

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Робототехнические системы»

А. Р. Околов
А. А. Москаленко

**АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ**

Методическое пособие по лабораторным работам
для студентов специальности 1-53 01 01 «Автоматизация
технологических процессов и производств»

Минск
БНТУ
2012

УДК 658.512-027.43(076.5)(075.8)

ББК 32.965я7

О-51

Рецензенты :

С. Н. Павлович, Н. Н. Гурский

Околов, А. Р.

О-51 Автоматизированные системы управления технологическими процессами : методическое пособие по лабораторным работам для студентов специальности 1-53 01 01 «Автоматизация технологических процессов и производств» / А. Р. Околов, А. А. Москаленко. – Минск : БНТУ, 2012. – 78 с.

ISBN 978-985-550-042-2.

Данное методическое пособие предназначено для углубленного изучения и практического закрепления студентами знаний в области проектирования и организации современных автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП).

В пособии излагаются материалы, связанные не только с построением и организацией АСУ ТП, но и вопросы анализа эффективности использования АСУ ТП, управления качеством выпускаемой продукции и оценки надежности АСУ ТП.

Методическое пособие может быть полезно студентам, инженерам и преподавателям, занимающимся проектированием и анализом автоматизированных систем управления технологическими процессами.

УДК 658.512-027.43(076.5)(075.8)

ББК 32.965я7

ISBN 978-985-550-042-2

© Околов А. Р., Москаленко А. А., 2012

© Белорусский национальный
технический университет, 2012

ОЦЕНКА НАДЁЖНОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ (АСУТП)

Цель работы:

1. Ознакомиться с типовыми этапами управления в процессе выработки и реализации управленческого решения.
2. Познакомиться с понятием надежности систем.
3. Рассчитать функциональную и эффективную надёжность предложенной системы.

1.1 Свойства и характеристики систем

В современном понимании система – это совокупность элементов или подсистем, находящихся во взаимодействии и образующих определённую целостность. Системы бывают различной сложности: объединение, состоящее из ряда предприятий; машиностроительный завод, состоящий из ряда служб, цехов, участков; станок, состоящий из ряда агрегатов, и т. д.

Различают системы технические (например, металлорежущий станок, автоматическая линия), человеко-машинные (автоматизированные системы управления технологическим процессом - обслуживающий персонал, станок - человек), производственно-экономические (завод, фирма), социальные (персонал, различные группы населения), биологические (человеческий организм, определённая природная зона).

Функционирование системы в качестве единого целого обеспечивается связями между её элементами. Элемент системы – это объект, выполняющий определённые функции и не подлежащий дальнейшему расчленению в рамках поставленной перед данной системой задачи. Связи между элементами определяют структуру системы.

Например, элементом механосборочного цеха (системы) является станок (подсистема, элемент), который может осуществлять

изготовление деталей, что является основной задачей данного цеха. Дальнейшее расчленение станка на агрегаты для производственного процесса не имеет смысла, но важно для организации технического обслуживания и профилактических мероприятий.

Выделение системы, т.е. отнесение к ней определенного перечня элементов, является сложной задачей, особенно для производственных, экономических и социальных систем.

Элементы относятся к данной системе, если они удовлетворяют следующим основным требованиям:

- имеют общую цель, т. е. каждый элемент должен работать и давать свой измеряемый вклад в достижение цели системы;
- взаимно дополняют друг друга, т. е. без любого элемента система не может эффективно решать стоящих перед ней задач;
- имеют стабильные организационные, ресурсные и иерархические связи в системе.

Любая система характеризуется совокупностью (вектором) входов $Q_{вх}$, совокупностью (вектором) выходов $Q_{вых}$ и параметрами внутреннего состояния X (рис. 1.1).

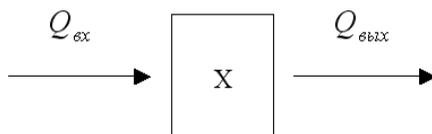


Рис. 1.1. - Структурная схема системы

Например, если в качестве системы представить коробку передач вертикально-фрезерного станка, то входом для неё будет являться крутящий момент $M_{кр}$, поступающий на первичный вал, и его частота вращения; выходом – изменённые значения этих показателей до заданных; параметрами внутреннего состояния – сочетание (набор) зубчатых колес, обеспечивающее заданное преобразование (изменение).

Кроме вышеназванных существует такое понятие, как большие системы. Оно достаточно условно и характеризуется одним из следующих показателей или их комбинацией:

1. Иерархичность системы, т. е. наличие нескольких уровней в её структуре. Например, автомобильный завод: цех -- участок -- бригада -- исполнитель; станок: агрегат -- узел -- деталь.

2. Наличие в системе элементов различного происхождения: технических, экономических, социальных. Например, предприятие: станки -- здания -- сооружения (технические элементы) -- операторы -- ремонтники -- ИТР (социальные элементы) -- взаимоотношения с банками, производителями техники, потребителями (экономические элементы).

3. Количество подсистем более 7--10.

1.2 Понятие об управлении

Известно несколько определений понятия «Управление». Инженерное (прикладное) определение этого понятия: управление – это процесс преобразования информации о состоянии системы в определённые целенаправленные действия, переводящие управляемую систему из исходного в заданное состояние.

Минимально необходимыми, но недостаточными условиями управления являются: наличие объективной и адекватной информации о состоянии системы и внешних факторов, определение цели (или целей), стоящей перед системой, и понимание возможных способов или действий для достижения этой цели. Но любое реальное управление требует ресурсов, а само управление, т. е. изменение состояния системы, происходит во времени, иногда весьма значительном. Поэтому достаточным набором для построения разумного управления является: информация о состоянии системы, её цели, имеющиеся ресурсы, располагаемое системой время для достижения этих целей, а также необходимые для этого действия.

Естественно, что этот набор должен располагаться и использоваться в определённой последовательности, образующей типовые этапы или технологию управления, применяемую независимо от отрасли, предприятия и характера задач. Типовыми этапами управ-

ления в процессе выработки и реализации управленческого решения считаются следующие этапы:

1. Определение цели, стоящей перед управлением системой или подсистемой (отраслью, цехом, участком, бригадой). Причём цель подсистемы должна увязываться с целью системы более высокого ранга. Следовательно, постановка цели и её реализация должны рассматриваться в рамках программно-целевого подхода.

2. Получение информации о состоянии системы и о внешних факторах, действующих на систему.

При сборе, получении и обработке информации различают следующие понятия:

- сообщение – упорядоченный набор символов, служащих для выражения информации;

- документ – материальный носитель сообщения в виде письма, справки, ведомости, наряда и др.;

- сигналы – физические факты, явления, процессы, служащие для передачи и накопления сообщений;

- шум – помехи, затрудняющие получение сигнала.

3. Обработка информации, оценка её точности, представительности, достоверности.

4. Анализ информации, сбор при необходимости дополнительной информации, её экспертиза.

5. Принятие управленческих решений в соответствии с целями системы, полученной и обработанной информацией.

6. Придание решению чёткой, желательно нормативной формы, обеспечивающей индивидуальную ответственность исполнителей, поэтапный количественный и качественный контроль.

7. Доведение решения до исполнителей. Здесь используются различные методы обучения, агитации, пропаганды. Наиболее целесообразной формой решения являются закон, правило, норматив, обеспечивающие эффективное управление.

8. Реализация управляющего воздействия, например, строительство или реконструкция производственной базы; освоение новых видов услуг; введение новой системы морального и материального поощрения рабочих; направление металлорежущего станка в ремонт или его списание и т. д.

9. Получение отклика (реакции) системы на управляющие действия в виде новой порции информации об изменении состояния системы.

При полном достижении системой назначенных целей в заданное время управление является оптимальным. Если состояние системы ухудшилось, то управление нерационально. Если произошло улучшение состояния системы, но цели полностью не достигнуты, то управление является рациональным. После этого наступает 10-й этап, в процессе которого анализируются причины, по которым цели не были достигнуты, при необходимости либо причины ликвидируются, либо корректируются цели.

Таким образом, управление реальными системами носит многошаговый характер, когда к достигнутой цели приходят не за один, а за несколько шагов, последовательно корректируя действия с учётом достигнутых результатов.

Одна из типичных ошибок управления на разных уровнях – это попытка достичь цели за один ход, что для многих, а особенно больших систем является просто нереальным по следующим причинам:

- мы не располагаем, как правило, всей информацией о состоянии системы и действующих на неё факторов;
- реализация решения происходит во времени, иногда значительном, при этом ряд факторов, действующих в системе и на систему, изменяются;
- большие системы инерционны и для изменения их состояния требуется значительное время;
- главный действующий субъект управления – человек – консервативен, и требуется адаптация к новым целям и методам их достижения.

Таким образом, при выработке и принятии управленческого решения, необходимо учитывать дефицит информации, значительный разрыв между моментами принятия и реализации решения и те последствия, которые могут возникнуть (социальные, технические, экономические) в результате реализации этого решения.

1.3 Надёжность автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП)

Сложная 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.

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

Эффективную надёжность $P_э$ 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 удастся 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 $P_э$ понимается некоторая количественная мера, оценивающая качество выполняемых системой функций.

1.4 Оценка функциональной надёжности системы

Прежде чем произвести оценку надёжности системы в целом, необходимо найти показатели надёжности отдельных её звеньев (подсистем). Для этого следует определить их состав на основе анализа структурной схемы данной (или проектируемой) системы. Необходимо также выделить комплекс устройств (подсистем),

всякий отказ в работе которых приводит к отказу всей системы. В АСУТП таким устройством (основным), как правило, является ЭВМ (вычислительное и запоминающее устройство).

После этого необходимо установить функциональные связи основного устройства с дополнительными, которые в процессе работы системы время от времени подключаются к основному устройству на время τ_j для обмена и обновления информации. Очевидно, что влияние таких устройств будет определяться главным образом тем, какова вероятность нахождения этих устройств в рабочем состоянии в любой произвольный момент времени t .

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 :

$$P_{\phi} = f\{P_0(t); k_j; P_j(\tau_j)\}, \quad (1.1)$$

где $P_0(t)$ – вероятность безотказной работы основного элемента; k_j – коэффициент готовности i -го устройства; $P_j(\tau_j)$ – 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 [1]

$$P_{\phi} = P_0(t) \prod_{i=1}^m k_i \cdot P_i(\tau_i), \quad (1.2)$$

где m – количество дополнительных устройств в системе.

Если резервирования в системе нет, то

$$P_0(t) = e^{-\lambda_0 t}; P_j(\tau) = e^{-\lambda_j \tau}, \quad (1.3)$$

где λ_0, λ_j – соответственно средняя интенсивность отказов основного и дополнительного устройств.

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

1.5 Оценка эффективной надёжности систем

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 [1]:

$$P_э = \sum_{j=1}^n P_j(t) \cdot E_j, \quad (1.4)$$

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 $0 \leq E_j \leq 1$. 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_j по каждой частной задаче с учетом её относительной важности. Коэффициент E_j в этом случае определяется как сумма весовых коэффициентов частных задач, решаемых системой в j -м состоянии:

$$E_j = \sum_{i=1}^R E_{ji},$$

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.

Задание и исходные данные для расчёта

1. Задана система управления состоящая из основного устройства A и вспомогательных устройств B, C, D, E (рис. 1.2. а--в).
2. Требуется рассчитать функциональную и эффективную надёжность системы при интенсивности отказов основного и дополнительного устройств λ (табл. 1.2.).
3. Составить таблицу возможных состояний системы управления.
4. Коэффициенты готовности вспомогательных устройств $K_B = 0,8$; $K_C = 0,85$; $K_D = 0,9$; $K_E = 0,95$. Интенсивность отказов основного устройства $\lambda_A = 0,05 \cdot 10^{-6}$ ч. Время работы системы $t = 960$ ч. Задание, согласно номеру варианта по табл. 1.1., выдаёт преподаватель.

