



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Автоматизация производственных процессов»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к лабораторным работам по дисциплине

«Введение в инженерную деятельность»

Составители
Губанова А.А.
Иванов С.В.
Полях Т.С.

Ростов-на-Дону, 2013



Аннотация

Предназначены для бакалавров по направлению: 220700.62 «Автоматизация технологических процессов и производств», 220400.62 «Управление в технических системах», а также для других специальностей всех форм обучения.

Составители

Старший преподаватель А.А. Губанова
Кандидат технических наук, доцент С.В. Иванов
Ассистент Т.С. Полях





Оглавление

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1 ОЦЕНКА НАДЁЖНОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ (АСУТП)	4
1. Цель работы	4
2. Теоретические сведения	4
3. Выполнение работы	5
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2 ОРГАНИЗАЦИЯ ПОТОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА	7
1. Цель работы	7
2. Теоретические сведения	7
3. Выполнение работы	9
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	10



ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

ОЦЕНКА НАДЁЖНОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ (АСУТП)

1. Цель работы

Получить практические навыки расчета функциональной и эффективной надежности системы управления (СУ)

2. Теоретические сведения

АСУТП может находиться в нескольких рабочих состояниях, так как выход из строя отдельных её элементов не вызовет полного отказа системы, т. е. прекращения выполнения ею заданных функций, но ухудшит в той или иной степени качество функционирования. Следовательно, отказ какого-либо элемента приведёт функционирующую систему в состояние частичной работоспособности.

С этой точки зрения АСУТП оценивают по критериям функциональной и эффективной надёжности.

Эффективную надёжность P_3 оценивают по среднему значению (математическому ожиданию) величины, характеризующей относительный объём и полезность выполняемых системой функций в течение заданного времени по сравнению с её предельными возможностями. Введение критерия эффективной надёжности связано с тем, что каким-либо отдельным показателем функциональной надёжности не удаётся оценить функционирование сложной системы. Сложная система кроме надёжности каждого блока и всей системы характеризуется ещё относительной важностью потери системой тех или иных качеств. Поэтому под РЭ понимается некоторая количественная мера, оценивающая качество выполняемых системой функций.

Под функциональной надёжностью P_Φ понимают вероятность того, что данная система будет удовлетворительно выполнять свои функции в течение заданного времени.

Таким образом, функциональная надёжность системы зависит от безотказной работы как основного устройства (комплекса) в заданное время, так и дополнительных устройств, работающих совместно с основным в течение времени τ :

$$P_\Phi = f\{P_0(t); k_i; P_i(\tau_i)\}, \quad (1)$$

где $P_0(t)$ - вероятность безотказной работы основного элемента; k_i - коэффициент готовности i -го устройства; $P_i(\tau_i)$ - вероятность безотказной работы i -го дополнительного устройства при совместной работе с основным за среднее время при решении основной задачи.

Так как вся система работает в основном режиме, то её функциональная надёжность определяется по зависимости:

$$P_\Phi = P_0(t) \prod_{i=1}^m k_i \cdot P_i(\tau_i), \quad (2)$$

где m - количество дополнительных устройств в системе.

Если резервирования в системе нет, то:

$$P_0(t) = e^{-\lambda_0 t}; \quad P_i(t) = e^{-\lambda_i t}; \quad k_i = \frac{1}{1 + \rho_i} (1 + \rho_i \cdot e^{-\frac{-1 + \rho_i}{\rho_i \cdot \tau_i}}) \quad (3)$$

где λ_0, λ - соответственно средняя интенсивность отказов основного и дополнительного устройств; $\rho = \frac{\lambda_i}{\mu_i}$, $\mu^{-1} = \theta_i$ - среднее время восстановления рабочего состояния устройства; $\lambda_i^{-1} = T_i$

- среднее время безотказной работы. В случае, когда $t \rightarrow \infty$, коэффициент готовности i -го устройства:

$$k_i = \frac{1}{1 + \lambda_i \theta_i} = \frac{T_i}{T_i + \theta_i}$$

Из сказанного следует, что функциональная надёжность учитывает временные функциональные связи между дополнительными и основными устройствами системы.

Для определения эффективной надёжности системы следует рассмотреть все комбинации состояний устройств, составляющих полную группу событий. Так как каждое из $m + 1$ рассматриваемых устройств (включая основное) может иметь два состояния (исправно или нет), то число комбинаций, составляющих полную группу событий, будет равно $n = 2^{m+1}$. Тогда эффективная надёжность системы определяется выражением:

$$P_3 = \sum_{j=1}^n P_j(t) \cdot E_j, \quad (4)$$

где $P_j(t)$ - вероятность j -го состояния системы в какой-либо момент времени t ; E_j - коэффициент



эффективности; определяется как весовой коэффициент важности выполняемых задач в j-м состоянии системы по сравнению с полным объёмом задач, решаемых в системе.

