щ | Ч | Ю |

***Табл.1***

Пример:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | У | Ч | А | У | И |
| 2 | Ч | И | И | А | Д |
| 3 | И | А | Д | Ч | У |
| 4 | А | У | Ч | Д | Ч |
| 5 | Д | Д | У | Ч | А |

***Табл.2***

Для прочтения текста необходимо знать 2 числа: 1 и 5. Эти числа являются порядковым номерами строк, в которых содержатся буквы зашифрованного слова, которые будут чередоваться, как показано в примере.

Порядковые номера строк, используемых для прочтения текста в задании, u и v являются значениями следующих выражений:

$u = 3^{205}$,

$v = 3^{129}$.

Принцип вычисления требуется установить, ориентируясь на следующие подсказки:

$3^1 = 3$,

$3^2 = 2$,

$3^3 = 6$,

$3^4 = 4$,

$3^5 = 5$.

**Решение задачи 4.**

Для получения приведенных в подсказках значений требуется брать значение остатка по модулю 7 от числа, записанного в левой части каждого из равенств. Установив данный принцип вычислений (взятие остатка по модулю 7), можно установить, что $u = 3^{205} = 3$, а $v = 3^{129} = 6$. Тогда зашифрованная фраза читается в строках 3 и 6, чередуя их через каждый символ, как показано на рисунке. Зашифрованная фраза: «Твоё будущее только в твоих руках».