Таблица 1.1

Исходные данные

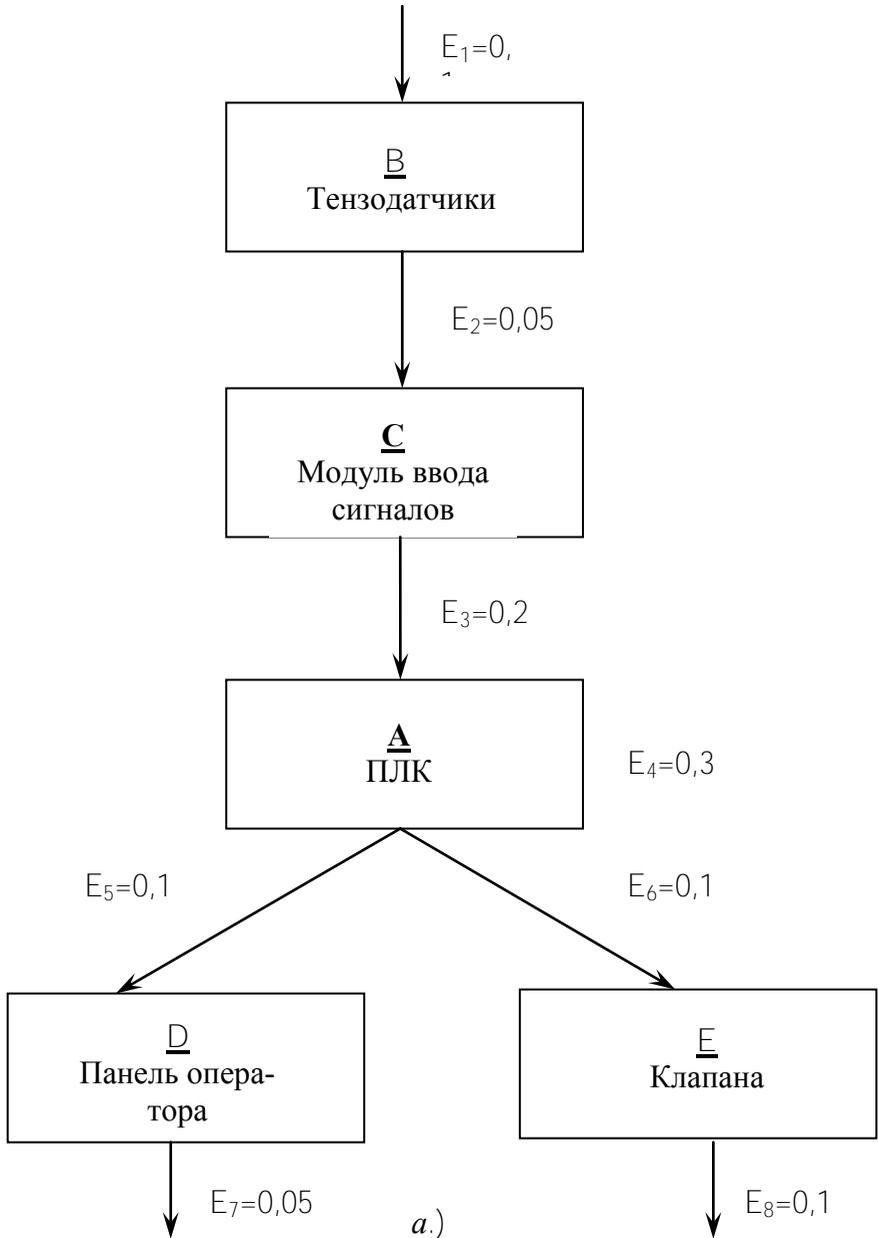
№ варианта	Схема (рис. 1.2)	Интенсивность отказов вспомогательных устройств			
		Вспомогательные устройства			
		B	C	D	E
1	Схема а	min	med	max	min
2				max	med
3				max	max
4				min	min
5	Схема б	med	max	min	med
6				min	max
7				med	min
8	Схема в	max	min	med	max
9				max	min
10				max	med

Таблица 1.2

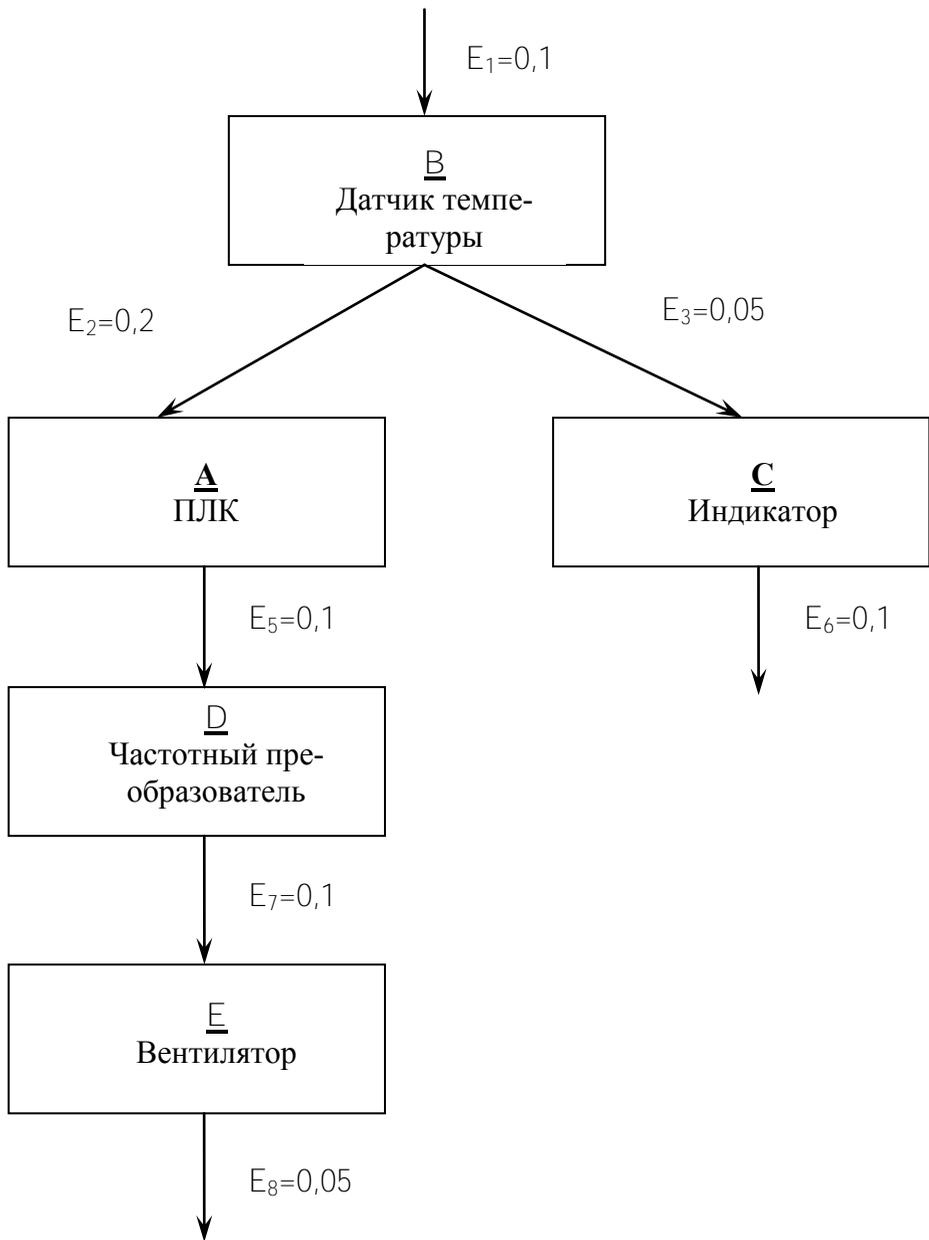
Интенсивность отказов устройств

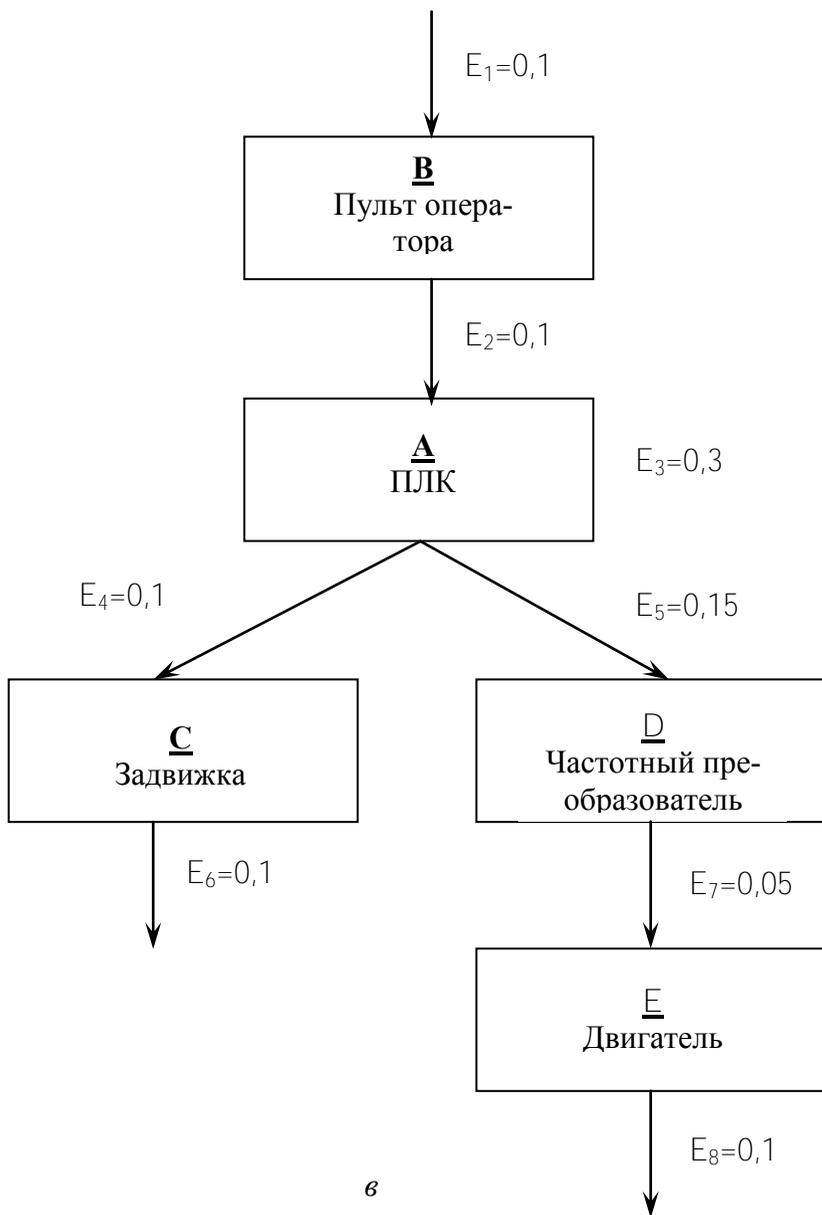
Наименование устройства	Интенсивность отказов $\lambda \cdot 10^{-6}$, ч		
	Max	Med	Min
Тензодатчики	6,40	3,30	1,50
Модуль ввода сигналов	0,50	0,11	0,03
Панель оператора	1,85	0,97	0,65
Клапаны	1,0	0,40	0,12
Датчик температуры	3,73	2,60	1,47
Индикатор	2,78	1,12	0,76
Частотный преобразователь	22,3	9,58	2,2
Вентилятор	0,93	0,60	0,45
Пульт оператора	0,6	0,09	0,058
Задвижка	0,12	0,075	0,048

Двигатель	0,58	0,30	0,11
-----------	------	------	------



a.)





в

Рис. 1.2. Блок-схемы систем:

a–в – варианты схем согласно табл. 1.1

Порядок выполнения работы

1. Сначала определяют вероятность безотказной работы элементов по зависимости (1.3).

2. Функциональная надёжность системы рассчитывается по зависимости (1.2).

3. Чтобы определить эффективную надёжность системы, необходимо составить таблицу состояний системы.

Таблица возможных состояний системы строится по следующим правилам. Если устройство исправно, принимается вероятность P и коэффициент эффективности E , если неисправно – $P = (1 - P)$, коэффициент эффективности равен при этом равен 0.

Пример. Система состоит из основного устройства А и вспомогательных В, С. Блок-схема приведена на рис. 1.3.

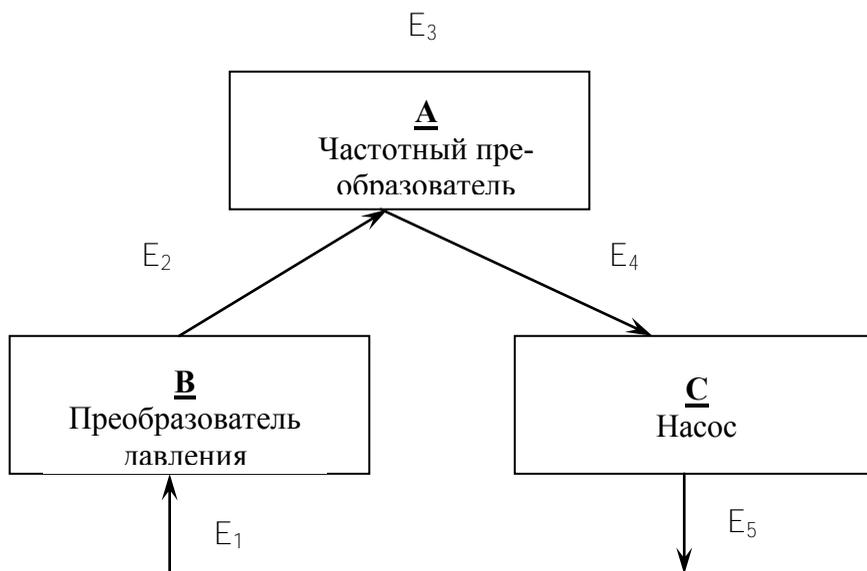


Рис. 1.3. - Блок-схема системы управления

Возможные состояния система приведены в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Возможные состояния системы управления насосом

Состояние системы	Расчетные формулы	
	P_j	E_j
ABC	$P_A \cdot P_B \cdot P_C$	$E_1 + E_2 + E_3 + E_4 + E_5$
$ABC\bar{C}$	$P_A \cdot P_B \cdot (1 - P_C)$	$E_1 + E_2 + E_3 + E_4$
$A\bar{B}C$	$P_A \cdot (1 - P_B) \cdot P_C$	$E_3 + E_4 + E_5$
$\bar{A}BC$	$(1 - P_A) \cdot P_B \cdot P_C$	$E_1 + E_2 + E_5$
$A\bar{B}\bar{C}$	$P_A \cdot (1 - P_B) \cdot (1 - P_C)$	$E_3 + E_4$
$\bar{A}\bar{B}C$	$(1 - P_A) \cdot P_B \cdot (1 - P_C)$	$E_1 + E_2$
$\bar{A}\bar{B}\bar{C}$	$(1 - P_A) \cdot (1 - P_B) \cdot P_C$	E_5
$\bar{A}\bar{B}C$	$(1 - P_A) \cdot (1 - P_B) \cdot (1 - P_C)$	0

Примечание: A – устройство исправно; \bar{A} – устройство неисправно.

После этого по зависимости (1.4) рассчитать эффективную надежность.

На основании полученных значений функциональной и эффективной надежности сделать выводы.