Коэффициент эффективности E_j показывает, насколько снижается работоспособность системы при отказе данного элемента, т. е. характеризует в системе вес элемента по надёжности и может принимать значения $0 < E_j < 1$. Для элементов, отказ которых не влияет на выполнение системой основных функций, $E_j = 0$. Для элементов, отказ которых приводит к полному отказу системы, $E_j = 1$. Для вычисления коэффициентов эффективности системы E_j необходимо вычислить E_i по каждой

частной задаче с учетом её относительной важности. При этом соблюдается условие: $\sum_{i=1}^M E_i = 1$, где M - общее число задач, решаемых системой.

Коэффициент E_j в этом случае определяется как сумма весовых коэффициентов частных задач, решаемых системой в j-м состоянии: $E_j = \sum_{i=1}^R E_i$, где R - количество частных задач, решаемых в j-м состоянии.

Таким образом, эффективная надёжность характеризует относительный объём и полезность выполняемых системой функций в течение заданного времени по сравнению с её предельными возможностями.

3. Выполнение работы

Задание: рассчитать функциональную и эффективную надёжность одной из систем, блок-схемы которых представлены на рисунке. Составить таблицу возможных состояний системы управления. Коэффициенты готовности вспомогательных устройств $K_B = 0,8$; $K_C = 0,85$; $K_D = 0,9$; $K_E = 0,95$. Интенсивность отказов основного устройства = $0,05 \cdot 10^{-6}$ ч. Время работы системы $t = 1000$ ч.

Таблица 1- Возможные состояния системы

№	Состояние	№	Состояние	№	Состояние	№	Состояние
1	ABCDE	9	$\overline{A}BCDE$	17	$ABC\overline{D}E$	25	$\overline{A}BC\overline{D}E$
2	$ABC\overline{D}E$	10	$\overline{A}BC\overline{D}E$	18	$\overline{A}BCDE$	26	$\overline{A}BCDE$
3	$ABCDE$	11	$ABCDE$	19	$ABCDE$	27	$ABCDE$
4	$ABCDE$	12	$\overline{A}BCDE$	20	$\overline{A}BCDE$	28	$\overline{A}BCDE$
5	$\overline{A}BCDE$	13	$\overline{A}BCDE$	21	$\overline{A}BCDE$	29	$\overline{A}BCDE$
6	$\overline{A}BCDE$	14	$\overline{A}BCDE$	22	$\overline{A}BCDE$	30	$\overline{A}BCDE$
7	$ABCDE$	15	$\overline{A}BCDE$	23	$\overline{A}BCDE$	31	$\overline{A}BCDE$
8	$ABCDE$	16	$\overline{A}BCDE$	24	$\overline{A}BCDE$	32	$\overline{A}BCDE$

Таблица 2- Исходные данные

№ вар	Схема	Интенсивность отказов вспомогательных устройств				№ вар	Схема	Интенсивность отказов вспомогательных устройств			
		B	C	D	E			B	C	D	E
1	А	min	med	max	min (med)	5	В	max	med	max	min (med)
2				max	med (max)	6		max		med (max)	
3	Б	med	min	min	med (max)	7	Г	min	max	min	med (max)
4				min	max (min)	8				min	max (min)

