

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ФГОУ ВО «Саратовский ГАУ»**

Кафедра «Технологии продуктов питания»

**«ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ  
ПРЕДПРИЯТИЙ»**

**Методические указания**

к лабораторным занятиям для студентов

направления подготовки 35.03.07- «Технология производства и переработки  
сельскохозяйственной продукции»

**Саратов 2018**

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ:  
Метод. указания к лабораторным занятиям для студентов направления подготовки  
35.03.07- «Технология производства и переработки сельскохозяйственной  
продукции»/ Сост. Ф.Я. Рудик, О.М. Буттаев, Н. Л. Моргунова; ФГОУ ВО  
Саратовский ГАУ». Саратов, 2018.

## РАЗДЕЛ I

### ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ НАДЕЖНОСТЬ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ОТРАСЛЕЙ

#### Занятие 1. Надежность машин

**Цель занятия:** изучить методы определения надежности машин, виды распределения случайных величин и область применения распределений показателей надежности.

**Задание.** Изучить теоретический материал и отчитаться по теории.

Количественно надежность оборудования оценивают посредством единичных или комплексных показателей; выбор их зависит от особенностей и интенсивности эксплуатации оборудования, а также от последствий отказов – событий, заключающихся в нарушении его работоспособности.

При эксплуатации оборудования перерабатывающих предприятий важен срок гарантии – это период, в течение которого завод-изготовитель гарантирует потребителю, что оборудование при соблюдении правил технической эксплуатации будет функционировать с установленной эффективностью и безотказностью.

В условиях непрерывно-поточного и комплексно-механизированного производства на предприятиях по хранению и переработке сельскохозяйственной продукции особое значение приобретает как срок гарантии, так и последствия отказов в виде временных, эксплуатационных и экономических потерь.

Для постановки и решения формализуемых задач о надежности оборудования применяют вероятностно-статические методы в совокупности с комплексным и системным подходами, направленными на всестороннее и целостное рассмотрение оборудования как объекта, который состоит из взаимосвязанных элементов.

Обобщенный опыт эксплуатации оборудования в нормальных условиях и результаты его испытаний приводят к заключению, что существенно и значительно рассеяние значений единичных и комплексных показателей надежности. Это вызвано тем, что в некоторых пределах дискретно или непрерывно варьируют физико-химические и структурно-механические свойства используемых материалов, методы организации изготовления, монтажа, наладки, эксплуатации, технического

обслуживания и ремонта оборудования. Большинство факторов, определяющих надежность оборудования, носит случайный характер.

Выборочная совокупность – это реальная совокупность, состоящая из конечного числа объектов (изделий, измерений).

Генеральная совокупность – это совокупность, зависящая от численности контролируемых изделий и их случайного отбора.

Математико-статические подходы используют для:

1) Обоснования способа отбора единиц из генеральной совокупности, подлежащих испытанию (наблюдению), и оценки представительности выборочных совокупностей.

2) Нахождения статических числовых характеристик вариационного ряда.

3) Выдвижения одной или нескольких гипотез о статической функции исследуемой случайной величины, исходя из внешнего вида эмпирической кривой, значений ее параметров.

4) Выравнивания эмпирического распределения по гипотетически принятым теоретическим распределениям.

5) Сравнения эмпирических и теоретических (дифференциальных и интегральных) распределений частот по статическим критериям согласия и последующего принятия вида распределения, дающего наилучшее согласование.

К эмпирическим показателям относят:

- выборочную совокупность;
- частоту;
- выборочную среднюю;
- выборочную дисперсию (квадрат среднего квадратического отклонения);
- вариационный (эмпирический) вид распределения.

К теоретическим показателям относят:

- генеральную совокупность;
- вероятность;
- математическое ожидание или генеральную среднюю;
- генеральную дисперсию;

- теоретическую функцию, как вид распределения.

#### Различия между статическими и вероятными характеристиками:

а) Статические характеристики относят к эмпирическим показателям, вероятные – к теоретическим показателям.

б) Статические характеризуют выборочную совокупность, вероятные характеристики – генеральную совокупность.

#### **Случайные величины и их характеристики**

Внезапные отказы определяются случайными неблагоприятными сочетаниями нескольких факторов. Случайность связана с тем, что по критерию усталости (оцениваемое отношением наибольшего ресурса к наименьшему) для подшипников достигает 40, для зубчатых передач 10...15. Рассеяние ресурсов по износу также весьма значительно. Существенное рассеяние имеют действующие нагрузки, механические характеристики материалов и деталей, зазоры и натяги, которые при изготовлении получаются как разности сопрягаемых размеров.

Поэтому в расчетах надежности многие параметры должны рассматриваться случайными величинами, т.е. такими, которые могут принять то или иное значение, неизвестное заранее. Они могут быть непрерывного или прерывного (дискретного) типа.

Для каждого числа  $x$  в диапазоне изменения случайной величины  $X$  существует определенная вероятность  $P(X < x)$ , что  $X$  не превосходит  $x$ . Эта зависимость  $F(x) = P(X < x)$  называется функцией распределения или функцией вероятности случайной величины  $X$ .

Функция  $F(x)$  является неубывающей функцией  $x$  (монотонно возрастающей для непрерывных процессов и ступенчато возрастающей для дискретных процессов (прерывных)). В пределах изменения случайной величины  $X$  она изменяется от 0 до 1.

Вид распределения случайной величины может быть задан численно, графически и аналитически. Численно его представляют в виде таблицы, в которой перечислены возможные точечные или интервальные значения случайной величины и соответствующие им вероятности.

По приведенным в табличной форме данным строят (рис.1) гистограмму (а), многоугольник статического распределения (б) и интегральный (в) график функции распределения (полигон накопленных частот или частостей).

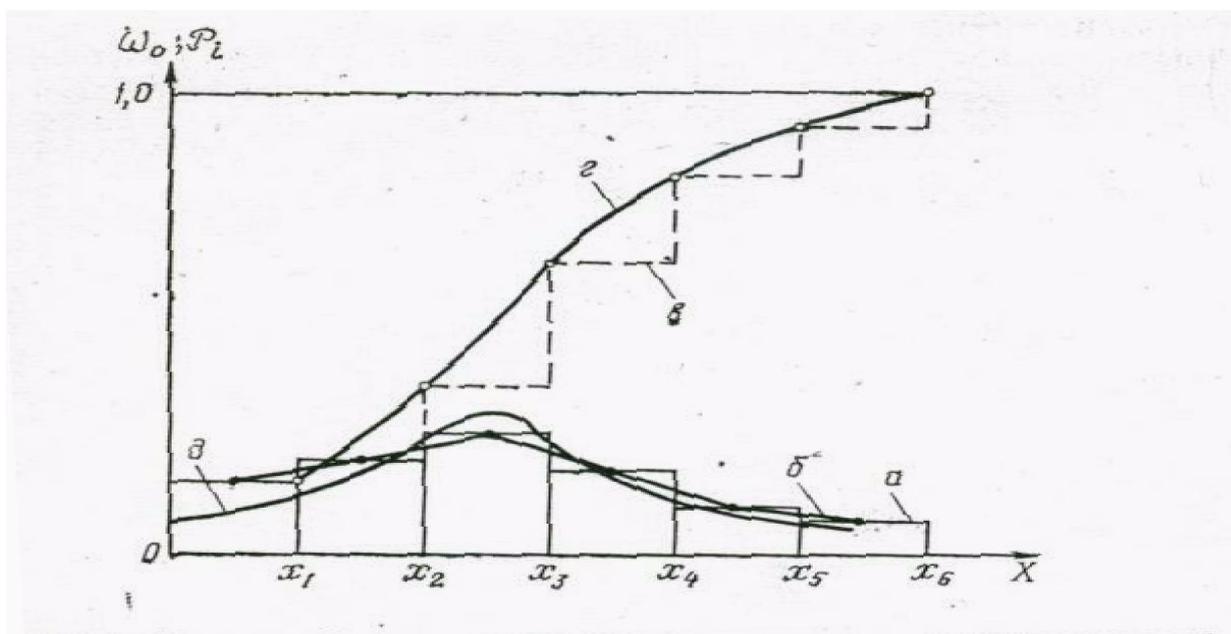


Рис.1 Виды графического задания статического ряда частостей ( $W_0$ ) и вероятностей ( $P_i$ ) случайных величин:

а – гистограмма; б – полигон или многоугольник распределения; в, г – интегральные или кумулятивные виды распределения соответственно дискретной или непрерывной величин; д – плотность или дифференциальный вид распределения.