Для упрощения расчетов целесообразно воспользоваться приложением к данной работе Лабораторная1.xls

Контрольные вопросы

1. Понятие системы. Виды систем.
2. Как обеспечивается функционирование системы?
3. Охарактеризуйте понятие большой системы.
4. Понятие управления.
5. Какое управление является оптимальным?
6. Можно ли достичь всех целей управления реальной системой за один ход? Почему?
7. По каким критериям оценивается надежность АСУТП?
8. Что такое коэффициент эффективности?

9. Что такое таблица состояний системы и для чего она нужна?

Содержание отчета

1. Титульный лист.
2. Цель работы.
3. Исходные данные.
4. Таблица возможных состояний системы.
5. Значения функциональной и эффективной надежности системы.
6. Выводы.

Литература

1. Вайрадян, Л. С. Надёжность автоматизированных систем управления / Л. С. Вайрадян, Ю. Н. Федосеев; под ред. Я. А. Хетагурова. Ч. 1, 2. – М. : МИФИ, 1974.

***ДЕТЕРМИНИРОВАННЫЙ РАСЧЁТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ
ПРОЦЕССАМИ***

Цель работы:

1. Познакомиться с методикой расчета экономической эффективности внедрения АСУТП.
2. Определить прибыль от внедрения АСУТП и срок окупаемости затрат на нее.
3. Сделать выводы о целесообразности внедрения АСУТП на предприятии.

2.1 Общие положения

Автоматизированные системы управления технологическими процессами обеспечивают повышение эффективности производства за счёт повышения производительности труда, увеличения объёма производства, улучшения качества выпускаемой продукции, рационального использования основных фондов, материалов и сырья и уменьшения числа работающих на предприятии. Внедрение СУ отличается от обычных работ по внедрению новой техники тем, что оно позволяет перевести производственный процесс на качественно новую ступень развития, характеризующую более высокой организацией (упорядоченностью) производства [1].

Качественное улучшение организации производства обусловлено значительным увеличением объёма обрабатываемой в СУ информации, резким увеличением скорости её обработки и применением для выработки управляющих решений более сложных методов и алгоритмов, чем те, которые использовали до внедрения АСУТП.

Экономический эффект, получаемый от внедрения одной и той же системы, зависит от уровня организованности производства (стабильности и настроенности технологического процесса (ТП))

до и после внедрения АСУТП, т. е. может быть различным для разных предприятий.

2.2 Основные затраты на создание и эксплуатацию системы управления

Основные затраты на создание СУ состоят, как правило, из затрат на предпроектные и проектные работы S_n и затрат $S_{об}$ на приобретение специального оборудования, устанавливаемого в СУ. При этом в стоимость проектных работ включают помимо расходов, связанных с разработкой проекта, и затраты на разработку математического обеспечения и внедрение СУ, а в стоимость оборудования – помимо стоимости средств управляющей вычислительной техники, устройств подготовки, передачи и отображения информации, стоимость тех узлов технологического оборудования, модернизация или разработка которых вызвана условиями работы оборудования в системе ТП – АСУТП [1]. Кроме затрат на создание СУ предприятие несёт ещё и затраты на её эксплуатацию. Таким образом, годовые затраты на СУ [1]

$$C_C = (S_n + S_{об}) / T + S_{экс}, \quad (2.1)$$

где T – время эксплуатации; обычно $T = 5 - 7$ лет; $S_{экс}$ – годовые эксплуатационные затраты, руб.

Эксплуатационные затраты на СУ [1]

$$S_{экс} = S'_{з.п.} + S_{a.ф} + S_э + S_{км}, \quad (2.2)$$

где $S'_{з.п.}$ – годовой фонд заработной платы персонала, обслуживающего СУ, руб.; $S_{a.ф}$ – амортизационные отчисления и плата за фонды, руб.; $S_э$ – затраты на коммунальные услуги (электроэнергию, воду и т. п.), руб.; $S_{км}$ – годовые затраты на материалы и комплектующие изделия, руб.

Амортизационные отчисления и плата за фонды [1]

$$S_{a\phi} = \sum_{i=1}^n S_{o\phi i} (a_{a_i} + a_{\phi}), \quad (2.3)$$

где $S_{o\phi i}$ – стоимость оборудования i -го типа, руб.; a_{a_i} – коэффициент амортизационных отчислений по i -му типу оборудования; a_{ϕ} – коэффициент отчислений за фонды.

Годовой фонд заработной платы персонала, обслуживающего СУ [1]

$$S'_{з.н} = t_p \cdot \overline{S'_{з.н}} (1 + k_{ц.н}) \cdot m', \quad (2.4)$$

где t_p – время работы обслуживающего персонала за год, ч; $\overline{S'_{з.н}}$ – средняя часовая ставка обслуживающего персонала, руб.; $k_{ц.н}$ – коэффициент цеховых накладных расходов; m' – численность обслуживающего СУ и специализированные устройства технологического оборудования персонала, чел.

Методика детерминированного расчёта экономической эффективности АСУТП

Увеличение объёма производства при внедрении СУ связано с увеличением темпа прироста объёма выпускаемой продукции. Объём выпускаемой продукции при внедрении СУ

$$B' = B_e + B_n + B'_n, \quad (2.5)$$

где B_e – объём выпущенной продукции за прошедший год до внедрения СУ, шт.; B_n – планируемый прирост объёма выпуска-

емой продукции при отсутствии СУ, шт.; B_n^i – дополнительное увеличение объема выпускаемой продукции при внедрении СУ.

Внедрение СУ позволяет улучшить качество продукции и увеличить долю изделий высших сортов или классификационных групп. С учётом увеличения объема производства прибыль, которую получает предприятие за счёт выпуска изделий высших сортов или классификационных групп, можно определить по зависимости

$$\dot{P} = \sum_{i=1}^n \dot{B}_i \cdot \dot{P}_i - \sum_{i=1}^n (B_{Bi} + B_{ni}) \cdot P_i, \quad (2.6)$$

где \dot{B}_i – объём выпускаемой продукции i -й группы после внедрения СУ, шт.; B_{Bi} – объём выпущенной продукции i -й группы за прошедший год до внедрения СУ, шт.; B_{ni} – планируемый прирост объёма выпускаемой продукции i -й группы при отсутствии СУ, шт.

Прибыль, полученную на единицу продукции без СУ P_i и с ней \dot{P}_i , вычисляют по формулам:

$$P_i = C_i - S_i; \quad \dot{P}_i = \dot{C}_i - \dot{S}_i, \quad (2.7)$$

где C_i и \dot{C}_i – соответственно цена единицы продукции при отсутствии СУ и с ней, руб.; S_i и \dot{S}_i – соответственно себестоимость единицы продукции при отсутствии СУ и с ней, руб.

Снижение расходов на заработную плату в случае сокращения численности работающих при внедрении СУ

$$S_{c.z.n} = t_{p.c.} \cdot \overline{S_{c.z.n}} (1 + K_{y.n}) \cdot m_c, \quad (2.8)$$

где t_{pc} – время работы персонала, подлежащего сокращению, за прошедший год, ч; $\overline{S_{c.з.н}}$ – средняя часовая ставка сокращённого персонала, руб.; m_c – численность сокращённого персонала, чел.

В этом случае снижение удельных трудовых затрат от внедрения СУ можно определить по зависимости:

$$\Delta S'_{з.н.} = (1 + K_{з.н.}) \cdot \left(\frac{S_{з.н.}}{B_B + B_n} - \frac{S'_{з.н.}}{B'} \right), \quad (2.9)$$

где $K_{з.н.}$ – коэффициент общезаводских накладных расходов; $S_{з.н.}$ – фонд заработной платы с общезаводскими накладными расходами до внедрения СУ, руб., т.е. $S_{з.н.} = S'_{з.н.} + S_{з.н.н.}$.

С учётом затрат на создание и эксплуатацию СУ определяют себестоимость i -го типа изделий после внедрения СУ:

$$S'_i = S_i - \Delta S'_{з.н.} - \Delta S'_{км} + C_c / B', \quad (2.10)$$

а снижение себестоимости изделий i -го типа от внедрения АСУТП

$$\Delta S_i = S_i - S'_i \quad (2.11)$$

При отказе СУ предприятие несёт убытки от невыполнения плана реализации:

$$D_{np} = \sum_{i=1}^n B_{np_i} \cdot P'_i \left(\frac{t'_{np}}{t_{np}} \right),$$

где B_{np_i} – объём продукции, невыпущенной из-за простоя СУ, шт.; t'_{np} – время простоя СУ в течение года во время работы

технологического оборудования, ч; t_{np} – плановое время работы технологического оборудования в году, ч.

Прибыль от внедрения СУ с учётом убытков от её простоев

$$P_{np}^i = \sum_{i=1}^n B_i^i \cdot P_i^i \left(1 - \frac{t_{np}^i}{t_{np}} \right) - \sum_{i=1}^n (B_{B_i} + B_{n_i}) \cdot P_i \quad (2.12)$$

Без учёта уровня общей организованности производства или ТП срок окупаемости затрат на создание и функционирование СУ определяют по формуле:

$$T_{ок} = \frac{S_n + S_{об}}{P_{np}^i - S_{экс}} \quad (2.13)$$

Задание и исходные данные для расчёта

1. Определить прибыль от внедрения АСУТП и срок окупаемости затрат на неё. Значения T , B_B , B_n , B_n^i выбирают из табл. 2.1, остальные данные берут из табл. 2.2.

Таблица 2.1

Данные для расчета по вариантам

№ вар.	Длительность эксплуатации системы T , лет	Объем выпущенной продукции за год до внедрения СУ B_e , шт.	Планируемый прирост объема выпускаемой продукции без СУ B_n , шт.	Прирост объема выпускаемой продукции при внедрении СУ B_n^i , шт.
1	5	$1 \cdot 10^7$	$4 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^6$
2	5	$1 \cdot 10^7$	$4 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^6$
3	5	$1 \cdot 10^7$	$4 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^6$

Окончание табл. 2.1

№ вар.	Длительность эксплуатации системы T_i , лет	Объем выпущенной продукции за год до внедрения СУ B_e , шт.	Планируемый прирост объема выпускаемой продукции без СУ B_n , шт.	Прирост объема выпускаемой продукции при внедрении СУ B'_n , шт.
4	5	$1 \cdot 10^7$	$5 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^6$
5	5	$1 \cdot 10^7$	$5 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^6$
6	6	$2 \cdot 10^7$	$5 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^6$
7	6	$2 \cdot 10^7$	$6 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^6$
8	6	$2 \cdot 10^7$	$6 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^6$
9	6	$2 \cdot 10^7$	$6 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^6$
10	6	$2 \cdot 10^7$	$4 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^6$
11	7	$3 \cdot 10^7$	$4 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^6$
12	7	$3 \cdot 10^7$	$4 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^6$
13	7	$3 \cdot 10^7$	$5 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^6$
14	7	$3 \cdot 10^7$	$5 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^6$

Таблица 2.2

Исходные данные

	Обозначение	Значение
Предпроектные и проектные затраты	S_n , руб	80 000
Капитальные вложения (стоимость оборудования)	$S_{об}$, руб	160 000
Среднее число рабочих часов в году	t_p , ч	4220
Длительность эксплуатации СУ	T , лет	7

Окончание табл. 2.2

	Обозначение	Значение
Средняя часовая ставка обслуживающего систему персонала	$\overline{S'_{з.п}}$, руб	0,7
Средняя часовая ставка сокращенного персонала	$\overline{S_{с.з.п}}$, руб	0,53
Численность обслуживающего систему персонала	m' , чел	4
Численность сокращенного персонала	$m_с$, чел	12
Коэффициент амортизационных отчислений	a_a	0,02
Коэффициент отчислений за фонды	$a_ф$	0,06
Коэффициент цеховых накладных расходов	$K_{ц.н}$	1,0
Коэффициент общезаводских накладных расходов	$K_{з.н}$	1,0
Затраты на коммунальные услуги	$S_з$, руб	1 900
Затраты на материалы и комплектующие изделия	$S_{км}$, руб	3 900
Себестоимость единицы продукции до внедрения СУ	S_b , руб	$8,0 \cdot 10^2$

Окончательные результаты, выраженные в денежных единицах, умножаются на коэффициент $K_U = 30$.

2. Установлены следующие цены на изделия по группам: $C_A = S_A = 8,0 \cdot 10^{-2}$ руб.; $C_B = 1,2 \cdot S_A$ руб.; $C_B = 1,8 \cdot S_A$ руб.; $C_G = 2,5 \cdot S_A$ руб. Цены на изделия до и после внедрения АСУТП не изменяются. Себестоимость всех изделий до внедрения АСУТП – $8,0 \cdot 10^{-2}$ руб., после внедрения АСУТП себестоимости изделий всех групп также между собой равны.

3. Распределение изделий по классификационным группам представлено в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Распределение изделий по группам, %

Группа	А	Б	В	Г
До внедрения АСУТП	21,3	44,7	26,0	8,0
После внедрения АСУТП	14,2	42,5	31,3	12,0

Порядок выполнения работы

1. Затраты на создание системы известны, определяются затраты на её эксплуатацию, предварительно вычислив годовой фонд заработной платы персонала, обслуживающего систему управления по зависимости (2.4)

2. Для расчета амортизационных отчислений и платы за фонды по зависимости (2.3) делается допущение, что для всего оборудования СУ амортизационные отчисления одинаковы.

3. По зависимости (2.2) вычисляется полный объем затрат на эксплуатацию системы.

4. Ориентировочные годовые затраты на создание и эксплуатацию системы определяются по зависимости (2.1)

5. Объем выпускаемой продукции после внедрения АСУТП находят по зависимости (2.5).