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | А | П | Ч | Ц | И | Щ | Ю | И | Э | Б | Ь | Н | Ш | Э | Д | С | Ч | И | Щ | Ц | Ь | Ф | Л | Х | Е | У | Г | Р |
| 2 | Л | Т | И | Ф | Э | Ю | З | М | И | Ч | Я | А | Я | Ц | Э | Н | У | Щ | М | Я | Ц | Л | Ф | Щ | Я | А | Р | К |
| 3 | Т | И | О | К | Б | З | Д | Н | Ш | И | Е | Щ | О | С | Ь | Л | О | М | Т | Д | О | Ц | Х | А | У | Г | А | С |
| 4 | П | Ч | А | Щ | К | Ч | Х | Э | Б | Ь | Н | Я | Н | Ю | С | Д | Х | Г | Я | М | Ч | Ч | А | У | Щ | Е | М | Э |
| 5 | Д | Ь | Ц | И | Я | Х | Щ | Е | М | Э | Ю | Б | Ц | Н | А | У | Ж | У | И | Е | Ю | О | Щ | Ь | Х | Р | У | Г |
| 6 | Н | В | Ж | Е | Е | У | М | У | Р | Е | З | Т | У | Л | Т | К | М | В | Г | В | У | И | Е | Р | Н | К | О | Х |
| 7 | М | Л | Н | Н | У | О | Б | Щ | Ь | Н | Ш | З | С | Ч | Н | Э | Д | Т | В | Ь | Е | Т | У | Ф | А | М | Д | Л |
| 8 | Е | Б | П | Л | О | А | О | Х | Н | Р | К | Ц | Ч | Ж | Б | В | И | О | К | Ф | В | З | Ч | Е | С | О | Б | И |
| 9 | В | К | Д | У | Л | К | Н | В | Е | М | Б | С | Д | О | Ж | Х | Т | Ж | Е | И | М | У | Ц | Д | Р | Ч | С | М |
| 10 | К | А | Т | Ч | З | Р | И | К | Ч | Л | Ц | Е | И | Б | Р | О | В | Ф | Д | Ч | Л | Е | Б | Л | О | Х | Е | Б |
| 11 | Ж | Н | Л | Ж | Н | Г | Л | Б | Х | В | И | У | З | Р | Г | А | Э | З | Ч | К | Я | Х | П | С | Г | Д | Л | О |
| 12 | Б | Е | Ф | А | П | Н | Р | О | Ц | Ш | Ч | К | Л | Д | В | Т | Н | Л | О | Т | Б | Ж | Т | Б | М | Н | К | Е |
| 13 | Ч | М | В | П | Ж | И | К | З | В | Ж | С | И | Б | Х | Х | Ж | Г | К | Ж | П | А | М | С | Т | Д | С | Ф | Д |
| 14 | Ц | Ж | С | Т | Ф | М | В | П | Л | К | М | Д | Ж | Т | У | Е | Ш | Д | У | Л | Х | Щ | Ь | М | Т | Я | Х | У |
| 15 | Ф | Д | З | О | Г | П | Е | Ь | О | Х | А | О | Р | А | О | И | Л | Р | З | Щ | И | Б | Д | П | В | Л | И | Н |
| 16 | О | Ц | К | Г | Х | Л | Ф | Л | Г | Д | О | Л | Ф | У | Ц | М | Б | Н | Ц | Ж | Г | П | Я | Н | Ч | Ж | Н | Ж |
| 17 | З | Ф | Б | З | Р | Ф | Г | Д | Т | Ц | Л | Р | В | З | Л | Г | Р | Е | Л | А | К | С | М | Ч | Л | Ф | В | П |
| 18 | Щ | С | У | М | Т | Ж | У | Т | Ж | О | Г | Ф | К | Щ | И | Щ | З | Ь | А | С | Ж | Д | Р | Ж | Ф | Б | П | З |
| 19 | И | О | Г | Д | Ц | Б | П | Ф | К | А | Р | Ж | Х | Е | П | Ф | К | Х | П | У | П | Ь | В | О | К | Т | Ц | Ч |
| 20 | Г | Ю | М | Р | М | Е | Ь | Г | Ф | З | Д | М | А | Ь | М | Ь | Ф | Ю | Б | О | С | К | Н | Г | Ц | З | Ж | В |
| 21 | Э | З | Р | Б | А | С | Т | Р | Д | С | У | Ь | Т | И | Е | Р | Е | Ц | С | Х | Д | Я | З | Ц | Ж | П | Ь | Ц |
| 22 | Ь | Щ | Ю | Я | С | В | Я | Ж | Я | Г | П | В | Э | П | Ч | Ч | Ю | А | Н | Э | З | В | Э | Ю | Б | И | Т | Щ |
| 23 | С | Х | Е | С | Д | Ь | Ж | А | С | У | Э | Х | М | Г | Ш | П | Ц | Я | Х | Н | Ш | Р | И | К | Ь | Э | Э | Ф |
| 24 | Х | Г | Я | Э | Ю | Т | Э | Ц | У | Т | Х | Ч | П | М | Ю | З | Я | С | Ю | Б | Р | Ю | Г | Э | П | В | З | Ь |
| 25 | Я | Я | Ь | Ю | В | Я | Ч | Я | З | П | В | Ю | Е | К | Ф | Ю | П | Б | Э | Г | Т | Н | О | З | И | Ю | Ю | А |
| 26 | Р | У | Щ | В | Ь | Ц | А | Ч | Ю | Я | Ф | Э | Г | В | З | Ц | Ь | Ч | Р | Ю | Ф | А | Ж | В | Ю | Ь | Ш | Я |
| 27 | Ю | Э | Х | Ь | Щ | Д | С | Ю | А | Ф | Т | П | Ю | Я | К | Я | А | Э | Ф | Р | Н | Э | Ю | Я | З | Ц | Я | Т |
| 28 | У | Р | Э | Х | Ч | Э | Ц | С | П | Ю | Ж | Г | Ь | Ф | Я | Б | С | П | Ь | З | Э | Г | К | И | Э | Щ | Ч | Ю |

**Задача 5.(30 баллов)**

(операционные системы, системное программирование)

Определить значения переменных *a, b, c, d, n,k, m, n1, n2, n3* после выполнения фрагмента программы на языке программирования Си в UNIX – подобной операционной системе. Обосновать свое решение.