В теории вероятностей под распределением случайной величины понимают связь между возможными значениями количественного признака  $X$  и соответствующими им вероятностями  $P$ .

В математической статистике под распределением в выборке общей численности  $n$  понимают соответствие между наблюдаемыми вариантами  $x_i$  и частотами  $n_i$  их появления, или статическими вероятностями – частостями -  $n_i/n = f_{oi}$ .

В практике расчетов надежности случайную величину  $t_i$  (время безотказной работы) приводят к дискретной. Для этого расчленяют весь ее интервал изменения на  $n$  малых равных интервалов  $\Delta t$  и вводят среднее значение этой случайной величины, соответствующее середине интервала ( $t_i$ ). Поэтому можно считать, что

для любой случайной величины  $t_i$  каждому ее значению соответствует определенная вероятность  $p_i$ .

Различают:

- а) эмпирическое, теоретическое и усеченное распределения;
- б) дифференциальный и интегральный виды распределения.

Если существует счетное множество чисел  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , которые представляют  $n$  известных из опыта (испытания, наблюдения) конкретных значений независимых случайных величин, то эмпирическая интегральная функция распределения  $F(x)$  определяет для каждого значения  $x$  вероятность того, что случайная величина  $X$  примет значение, меньшее  $x$ , т.е.  $F(x)=P(X<x)$ .

При  $x_2 > x_1$  функция  $F(x_2) \geq F(x_1)$ ; на концах интервала  $a$  и  $b$  возможных значений  $x$  функция  $F(a)=0, F(b)=1$ .

Теоретический вид распределения, выражая распределение вероятностей случайной величины, исключает возможные отклонения, обусловленные недостаточно полной статической информацией. Следовательно, замена эмпирического распределения теоретическим приводит к выравниванию (сглаживанию) статической информации.

Усеченное распределение применяют, если необходимо отбросить результаты испытаний меньше и больше каких-то значений.

Виды распределения дискретной случайной величины, заданные таблично, аналитически (в виде формулы) или графически, характеризуют соответствие между возможными ее значениями и их вероятностями, применяют для различных оценок надежности оборудования (табл.1)

Таблица 1.

**Область применения распределений показателей надежности элементов  
оборудования**

Показатели, оценивающие надежность оборудования в условиях нормальной эксплуатации и при регламентированном техническом обслуживании	Вид распределения показателей надежности
Наработка до отказа и на отказ	Показательный (экспоненциальный)

<p>неремонтируемых и ремонтируемых изделий, обусловленная внезапными повреждениями после периода приработки или при ударных нагрузках.</p> <p>Время безотказной работы восстанавливаемых и невосстанавливаемых систем, состоящих из большого числа элементов.</p>	
<p>Наработка до отказа неремонтируемых изделий из-за постепенного изнашивания, усталостных разрушений, коррозии.</p> <p>Наработка и ресурс ремонтируемых изделий до первого капитального ремонта.</p> <p>Характеристики рассеивания:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– до-, межремонтных и полных ресурсов или сроков службы оборудования и его элементов;</li> <li>– времени восстановления работоспособности оборудования и его элементов;</li> <li>– ошибок измерения и размеров деталей в пределах принятого их допуска.</li> </ul>	<p>Усеченный нормальный</p>
<p>Наработка до отказа неремонтируемых изделий из-за усталостных разрушений в процессе знакопеременного нагружения.</p>	<p>Логарифмически нормальный</p>
<p>Периоды простоев для восстановления работоспособности элементов оборудования в заданное время.</p> <p>Наработка до отказа восстанавливаемых и невосстанавливаемых изделий:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>при приработке сопряжений;</li> <li>из-за старения материала;</li> <li>при усталостном разрушении.</li> </ul> <p>Наработка между отказами и распределение ресурса ремонтируемых элементов оборудования.</p> <p>Время восстановлений изделий после отказа.</p>	

<p>Характеристики рассеивания:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ресурсов или сроков службы отдельных деталей и их сопряжений ( в частности подшипников качения);</li> <li>- до- и межремонтных ресурсов или сроков службы оборудования, отказы которых обусловлены неисправностью одних и тех же деталей или их сопряжений.</li> </ul>	
<p>Время безотказной работы оборудования при накапливающимся механическим повреждениям в его элементах.</p> <p>Наработка до отказа неремонтируемых элементов оборудования при их мгновенных перегрузках.</p>	<p>Гамма</p>

## Занятие 2. Безотказность оборудования

Цель занятия: изучить вероятность безотказной работы оборудования при параллельном, последовательном и смешанном соединении элементов.

Задание. Изучить виды и расчетные формулы вероятности безотказной работы. Решить задачи 1-8.

**Надежность** - это комплексный показатель, который состоит из ряда относительно самостоятельных свойств, характеризующих безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость.

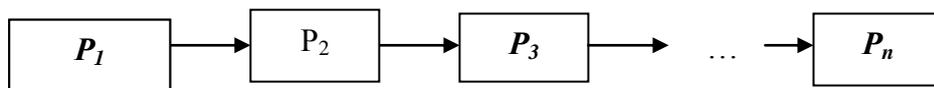
Безотказность – это свойство оборудования непрерывно сохранять работоспособность в течение заданного времени, или наработки.

К показателям безотказности относят:

- плотность распределения вероятности;
- наработку на отказ;
- среднюю наработку на отказ;
- интенсивность отказов;
- параметр потока отказов.

### 1. Вероятность безотказной работы при последовательном и параллельном соединениях

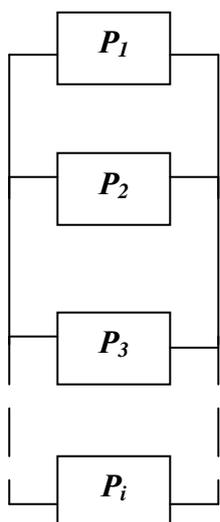
**Последовательное соединение** – это такое соединение, когда отказ любого из элементов ведет к отказу всей системы.



$$P_{noc} = P_1 \cdot P_2 \cdot \dots \cdot P_n$$

$$P_i = \prod_{i=1}^N P_i \quad (1)$$

**Параллельное соединение** - это такое соединение, когда отказ одного из элементов не ведет к отказу всей системы, а лишь ухудшает параметры безотказности.



**Вероятность появления отказа:**

$$Q = Q_1 \cdot Q_2 \cdot Q_3 \cdot Q_i$$

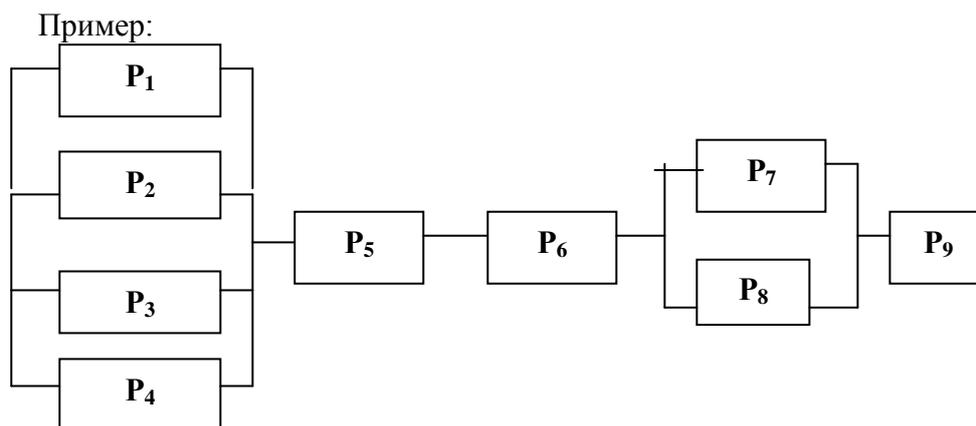
$$Q_i = \prod_{i=1}^N Q_i \quad (2)$$

Тогда вероятность безотказной работы параллельного соединения определяется по формуле:

$$P_{нар} = 1 - \prod_{i=1}^n Q_i \quad (3)$$

## 2. Вероятность безотказной работы при смешанном соединении элементов

**Смешанное соединение** - это и параллельное и последовательное соединение элементов.



$P_1, P_2, P_3, P_4$  – двигатель 4-х цилиндровый

$P_5, P_6$  – элементы трансмиссии

$P_7, P_8$  – тормозная система

$P_9$  – система питания

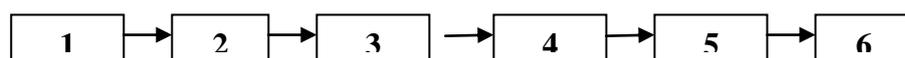
$$P_{см} = \left[ 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_{1,2,3,4}) \right] \cdot \left[ \prod_{i=1}^n P_5 \cdot P_6 \right] \cdot \left[ 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_{7,8}) \right] \cdot \left[ \prod_{i=1}^n P_9 \right] \quad (4)$$