6. По зависимости (2.8) находят снижение трудовых затрат на производстве.

7. Снижение удельных трудовых затрат на внедрение СУ – по зависимости (2.9).

8. Себестоимость единицы продукции группы А при функционировании СУ по зависимости (2.10). И значит, согласно заданию,

$$S'_A = S'_B = S'_B = S'_Г.$$

9. Снижение себестоимости изделий группы А (2.11). Следовательно, $\Delta S_A = \Delta S_B = \Delta S_B = \Delta S_Г$.

При функционировании СУ изменяются не только себестоимость изделия, но и номенклатурное распределение изделий по группам А, Б, В, Г в % от всего объема выпускаемых изделий (см. исходные данные, табл. 2.3). Рассчитать прибыль по формулам (2.7) по каждой группе изделий и занести результаты в табл. 2.4.

Таблица 2.4

Результаты расчета прибыли по группам изделий

Группа изделий	Цена изделия, руб.	До внедрения СУ		После внедрения СУ	
		Количество изделий, шт.	Прибыль P_i руб.	Количество изделий, шт.	Прибыль P'_i руб.
А					
Б					
В					
Г					

10. Время простоя СУ при работающем технологическом оборудовании обычно очень мало (менее 1 %), поэтому в зависимости (2.12) величина

$$1 - \frac{t_{np}}{t_{np}} \approx 1.$$

Значит, прибыль от внедрения АСУТП можно рассчитать по зависимости (2.6).

11. Наконец, по зависимости (2.13) определяем срок окупаемости затрат на создание АСУТП.

12. Сделать вывод о целесообразности внедрения АСУТП.

Для упрощения расчетов целесообразно воспользоваться приложением к данной работе Лабораторная2.xls

Контрольные вопросы

1. Как обеспечивается повышение эффективности производства?
2. Преимущества внедрения АСУ.
3. Из чего состоят затраты на создание и внедрение СУ?
4. Что такое эксплуатационные затраты? Какую часть основных затрат они составляют?
5. Как определить срок окупаемости затрат на функционирование АСУ?

Содержание отчета

1. Титульный лист.
2. Цель работы.
3. Исходные данные.
4. Результаты расчетов.
5. Выводы.

Литература

1. Вальков, В. М. Автоматизированные системы управления технологическими процессами / В. М. Вальков, В. Е. Вершин. – Л. : Политехника, 1991. – 269 с.

**РАСЧЁТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ВНЕДРЕНИЯ АСУТП С УЧЁТОМ НЕУПОРЯДОЧЕННОСТИ
ПРОИЗВОДСТВА**

Цель работы:

1. Познакомиться с понятием неупорядоченности системы, влиянием неупорядоченности на экономическую эффективность АСУТП.
2. Изучить методику расчета экономической эффективности АСУТП с учётом неупорядоченности производства.
3. Определить прибыль от модернизации и срок окупаемости затрат на СУ в случае её модернизации и с учётом неупорядоченности производства.

3.1 Общие сведения

Результаты, полученные при детерминированном расчёте экономической эффективности, справедливы лишь при условии абсолютной упорядоченности производства, т. е. его абсолютной стабильности. Абсолютно стабильных технологических процессов в реальном производстве нет, так как последние подвержены воздействию многих случайных факторов, вызывающих изменение свойств как объектов производства, так и организационных процессов управления ими. Нестабильность производства всегда приводит к уменьшению расчётного экономического эффекта, получаемого от внедрения СУ.

В качестве обобщённого критерия эффективности работы СУ, который учитывает нестабильность производства, принимают неупорядоченность системы r_n [1]. При этом за основу оценки r_n берут отклонение контролируемой переменной от её оптимального значения. В качестве переменной величины обычно

принимают производительность обработки, объём выпущенной продукции, прибыль (годовой доход) предприятия.

3.2 Влияние неупорядоченности производства на экономическую эффективность АСУТП

В теории информации мера неопределённости сопоставляется с термодинамическим понятием энтропии, а количество информации равно уменьшению этой неопределённости.

Из статистической физики известно [2], что для систем, состоящих из большого числа элементов, справедливо соотношение

$$S = a \cdot \ln r_n, \quad (3.1)$$

где S – энтропия; a – постоянная; r_n – неупорядоченность системы.

Энтропия системы, предоставленной самой себе, возрастает, т. е. в естественных условиях любая система стремится к беспорядку. Противостоять нарастанию беспорядка могут только процессы управления.

Процесс управления – это по существу борьба с неупорядоченностью, а управление – это переработка и использование информации с выдачей управляющих воздействий [3].

Неупорядоченность системы приводит к снижению эффективности её использования. Поэтому можно считать, что эффективность системы

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{\max} (1 - f(r_n)), \quad (3.2)$$

где \mathcal{E}_{\max} – эффективность идеально работающей системы;

$f(r_n) = r_{n_0} \cdot e^{-r_n/r_{n_0}}$ – некоторая функция, изменение аргумента которой ведёт к изменению неупорядоченности и, в конечном итоге, эффективности системы.

Тогда получим

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{\max} (1 - r_{n_0} \cdot e^{-l/l_0}), \quad (3.3)$$

где r_{n_0} – неупорядоченность системы при её исходном состоянии; l_0, l – количество перерабатываемой информации до и после проведения мероприятий по снижению неупорядоченности производства.

Так как в качестве критерия эффективности системы может быть использован любой производственный показатель, примем для наглядности в качестве критерия эффективности \mathcal{E} годовую прибыль предприятия. Считается, что стоимость СУ, реализующей сбор и преобразование управляющей информации, пропорциональна количеству информации. Обозначим через K стоимость СУ. Тогда выражение (3.3) примет вид

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{\max} (1 - r_{n_0} \cdot e^{-K/K_0}), \quad (3.4)$$

Усложнение СУ, связанное с дополнительным капиталовложением dK , даёт прирост эффективности системы $d\mathcal{E}$.

Срок окупаемости дополнительных капиталовложений

$$T_{ок} = \frac{dK}{d\mathcal{E}}, \quad (3.5)$$

Тогда из зависимости (3.4), учитывая, что $r_n = r_{n_0} \cdot e^{-K/K_0}$ и при $T_{ок_0} K=0$, находим новый срок окупаемости затрат

$$T'_{ок} = T_{ок_0} \cdot \frac{r_{n_0}}{r_n}, \quad (3.6)$$

где $T_{ок_0}$ – срок окупаемости дополнительных средств, вкладываемых при исходном состоянии системы (при неупорядоченности r_{n_0}), рассчитанный детерминированным методом.

Таким образом, из выражения (3.6) видно, что срок окупаемости обратно пропорционален неупорядоченности r_n .

Методика расчёта экономической эффективности АСУТП с учётом неупорядоченности производства

Данная методика определяет порядок расчёта прибыли и срока окупаемости АСУТП при снижении неупорядоченности производства, которое обеспечено модернизацией СУ.

В реальном технологическом процессе, в силу его сложности и многогранности, постоянно происходят отклонения фактических характеристик и параметров от их теоретически рассчитанных значений.

Выберем за контролируемый параметр объём выпускаемой продукции. Вычислим разницу между теоретически рассчитанным и фактически выпущенным объёмом продукции:

$$\Delta B = \frac{B}{100\%} \cdot A, \quad (3.7)$$

где A – объём невыпущенной относительно плановых расчётов продукции, %.

Тогда неупорядоченность производственной системы, влияющая на объём выпускаемой продукции,

$$r_{n_0} = \frac{\Delta B}{B}. \quad (3.8)$$

Уменьшить неупорядоченность производственной системы можно путём модернизации старой или внедрения новой, более совершенной СУ.

По несколько изменённой зависимости (2.1) находим дополнительные годовые затраты на модернизацию системы

$$C_{c\delta} = \frac{S_{n\delta} + S_{o\delta}}{T + S_{\text{экс}\delta}},$$

где $S_{n\delta}$ – дополнительные затраты на проектные работы:

$$S_{n\delta} = \frac{S_n}{100\%} \cdot A_1; \quad (3.9)$$

$S_{o\delta}$ – дополнительные капиталовложения (затраты на оборудование):

$$S_{o\delta} = \frac{S_{o\delta}}{100\%} \cdot A_2, \quad (3.10)$$

где A_1, A_2 – соответственно доля стоимости проектных работ и новых или изменённых узлов оборудования при модернизации СУ, %.

По зависимости (3.2) находим дополнительные эксплуатационные затраты:

$$S_{\text{экс}\delta} = S'_{z.n\delta} + S_{a.\phi\delta} + S_{\text{э}\delta} + S_{к.м\delta}.$$

Учитывая, что эффективность системы зависит от количества обрабатываемой в ней информации, которая пропорциональна величине капиталовложений, определим фактически получаемую прибыль с учётом неупорядоченности производственной системы:

$$P = P_{\text{max}} (1 - r_{n_0} \cdot e^{-K/K_0})$$

где P_{\max} – прибыль (эффективность), рассчитанная детерминированным методом, руб.

Для определения прибыли рассчитаем неупорядоченность производства с учётом модернизации СУ:

$$r_n = r_{n_0} \cdot e^{-K/K_0} \quad (3.11)$$

где K, K_0 – соответственно дополнительные затраты на модернизацию и затраты на создание и эксплуатацию старой СУ, руб.

Срок окупаемости модернизированной системы

$$T'_{ок} = T_{ок_0} \cdot \frac{r_{n_0}}{r_n}, \quad (3.12)$$

где $T_{ок_0}$ – срок окупаемости затрат, т. е. время, к истечению которого $K + K_0 = 0$.

Срок окупаемости затрат на систему с учётом дополнительных затрат

$$T_{ок_0} = \frac{S_n + S_{n_d} + S_{o\bar{o}} + S_{o\bar{o}_d}}{P_{\max} - (S_{экс} + S_{экс_d})}. \quad (3.13)$$

С учётом неупорядоченности производства окончательно срок окупаемости затрат на создание и эксплуатацию системы определяем по зависимости (3.12).

Задание и исходные данные для расчета

1. Требуется определить прибыль от модернизации и срок окупаемости затрат на СУ в случае её модернизации и с учётом неупорядоченности производства.

2. Значения A , A_1 , A_2 выбирают из табл. 3.1 согласно номера варианта, выданного преподавателем, остальные необходимые для расчёта величины – из табл. 2.2.

3. Окончательные результаты, выраженные в денежных единицах, умножаются на коэффициент $K_u = 30$.

Таблица 3.1

Данные для практического занятия

№ вар.	Объём невыпущенной относительно плановых расчётов продукции A , %	Доля стоимости проектных работ при модернизации системы A_1 , %	Доля стоимости дополнительных затрат на оборудование при модернизации системы A_2 , %
1	5	25	30
2	5	25	35
3	5	25	40
4	5	30	30
5	5	30	35
6	10	30	40
7	10	35	30
8	10	35	35
9	10	35	40
10	10	25	30
11	15	25	35
12	15	25	40
13	15	30	30
14	15	30	35
15	15	30	40

Порядок выполнения работы

1. Расчёт потери объёма производства по зависимости (3.7).
2. Расчёт неупорядоченности производственной системы по зависимости (3.8)

Модернизация системы путём организации обратной связи позволит осуществлять контроль качества изделий и корректировку технологического процесса во время его функционирования, т. е. можно будет вести речь о синхронном управлении в реальном времени.

Пусть плановый объём выпускаемой продукции, заработная плата и численность обслуживающего систему персонала остались прежними (в соответствии с лабораторной работой № 2). Проектные работы по модернизации системы увеличились на A_1 , стоимость нового оборудования составила A_2 от стоимости оборудования старой СУ, а годовые затраты на коммунальные услуги увеличились на 0,5 тыс. руб.

4. По зависимости (3.9) определить дополнительные затраты на проектные работы, а по зависимости (3.10) дополнительные затраты на оборудование.

5. По зависимости (2.3) находим амортизационные отчисления и плата за фонды.

6. Учитывая, что $S_{э_0} = 0,5$ тыс. руб., а $S'_{з.л_0}$ и $S'_{к.м}$ не изменились, по зависимости (2.2) определить эксплуатационные затраты на СУ $S_{эк_0}$.

7. Таким образом, можно определить по зависимости (2.1) годовые затраты на модернизацию системы.

8. Учитывая, что данное увеличение капитальных вложений в весьма малой степени влияет на себестоимость изделий ($\Delta S'_{i_0} \approx 0,04 \cdot 10^{-2}$ руб.), максимально возможную полученную прибыль берём из отчёта по занятию № 2, а прибыль с учётом неупорядоченности производства рассчитываем по зависимости (3.4).

9. Определить неупорядоченность производства с учётом модернизации СУ, по зависимости (3.11).

10. Рассчитать срок окупаемости затрат на систему с учётом дополнительных затрат по зависимости (3.13) и с учетом неупорядоченности производства окончательно получаем по зависимости (3.12):

11. Сравнить полученные результаты с результатами расчета в лабораторной работе № 2. Сделать выводы.

Для упрощения расчетов целесообразно воспользоваться приложением к данной работе Лабораторная3.xls

Контрольные вопросы

1. Понятие неупорядоченности системы.
2. Влияние неупорядоченности на АСУТП. Способы уменьшения неупорядоченности.
3. Как определить дополнительные годовые затраты на модернизацию системы и дополнительные эксплуатационные затраты? Что учитывает этот расчет?
4. Связь между получаемой прибылью и неупорядоченностью.
5. Срок окупаемости модернизированной системы.
6. Преимущества расчета экономической эффективности АСУТП с учётом неупорядоченности производства.

Содержание отчета

1. Титульный лист.
2. Цель работы.
3. Исходные данные.
4. Результаты расчета.
5. Выводы.