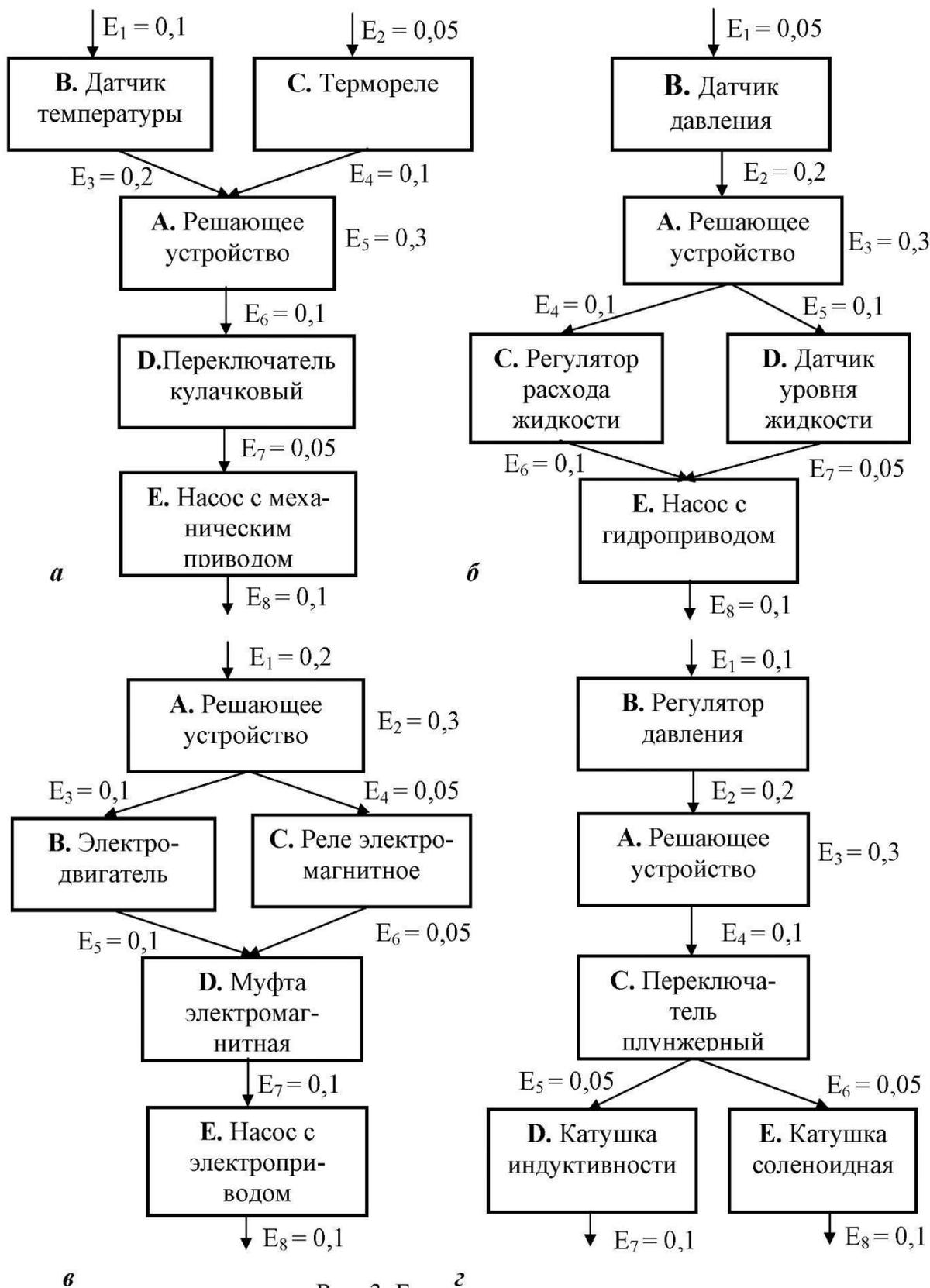


Рисунок. Блок-схемы систем



ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2 ОРГАНИЗАЦИЯ ПОТОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

1. Цель работы

Получить практические навыки организации и расчета механизированных поточных линий с рабочим конвейером

2. Теоретические сведения

В машиностроении и ряде других отраслей промышленности используют разнообразные механизированные поточные линии. Классификация поточных линий определяется рядом признаков, в соответствии с которыми можно выделить, например, однономенклатурные и многономенклатурные линии, синхронизированные линии с рабочим и распределительным конвейерами, линии с регламентированным и со свободным ритмами, с непрерывным и пульсирующим движениями конвейера и т. д.

Такт выпуска продукции:

$$T_T = \frac{F_c}{\Pi_c} \quad (1)$$

Где: F_c - суточный фонд времени работы линии, ч, мин; Π_c - суточное плановое задание, шт.

Программа запуска $\Pi_{з.с}$ равна при отсутствии брака программе выпуска $\Pi_{в.с}$.

Ритм выпуска продукции:

$$T_p = \frac{\Pi_c}{F_c}$$

Такт линии с регламентированными перерывами:

$$T_{Т.Р.П} = f \cdot (T_{СМ} - T_{ПЕР}) \cdot (100 - A) / \Pi_a \cdot 100, \quad (2)$$

Где: f -число рабочих смен в сутки; $T_{СМ}$ - продолжительность смены, ч; a - планируемые технологические потери (брак), % от $\Pi_{з.с}$.