### Задачи

#### Задача 1.

Система резервирования овощехранилища с накопителем состоит из последовательно работающих:

1. разгрузчик автомобилей
2. сортировальный транспортер
3. бункер накопитель
4. перемещающий транспортер
5. загрузчик контейнеров
6. автокар штабелер



В каких пределах будет изменяться вероятность безотказной работы линии сортировки и загрузки овощехранилища при изменении емкости накопителя от нуля до сменной производительности линии, если  $P_1(t)=0,92$ ;  $P_2(t)=0,85$ ;  $P_4(t)=0,9$ ;  $P_5(t)=0,95$ ;  $P_6(t)=0,8$

#### Задача 2.

Определить вероятность безотказной работы агрегата, состоящего из приводного механизма  $P_n(t)=0,9$  и трех составляющих  $P_1(t)=P_2(t)=P_3(t)=0,91$

а) Задача решается исходя из того, что при отказе одного из элементов произойдет отказ всей системы.

б) Задача решается исходя из того, что при отказе приводного механизма произойдет полная потеря работоспособности (полный отказ), а при отказе одной из составляющих произойдет снижение производительности агрегата (частичный отказ).

*Задача 3.*

Найти вероятность безотказной работы составляющей агрегата, состоящего из приводного механизма  $P_{\text{п}}(t)=0,95$  и трех составляющих. Надежность всего агрегата  $P_{\text{а}}(t)=0,8$ .

*Задача 4.*

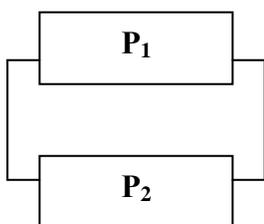
Найти вероятность безотказной работы приводного механизма при известной вероятности составляющих агрегата  $P_1(t)=P_2(t)=P_3(t)=0,96$  и задана вероятность безотказной работы всего агрегата  $P_{\text{а}}(t)=0,8$ .

*Задача 5.*

Определить вероятность безотказной работы и вероятность отказа 4-х цилиндрического двигателя при условии, что коленчатый вал будет вращаться даже при одном работающем цилиндре. Вероятность безотказной работы каждого цилиндра  $P_{\text{ц}}(t)=0,8$ .

*Задача 6.*

С целью повышения безотказности эксплуатации мукомольная установка снабжена двумя концевыми предохранительными выключателями. Определить вероятность одновременного возникновения отказа концевиков, если вероятность безотказной работы каждого 0,9.



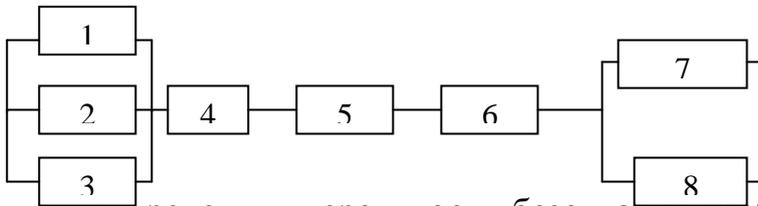
*Задача 7.*

Через 10 часов непрерывной работы из 4 триерных установок отказала одна. Найти вероятность безотказной работы

линии сортировки зерна. ( $Q(t)=n/N$ , где  $n$  – неработающие установки;  $N$  – работающие установки)

### Задача 8.

Механизированную поточно-технологическую линию с частичным резервированием можно условно представить структурной схемой комбинированного соединения:



Определить вероятность безотказной работы и вероятность появления отказа механизированной линии при следующих показателях надежности:  $P_1(t)=P_2(t)=P_3(t)=0,6$ ;  $P_4(t)=0,82$ ;  $P_5(t)=0,85$ ;  $P_6(t)=0,9$ ;  $P_7(t)=P_8(t)=0,7$ .

### 3. Нарботка на отказ

Нарботка на отказ определяется для восстанавливаемых изделий и характеризует отношение времени наработки изделия к количеству отказов, произошедших за это время.

Нарботка на отказ характеризует среднее время работы изделия между появлениями очередных отказов. Следовательно, наработка на отказ является и характеристикой математического ожидания:

$$T_o = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^n t_i \quad (5)$$

где:

$m$  – число отказов за наблюдаемый период времени

$t_i$  – наработка каждого изделия после периода приработки

### 4. Средняя наработка на отказ

Средняя наработка на отказ определяется для не восстанавливаемых изделий.

$$T_{o,sp} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N T_i \quad (6)$$

где:

$N$  – число одновременно испытываемых объектов

$T_i$  – наработка до появления первого отказа

Обычно  $T_{0. CP} > 0$ , если  $T_{0. CP} = 0$ , то оборудование после включения сразу не работает.

### 5. Теоретическая вероятность безотказной работы

$$P(t) = e^{-\frac{t}{T_0}} \quad (7)$$

где:

$t$  – интервал времени наблюдения за объектом

$T_0$  – наработка на отказ

### Задачи

#### Задача 9.

15 мукомольных агрегатов в общей сложности отработали 10000 часов. Определить, сколько отказов придется на один агрегат через 15000 часов работы. Результаты испытаний приведены в таблице:

Интервал наработки, час	Число работающих машин, шт	Число отказов, шт
0-2000	15	2
2000-4000	15	4
4000-6000	15	8
6000-8000	15	6
8000-10000	15	7

#### Задача 10.

У куттерной установки после 155 часов эксплуатации произошел отказ редуктора. Определить теоретическую вероятность безотказной работы куттерной установки за одну смену (8 часов) и за 25 смен (200 часов).

#### Задача 11.

Испытаниям подвергались 6 установок для гречки. Нарботка 1-ой установки составила 355 часов, 2-ой – 420, 3-ей – 510, 4-ой – 450, 5-ой – 610, 6-ой 535 часов. При этом за период наработки первая установка отказала 2 раза, 2-я – 3, 3-я – 4, 4-я – 4, 5-я – 5, 6-я – 6 раз. Определить среднюю наработку на отказ и доверительные интервалы наработки на отказ, если коэффициенты границ интервалов  $r_1=1,62$ ;  $r_2=0,65$ . По результатам расчетов построить график.

### Задача 12.

Определить наработку на отказ для 3-х элементного аппарата, если  $T_{01}=50$  часов,  $T_{02}=100$  часов,  $T_{03}=80$  часов, число элементов 1-го типа  $N_1=2$ , второго типа  $N_2=1$  и третьего типа  $N_3=5$ . Коэффициенты режима для каждого элемента составляют:  $k_1=0,9$ ;  $k_2=0,3$ ;  $k_3=1$ .

### Задача 13.

Определить общую наработку на отказ пятиэлементного изделия, если наработка на отказ составляет:  $T_{01}=10$  часов,  $T_{02}=50$  часов,  $T_{03}=40$  часов,  $T_{04}=100$  часов,  $T_{05}=75$  часов.