Литература

1. Трапезников, В. А. Автоматическое управление и экономика / В. А. Трапезников // Автоматика и телемеханика. – 1966. № 1. – С. 5 – 22.
2. Алексеев, Г. Н. Энергия и энтропия / Г. Н. Алексеев. – М. : Знание, 1988. – 192 с.
3. Смирнов, С. В. Управление машиностроительным предприятием / С. В. Смирнов, С. Н. Ефимушкин, А. А. Колобов / Под ред. С. Г. Пуртова, С. В. Смирнова. – М. : Высшая школа, 1989. – 240 с.

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ И ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

Цель работы:

1. Ознакомиться с методами определения показателей качества;
2. Выделить виды технического контроля продукции;
3. Проанализировать систему показателей качества базового и нового агрегатных станков и определить относительные показатели качества.

4.1 Система управления качеством продукции

Управление качеством продукции включает действия, осуществляемые при создании и эксплуатации или потреблении продукции, в целях установления, обеспечения и поддержания необходимого уровня её качества. Качество продукции – это совокупность свойств изделия, обуславливающих её пригодность удовлетворять определённые потребности в соответствии с её назначением [2].

Качество изделий машиностроения характеризуется теми их свойствами, которые являются их объективной особенностью, проявляющейся в процессе эксплуатации изделия путём удовлетворения в той или иной мере потребностей народного хозяйства и населения.

Количественная характеристика свойств изделия, определяющих его качество, называется показателем качества. В зависимости от числа свойств, включённых в показатель качества, он может быть единичным (одно свойство, например, производительность) или комплексным (несколько свойств, например, ремонтно-пригодность можно охарактеризовать коэффициентом готовности K_G техники, который включает в себя два свойства: наработку из-

делия на отказ T_0 и среднее время восстановления изделия T_v ,

$$\text{т. е. } K_T = \frac{T_0}{T_0 + T_v}.$$

Номенклатура показателей качества разнообразна и в зависимости от их характера разделяется на группы [1, 3]:

1. Показатели назначения изделия – мощность, производительность, скорость и др.;

2. Показатели экономичного использования сырья, электроэнергии при эксплуатации машин и механизмов у потребителя. Например, удельный расход энергии, потреблённой станком, на единицу произведённой продукции и др.;

3. Показатели надёжности:

– безотказность: вероятность безотказной работы, время наработки на отказ при заданной вероятности, интенсивность отказов;

– долговечность: технический ресурс, срок службы;

– ремонтпригодность: среднее время восстановления, вероятность восстановления работоспособности в течение заданного времени, коэффициент готовности, коэффициент технического использования;

– сохраняемость изделия: время возможного хранения и транспортирования при сохранении заданных технических характеристик;

– защищённость изделия от вредных воздействий – теплоты, влажности, пыли, агрессивных сред и др.

4. Показатели безопасности, отражающие требования, обеспечивающие безопасность человека в производственных условиях;

5. Эргономические показатели, учитывающие требования гигиенических (освещённость, температура, влажность, напряжённость магнитного и электрического полей, запылённость, токсичность, шум, вибрации, перегрузки), антропометрических (соответствие конструкции изделия размерам и форме человека), физиологических (соответствие конструкции изделия силовым, скоростным, зрительным, слуховым, осязательным физиологическим возможностям человека), психологических (возможность человека воспринимать и перерабатывать информацию, выдаваемую

машиной; возможность использования закрепленных и вновь формируемых навыков человека) свойств человека, проявляемых в производстве и быту при эксплуатации, использовании или потреблении изделия.

6. Эстетические показатели, характеризующие выразительность и рациональность формы, целостность композиции, совершенство исполнения, товарного вида, соответствие современному стилю оцениваемого изделия и другие группы показателей.

7. Показатели технологичности изделия: удельная трудоёмкость изготовления, удельная материалоёмкость, коэффициент сборности (блочности).

8. Показатели стандартизации и унификации, характеризующиеся процентом применяемости унифицированных и стандартных сборочных единиц.

9. Патентно-правовые показатели: показатель патентной защиты, показатель патентной чистоты.

Различают показатели качества изделия, продукции, работы и труда [2, 3]. Показатель качества изделия количественно характеризует его полезность и потребительскую стоимость, но так как научно-методические и технические решения количественной оценки качества изделий до настоящего времени несовершенны, то эта характеристика довольно приближённа.

Показатель качества продукции количественно характеризует качество определённой массы изделий (партия, выборка, годовая программа и др.) по содержанию в этой массе продукции изделий, качество которых отвечает заданным требованиям, или по отклонениям от заданного качества выявленного количества изделий.

Показатель качества работы используют в тех производствах или организациях, где продукцией являются не изготовленные ими материальные ценности, а работа. Это могут быть, например, разработка технологий и конструкторской документации, переработка информации, ремонтные или погрузочно-разгрузочные работы и др.

Показатель качества труда количественно характеризует полезность труда коллектива или отдельного работника, которые участвуют в создании ценностей различного назначения для удовлетворения потребностей общества.

Известны различные методы определения показателей качества: измерительный, регистрационный, расчётный, экспертный, социологический, органолептический, комбинированный [3].

Измерительный метод использует для установления значений показателей качества изделий технические средства измерения.

Регистрационный метод определения показателей качества продукции основан на наблюдении и подсчете числа событий, предметов и случаев. Например, подсчет числа изделий с устранимыми и неустранимыми дефектами за определённый период времени, в течение которого выпускалась продукция.

Расчётный метод определения показателей качества применяется при разработке новых изделий. При этом используют теоретические и эмпирические зависимости, а для расчёта часто, особенно в последние годы, используют средства вычислительной техники. Этим методом рассчитывают значения таких показателей качества будущих изделий, как производительность станка, надёжность техники, мощность электродвигателя и др.

Экспертный метод определения показателей качества используют главным образом для группы эстетических показателей качества изделий. Назначается группа экспертов (специалистов в данной области), которая в определенных единицах (баллах) дает оценку потребительских свойств новых видов товаров, обычно бытового назначения (телевизоров, холодильников, мотоциклов и др.). В машиностроении этот метод применяется крайне редко.

Социологический метод определения показателей качества продукции обычно используют при проведении выставок, на покупательских конференциях и совещаниях, где фактические или потенциальные покупатели и потребители будущей продукции с помощью опросных листов, анкет или устно высказываются о качестве продукции. Этот метод широко распространён за рубежом и в последние годы достаточно часто используется и у нас в стране.

Органолептический метод основан на анализе восприятий органов чувств таких потребительских свойств продукции, как цвет, запах и т. д. и в машиностроении практического применения не находит.

Комбинированный метод – это сочетание нескольких различных методов определения показателей качества, дополняющих друг друга, что обеспечивает получение всесторонней оценки качества.

В зависимости от цели оценки в практике машиностроения используют такие понятия, как «качество изделия» и «техническое качество изделия», «уровень качества изделия» и «технический уровень качества изделия».

В отличие от термина «качество изделия» термин «техническое качество изделия» включает не всю совокупность свойств, а лишь те, которые характеризуют технические параметры изделия и не учитывают эстетические, эргономические, экологические и другие свойства изделия, не являющиеся его техническими характеристиками.

Для сравнительной оценки качества изделия с качеством ранее выпускавшихся, перспективных или лучших отечественных и зарубежных изделий, которые принимают за базу сравнения, определяют уровень качества изделия путем сравнения значений показателей качества оцениваемого изделия со значениями соответствующих показателей базового изделия (рис. 4.1). Технический уровень изделия определяют аналогично, путем сравнения значений показателей технического качества изделия.

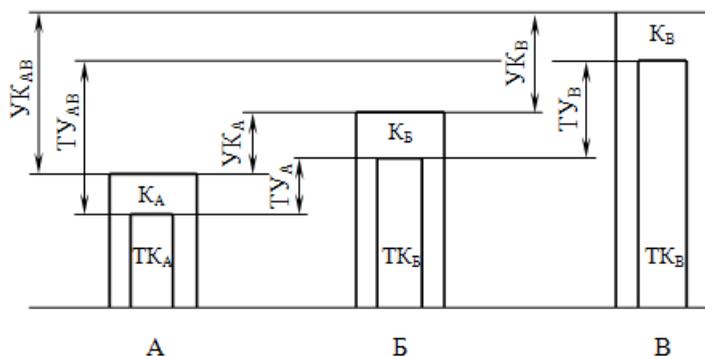


Рис. 4.1 - Система понятий качества, технического качества и уровней:

А, В – изделия-аналоги; Б – базовое изделие; К, ТК – соответственно качество, техническое качество изделий; УК, ТУ – соответственно уровень качества, технический уровень качества изделий.

Базовое изделие в зависимости от целей оценки выбирают с различных позиций. Если следует оценить технический уровень нового изделия по сравнению с имеющимся, то за базовое изделие принимаются лучшие из имеющихся аналогов. Это – ретроспективная оценка. Если за базовый аналог взять идеальное изделие будущего, которое можно получить на данной ступени научно-технического развития общества, то различие между его техническим качеством и техническим качеством оцениваемого изделия позволит определить его технический потенциал – перспективная оценка.

4.2 Организация технического контроля

Первостепенную роль в системах управления качеством на предприятиях играет технический контроль, от степени совершенства, технического оснащения и организации которого во многом зависит эффективность производства. Этим объясняется большое внимание к совершенствованию средств и методов технического контроля на машиностроительном предприятии, позволяющим при минимальных затратах достичь высокой стабильности показателей качества продукции. Обеспечение качества продукции на всех этапах производственного процесса является предпосылкой высокоэффективной работы предприятия. Основной задачей технического контроля на промышленном предприятии является предотвращение выпуска продукции, не удовлетворяющей установленным требованиям, следовательно, технический контроль – это проверка соответствия процессов, от которых зависит качество продукции, и их результатов установленным техническим требованиям.

На машиностроительных предприятиях применяют различные виды технического контроля, отличающиеся по методу исполнения, месту расположения в производственном процессе, по охвату контролем продукции и некоторым другим признакам.

В зависимости от места организации контроля на том или ином этапе производства различают следующие его разновидности.

1. *Входной* – это контроль сырья, материалов, комплектующих изделий и готовой продукции, поступающих от других предприятий или своих производственных участков.

2. *Операционный* – это контроль продукции или технологического процесса, выполняемый после завершения отдельной операции или в течение её выполнения. Операционный контроль выполняется мерительным инструментом и часто сопровождается выключением станка и снятием с него заготовки (детали) для измерения. Прогрессивным видом операционного контроля является активный контроль, осуществляемый непосредственно в процессе изготовления продукции приборами, встроенными в технологическое оборудование.

Приборы непрерывно дают показания о величине контролируемого параметра и используются в качестве датчиков для автоматического управления процессом изготовления продукции [3]. Применение активного контроля позволяет значительно повысить производительность технологического оборудования и исключить влияние субъективного фактора на результаты контроля.

3. *Приёмочный* – это контроль готовой продукции после завершения всех технологических операций по её изготовлению, в результате которого принимается решение о пригодности продукции к поставке или использованию.

В зависимости от полноты охвата продукции контролем входной, операционный и приёмочный контроль может быть сплошным или выборочным.

1. *Сплошной* – это контроль, при котором решение о качестве принимают по результатам проверки каждой единицы продукции. Он почти полностью исключает возможность попадания к потребителю некачественной продукции, но иногда его применение оказывается экономически нерациональным или практически невозможным, например, в случае разрушающего контроля.

2. *Выборочный* – это контроль, при котором решение о качестве контролируемой продукции принимают по результатам проверки одной или нескольких выборок из партии. В данном случае на основе ограниченного количества контрольных проверок можно

судить с определенной степенью точности о качестве всей партии изделий или состоянии технологического процесса.

В массовом производстве чаще всего используют статистический контроль, основанный на законах статистики и теории вероятности. При относительно небольших затратах статистический контроль позволяет предупреждать возникновение брака в самом процессе производства, обеспечивает в сравнении со сплошным значительную экономию труда при измерениях и испытаниях, а при измерении одной или нескольких величин даёт возможность, как правило, судить об изменении других величин, которые не измеряли.

Внедрение статистических методов контроля является неотъемлемой частью общей проблемы управления качеством продукции. Статистические методы используют для анализа, регулирования технологических процессов и статистического приёмочного контроля качества продукции. Статистический приёмочный контроль – это выборочный контроль, в котором для обоснования правил приёмки используют методы математической статистики. Этот метод характеризуется, как и обычный выборочный контроль, тем, что из подконтрольной партии объектов непосредственной проверке подвергается часть, которая называется выборочной. Выборка должна быть представительной, т.е. правильно отражать состояние всей подконтрольной партии, так как на основании качества выборки формируется суждение о качестве всей подконтрольной партии.

В практике машиностроительных предприятий используют одноступенчатый (рис. 4.2), двухступенчатый (рис. 4.3) и последовательный статистический приёмочный контроль.

Одноступенчатый контроль позволяет делать вывод о качестве подконтрольной партии по одной выборке. Двухступенчатый – основан на контроле качества не более, чем по двум выборкам, причём отбор второй выборки определяется результатом контроля первой. Последовательный контроль не устанавливает заранее количество выборок, по которым будет сделано заключение о качестве всей продукции. Размер выборки, приёмочное и браковочное значение устанавливают исходя из требований рынка потребителей и производителей.