При наличии технологических потерь:

$$T_{з.с.} = 100 \cdot \Pi_{в.с.} / (100 - a)$$

(3)

Такт линии без регламентированных перерывов:

$$T_{Т.Б.П} = T_{СМ} \cdot f \cdot (100 - A) \cdot \Pi_{в.с} \cdot 100 \quad (4)$$

Расчетное число рабочих мест (единиц оборудования) для выполнения i -операции:

$$w_{ip} = t_{штучно} / T_T, \quad (5)$$

где $t_{штучно}$ - норма времени на выполнение i -ой операции (штучно- калькуляционное время)

Коэффициент загрузки оборудования на каждой операции:

$$K_{з.oi} = 100 \cdot w_{ip} / w_{i\phi}, \quad (6)$$

где $w_{i\phi}$ - фактически принятое число рабочих мест на i -ой операции.

Число рабочих на i -ой операции:

$$R_i = w_{i\phi} \cdot f / w_{ин.о}, \quad (7)$$

где $w_{ин.о}$ - норма обслуживания на i -ой операции.

Общее число рабочих на линии:

$$R_0 = (1 + b/100) \sum_{i=1}^m R_i, \quad (8)$$

где b - численность (в процентах) дополнительных рабочих мест на подмену основного состава в случае необходимости ($b \approx (2-3)\%$).

Далее для расчета длительности производственного цикла изготовления детали или сборки изделия определяют параметры, характеризующие непосредственно рабочий конвейер.

Шаг конвейера l_0 - это расстояние между осями двух смежных собираемых на конвейере изделий:

$$l_0 = l_{об} + l_{np}, \quad (9)$$

где $l_{об}$ - габаритная длина объекта, м; l_{np} - промежуток между объектами на конвейере, (0,2-0,3)

м.

Скорость движения конвейера:

$$V_{кв} = l_0 / T_T \quad (10)$$



Как правило, $V_{кв} = (0.3 - 2) м / мин$

Нормальная длина зоны каждой операции:

$$l_{ni} = l_0 \cdot t_{i\text{норм}} / T_T = l_0 \cdot w_{i\phi} \quad (11)$$

Резервная зона i-ой операции:

$$l_{pi} = l_0 \cdot \Delta_i, \quad (12)$$

где Δ_i - число резервных делений, которое необходимо добавить к l_{ni} :

$$\Delta_i = (t_{i\max} - t_{icc}) / T_T; \quad t_{icc} = (t_{i\max} + t_{i\min}) / 2 \quad (13)$$

где $t_{i\max}, t_{i\min}, t_{icp}$ - соответственно максимальная, минимальная и средняя продолжительность i-ой операции.

Общая длина зоны i-ой операции:

$$l_i = l_{ni} + l_{pi} = l_0 (w_{i\phi} + \Delta_i) \quad (14)$$

Длина рабочей части конвейера:

$$l_k = l_0 \left[\sum_{j=1}^m w_{j\phi} + \sum_{i=1}^{m_0} (w_{i\phi} + \Delta_i) \right], \quad (15)$$

где m, m_0 - соответственно количество операций со стабильной продолжительностью и с колебаниями ее в пределах от $t_{i\min}$ до $t_{i\max}$; $w_{j\phi}$ - количество рабочих мест на j-ой операции со стабильной продолжительностью.

Длительность производственного цикла изготовления на линии детали (изделия):

$$T_u = l_k / V_{кв} = T_T \left[\sum_{j=1}^m w_{j\phi} + \sum_{i=1}^{m_0} (w_{i\phi} + \Delta_i) \right] \quad (16)$$

Количество изготовленных объектов, находящихся одновременно на конвейере, $\Pi_0 = T_u / T_T$.

Пример расчёта механизированной поточной линии с рабочим конвейером.

Необходимо рассчитать такт линии, предназначенной для сборки блоков автомобильных двигателей с выпуском 350 шт. в смену. Шаг конвейера - 1,3 м. Регламентированные перерывы составляют 20 мин за смену, продолжительность которой - 8,2 ч; режим работы - двухсменный. Технологические потери - 1,4 % от сменной программы запуска. Продолжительность операций процесса сборки:

Номер операции	5	10	15	20	25	30	35	40	45
Норма времени, мин	2,6	3,3	2,4	2,6	5,5	7,8	5,2	4,8	1,2

При выполнении десятой операции возможны отклонения фактических затрат времени от нормы в пределах (0,7 - 1,3) мин.

Порядок выполнения расчёта следующий.