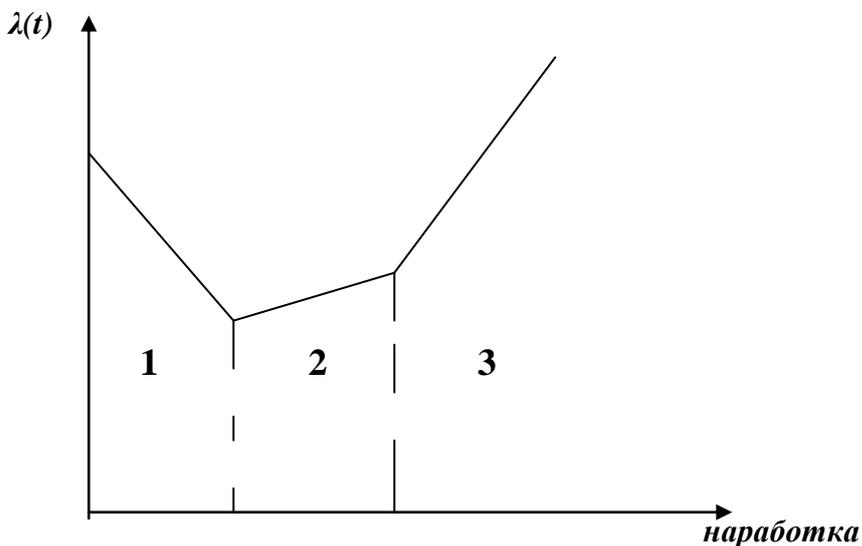
## 6. Интенсивность отказов

Интенсивность отказов – это показатель, характеризующий количество отказов в единицу времени.

$$\lambda = \frac{m}{N_p dt} \quad (8)$$

$m$  – число отказавших объектов

$N_p$  – количество работоспособных машин через период времени  $dt$



1. Интенсивность отказов идет по убывающей, т.к. это момент приработки машины.
2. Интенсивность отказов имеет линейную зависимость с постепенным нарастанием.
3. Период аварийной работы. Интенсивность отказов резко возрастает.

### ***Наработка на отказ через интенсивность отказов***

$$T_o = \frac{1}{\lambda(t)} \quad (9)$$

$\lambda(t)$  – интенсивность отказов

### ***Основной закон надежности***

$$P(t) = e^{-\lambda(t)t} \quad (10)$$

где:

$\lambda(t)$  – интенсивность отказов

$t$  – интервал времени наблюдения за объектом

## **7. Параметр потока отказов**

Параметр потока отказа – это среднее количество отказов восстанавливаемого изделия в единицу времени.

$$W_{cp} = \frac{m_{cp}}{dt} \quad (11)$$

### ***Задачи***

#### ***Задача 14.***

Испытаниям в течении 100 часов подвергались 12 воздухоочистителей. За этот период отказало 3 воздухоочистителя. Какова интенсивность отказов воздухоочистителей?

#### ***Задача 15.***

Интенсивность отказов триерных установок равна 0,005. За время испытания 100 часов отказали 3 триера. Сколько работоспособных машин осталось?

#### ***Задача 16.***

Определить среднюю наработку на отказ через интенсивность отказов 5-ти элементного аппарата, если интенсивность отказов равна 0,004.

#### ***Задача 17.***

Через 10 часов непрерывной работы из 4 триерных установок отказала одна. Найти вероятность безотказной работы линии сортировки зерна.

#### Занятие 4. Долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость

**Цель занятия:** изучить свойства надежности: долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость.

**Задание.** Изучить свойства надежности и расчетные формулы показателей долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости. Решить задачи 18-20.

**Долговечность** – это свойство надежности, определяющее возможность изделия сохранять работоспособное состояние до какого-то предельного при установившихся режимах работы и системы обнаружения и устранения появляющихся отказов.

К показателям долговечности относят:

- 1) Средний ресурс (срок службы) – это математическое ожидание ресурса изделия.
- 2) Назначенный ресурс – это суммарная наработка объекта по достижении которой эксплуатация объекта должна быть прекращена не зависимо от состояния этого объекта.
- 3) Средний ресурс (срок службы) изделия между ремонтами.
- 4) Средний ресурс до списания – средний ресурс от начала работы до его списания, обуславливающийся предельными отклонениями изделия.
- 5) Гамма - процентный ресурс – это наработка в течении которой изделие не достигнет предельного состояния с заданной вероятностью  $\gamma$  – процента.

Если ресурс изделия имеет распределение с плотностью вероятностей  $f_t$ , то  $\gamma$ -процентный ресурс определяется из выражения:

$$P_{\gamma} = \frac{\gamma}{100\%} \quad (12)$$

Если  $\gamma$ -процентный ресурс составляет 50%, то он называется медианным  $\gamma$ -процентным ресурсом.

В экспоненциальной форме:

$$P(t, \gamma) = e^{-\left(\frac{t}{t_0}\right)^{\nu}} \quad (13)$$

$\nu$  – параметр распределения вероятностей

Тогда  $\gamma$ -процентный ресурс

$$t_{\gamma} = t_o \sqrt[6]{-\ln \frac{\gamma}{100}} \quad (14)$$

если  $t_o = t_{cp}$  (среднему ресурсу), то

$$t_{\gamma} = t_{cp} \sqrt[6]{-\ln \frac{\gamma}{100}} \quad (15)$$

Гамма - процентный ресурс позволяет резко сократить время испытания изделия.

$$\gamma \approx \frac{N_o - N_{от}}{N_o} \cdot 100\% \quad (16)$$

где:

$N_o$  – общее число установок

$N_{от}$  – число отказавших установок

*Задача 18.*

Пусть испытывалось 7 установок для укупорки банок. Через 1900 мото-часов отказала одна установка, через 2350 – другая. Определить 80% гамма-ресурс установки.

**Ремонтопригодность** – это свойство изделия, заключающиеся в его приспособленности к предупреждению или устранению, а также выявлению причин появления отказов и повреждений.

Количественные показатели ремонтпригодности:

- 1) Вероятность восстановления в заданное время
- 2) Среднее время восстановления
- 3) Коэффициент ремонтпригодности
- 4) Поток восстановлений

### **1. Вероятность восстановления в заданное время**

- это вероятность того, что время восстановления не превысит заданное.

$$P_{\beta} \approx 1 - \frac{n_{\beta}}{N_{\beta}} \quad (17)$$

$n_{\beta}$  – число не устраненных неисправностей в течении времени  $t$

$N_B$  – общее число неисправностей

## 2. Среднее время восстановлений

Среднее время восстановлений характеризует математическое ожидание времени восстановления работоспособности изделия.

$$T_{\text{в}} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^N t_{i\text{в}} \quad (18)$$

$m$  – число обнаруженных и устраненных отказов

$N$  – число испытываемых изделий

$t_i$  – время устранения  $i$ -го отказа

## 3. Коэффициент ремонтпригодности

Коэффициент ремонтпригодности означает или характеризует выполнения ремонтно-обслуживающих работ.

$$K_p = \frac{\Sigma q_{\text{ср}}}{\Sigma q_{\text{ср}} + \Sigma \text{бал.р.}} \quad (19)$$

$\Sigma q_{\text{ср}}$  – суммарное время на установку и снятие элементов изделия, устранение в них отказов и повреждений, проведение технических обслуживаний и т.п.

$\Sigma \text{бал.р.}$  – сумма балластных второстепенных работ, выполняемых для устранения неисправностей и восстановления работоспособности изделия.

## 4. Поток восстановлений

$$W_t = \frac{1}{T_{\text{в}}} \quad (20)$$

где:

$T_B$  – среднее время восстановлений

*Задача 19.*

В течении 50 часов непрерывной работы мукомольного агрегата было выявлено и устранено 4 отказа, время устранения первого отказа составило 30 мин, 2-го – 20 мин, 3-го 1 час, 4-го – 10 мин. Определить среднее время восстановления мукомольного агрегата.

*Задача 20.*

Вероятность восстановления в заданное время 10 часов равна 0,5, общее число неисправностей  $N_B=10$ . Определить число не устраненных неисправностей в течение этого времени.

**Сохраняемость** – это исправное и работоспособное состояние в течении и после хранения и транспортировки.

Показатели сохраняемости:

1) Средний срок сохраняемости, т.е. математическое ожидание срока сохраняемости.

2) Гамма- процентный срок сохраняемости, т.е. срок сохраняемости который должен быть достигнут объектом с заданной вероятностью гамма – процента.

## КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА 1

### *Вариант 1.*

#### *Задача 1.*

Определить вероятность безотказной работы агрегата, состоящего из приводного механизма  $P_n(t)=0,7$  и четырех составляющих  $P_1(t)=P_2(t)=P_3(t)=P_4(t)=0,8$ .

Задача решается исходя из того, что при отказе приводного механизма произойдет полная потеря работоспособности (полный отказ), а при отказе одной из составляющих произойдет снижение производительности агрегата (частичный отказ).

#### *Задача 2.*

Через 15 часов непрерывной работы из 5 работающих триерных установок отказало 2. Найти вероятность безотказной работы линии сортировки зерна.