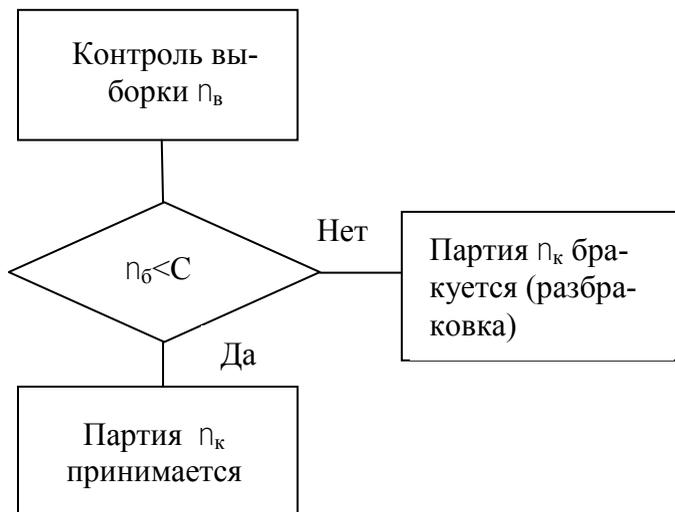


Рис. 4.2 - Блок-схема алгоритма одноступенчатого выборочного контроля: n_b – выборка; n_k – подготовительная партия продукции; n_b – число бракованных изделий в выборке; C – приёмочное количество изделий в выборке.

На рис. 4.4 представлена карта последовательного выборочного контроля. На основе статистического анализа контролируемого процесса берут последовательные выборки (например, по десяти контролируемым изделиям). Для каждой выборки определяют приёмочное и браковочное значение C , в результате чего устанавливают и отмечают на карте области принятия и отклонения партий. Если же контрольная точка попадает в область повторных выборов (между приёмочным и браковочным значениями дефектных изделий), то производят дополнительный контроль ещё одной выборки n_b и по суммарному количеству проконтролированных объектов $\sum n_b$ и по общему количеству дефектных объектов $\sum n_{bi}$ определяют и отмечают на карте контрольные точки а, б, в и т. д. (см. рис. 4.4).

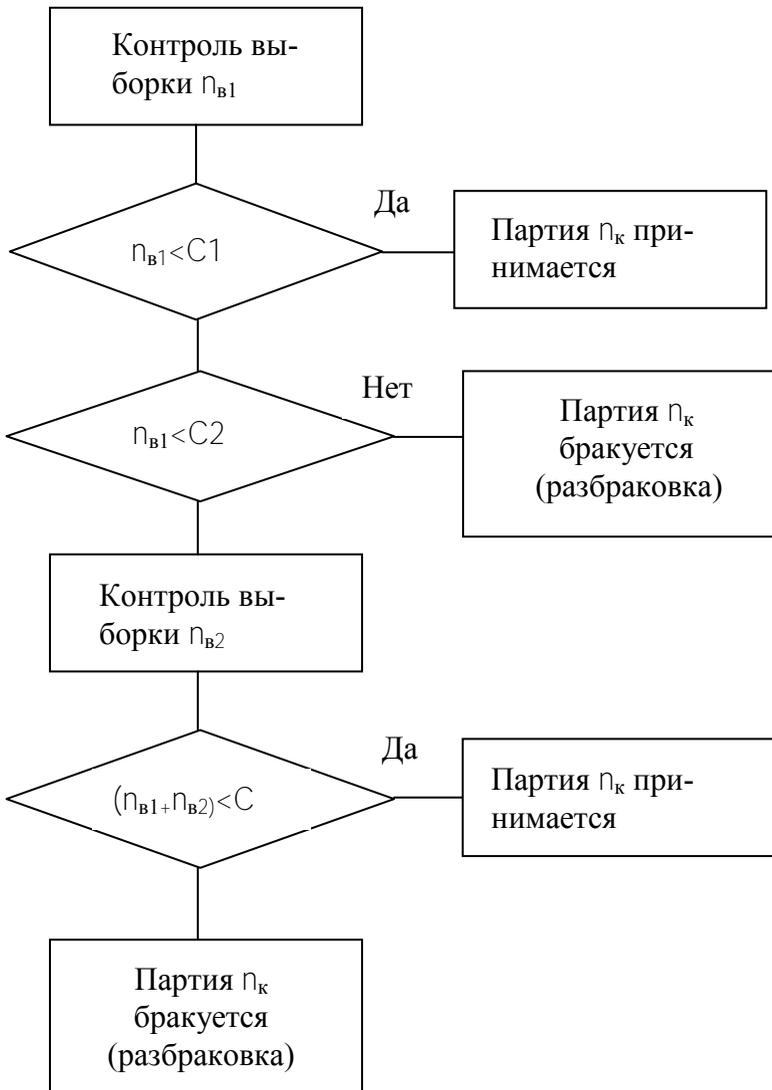


Рис. 4.3 - Блок-схема алгоритма двухступенчатого выборочного контроля:
 C_1 , C_2 – приёмочное и браковочное значение количества изделий
 в выборке соответственно

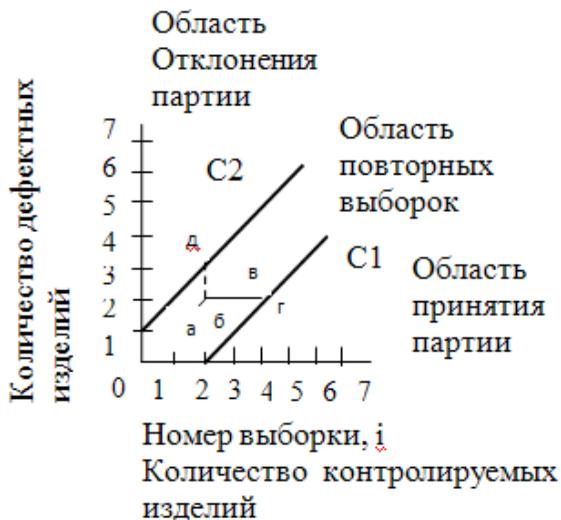


Рис. 4.4 - Карта последовательного выборочного контроля

Контрольные операции проводят до тех пор, пока контрольная точка не попадёт в область отклонения (например, точка д) или принятия партий (точка г), на основании чего принимают окончательное решение.

Особым видом контроля качества продукции являются испытания. Испытанием называется экспериментальное определение значений параметров и показателей качества продукции в процессе функционирования или при имитации условий эксплуатации.

Задание и исходные данные для расчёта

1. Проанализировать систему показателей качества базового и нового агрегатных станков и определить относительные показатели качества. Дать комплексную оценку качества агрегатного станка (базового и нового) и определить уровень качества нового станка. Действительный годовой фонд времени работы станков

$F_0 = 4015$ ч, коэффициент загрузки станков $K_3 = 0,75$. Остальные исходные данные представлены в табл. 4.2.

2. Составить алгоритмы контроля при одинарной и двойной выборках. По результатам статистического анализа качества процесса изготовления вала редуктора приняты параметры выборочного приемочного контроля с одинарной и двойной выборкой.

3. Построить карту последовательного приемочного контроля и показать, после какой выборки принимают окончательное решение о качестве продукции. Для контроля качества детали используется последовательный приемочный контроль, параметры которого

$$C_1 = a \cdot (nb - b);$$

$$C_2 = d + nb \cdot e.$$

При этом величина C_1 ограничивает область применения контрольной партии продукции, C_2 – область отклонения контрольной партии. Каждая последовательная выборка составляет f деталей.

Общее количество дефектных деталей при последовательно проводимых выборках и значениях величин nb, a, b, d, e, f приведены в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Исходные данные

№ варианта	nb	a	b	d	e	f
1	5	3	4	1	1	20
2	3	1	1	3	2	30
3	2	2	0	2	2	10
4	4	1	2	2	1	20
5	6	3	3	1	1	30
6	5	3	2	1	1	10
7	2	2	1	3	3	10
8	3	1	1	3	2	20
9	2	3	0	2	2	30

Порядок выполнения работы

Качество новой продукции устанавливают на основе комплексного анализа её свойств, которые количественно характеризуются одним или несколькими показателями. Выбор номенклатуры показателей качества зависит от цели оценки.

Относительные показатели качества продукции q применяют при оценке уровня качества дифференциальным методом, сущность которого заключается в сопоставлении единичных показателей оцениваемого и базового образца, и определяют по формулам

$$q_i = \frac{P_i}{H_{ib}}, \quad (4.1.a)$$

$$q_i = \frac{P_{ib}}{P_i}, \quad (4.1.б)$$

где P_i, P_{ib} – соответственно значения i -го показателя оцениваемого и базового изделий.

Из этих уровней выбирают для конкретного показателя тот, при котором увеличению q отвечает улучшение качества продукции. Например, относительный показатель для производительности станка следует определять по формуле (4.1.a), а показатель «удельная трудоёмкость» – по формуле (4.1.б).

В случае, если какой-либо единичный показатель качества оцениваемого изделия окажется хуже подобного показателя базового изделия, то величина q будет меньше 1 ($q \leq 1$).

Результаты расчёта относительных показателей сводят в таблицу (см. табл. 4.3) и по её данным определяют комплексный показатель качества продукции. В табл. 4.3 не вошли экономические показатели, так как с их помощью оценивают обобщающий (интегральный) показатель качества.

Таблица 4.2

Единичные показатели качества агрегатных станков

№	Наименование показателя, единицы измерения	Величина показателя станка		Коэффициент весомости показателя
		Баз.	Нов.	
1. Показатели назначения				
1.1	Производительность станка, шт./ч	12	14	10
1.2	Точность обработки – отклонение от плоскостности на длине 500 мм, мм	0,06	0,05	8
1.3	Точность обработки – отклонение от параллельности плоскостей на длине 100 мм, мм	0,03	0,025	8
1.4	Шероховатость обработанных поверхностей по параметру R_a , мкм	3,0	2,5	8
2. Показатели надежности и долговечности				
2.1	Срок службы до капитального ремонта, год	8	10	9
2.2	Гарантийный срок, год	1,5	2	9
3. Показатели технологичности				
3.1	Коэффициент сборности (блочности станка) $K_{об}$, ед.	1,0	1,0	4
3.2	Удельная трудоемкость, нормо-ч/кВт	390	360	5
3.3	Удельная материалоемкость, кг/кВт	800	780	5
4. Эргономические показатели				
4.1	Соответствие конструкции правилам ТБ, балл	5	5	8
4.2	Уровень шума, дБ	80	75	6
5. Эстетические показатели				
5.1	Внешний вид, качество отделки, упаковки, балл	4	5	6

Окончание табл. 4.2

№	Наименование показателя, единицы измерения	Величина показателя станка		Коэффициент весомости показателя
		Баз.	Нов.	
6. Показатели стандартизации и унификации				
6.1	Применяемость унифицированных и стандартных сборочных единиц, %	60	65	8
7. Патентно-правовые показатели				
7.1	Показатель патентной защиты $P_{п.з}$, ед.	0,13	0,15	6
7.2	Показатель патентной чистоты $P_{п.ч}$, ед.	1,0	1,0	5
	Итого:			100
8. Экономические показатели				
8.1	Цена станка, руб.	8000	10000	-
8.2	Эксплуатационные расходы, руб./ч	1,64	1,73	

Таблица 4.3

Относительные показатели качества агрегатного станка

№	Наименование показателя	Относит. показатель q_i	Слагаемое комплексного показателя $k_j \cdot q_i$
1. Показатели назначения			
1.1	Производительность станка	1,17	11,7
1.2	Точность обработки – отклонение от плоскостности на длине 500 мм, мм	1,2	9,6
1.3	Точность обработки – отклонение от параллельности плоскостей на длине 100 мм	1,2	9,6

Окончание табл. 4.3

№	Наименование показателя	Относит. показатель q_i	Слагаемое комплексного показателя $k_j \cdot q_i$
1.4	Шероховатость R_a обработанных поверхностей	1,2	9,6
2. Показатели надежности и долговечности			
2.1	Срок службы до капитального ремонта	1,25	11,3
2.2	Гарантийный срок	1,33	6,7
3. Показатели технологичности			
3.1	Коэффициент сборности (блочности станка)	1,0	4,0
3.2	Удельная трудоемкость	1,08	5,4
3.3	Удельная материалоемкость	1,02	5,1
4. Эргономические показатели			
4.1	Соответствие конструкции правилам ТБ	1,0	8,0
4.2	Уровень шума	1,07	6,4
5. Эстетические показатели			
5.1	Внешний вид, качество отделки, упаковки	1,25	6,3
Показатели стандартизации и унификации			
6.1	Применяемость унифицированных и стандартных сборочных единиц	1,08	8,6
6. Патентно-правовые показатели			
7.1	Показатель патентной защиты	1,15	6,9
7.2	Показатель патентной чистоты	1,0	5,0
	Итого:		114,2

Комплексный показатель качества продукции $K_{ком}$ можно определить на основании функциональной зависимости его от единичных показателей, когда известны параметры зависимости

$$K_{ком} = f(P_1, P_2, \dots, P_i, \dots, P_n). \quad (4.2)$$

Если параметры не известны, $K_{ком}$ определяют методом взвешенного арифметического:

$$K_{ком} = \frac{\sum k_i \cdot q_i}{\sum k_i}, \quad (4.3)$$

где k_i – коэффициент весомости для i -го единичного показателя качества, определяемый экспертным, социологическим или расчётным методом.

Воспользуемся вторым методом. Результаты расчёта произведения $k_i \cdot q_i$ для натурально-вещественных показателей качества заносят в табл. 4.3 и определяют по (4.3) комплексный показатель, количественно характеризующий натурально-вещественные свойства нового станка:

$$K_{ком} = \frac{114,2}{100,0} = 1,4.$$

Как видно из табл. 4.3, относительные показатели или равны, или больше единицы. Это означает, что отдельные показатели нового станка находятся на уровне базового, а в большинстве превышают их.

