Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение

высшего образования

**«Национальный исследовательский Нижегородский государственный**

**университет им. Н.И. Лобачевского»**

ИНСТИТУТ ЭКОНОМИКИ И ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА

Кафедра «Экономика фирмы»

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ**

Оценка и обеспечение надежности технологических процессов на различных этапах инновационного цикла

предназначено для магистров, обучающихся

по направлению 38.04.01 «Экономика», магистерская программа «Экономика инновационной деятельности и производственное предпринимательство», дисциплина «Управление инновационными проектами»

Нижний Новгород

2016

УДК 658.62(07)

ББК У2/4-80л73+уя(2Рос)-80я73

 Ж-34

 Жариков А.В., Ильичева Н.М., Оценка и обеспечение надежности технологических процессов на различных этапах инновационного цикла: Учебно-методические материалы – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2016. – 21 с.

Рецензент: д.э.н., профессор Алехина О.Ф.

Учебно-методическое пособие «Оценка и обеспечение надежности технологических процессов на различных этапах инновационного цикла» предназначено магистрам ИЭП, обучающихся по направлению 38.04.01 «Экономика», магистерской программе «Экономика инновационной деятельности и производственное предпринимательство»

УДК 658.62(07)

ББК У2/4-80л73+уя(2Рос)-80я73

**© Нижегородский государственный**

**университет им. Н.И. Лобачевского, 2016**

**Содержание**

|  |  |
| --- | --- |
|  | стр. |
| 1. Введение …………………………………………………………... | 4 |
| 2. Требования к показателям надежности …………………………. | 7 |
| 3.Требования к оценке контроля показателей надежности технологического процесса ………………………………………… | 9 |
| 4. Требования к порядку отработки технологического процесса на надежность ………………………………………………………. | 10 |
| 5. Справочные данные ………………………………………………. | 14 |
| 6. Примеры …………………………………………………………... | 19 |

1. **Введение**

Центральное место в системе инновационных преобразований занимает технология, которая, с одной стороны, является одним из видов процессов-инноваций и, соответственно, самостоятельным инновационным проектом, а, с другой стороны, составной частью выполняемых инновационных проектов по разработке продукции.

В связи с этим, обеспечение надежности как разрабатываемых инновационных технологий, так и освоенных ранее в производстве, является важнейшей задачей для любого предприятия.

Данное учебно-методическое пособие направлено на формирование следующих компетенций:

ПК-1

- Владеть методами разработки программ исследования надежности технологических процессов;

- Уметь формировать прогнозные значения показателей надежности технологических процессов;

- Знать современные методы решения экономико-статистических задач в управлении технологическими процессами.

ПК-3

- Владеть методами проведения исследований качества и надежности технологических процессов;

- Уметь применять математический инструментарий для оценки надежности технологических процессов;

- Знать современные методы анализа оценки и обеспечения надежности технологических процессов.

Под ***надежностью*** понимается свойство технологического процесса производства изделий сохранять во времени в установленных пределах значение параметров, характеризующих его способность выполнять задание при поддержании настроенности, стабильности, точности в регламентированных условиях производства в соответствии с требования нормативной и (или) конструкторско-технологической документации.

Технологический процесс, обладающий высокой степенью надежности, должен быть настроенным, точным и стабильным. ***Настроенность*** – это состояние технологического процесса, при котором центр группирования контролируемого параметра лежит в зоне номинального значения или совпадает с ним. ***Точность*** технологического процесса – свойство технологического процесса, обуславливающее близость действительных и номинальных значений параметров по их распределению вероятностей. ***Стабильность*** технологического процесса - свойство технологического процесса, обуславливающее постоянство распределения вероятностей его контролируемых параметров в течение некоторого интервала времени без вмешательства извне.

Требования к надежности разрабатываемых и действующих технологических процессов производства изделий, методы оценки и способы контроля надежности распространяются на уровни отдельных технологических операций, технологические процессы производства деталей и сборочных единиц, технологические процессы производства отдельных изделий, групп однотипных изделий или изделия одного вида.

Если по единому технологическому процессу изготавливаются изделия нескольких видов, то требования и показатели, характеризующие надежность технологических процессов, а также их оценка и контроль должны соответствовать условиям изготовления изделий каждого вида.