Исходя из требуемой программы выпуска блоков автомобильных двигателей, определяют сменную программу запуска:

$$\Pi_3 = 100 \cdot \Pi_B / (100 - a); \quad \Pi_3 = 100 \cdot 350 / (100 - 1,4) = 335 \text{ шт}$$

Сменный действительный фонд времени работы линии F_{CM} находят исходя из продолжительности смены с учётом регламентированных перерывов для отдыха и профилактических мероприятий:

$$F_{CM} = T_{CM} - T_{ПЕР} = 8,2 \cdot 60 - 20 = 472 \text{ мин}$$

Такт линии по зависимости (1)

$$T_T = 472 / 355 = 1,33 \text{ мин.}$$

Так как по условию задачи шаг конвейера = 1,3 м, то скорость конвейера (см. зависимость (10))

$$V_{кв} = 1,3 / 1,33 = 0,98 \text{ м/мин.}$$

Затем по зависимости (5) рассчитывают количество рабочих мест, необходимых для сборки блока цилиндров автомобильного двигателя, принимают значение $w_{i\phi}$, определяют по зависимости (6) коэффициент загрузки рабочих мест K_{30i} , а по зависимости (11) - длины зон операций (11).

Общее число рабочих мест на линии составит:

$$w = \sum_{i=1}^9 w_{i\phi\text{фак}} = 31 \text{ шт}$$

Количество рабочих на линии при $b = 3\%$ и $R_i = w_{i\phi}$ по зависимости (8):

$$R_{CM} = (1 + 3/100) = 31,93 \approx 32 \text{ чел}$$

С учётом двухсменной работы на линии принимаем $R_0 = 64$ чел.



Введение в инженерную деятельность

Длина резервной зоны для десятой операции равна $l_{p10} = l_0 \cdot \Delta_{10} \cdot (3 \cdot 12)$, где Δ_{10} - число резервных делений (шагов конвейера), добавляемых к нормальной зоне десятой операции, т.е. $\Delta_{10} = 1,3 / 1,33 = 0,98 \approx 1$.

Тогда длина линии рабочей зоны десятой операции:

$$l_{10} = l_{u10} + l_{p10}; l_{10} = 1,3 \cdot 6 + 1,3 \cdot 1 = 9,1 \text{ м}$$

Длительность цикла сборки блока цилиндров автомобильного двигателя по зависимости (16):

$$T_{ц} = T_T \cdot \sum_{i=1}^9 w_{i\phi} + l_{p10} / V_{кв} = 1,33 \cdot 31 + 1,3 / 0,98 = 42,56 \text{ мин} = 0,71 \text{ ч}$$

Таким образом, такт линии $T_T = 1,33$ мин.; число рабочих мест $w = 31$ шт.; цикл сборки блока цилиндров автомобильного двигателя $T_{ц} = 0,71$ ч.

Таблица 1-Результаты расчёта

№ операции	t _i шт., мин	w _{ip} , шт.	w _{iφ} , шт.	Кз.о.і %	l _{иi} , м
5	2,6	1,95	2	98	2,6
10	8,3	6,24	6	104	7,8
15	2,4	1,80	2	90	2,6
20	2,6	1,95	2	98	2,6
25	5,5	4,14	4	104	5,2
30	7,8	5,86	6	98	7,8
35	5,2	3,91	4	98	5,2
40	4,8	3,61	4	90	5,2
45	1,2	0,90	1	90	1,3

3. Выполнение работы

Задание: рассчитать такт линии, предназначенной для сборки изделий и длительность цикла сборки. Величины длительности операций и программы выпуска изделий выбирают из табл. 1; остальные данные берут из представленного примера.

Таблица 2- Исходные данные для расчета

№ варианта	Продолжительность операции, мин.										Выпуск изделий, шт.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	8,3	2,6	2,6	2,4	5,5	4,8	7,8	1,2	2,2	6,3	200
2	1,2	3,4	6,6	5,3	3,5	4,6	2,1	3,1	4,2	1,6	300
3	2,5	2,6	1,4	7,6	5,4	6,2	3,1	1,7	2,0	2,8	220
4	5,6	6,4	2,1	1,2	1,3	2,2	6,4	4,2	3,7	1,2	250
5	1,6	2,2	2,5	6,8	8,3	5,4	4,2	2,6	2,6	1,3	370



СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Михайлов А.В. Основы проектирования технологических процессов машиностроительных производств. М. «Просвещение», 2007. с -417.
2. Самойлова Л.Н. Технологические процессы в машиностроении. СПб., изд. «Лань», 2011.