#### *Задача 3.*

Двадцать мукомольных агрегатов отработали 10000 часов. Определить сколько отказов придется на один агрегат через 20000 часов работы, если за 10000 часов произошло 40 отказов. Определить наработку на отказ.

## **Вариант 2.**

### *Задача 1.*

Найти вероятность безотказной работы составляющей агрегата, состоящего из приводного механизма  $P_{\text{п}}(t)=0,8$  и двух составляющих, если  $P_1(t)=P_2(t)$ . Вероятность безотказной работы агрегата  $P_a(t)=0,6$ .

Задача решается исходя из того, что при отказе приводного механизма произойдет полная потеря работоспособности (полный отказ), а при отказе одной из составляющих произойдет снижение производительности агрегата (частичный отказ).

### *Задача 2.*

С целью повышения безотказности эксплуатации мукомольная установка снабжена двумя концевыми предохранительными выключателями. Определить вероятность появления отказа концевиков, если  $P_1(t)=P_2(t)=0,5$ .

### *Задача 3.*

Испытывалось 8 установок для очистки зерна. Через 1200 м.ч. отказали 2 установки, через 2000 м.ч. отказали еще 2 установки. Определить 70% гамма-процентный ресурс установки.

## **Вариант 3.**

### *Задача 1.*

Найти вероятность безотказной работы приводного механизма при известной вероятности составляющих агрегата:  $P_1(t)=P_2(t)=P_3(t)=0,8$ . Задана вероятность безотказной работы всего агрегата:  $P_a(t)=0,45$ .

Задача решается исходя из того, что при отказе приводного механизма произойдет полная потеря работоспособности (полный отказ), а при отказе одной из составляющих произойдет снижение производительности агрегата (частичный отказ).

### *Задача 2.*

Испытаниям подвергались 4 установки. Нарботка 1-ой установки составила 300 часов, 2-ой – 350 часов, 3-ей 400 часов, 4-ой – 500 часов. При этом за период наработки первая установка отказала

2 раза, 2-я – 3 раза, 3-я – 4 раза, 4-я – 5 раз. Определить среднюю наработку на отказ.

### *Задача 3.*

Испытаниям в течении 40 часов подвергались 8 триерных установок. За этот период отказала 2 триера. Какова интенсивность отказов триеров  $\lambda(t)$  ? Определить наработку на отказ.

## **РАЗДЕЛ II**

### **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ**

#### **Занятие 5. Теория прогнозирования технического состояния**

**Цель занятия:** изучить теорию прогнозирования технического состояния.

**Задание.** Изучить теорию прогнозирования и расчетные формулы ресурсов. Решить задачи 21-23.

Под теорией прогнозирования технического состояния машин понимается совокупность правил и приемов для определения характеристик изменения состояния оборудования с опережением по времени этого процесса.

Методы прогнозирования дают возможность узнать с определенной погрешностью состояние элемента в будущем, в частности установить момент отказа машины, определить сроки безопасной эксплуатации оборудования и агрегатов.

Теорию прогнозирования используют в области диагностики для решения следующих задач:

1. Определение допустимого изменения параметра состояния элемента (детали, узла) машины, не вызывающего потребности в операциях технического обслуживания или ремонта в момент тестирования или контроля.

2. Определение остаточного ресурса.

Необходимость в решении первой задачи возникает при заданном периоде прогнозирования, т.е. при заданном периоде между техническими уходами и ремонтами, в течение которого элемент должен работать с оптимальной надежностью.

Потребность в решении второй задачи возникает при определении срока эксплуатации узла или агрегата до постановки его в плановый ремонт.

### 1. Определение допустимого изменения параметра

При прогнозировании остаточного ресурса приходится иметь дело с изменением параметра конкретного элемента. Данное изменение характеризуется эксплуатационной функцией и ошибкой экстраполяции.

#### *Остаточный ресурс элемента*

$$t_{ост} = t \left[ \alpha \sqrt{\frac{I_n}{I(t)}} - 1 \right] \quad (21)$$

$I_n$  - предельный износ

$I(t)$  – износ детали

$\alpha$  – показатель степени, отражающий характер износа

$t$  – наработка на отказ

#### *Задача 21.*

Деталь, предельный износ которой (разность между предельным и номинальным размерами)  $I_n=0,9$  мм. Показатель степени, отражающий характер износа  $\alpha=1,0$ . В результате диагностики после наработки  $t=600$  м.ч. определен износ детали  $I(t)=0,45$ . Определить остаточный ресурс.

#### *Задача 22.*

Предельный износ детали  $I_n=0,8$  мм, показатель степени  $\alpha=2$ . В результате диагностики определен износ детали  $I(t)=0,4$  мм. Остаточный ресурс  $t_{ост}=300$ . Определить наработку на отказ.

В период работы машины все подвижные сопряжения неизбежно подвергаются непрерывным во времени процессам изнашивания. Если пренебречь начальным этапом работы сопряжения (приработкой) с целью упрощения решения задачи, то можно считать, что на этапе нормальной эксплуатации приращение величины износа прямо пропорционально наработке.

#### *Ресурс детали*

$$T_{\partial} = \frac{U_{np} - U_H}{V_{cp}} \quad (22)$$

$U_{np}$  – предельный размер детали

$U_H$  - номинальный размер детали

$V_{cp}$  – средняя скорость изнашивания детали, мм/м.-ч.

### **Технический ресурс сопряжения**

- характеризует долговечность сопряжения.

$$T_c = \frac{S_{np} - S_{max}}{V_{cp}} \quad (23)$$

$S_{np}$  – предельно допустимое значения зазора, мм

$S_{max}$  - наибольший номинальный зазор, мм

$V_{cp}$  – средняя скорость изнашивания детали, мм/мото-ч.

Износ детали в начальный период эксплуатации обычно не превышает значение поля допуска на ее изготовление.

## **Занятие 6. Расчет остаточного ресурса сопряжения**

Цель занятия: освоить расчет остаточного ресурса сопряжения.

Задание. Изучить расчетные формулы. Решить задачи 24-26.

Нижний предельный размер для валов и верхний предельный размер для отверстий вычисляют по чертежу.

**для валов:**

$$d_{\min} = d_H - \Delta d_{\min} \quad (24)$$

$\Delta d_{\min}$  – нижняя граница поля допуска на изготовление вала, мм

$d_H$  – номинальный размер вала

**для отверстия:**

$$D_{\max} = D_H + \Delta D_{\max} \quad (25)$$

$\Delta D_{\max}$  – верхняя граница поля допуска на изготовление отверстия, мм

$D_H$  – номинальный размер отверстия, мм

### **Максимальный зазор сопряжения**

При определении ресурса за начальный зазор в сопряжении принимается его максимальное значение по чертежу.

$$S_{\max} = \Delta D_{\max} + \Delta d_{\min} \quad (26)$$

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} \quad (27)$$

### **Измеренный зазор сопряжения**

$$S_{\text{изм}} = D_{\text{изм}} - d_{\text{изм}} \quad (28)$$

$D_{\text{изм}}$  – измеренный размер изношенного отверстия, мм

$d_{\text{изм}}$  – измеренный размер изношенного вала, мм

### **Скорость изнашивания отверстия**

$$V_{\text{отв}} = \frac{I_{\text{отв}}}{T_{\text{изм}}} = \frac{D_{\text{изм}} - D_{\max}}{T_{\text{изм}}} \quad (29)$$

$I_{\text{отв}}$  – величина износа отверстия

$T_{\text{изм}}$  – измеренная наработка

$D_{\text{изм}}$  – измеренный размер изношенного отверстия, мм

$D_{\max}$  – верхний предельный размер отверстия по чертежу, мм

### **Скорость изнашивания вала**

$$V_{\text{в}} = \frac{I_{\text{в}}}{T_{\text{изм}}} = \frac{d_{\min} - d_{\text{изм}}}{T_{\text{изм}}} \quad (30)$$

$I_{\text{в}}$  – износ вала

$T_{\text{изм}}$  – измеренная наработка

$d_{\min}$  – нижний предельный размер вала по чертежу, мм

$d_{\text{изм}}$  – измеренный размер изношенного вала, мм

### **Средняя скорость изнашивания сопряжения**

$$V_{\text{ср}} = \frac{S_{\text{изм}} - S_{\max}}{T_{\text{изм}}} \quad (31)$$

$S_{\text{изм}}$  - измеренный зазор сопряжения

$S_{\max}$  - - наибольший номинальный зазор, мм

$T_{изм}$  – измеренная наработка

### **Остаточный ресурс сопряжения**

$$T_{ост} = \frac{S_{пр} - S_{изм}}{V_{ср}} \quad (32)$$

$S_{пр}$  – предельно допустимое значения зазора сопряжения, мм

$S_{изм}$  – измеренный зазор сопряжения, мм

$V_{ср}$  – средняя скорость изнашивания сопряжения, мм/мото-ч.