На этапе разработки технологического процесса определение его надежности должно производиться с целью выбора средств технического оснащения, обеспечивающих надежность технологического процесса, установления оптимального объема и ритма выпуска, размеров партии, режимов и условий производства, системы резервирования и диагностики средств технического оснащения, системы их технического обслуживания. Если полученные значения показателей надежности технологического процесса ниже установленных в техническом задании на их разработку, следует провести мероприятия, обеспечивающие их соответствие установленным в техническом задании.

Оценку и контроль надежности действующих технологических процессов следует проводить при подготовке к аттестации производства, при сертификации систем менеджмента качества, при проверке правильности функционирования технологического процесса, а также для разработки мероприятий по поддержанию и повышению необходимого уровня надежности технологического процесса, оптимизации режимов эксплуатации средств технического оснащения, режимов обслуживания, ремонта и диагностики.

Действующие технологические процессы могут находиться в одном их двух состояний: работоспособном или неработоспособном. Причинами неработоспособного состояния (отказов) технологического процесса являются:

* отказы оборудования, оснастки, инструмента, средств контроля, средств обеспечения условий производства и др.;
* невыполнение требований по настроенности, точности и стабильности технологического процесса.

 Для каждого технологического процесса производства изделий должны быть четко сформулированы критерии отказов (неработоспособных состояний), в том числе отказах по параметрам качества, по параметрам производительности, по ресурсным и материальным затратам, параметрам настроенности, точности и стабильности.

 Критериями отказов по параметрам качества изготавливаемой продукции являются:

* выход одного из показателей качества изготавливаемой продукции за пределы, установленные в нормативной документации или в документах на поставку изделий;
* выход параметров или режимов технологического процесса за установленные пределы и др.

 Критериями отказов по параметрам производительности являются:

* снижение производительности (номинальной или цикловой) ниже установленного уровня;
* невыполнение производственного задания по объему изготавливаемой продукции;
* прекращение функционирования технологического процесса, обусловленного отказом средств технического оснащения;
* превышение нормативных величин длительности простоя при восстановлении работоспособного состояния, техническом обслуживании, сменен инструмента, подналадке, переходе на изготовлении новых объектов и т.д.

 Критериями отказов по ресурсным и материальным затратам являются:

* увеличение трудоемкости технического обслуживания и ремонта средств технического оснащения сверх нормативного значения;
* превышение установленных нормативов по трудоемкости изготовления продукции из-за неудовлетворительного состояния технологического процесса, включая затраты, связанные с появлением и устранением брака;
* превышение установленных норм расхода материалов, инструмента, энергетических и других ресурсов.

 Критериями отказов по параметрам настроенности, точности и стабильности являются выходы установленных параметров за пределы, установленные в нормативной документации или технологической документации. В качестве параметров для оценки настроенности, точности и стабильности технологического процесса следует учитывать параметры продукции (структур, деталей или полуфабрикатов), обрабатываемой по данному технологическому процессу, а также параметры – критерии отказов самого технологического процесса.

1. **Требования к показателям надежности**

Основными показателями надежности технологических процессов производства изделий являются:

* средняя наработка на отказ;
* вероятность работоспособного состояния технологического процесса за определенный период (смену, сутки, рабочую неделю, календарный месяц и т.д.).

Требования и показатели надежности технологических процессов необходимо задавать комплексно, т.е. с учетом параметров и показателей качества продукции, производительности, материальных и стоимостных затрат, настроенности, точности и стабильности, либо дифференцированно, например:

* по наработке, в течение которой значения параметров или показателей качества изготовления продукции, а также настроенность, точность и стабильность технологических процессов соответствуют установленным требованиям;
* по наработке, в течении которой значения параметров производительности соответствуют установленным требованиям;
* по наработке, в течении которой значения параметров материальных и стоимостных затрат на изготовление продукции соответствуют установленным требованиям;
* вероятность сохранения настроенности, точности и стабильности технологических процессов в течении рабочей смены, суток и т.п.

В зависимости от вида технологического процесса производства изделий показатели его надежности могут определяться:

* за цикл функционирования технологического процесса (интервал календарного времени от начала до окончания периодически повторяющегося процесса функционирования технологического процесса);
* за период изготовления одной производственной партии (партии изделий);
* за период выполнения установленного задания (объема работ, серии изделий и т.п.);
* за определенный календарный промежуток времени;
* за срок службы технологического процесса.