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <unistd.h>
#include <sys/types.h>
#include <stdlib.h>
void  main()
{ int a=0, b, c, d, k, m, n, s, n1, n2, n3,  p[2];
char buf[5000];
close(1);
pipe(p);
if( fork()==0)
{close(p[0]);
close(0);
creat(“a.txt”, 0664);
a=open(“a.txt”, 0);
b=write(a, ”aaaa”, 10);
c=read(0, buf, 1);
d=write(p[1], “aaa”, 2);
exit(0);
}
else
{wait(&s);
close(p[1]);
n=creat(“b.txt”, 640);
k=read(p[0], buf, 50000);
m=dup(a);
n1=open(“a.txt”, 1);
n2=write(n1, “aa”, 1);
n3=read(n2, buf, 4);
}
}
```

**Решение к задаче 5.**

При создании процесса автоматически открываются файлы стандартного ввода, стандартного вывода и стандартного протокола с пользовательскими дескрипторами 0, 1 и 2, соответственно.

Далее, закрывается файл с пользовательским дескриптором 1 – *close(1).* Открывается файл межпроцессного канала *pipe(p)* с пользовательскими дескрипторами *p[0]=1 и p[1]=3.* После чего процесс создает процесс-потомок с помощью системного вызова *fork().* Таблица пользовательских дескрипторов открытых файлов у «процесса-отца» и у «процесса-сына» одинаковы. Далее эти процессы функционируют независимо друг от друга.

«Процесс-сын» закрывает файлы с пользовательскими дескрипторами *p[0]=1 и 0 – close(p[0]) и close(0).* Создает файл *a.txt* с пользовательским дескриптором 0 –

*creat("a.txt",0664)*. Открывает файл *a.txt* для чтения – *open("a.txt",0)*. Системный вызов *open()* возвращает номер первой свободной строки в таблице пользовательских дескрипторов открытых файлов процесса 1, т.е. ***a=1***. Далее, в файл с пользовательским дескриптором *a* осуществляется запись 10 символов, начиная со строки *aaaa – write(a, "aaaa",10),* но так как файл с дескриптором *a* открыт только для чтения, системный вызов *write()* вернет -1, т.е. ***b=-1.*** После этого производится чтение из файла с пользовательским дескриптором 0 *–read(0,buf,1),* но файл с дескриптором 0 создан с помощью системного вызова *creat()*, а *creat()* при создании открывает файл только на запись, поэтому *read()* вернет значение -1, т.е. ***c=-1***. Системный вызов *write(p[1],"aaa",2)* осуществляет запись в файл с пользовательским дескриптором *p[1]=3* двух байтов, поэтому ***d=2.*** С помощью функции *exit()* «процесс-сын» завершается.

«Процесс-отец» дождавшись завершения «процесса-сына» (wait()), закрывает файл с пользовательским дескриптором *p[1]=3.* Создает и открывает на запись файл *b.txt* с с первым свободным пользовательским дескриптором, т.е. ***n=3***. Считывает из межпроцессного канала, т.е. из файла с пользовательским дескриптором *p[0] =1* 50000 байтов, но т.к. в канале находится всего два байта, системный вызов *read()* вернет 2, т.е. ***k=2***. Далее, происходит копирование дескриптора файла *a* на первую свободную строку в таблице пользовательских дескрипторов файлов процесса *(dup(a))*, а это 4 строка, т.е. ***m=4***. При этом необходимо учитывать, что значение *a* для «процесса-отца» равно 0 (это файл стандартного ввода). Далее, файл *a.txt* открывается на запись. Системный вызов *open()* вернет номер первой свободной строки в таблице пользовательских дескрипторов открытых файлов процесса, а это 5, т.е. ***n1=5***. После чего осуществляется запись одного байта в файл с пользовательским дескриптором *n1=5*. Системный вызов *write()* вернет 1, т.е. ***n2=1***. А при чтении из файла с пользовательским дескриптором *n2=p[0]=1* (т.е. межпроцессного канала) будет получен код ответа 0, что означает конец файла, т.к. перед этим всю информацию из этого файла уже считали. Таким образом, ***n3=0.*** «Процесс-отец» завершается.

Значения переменных после выполнения этого фрагмента программы можно занести в таблицу:

| | *a* | *b* | *c* | *d* | *n* | *k* | *m* | *n1* | *n2* | *n3* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| «Процесс-отец» | 0 | ? | ? | ? | 3 | 2 | 4 | 5 | 1 | 0 |
| «Процесс-сын» | 1 | -1 | -1 | 2 | ? | ? | ? | ? | ? | ? |