### **Задачи**

#### **Задача 23.**

При диагностировании сопряжения установлено, что средняя скорость изнашивания  $V_{ср} = 6 \cdot 10^{-5}$  мм/мото-час. Определить остаточный ресурс сопряжения, если установлены номинальный зазор  $S_{ном} = 0,12 \dots 0,16$  мм и предельный зазор  $S_{пред} = 0,62$  мм.

#### **Задача 24.**

Через 2100 м.ч. путем диагностирования установлено, что зазор сопряжения «втулка-направляющая» составляет  $S_{изм} = 0,35$  мм. Определить остаточный ресурс данного сопряжения, если  $S_{ном} = 0,05 \dots 0,12$  мм,  $S_{пред} = 0,45$  мм.

#### **Задача 25.**

Определить наибольший номинальный зазор в сопряжении, если (назначенный межремонтный) технический ресурс сопряжения  $T_c = 2500$  м.ч., предельный зазор  $S_{пред} = 0,65$  мм, скорость изнашивания  $V_{ср} = 6,5 \cdot 10^{-5}$  мм/мото-час.

#### **Задача 26.**

Определить остаточный и полный (технический) ресурс сопряжения, если микрометром через 2200 м.ч. работы сопряжения были определены размеры отверстия  $D_{изм} = 50,23$  мм и вала  $d_{изм} = 49,95$  мм. Номинальные размеры отверстия  $D_{отв} = 50^{+0,012}_{+0,008}$  и вала  $d_{вала} = 50^{-0,002}_{-0,018}$ . Предельный зазор сопряжения 0,35 мм.

## **КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА 2**

### **Вариант 1.**

#### **Задача 1.**

Через 2000 м.ч. установлено путем диагностирования, что зазор в сопряжении «вал-втулка» составляет  $S_{\text{изм}}=0,25$  мм. Определить остаточный ресурс сопряжения, если  $S_{\text{ном}}=0,02\dots 0,10$  мм,  $S_{\text{пред}}=0,35$  мм.

*Задача 2.*

Определить наибольший номинальный зазор в сопряжении, если технический ресурс сопряжения  $T_c=2100$  м.ч,  $S_{\text{пред}}=0,52$  мм, скорость изнашивания  $V_{\text{ср}}=5,5\cdot 10^{-5}$  мм/мото-час.

*Задача 3.*

Определить технический ресурс сопряжения и предельный зазор сопряжения, если известно, что размеры отверстия  $D_{\text{изм}}=50,03$  мм и вала  $d_{\text{изм}}=49,95$  мм. Номинальные размеры отверстия  $D_{\text{отв}}=50^{+0,014}_{+0,002}$  и вала  $d_{\text{вала}}=50^{-0,008}_{-0,02}$ . Измеренная наработка  $T_{\text{изм}}=2000$  м.ч., остаточный ресурс сопряжения  $T_{\text{ост}}=650$  м.ч.

*Задача 4.*

В результате диагностирования после наработки  $t=600$  м.ч. определен предельный износ детали  $I_{\text{п}}=0,35$  мм. Остаточный ресурс  $t_{\text{ост}}=300$  м.ч., показатель степени  $\alpha=2$ . Определить износ детали  $I(t)$ .

### ***Вариант 2.***

*Задача 1.*

В результате диагностики после наработки  $t=500$  м.ч. определен износ детали  $I(t)=0,45$  мм. Остаточный ресурс  $t_{\text{ост}}=364$  м.ч., показатель степени  $\alpha=3$ . Определить предельный износ детали  $I_{\text{п}}$ .

*Задача 2.*

Предельный износ сопряжения «втулка-направляющая»  $S_{\text{пред}}=0,35$  мм, измеренная наработка  $T_{\text{изм}}=2100$  м.ч.,  $S_{\text{изм}}=0,25$  мм,  $S_{\text{ном}}=0,02\dots 0,10$  мм. Определить остаточный ресурс сопряжения.

*Задача 3.*

Определить технический ресурс и остаточный ресурс сопряжения, если микрометром через 1800 м.ч. работы сопряжения определены размеры отверстия

$D_{изм}=42,12$  мм и вала  $d_{изм}=41,95$  мм. Номинальные размеры по чертежу отверстия:  
 $D_{отв}=42^{+0,038}_{+0,023}$ , вала:  $d_{вала}=42^{+0,001}_{-0,009}$ . Предельный зазор сопряжения 0,25 мм.

#### *Задача 4.*

Через 1500 м.ч. установлено путем диагностирования, что зазор в сопряжении составляет  $S_{изм}=0,35$  мм. Остаточный ресурс сопряжения 1200 м.ч., номинальный зазор  $S_{ном}=0,03...0,15$  мм. Определить предельный зазор в сопряжении.

### **РАЗДЕЛ III**

#### **СЕТЕВЫЕ МЕТОДЫ И МОДЕЛИ ПЛАНИРОВАНИЯ**

##### **Занятие 7. Сетевые методы и модели планирования**

Система сетевого планирования представляет собой комплекс графических и расчетных работ, обеспечивающих техническое и экономическое моделирование процесса монтажа.

К исходным материалам для сетевого планирования относят:

1. Рабочие чертежи и разделы сметы, связанные с выполнением данного вида работ.
2. Графики поставки оборудования и специальных монтажных конструкций.
3. Методы производства работ.
4. Директивные или нормативные сроки производства работ.
5. Действующие единые нормы и расценки на производство монтажных работ

Метод сетевого планирования основан на построении и использовании сетевой модели.

Сетевой моделью называют графическое изображение технологической последовательности и связи различных работ и событий.

Под термином работа в сетевой модели понимают любой результативный процесс.

Работа, требующая затрат времени, труда и ресурсов называется действительной. Если затраты времени, ресурсов и труда равны нулю, то это фиктивная работа.

Путь – это любая последовательность взаимосвязанных работ.

Полный путь, характеризующийся максимальной продолжительностью, называется критическим.

В сетевом планировании монтажных работ существует пять различных путей:

- 1) От исходного до завершающего события – полный путь
- 2) От исходного события до данного – путь предшествующий данному событию.
- 3) От данного события до завершающего события – путь, следующий за данным событием.
- 4) Путь между двумя событиями, из которых ни одно не является исходным или завершающим.
- 5) Путь между исходным событием и завершающим – критический путь. Он определяет наиболее ранний и возможный срок окончания работы.

***По характеру трудоемкости и продолжительности работ сетевые графики подразделяются:***

- 1) С нормативными оценками
- 2) С вероятностными оценками
- 3) Со смешанными оценками

Нормативные оценки базируются на единые нормы и расценки и временные нормы и расценки (ЕНиР; ВНиР) и представляет собой расчетно-технологические нормы продолжительности выполнения монтажных работ.

Вероятностные оценки определяются вероятностными методами ожидаемой продолжительности монтажных работ. Вероятностные методы оценки продолжительности монтажных работ базируются на:

- min-ой и max-ой продолжительности монтажных работ при наиболее благоприятных или не благоприятных обстоятельствах;
- на наиболее вероятном времени выполнения монтажных работ.