Обобщающий (интегральный) показатель качества K_u определяют по формуле

$$K_u = \frac{\mathcal{E}_{н.с}}{I_c + I_{н.н}}, \quad (4.4)$$

где $\mathcal{E}_{н.с}$ – суммарный полезный эффект от потребления продукции; I_c – затраты на создание продукции, руб. (цена станка); $I_{н.н}$ – затраты на потребление продукции, руб.

В рассматриваемом примере $\mathcal{E}_{н.с}$ определяют как общее количество обрабатываемых за срок службы заготовок:

$$\mathcal{E}_{n.c} = B_{\text{ч}} \cdot F_{\text{д}} \cdot K_3 \cdot T, \quad (4.5)$$

где $B_{\text{ч}}$ – часовая производительность станка; $F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд времени станка, ч; K_3 – коэффициент загрузки станка; T – срок службы до капитального ремонта, год.

Методика выполнения расчета

1. Определить суммарный полезный эффект от потребления продукции для базового станка и для нового по формуле (4.5).
2. Затем определяют затраты на потребление продукции

$$I_{n.n} = Z_{\text{ч}} \cdot F_{\text{д}} \cdot K_3 \cdot T, \quad (4.6)$$

где $Z_{\text{ч}}$ – часовые эксплуатационные затраты, руб./ч.

3. Обобщающий (интегральный) показатель качества по формуле (4.4).
4. Уровень качества нового станка K вычисляют по формуле

$$K = \frac{K_{\text{и.н.}}}{K_{\text{и.б.}}}, \quad (4.7)$$

5. На основании различия величин $K_{\text{ком}}$ и K (менее 25 %) Сделать вывод о точности оценки качества агрегатных станков.

Для упрощения расчетов целесообразно воспользоваться приложением к данной работе Лабораторная4.xls

Контрольные вопросы

1. Что характеризует качество продукции?
2. На какие группы в зависимости от характера подразделяются показатели качества?
3. Какие различают показатели качества?
4. Методы определения показателей качества, их суть.

5. Понятие «техническое качество изделия».
6. Предпосылки высокоэффективной работы предприятия.
7. Виды технического контроля на машиностроительных предприятиях.

Содержание отчета

1. Титульный лист.
2. Цель работы.
3. Исходные данные.
4. Таблицы результатов расчетов.
5. Выводы.

Литература

1. Смирнов, С. В. Управление машиностроительным предприятием / С. В. Смирнов, С. Н. Ефимушкин, А. А. Колобов / под ред. С. Г. Пуртова, С. В. Смирнова. – М. : Высшая школа, 1989. -- 240 с.
2. Родионов, Б. Н. Организация, планирование и управление машиностроительным производством : учеб. пособие для студентов машиностроительных вузов / Б. Н. Родионов, Н. А. Соломатин, Л. Г. Осадчий / под ред. Б. М. Родионова. -- М. : Машиностроение, 1989. -- 328 с.

ОРГАНИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ ПРОЦЕССОМ

Цель работы:

1. Изучить простой производственный цикл и его характеристики.
2. Определить цикл простого процесса при различных видах движения партии заготовок в производстве.

5.1 Общие положения

Производственный процесс – это совокупность взаимосвязанных процессов труда и естественных процессов, направленных на изготовление определённой продукции [2].

Производственный процесс по своей структуре и содержанию неоднороден: он состоит из многочисленных частичных процессов, которые делятся на *основные*, или *технологические*, *вспомогательные* и *естественные*. Совокупность частичных процессов образует структуру производственного процесса.

При выполнении основных (технологических) процессов у предмета труда изменяются:

- форма и размеры (например, при обработке материалов резанием, ковкой, штамповкой);
- внутреннее состояние или качество (термическая обработка);
- внешний вид (покраска, гальванопокрытия);
- взаимное положение его частей (сборка и монтаж изделия).

Вспомогательные процессы способствуют протеканию технологических (основных) процессов. Примерами вспомогательных процессов могут служить транспортировка предметов труда, работа ремонтного, инструментального и некоторых других цехов, которые обслуживают основные процессы производства машин.

Естественными процессами считают такие, которые осуществляются в ходе основного или вспомогательного процессов, но не нуждаются в применении труда. К ним относятся,

например, естественная сушка окрашенных изделий, остывание отливок, затвердевание клея.

Производственный процесс любого машиностроительного предприятия является сложным, распадающимся на множество простых, элементарных трудовых процессов, совершаемых над отдельными частями данного изделия. Да и само изделие (автомобиль, станок, турбина и др.) есть сложный продукт труда, состоящий из отдельных элементарных частей. Изготовление каждой такой составной части изделия называют *простым процессом*. Он состоит из последовательно выполняемых над данной деталью (заготовкой) технологических действий – операций. Сборку изделия называют *сложным процессом*. Его также можно разбить на ряд последовательно выполняемых операций, в результате которых из отдельных деталей составляют сборочные единицы и в конечном итоге – готовое изделие [1].

Основные задачи в организации производственного процесса: определить цикл простого процесса при различных видах движения партии деталей (заготовок); определить цикл сложного процесса; создать оптимальную планировку на производственных площадях оборудования и других средств технологического оснащения для реализации производственного процесса.

В рамках данной лабораторной работы решается задача определения цикла простого процесса при различных видах движения партии деталей (заготовок) в производстве.

5.2 Простой производственный процесс

Производственный процесс в первую очередь характеризуется производственным циклом T_n – интервалом календарного времени от начала до окончания процесса изготовления детали.

Производственный цикл является суммой технологического цикла, времени перерывов в производстве в связи с регламентом работы и пролеживанием заготовки или изделий между операциями.

Основная часть производственного цикла – технологический цикл T_T , состоящий из операционных циклов T_{oni} . Операционный цикл – это продолжительность законченной части технологического процесса, выполняемой на одном рабочем месте:

$$T_{oni} = \frac{n \cdot T_{шт.к}}{\omega_j}, \quad (5.1)$$

где n – размер партии деталей (заготовок), шт; $T_{шт.к}$ – штучно-калькуляционное время (норма времени) на операцию, мин/шт; ω_j – число рабочих мест на операции, шт.

Технологический цикл многооперационного процесса не является арифметической суммой операционных циклов. Его длительность зависит от способа передачи деталей (заготовок) с операции на операцию (вида движения): последовательного, параллельно-последовательного, параллельного.

При последовательном виде движения вся партия заготовок передаётся на последующую операцию лишь после окончания обработки всех заготовок на предыдущей операции. Длительность цикла технологического процесса в этом случае определяется суммой операционных циклов

$$T_{T.нос} = n \cdot \sum_{i=1}^U \frac{T_{шт.ки}}{\omega_j}, \quad (5.2)$$

где U – количество операций технологического процесса.

Длительность производственного цикла $T_{n.нос}$ включает кроме того, естественные процессы T_e , межоперационные перерывы $T_{мо}$ и перерывы, связанные с режимом работы $T_{реж}$:

$$T_{n.нос} = n \cdot \sum_{i=1}^U \frac{T_{шт.ки}}{\omega_j} + T_e + U \cdot T_{мо} + T_{реж}. \quad (5.3)$$

Для определения производственного цикла в календарных днях следует принимать во внимание длительность рабочей смены $T_{см}$, число смен в сутки f и соотношение между рабочими и календарными днями в году « k ». Количество рабочих дней ежегодно изменяется, но в расчетах можно принимать $k \approx \frac{258}{365} \approx 0.706$ [2].

Таким образом, производственный цикл, выраженный в календарных днях, определяется формулой

$$T_{n.нос} = \frac{1}{T_{см} \cdot f \cdot k} \left(n \cdot \sum_{i=1}^u \frac{T_{ум.ki}}{\omega_j} + u \cdot T_{мо} \right) + \frac{T_e}{24}. \quad (5.4)$$

При параллельно-последовательном виде движения детали (заготовки) с операции на операцию передаются транспортными партиями n_T , или поштучно ($n_T = 1$). При этом происходит частичное совмещение времени выполнения смежных операций, а вся партия n обрабатывается на каждой операции без перерывов. Длительность технологического цикла $T_{T.n.n}$ в этом случае меньше, чем при последовательном виде движения, на суммарную величину совмещения операционных циклов:

$$T_{T.n.n} = T_{T.нос} - \sum_{i=1}^{u-1} \tau_i, \quad (5.5)$$

а длительность производственного цикла

$$T_{n.n.n} = n \cdot \sum_{i=1}^u \frac{T_{ум.ki}}{\omega_j} - \sum_{i=1}^{u-1} \tau_i + u \cdot T_{мо} + T_e + T_{резж}, \quad (5.6)$$

где τ_j – время совмещения смежных операций, мин.

Этот вид движения, сокращая время пролеживания, уменьшает продолжительность всего процесса. Степень параллельности работ в производственном цикле характеризуется коэффициентом параллельности

$$K_{n.n.} = \frac{T_{n.nn.}}{T_{n.noc}}. \quad (5.7)$$

Следует учитывать соотношение операционных циклов на предыдущей и последующей операциях. Если операционный цикл на предыдущей операции меньше, чем на последующей, т. е. $T_{oni} < T_{oni+1}$, обработка транспортной партии на последующей операции возможна сразу после окончания обработки её на предыдущей, так как будет создан необходимый задел, обеспечивающий непрерывную работу на последующей операции. В этом случае для двух смежных операций длительность цикла

$$T_{T.nn} = T_{T.noc} - \tau_j,$$

при этом

$$\tau_j = n \cdot \frac{T_{um.ki}}{\omega_j} - n_T \cdot \frac{T_{um.ki}}{\omega_j} = (n - n_T) \cdot \frac{T_{um.ki}}{\omega_j}$$

Если операционный цикл на предыдущей операции больше, чем на последующей, т.е. $T_{on} > T_{oni+1}$, то после обработки транспортной партии на предыдущей операции её нельзя сразу передать на последующую, поскольку не будет создан задел для обеспечения непрерывной работы. Начало обработки на последующей операции определяют из условия, что последняя транспортная партия после обработки на предыдущей операции немедленно передаётся на последующую. Тогда для двух смежных операций длительность цикла

$$T_{T.m} = T_{T.noc} - \tau_j,$$

но в этом случае

$$\tau_j = n \cdot \frac{T_{ум.ki+1}}{\omega_{i+1}} - n_T \cdot \frac{T_{ум.ki+1}}{\omega_{i+1}} = (n - n_T) \cdot \frac{T_{ум.ki+1}}{\omega_{i+1}}.$$

Сравнение значений $\frac{T_{ум.к}}{\omega_j}$ при определении величины совмещения для двух случаев показывает, что они соответствуют операции с более коротким операционным циклом. Следовательно,

$$\tau_j = (n - n_T) \cdot \left(\frac{T_{ум.ki}}{\omega_j} \right) \min.$$

Подставляя значение τ_j в формулы (5.5) и (5.6), получим:

- технологический цикл

$$T_{n.nn} = n \cdot \sum_{i=1}^u \frac{T_{ум.ki}}{\omega_j} - (n - n_T) \cdot \sum_{i=1}^{u-1} \tau_j \cdot \left(\frac{T_{ум.ki}}{\omega_j} \right) \min, \quad (5.8)$$

- производственный цикл

$$T_{n.nn} = n \cdot \sum_{i=1}^u \frac{T_{ум.ki}}{\omega_j} - (n - n_T) \cdot \sum_{i=1}^{u-1} \tau_j \cdot \left(\frac{T_{ум.ki}}{\omega_j} \right) \min + u \cdot T_{мо} + T_e + T_{реж}, \quad (5.9)$$

Производственный цикл в календарных днях при параллельно-последовательном виде движения

$$T_{n.nn} = \frac{1}{T_{cm} \cdot f \cdot k} \left[n \cdot \sum_{i=1}^u \frac{T_{um.ki} - (n - n_T) \cdot \omega_i}{\omega_i} \right] + \frac{T_e}{24}, \quad (5.10)$$

При параллельном виде движения транспортные партии передаются на следующие операции сразу после окончания их обработки на предыдущих операциях. В этом случае обеспечивается наиболее короткий цикл. В случае параллельного вида движения транспортных партий технологический цикл

$$T_{T.nap} = (n - n_T) \cdot \left(\frac{T_{um.ki}}{\omega_j} \right) \max + n_T \sum_{i=1}^{u-1} \frac{T_{um.ki}}{\omega_j}, \quad (5.11)$$

а производственный цикл

$$T_{T.nap} = (n - n_T) \cdot \left(\frac{T_{um.ki}}{\omega_j} \right) \max + n_T \sum_{i=1}^{u-1} \frac{T_{um.ki}}{\omega_j} + u \cdot T_{mo} + T_e + T_{реж} \quad (5.12)$$

Производственный цикл в календарных днях при параллельном виде движения

$$T_{n.nn} = \frac{1}{T_{cm} \cdot f \cdot k} \left[\begin{aligned} & (n - n_T) \cdot \left(\frac{T_{um.ki}}{\omega_j} \right) \max + \\ & + n_T \sum_{i=1}^{u-1} \frac{T_{um.ki}}{\omega_j} + u \cdot T_{mo} \end{aligned} \right] + \frac{T_e}{24}. \quad (5.13)$$

Каждый из трёх рассмотренных способов (видов) движения предметов труда имеет свои достоинства и недостатки. Основным преимуществом последовательного вида движения является

простота его организации в отношении планирования движения предметов труда и загрузки рабочих мест. Недостаток заключается в относительно большой длительности производственного цикла. Эта последняя при параллельно-последовательном виде движения короче, чем при последовательном, но в этом случае достаточно сложны предварительные расчеты при планировании производства и оперативное регулирование и управление им. Основное преимущество параллельного вида движения заключается в минимальной длительности цикла, а недостаток – в неизбежных простоях оборудования при нарушении ритмичности и синхронизации процесса.