Ожидаемое время выполнения монтажных работ вычисляют по формуле:

$$t_{ож} = 0,17 t_{\min} + 4t_{н.в.} + t_{\max} \quad (32)$$

### 1. Общие правила построения сетевой модели:

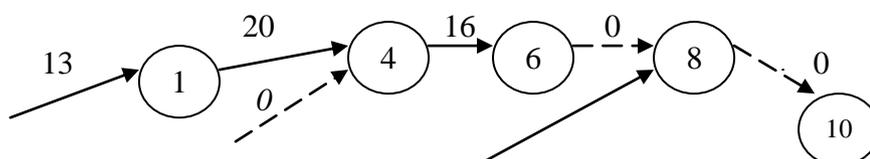
1. Сеть вычерчивается слева направо.
2. Действительные работы и ожидания принято изображать сплошными стрелками произвольной длины и наклона, фиктивные – пунктирными стрелками. Взаимное пересечение стрелок не допускается.
3. События следует изображать кружками, каждое событие с большим порядковым номером – правее предыдущего.
4. При построении сетей необходимо помнить, что между двумя событиями может находиться только одна работа. При изображении двух параллельных работ не допускается, чтобы они имели общее начальное и конечное событие. Для их изображения вводится промежуточное событие и фиктивные работы.
5. На сетевом графике не допускается наличие замкнутых контуров или путей, состоящих из работ, направление стрелок которых создает замкнутую цепь.
6. При построении сетей нельзя иметь «тупиковых» событий - из которых не выходит не одна работа, и «хвостовых» событий – в которые не входит не одна работа. Исключения составляют лишь исходные и завершающие события.
7. Критический путь выделяют утолщенными или двойными стрелками.

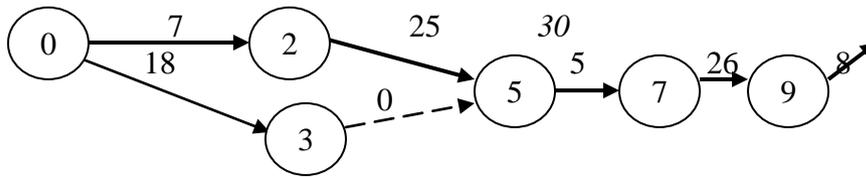
### 2. Порядок выполнения работ

*Задание*

Работа	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>5</sub>	a <sub>6</sub>	a <sub>7</sub>	a <sub>8</sub>	a <sub>9</sub>	a <sub>10</sub>
Предшествующее событие	0	0	0	1;2	2;3	4	5	5;6	7	8;9
Продолжительность работы	13	7	18	20	25	16	5	30	26	8

1. По данным задания, соблюдая правила, строим график:





1 способ: Если из одного события выходят две работы, то одну из них принимаем фиктивной, т.е. когда продолжительность работы равна нулю.

2 способ: Обе работы, выходящие из одного события рассматриваются, как действительные, т.е. каждая работа имеет продолжительность.

Для примера воспользуемся первым способом. Наиболее простой наглядностью обладает табличный расчет параметров построения сетевой модели.

Выявляем все полные пути построенного сетевого графика, находим критический путь. Определяем общие резервы времени каждого полного пути.

Полный путь сетевого графика по событиям	Продолжительность работ и всего пути, дней	Общие резервы времени, дней
0-1-4-6-8-10	$13+20+16+0+0=49$	$71-49=22$
0-2-4-6-8-10	$7+0+16+0+0=23$	$71-23=48$
0-2-5-8-10	$7+25+30+0=62$	$71-62=9$
<b>0-2-5-7-9-10</b>	<b><math>7+25+5+26+8=71</math></b>	<b><math>71-71=0</math></b>
0-3-5-8-10	$18+0+30+0=48$	$71-48=23$
0-3-5-7-9-10	$18+0+5+26+8=57$	$71-57=14$

Путь, продолжительность которого самая максимальная (71) будет критическим. Этот путь не имеет резерва времени.

Общий резерв времени – это разность между продолжительностью критического пути и любого другого полного пути.

### 3. Расчет параметров сетевого графика.

	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>h</i>
Код работы	Продолжительность работы	Раннее начало	Раннее окончание	Позднее начало	Позднее окончание	Общий резерв работ	Частный резерв времени
0-1	13	0	13	22	35	22	0
0-2	7	0	7	0	7	0	0
0-3	18	0	18	14	32	14	0
1-4	20	13	33	35	55	22	0
2-4	0	7	7	55	55	48	26
2-5	25	7	32	7	32	0	0

3-5	0	18	18	32	32	14	14
4-6	16	33	49	55	71	22	0
5-7	5	32	37	32	37	0	0
5-8	30	32	62	41	71	9	0
6-8	0	49	49	71	71	22	13
7-9	26	37	63	37	63	0	0
8-10	0	62	62	71	71	9	9
9-10	8	63	71	63	71	0	0

а) Раннее начало и окончание работ рассчитывают одновременно. Для работ, выходящих из нулевого события, раннее начало равно нулю, а раннее окончание соответствует их продолжительности. Например: Работы 0-1; 0-2; 0-3 – выходят из нулевого события. Раннее начало этих работ равно 0, а раннее окончание 13;17;18 соответственно. Для остальных работ раннее начало есть раннее окончание предыдущей работы.

Если предшествующих работ несколько, то раннее начало данной работы определяется, как максимальное значение из всех ранних окончаний предшествующих работ.

Раннее окончание любой работы равно раннему ее началу и продолжительности:  $c=b+a$

б) Позднее начало и окончание работ определяются в обратном направлении, т.е. от завершающего события к исходному. Позднее окончание критической работы, входящей в завершающее событие равно раннему окончанию этой критической работы:  $c=e$ . Эта же цифра устанавливает поздние окончания всех работ, входящих в завершающее событие. Например: Работа 9-10 является критической работой, входящей в завершающее событие. Ее раннее окончание будет равно позднему окончанию, т.е.  $c=e=71$ . Работа 8-10 является не критической, но тоже входит в завершающее событие, ее позднее окончание будет равно тоже 71.

Позднее начало – это разность позднего окончания и продолжительности работы.  
 $d=e-a$

Позднее окончание для остальных работ есть позднее начало последующей работы. Если за данной работой следует несколько работ, то ее позднее окончание равно минимальному значению из всех поздних начал последующих работ. Например:

Работа 7-9 ее позднее окончание будет равно позднему началу последующей работы 9-10, т.е.  $e_{7-9}=d_{9-10}=63$ .

в) Общий резерв работ – это разность позднего начала и раннего начала или позднего окончания и раннего окончания, т.е.  $f=d-b$  или  $f=e-c$ .

г) Частный резерв времени рассчитывают, как разность между ранним началом последующей работы и ранним окончанием данной работы. Например: Работа 0-1 - ее раннее окончание равно 13. За этой работой следует работа 1-4 – ее раннее окончание равно 13.

Тогда частный резерв времени работы 0-1 будет равен нулю, т.е.  $h_{0-1}=b_{1-4} - c_{0-1}=13-13=0$ .

### КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА 3

#### Задание 1.

Работа	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>5</sub>	a <sub>6</sub>	a <sub>7</sub>	a <sub>8</sub>	a <sub>9</sub>	a <sub>10</sub>
Предшествующее событие	0	1	1	1	2	3,4	3,5	6	7,8	9
Продолжительность работы	25	19	17	18	14	22	25	25	29	26

#### Задание 2.

Работа	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>5</sub>	a <sub>6</sub>	a <sub>7</sub>	a <sub>8</sub>	a <sub>9</sub>	a <sub>10</sub>
Предшествующее событие	0	0	0	1;2	2;3	4	5	5;6	7	8;9
Продолжительность работы	15	10	19	25	28	20	12	30	26	8

#### Задание 3.

Работа	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>5</sub>	a <sub>6</sub>	a <sub>7</sub>	a <sub>8</sub>	a <sub>9</sub>	a <sub>10</sub>
Предшествующее событие	0	1	0	2	3,4	3	5	6	7,8	9

Продолжительность работы	10	8	16	25	20	15	10	18	22	19
--------------------------	----	---	----	----	----	----	----	----	----	----

Задание 4.

Работа	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>5</sub>	a <sub>6</sub>	a <sub>7</sub>	a <sub>8</sub>	a <sub>9</sub>	a <sub>10</sub>
Предшествующее событие	0	0	1	1	2	4	3,5	6	8	9
Продолжительность работы	20	18	15	21	16	25	22	19	29	23

Задание 5.

Работа	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>5</sub>	a <sub>6</sub>	a <sub>7</sub>	a <sub>8</sub>	a <sub>9</sub>	a <sub>10</sub>
Предшествующее событие	0	0	1	2	2	3,4	4,5	6	8	8,9
Продолжительность работы	30	15	19	20	10	21	22	15	25	16

## РАЗДЕЛ IV

### ПОВЫШЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОТКАЗНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

#### Занятие 8. Методы и средства изготовления и восстановления режущего инструмента

**Цель занятия:** изучить методы и средства изготовления и восстановления режущего инструмента с высокими показателями ресурсосбережения, безотказности и долговечности.