При выборе вида движения предметов труда необходимо учитывать специфику и форму организации производства на каждом предприятии с целью обеспечения минимальной длительности производственного цикла при минимальных затратах и достаточной простоте управления производством.

Исходные данные

Требуется определить длительность технологического и производственного циклов обработки партии заготовок из N шт. и построить графики производственных процессов при различных видах движения.

Величина транспортной партии равна n_T заготовкам; нормы времени по операциям соответственно $T_{ум.к1}, T_{ум.к2}, \dots, T_{ум.кn}$ мин/шт. На пятнадцатой операции установлено два станка, на остальных – по одному. Среднее межоперационное время перерывов – 2 мин. Работа производится в две смены. Длительность смены – 8 ч., длительность естественных процессов – 30 мин. Размер партии заготовок, транспортной партии и норм времени приведен в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Исходные данные

№ варианта	Размер партии N , шт.	Размер транспортной партии n_T , шт.	Нормы времени по операциям, мин/шт
1	15	3	2,0; 3,0; 4,5; 2,0; 1,0
2	20	4	3,0; 1,5; 2,0; 1,0; 5,0
3	25	5	1,5; 3,0; 4,5; 2,5; 6,5
4	30	6	1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0
5	35	7	1,5; 3,0; 2,5; 4,5; 1,0
6	40	8	1,0; 1,5; 4,5; 3,0; 6,0;
7	45	9	1,5; 4,0; 2,5; 3,0; 1,0
8	50	10	1,0; 2,5; 3,5; 4,5; 5,0
9	55	11	0,5; 3,5; 4,5; 2,0; 3,0
10	60	12	1,0; 2,0; 2,5; 2,5; 2,0
11	65	13	1,0; 2,5; 3,5; 2,5; 2,0
12	70	14	0,5; 2,0; 3,0; 5,0; 2,5
13	75	15	3,5; 2,5; 5,0; 4,0; 2,0
14	80	16	1,5; 2,0; 3,0; 3,0; 1,5
15	85	17	1,0; 2,5; 3,0; 1,5; 1,0

Порядок выполнения работы**1. Последовательный вид движения.**

1.1 Определить операционный цикл предметов труда для последовательного вида движения.

1.2 Рассчитать технологический цикл.

1.3 Найти производственный цикл в календарных днях.

1.4 По результатам расчета построить график производственного цикла при последовательном виде движения.

2. Параллельно-последовательный вид движения.

1.1 Определить операционные циклы для параллельно-последовательного вида движения.

1.2 Рассчитать технологический цикл.

1.3 Найти производственный цикл в календарных днях.

По результатам расчета построить график производственного цикла при параллельно-последовательном виде движения. В этом случае при построении графика производственного цикла следует учесть соотношение операционных циклов на предыдущих и последующих операциях, для чего определяют величину смещения операционных циклов τ_j по формуле

$$\tau_j = (n - n_T) \cdot \left(\frac{T_{um.ki}}{\omega_j} \right) \min .$$

2. Параллельный вид движения.

2.1 Определить операционные циклы для параллельного вида движения.

2.2 Рассчитать технологический цикл.

2.3 Найти производственный цикл в календарных днях.

2.4 По результатам расчета построить график производственного цикла при параллельном виде движения. При построении графика производственного цикла с параллельным видом движения сначала отмечают последовательную обработку первой транспортной партии без задержки по всем операциям. После этого на графике отражают непрерывную обработку всех остальных передаточных партий на операции с максимальным операционным циклом (10 операция). Затем определяют момент начала и окончания обработки каждой партии на остальных операциях с учётом времени межоперационного пролеживания.

Для упрощения расчетов целесообразно воспользоваться приложением к данной работе Лабораторная5.xls

Контрольные вопросы

1. Структура производственного процесса.
2. Основная задача в организации производственного процесса.
3. Характеристики производственного процесса.

4. Достоинства и недостатки последовательного, параллельно-последовательного и параллельного вида движения предмета труда.

5. Что необходимо учитывать при выборе вида движения предметов труда на предприятии?

Содержание отчета

1. Титульный лист.
2. Цель работы.
3. Исходные данные.
4. Таблицы результатов расчетов.
5. Выводы.

Литература

1. Вальков, В. М. Автоматизированные системы управления технологическими процессами / В. М. Вальков, В. Е. Вершин. -- Л. : Политехника, 1991. - 269 с.

2. Организация, планирование и управление машиностроительным предприятием : учеб. в 2 ч. -- Ч. 1: Организация и управление машиностроительным предприятием / Под ред. В. А. Летенко, Б. М. Родионова. - М.: Высшая школа, 1979. - 296 с.

ОРГАНИЗАЦИЯ ПОТОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Цель работы:

1. Ознакомиться с понятием поточного производства с использованием конвейера.
2. Рассчитать механизированную поточную линию с конвейером.

6.1 Общие положения

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. [1 - 3]

В рамках лабораторной работы № 6 решаются вопросы организации и расчёта механизированных поточных линий с рабочим конвейером. Для выполнения расчёта следует определиться с параметрами (показателями), достаточно полно характеризующими данный тип поточных линий.

Такт выпуска продукции

$$T_T = \frac{F_C}{P_C}, \quad (6.1)$$

где F_C – суточный фонд времени работы линии, ч, мин; P_C – суточное плановое задание, шт.

Программа запуска $P_{з,с}$ равна при отсутствии брака программе выпуска $P_{в,с}$.

Ритм выпуска продукции

$$T_p = \frac{P_c}{F_c}.$$

Такт линии с регламентированными перерывами

$$T_{m.p.n} = f \cdot (T_{cm} - T_{nep}) \cdot \frac{100 - a}{P_a \cdot 100}, \quad (6.2)$$

где f – число рабочих смен в сутки; T_{cm} – продолжительность смены, ч; a – планируемые технологические потери (брак), % от $P_{з.с}$.

При наличии технологических потерь

$$T_{з.с} = \frac{100 \cdot P_{в.с}}{1000 - a}. \quad (6.3)$$

Такт линии без регламентированных перерывов

$$T_{m.б.n} = T_{cm} \cdot f \cdot (100 - a) \cdot P_{в.с} \cdot 100. \quad (6.4)$$

Расчётное число рабочих мест (единиц оборудования) для выполнения i -й операции

$$W_{ip} = \frac{t_{iiум.к.}}{T_T}, \quad (6.5)$$

где $t_{iiум.к.}$ – норма времени на выполнение i -й операции (штучно-калькуляционное время).

Коэффициент загрузки рабочих мест на каждой операции

$$K_{з.oi} = \frac{100 \cdot W_{ip}}{W_{iф}}, \quad (6.6)$$

где $W_{i\phi}$ – фактически принятое число рабочих мест на i -й операции.

Число рабочих на i -й операции

$$R_i = \frac{W_{i\phi} \cdot f}{W_{н.о}}, \quad (6.7)$$

где $W_{н.о}$ – норма обслуживания на i -й операции.

Общее число рабочих на линии

$$R_0 = \left(1 + \frac{b}{100}\right) \cdot \sum_{i=1}^m R_i, \quad (6.8)$$

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

Далее для расчёта 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:

$$l_0 = l_{об} + l_{пр}, \quad (6.9)$$

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

Скорость движения конвейера

$$V_{кв} = \frac{l_0}{T_T}. \quad (6.10)$$

Как правило, $V_{кв} = (0,3-2)$ м/мин.

Нормальная длина зоны каждой операции

$$l_{ni} = l_0 \cdot \frac{t_{iум.к}}{T_T} = l_0 \cdot W_{i\phi}. \quad (6.11)$$

Резервная длина зоны i -й операции

$$l_{pi} = l_0 \cdot \Delta_i, \quad (6.12)$$

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

$$\Delta_i = \frac{t_{i\max} - t_{i\text{ср}}}{T_T},$$
$$t_{i\text{ср}} = \frac{t_{i\max} + t_{i\min}}{2}, \quad (6.13)$$

где $t_{i\max}$, $t_{i\min}$, $t_{i\text{ср}}$ – соответственно максимальная, минимальная и средняя продолжительность i -й операции.

Общая длина зоны i -й операции

$$l_i = l_{ni} + l_{pi} = l_0 (W_{i\phi} + \Delta_i). \quad (6.14)$$

Длина рабочей части конвейера

$$l_k = l_0 \left[\sum_{j=1}^m W_{j\phi} + \sum_{i=1}^{m_0} (W_{i\phi} + \Delta_i) \right], \quad (6.15)$$

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

Длительность производственного цикла изготовления на линии детали (изделия)

$$T_u = \frac{l_k}{V_{кв}} = T_T \left[\sum_{j=1}^m W_{j\phi} + \sum_{i=1}^{m_0} (W_{i\phi} + \Delta_i) \right]. \quad (6.16)$$

Количество изготовленных объектов, находящихся одновременно на конвейере

$$П_0 = \frac{T_u}{T_T}. \quad (6.17)$$

Исходные данные

Необходимо рассчитать такт линии и длительность цикла сборки, предназначенной для сборки блоков автомобильных двигателей с выпуском N шт. в смену. Шаг конвейера $l_0 = 1,3$ м. Регламентированные перерывы $T_{пер}$ составляют 20 мин за смену, продолжительность которой $T_{см} = 8,2$ ч; режим работы f – двухсменный. Технологические потери $a = 1,4\%$ от сменной программы запуска. Продолжительность операций процесса сборки приведена в табл. 6.1. При выполнении n -й операции возможны отклонения фактических затрат времени от нормы в пределах (0,7–1,3) мин.

Таблица 6.1

Исходные данные

№	Продолжительность операции, мин.										$P_{в}$ 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
6	2,0	5,6	7,4*	3,2	2,6	2,4	3,5	5,2	2,7	1,4	400
7	3,2	6,3*	3,4	1,3	1,8	2,2	3,5	5,1	4,1	2,7	350
8	1,4	2,6	8,2*	5,6	2,8	1,8	3,2	2,5	6,0	1,5	290
9	2,5	3,5	5,3	1,5	4,5	7,0*	7,1	1,8	5,5	3,0	320
* -- Операции, при выполнении которых возможны отклонения до 10 % фактических затрат времени от нормы.											

Порядок выполнения работы

1. Исходя из требуемой программы выпуска блоков автомобильных двигателей, определить сменную программу запуска;
2. Рассчитать действительный фонд времени работы линии $F_{см}$, исходя из продолжительности смены с учетом регламентированных перерывов для отдыха и профилактических мероприятий;
3. Определить такт линии;
4. Учитывая, что шаг конвейера $l_0 = 1,3$ м определить скорость конвейера;
5. Рассчитать количество рабочих мест, необходимых для сборки блока цилиндров автомобильного двигателя $W_{i\phi}$;
6. Рассчитать коэффициент загрузки рабочих мест $K_{з.о}$;
7. Рассчитать длины зон операций l_n .

Результаты расчётов занести в табл. 6.2.

Таблица 6.2

Результаты расчётов

№ операции	$t_{шт.к}$, МИН	W_{ip} , ШТ.	$W_{iφ}$, ШТ.	$K_{зоi}$, %	$l_{ни}$, М
1					
2					
...					
10					

8. Найти общее число рабочих мест на линии.
9. Определить количество рабочих мест на линии с учетом двухсменной работы R_0 .
10. Рассчитать длину резервной линии для n^* -й операции.
11. Определить число резервных делений (шагов конвейера).
12. Найти длину линии рабочей зоны n^* -й операции.
13. Рассчитать длительность цикла сборки блока цилиндров автомобильного двигателя.

Для упрощения расчётов целесообразно воспользоваться приложением к данной работе Лабораторнаяб.xls

Контрольные вопросы

1. Отрасли промышленности, в которых используются поточные линии.
2. Классификация поточных линий.
3. Что характеризует коэффициент загрузки рабочих мест?
4. Параметры, характеризующие рабочий конвейер.

Содержание отчета

1. Титульный лист.
2. Цель работы.
3. Исходные данные.
4. Таблицы результатов расчётов.
5. Выводы.

Литература

1. Худобил, Л. В. Разработка технологических процессов сборки в курсовых и дипломных проектах : учеб. пособие / Л. В. Худобин, В. Ф. Гурьянихин, В. Р. Берзин. – Ульяновск : УлГТУ, 1995. – 80 с.
2. Гурьянихин, В. Ф. Проектирование технологических процессов обработки заготовок в ГПС : учеб. пособие / под ред. Л. В. Худобина. – Ульяновск : УлПИ, 1994. – 108 с.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Лабораторная работа № 1</i>	
Оценка надежности автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП).....	3
<i>Лабораторная работа № 2</i>	
Детерминированный расчет экономической эффективности внедрения автоматизированных систем управления технологическими процессами.....	19
<i>Лабораторная работа № 3</i>	
Расчёт экономической эффективности внедрения АСУТП с учётом неупорядоченности производства.....	30
<i>Лабораторная работа № 4</i>	
Управление качеством продукции и организация технического контроля.....	39
<i>Лабораторная работа № 5</i>	
Организация и управление производственным процессом.....	58
<i>Лабораторная работа № 6</i>	
Организация поточного производства.....	69

Учебное издание

ОКОЛОВ Андрей Ромуальдович
МОСКАЛЕНКО Алексей Анисимович

**АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ**

Методическое пособие по лабораторным работам
для студентов специальности 1-53 01 01 «Автоматизация
технологических процессов и производств»

Подписано в печать 18.10.2012. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 4,53. Уч.-изд. л. 3,54. Тираж 50. Заказ 1123.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический
университет. ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.