**Задание.** Ознакомиться с конструктивными особенностями оснастки для изготовления и восстановления ножей крестовых и решеток к волчкам, ножей к куттерным установкам, ножей обвалочных и ножей к центробежным свеклорезным установкам.

Объекты изучения:

1. Режущий аппарат волчков:
  - штамповая оснастка для изготовления и восстановления ножей крестовых;
  - штамповая оснастка для изготовления решеток.
2. Ножи к куттерным установкам:
  - полуавтоматическая установка резки лекальных кривых методом прошивки под копиром;
  - штамповая оснастка для пробивки фигурного посадочного отверстия в ноже;
  - оснастка для заточки режущей кромки ножа на токарно-универсальном станке;
  - оснастка для шлифования режущей кромки на вертикально-фрезерном станке;

- пресовая установка для бездеформационной закалки ножей.
3. Ножи обвалочные:
- штамповая оснастка для вырубki заготовки ножей;
  - штамповая оснастка для прошивки отверстий в ручке клинка;
  - штамповая оснастка для одновременной продольно-поперечной прокатки клинков;
  - установка для изготовления деревянных ручек ножей;
  - установка для резки посадочного паза и отверстий в ручках.
4. Ножи к центробежным свеклорезным установкам:
- штамповая оснастка для изготовления зигобразного ножа;
  - устройство для заточки режущих зиговых поверхностей.

Литература для изучения техпроцессов и выполнения индивидуальных заданий:

Ф.Я. Рудик Совершенствование технологических процессов изготовления и восстановления режущего инструмента оборудования перерабатывающей отрасли. – М. Росинфорагротех, 2002. – 183 с.

Индивидуальные задания:

1. Охарактеризовать условия работы ножей и обосновать целесообразность повышения прочности показателей и износостойкости механической и термической обработки.
2. Рассмотреть и обосновать механизм упрочнения ножей при их изготовлении методом пластической деформации.
3. Обосновать пути снижения материалоемкости при изготовлении ножей.
4. Обосновать методы обработки ножей.
5. Дать технико-экономическую оценку рассматриваемым технологиям.

## РАЗДЕЛ V

### МОНТАЖ ОБОРУДОВАНИЯ

#### Занятие 9. Методы и средства монтажа оборудования

**Цель занятия:** изучить методы и средства для монтажа оборудования.

**Задание.** Изучить методику исполнения монтажной разметки, выверки и закрепления оборудования ПТЛ на фундаменте, допуски на монтаж оборудования, контроль качества слесарно-сборочных работ.

Литература для изучения методов и средств монтажа и выполнения индивидуальных заданий:

В.М. Баутин, Ф.Я. Рудик, Н.В. Юдаев Монтаж оборудования перерабатывающих предприятий. – М.: Росинфорагротех, 2002. – 180 с.

Работы выполняются в компьютерном классе по индивидуальным заданиям:

1.1. Средства подъема грузов при монтаже оборудования:

- канаты;
- стропы;
- лебедки, тали и полиспасты;

- домкраты;
- специальные средства.

#### 1.2. Монтажная разметка:

- построение при переносе монтажных осей;
- варианты устройства монтажных осей;
- схемы установки контрольных осевых плашек;
- схема применения гидростатических уровней.

#### 1.3. Выверка и закрепление оборудования на фундаменте:

- варианты опирания оборудования;
- приложение усилия при наведении монтируемого оборудования в проектное положение;
- регулируемые по размеру опорные элементы;
- последовательность затяжки болтов;
- схема установки, выверки и подливки бетона.

#### 1.4. Монтажные средства:

- сравнительные характеристики нестальных канатов;
- приспособления для размотки каната с барабана;
- разматывание каната;
- обвязка каната перед обрезкой;
- окончевание каната;
- неразъемные соединения конца каната;
- соединение двух концов каната;
- выбраковочное число обрывов и износа проволок;
- стропы;
- лебедки ручные;
- закрепление лебедок;
- тали;
- полиспасты;
- домкраты;
- ломы;
- горизонтальное перемещение оборудование.

#### 1.5. Монтаж и эксплуатация ленточных конвейеров:

- монтаж ленточного транспорта;
- схема выверки положения роликоопор;
- ленточный конвейер;
- шнековые конвейеры;
- способы проверки взаимного расположения валов и муфт;
- погрешности установки шкивов на валу;
- схемы проверки собранных шкивов и валов;
- способы натяжения ремней;
- схемы цепных передач;
- схема регулировки натяжения цепи;
- измерение увеличения шага для втулочно-роликовых цепей;
- приспособление для сборки цепей;
- подшипники скольжения;

- схемы монтажа подшипника качения.
- 1.6. Допустимые напряжения для болтов.
  - 1.7. методы контроля качества слесарно-сборочных работ.
  - 1.8. Сварочные работы при монтаже:
    - назначение различных способов сварки;
    - зависимость глубины проплавления.
  - 1.9. Балансировка деталей.
  2. Окраска.

## **Занятие 10. Методы подъема груза при монтаже оборудования**

**Цель занятия:** изучить методы подъема и перемещения груза при монтаже оборудования в производственных помещениях, расчета основных параметров грузоподъемных средств.

**Задание.** Ознакомиться со способами подъема оборудования в различных типах производственных помещений посредством использования строп, полиспастом, стрелой и стреловым полиспастом, мачтами.

Литература для ознакомления со способами подъема оборудования и расчета подъемных средств:

Ф.Я. Рудик, Н.В. Юдаев, В.Н. Буйлов Монтаж, эксплуатация и ремонт оборудования перерабатывающих предприятий. – Саратов, СГАУ, электронный учебник, 2006. – 315 с.

Работы выполняются в компьютерном классе по индивидуальным заданиям:

1. Подъем груза стропами:
  - подъем груза двухветвевым симметричным стропом;
  - подъем груза двухветвевым несимметричным стропом;
  - подъем груза четырехветвевым стропом;
2. Подъем груза полиспастом:
  - подъем груза симметричным полиспастом;
  - подъем груза несимметричным полиспастом.
3. Пристенный подъем груза:
  - пристенный подъем груза с горизонтальной оттяжкой;
  - пристенный подъем груза с оттяжкой вниз;
  - пристенный подъем груза с оттяжкой вверх.
4. Комбинированные подъемы груза:
  - подъем груза стреловым подъемным полиспастом;
  - подъем груза наклоненным вниз по вертикали стрелой и стреловым полиспастом;
  - подъем груза наклоненным вверх по вертикали стрелой и стреловым полиспастом;
  - подъем груза наклоненной стрелой и горизонтальным полиспастом.
5. Подъем груза мачтами:
  - подъем мачт;
  - подъем грузов мачтами.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. В.М. Баутин, Ф.Я. Рудик, Н.В. Юдаев Монтаж оборудования перерабатывающих предприятий. – М.: Росинфорагротех, 2012. – 180 с.
2. Ф.Я. Рудик, Н.В. Юдаев, В.Н. Буйлов Монтаж, эксплуатация и ремонт оборудования перерабатывающих предприятий. – Саратов, СГАУ, электронный учебник, 2006. – 315 с.
3. Ф.Я. Рудик Совершенствование технологических процессов изготовления и восстановления режущего инструмента оборудования перерабатывающей отрасли. – М. Росинфорагротех, 2002. – 183 с.
4. Решетов Д.Н., Иванов А.С., Фадеев В.З.. Надежность машин. – М.: Высшая школа, 1988. – 238 с.
5. Вайнберг А.А., Котляр Л.И.. Эксплуатационная надежность оборудования зерноперерабатывающих предприятий. 2 изд., доп. и перераб. М.: Колос, 1980. – 303 с.
6. Котляр Л.И.. Основы монтажа, эксплуатации и ремонта технологического оборудования. М.: Колос, 1977. – 272 с.
7. Гальперин Д.М. Монтаж оборудования предприятий пищевой промышленности. М.: Высшая школа, 1978. -309 с.
8. Монтаж, эксплуатация и ремонт технологического оборудования перерабатывающих отраслей АПК: Справочник. // А.Н.Батищев, Т.В. Чижикова, И.Г. Голубев, И.А. Спицын, В.М. Юдин. М.: Информагротех, 1987. – 288 с.
6. Монтаж технологического оборудования: Справочник, т. 1/ под ред. Маршева В.З., М.: Стройиздат, 1986. -383 с.