Значения показателей надежности технологических операций должны быть согласованы со значениями показателей надежности технологического процесса, а показатели надежности технологических процессов производства деталей и сборочных единиц одного изделия должны иметь близкие значения.

1. **Требования к оценке контроля показателей надежности технологического процесса**

Оценка и контроль показателей надежности технологического процесса производства изделий могут осуществляться на основе данных, получаемых по результатам специального сплошного или выборочного обследования, или испытания технологического процесса, а также по текущим регистрируемым и накапливаемым данным при функционировании технологического процесса в условиях, соответствующих нормативным документам и технологический документации.

Условия настроенности, точности и стабильности технологического процесса составляются для одного, как правило, основного параметра (показателя качества) производимой продукции или технологического процесса. При наличии нескольких независимых друг от друга параметров каждого из них следует проводить самостоятельную проверку выполнения нескольких условий.

Если целью испытаний или наблюдений была оценка надежности технологического процесса, то полученные в результате обработки значения показателей надежности следует внести в соответствующие нормативные документы на технологический процесс.

Если целью испытаний или наблюдений был контроль надежности технологического процесса, то полученные в результате обработки значения показателей надежности технологического процесса следует сравнить с заданными в техническом задании на разработку технологического процесса или в нормативной документации аттестации производства изделий отдельных видов для составления заключения о надежности.

1. **Требования к порядку отработки технологического процесса на надежность**

Отработка технологических процессов производства изделий на надежность проводится с целью обеспечения выпуска продукции установленного объема в течение заданной наработки технологического процесса с регламентированными показателями качества продукции при соблюдении нормативов затрат материальных, трудовых и энергетических ресурсов.

В номенклатуру технологических процессов, подлежащих отработке на надежность, следует включать технологические процессы для изготовления продукции, имеющей важнейшее значение, отказы от выполнения которых могут привести к невыполнению плана, значительному материальному ущербу, нарушению требований безопасности труда и охраны окружающей среды. Должны также подлежать отработке на надежность технологические процессы, при выполнении которых имели место простои оборудования, дефекты изготавливаемой продукции, нарушения технологической дисциплины, невыполнение заданий по объему годных, требований к затратам материальных, трудовых или энергетических ресурсов, а также технологические процессы, имеющие низкую настроенность, точность и стабильность.

Отработку на надежность действующих технологических процессов следует проводить предприятиям-изготовителям в течение всего срока их функционирования.

В состав работ по отработке технологического процесса на надежность могут входить:

* оценка и контроль надежности технологического процесса по действующей нормативной документации;
* анализ надежности технологического процесса по параметрам производительности, качества продукции, настроенности, точности, стабильности, ресурсным и материальным затратам;
* разработка мероприятий по повышению надежности и эффективности технологического процесса;
* внедрение мероприятий и контроль их эффективности.

Большое значение при отработке на надежность играет установление критичных технологических процессов, операций и критических параметров, которые определяют качество выпускаемой продукции. В этих целях целесообразно использовать диаграмму разброса, которая применяется для исследования зависимости между двумя видами данных.

На этапе разработки технологии для определения критичных операций и параметров технологии целесообразно применение FMEA-анализа, в частности метода FMEA-процесс. Метод предполагает построение компонентных и функционально-структурных моделей технологического процесса, их исследование и позволяет выявить потенциальные критичные точки, где наиболее возможны отказы по надежности, потенциальные последствия отказов, установить потенциальные причины и разработать меры по выявлению отклонений до наступления отказа.

 Анализ надежности технологического процесса включает:

* размерный и параметрический анализ технологического процесса;
* анализ настроенности технологического процесса;
* анализ точности технологического процесса;
* анализ стабильности технологического процесса;
* определение периодичности подналадки оборудования, средств измерения, оснастки, инструмента и др.;
* анализ результатов контроля технологической дисциплины;
* анализ производительности технологического процесса;
* анализ технологического процесса по комплексным показателям надежности и эффективности, включая расход ресурсов.

 Для оценки настроенности, точности и стабильности технологических процессов необходимо установить расчетные формулы, определить критерии, условия настроенности, точности и стабильности. Необходимы разработка и установление типовых случаев нарушения точности, настроенности и стабильности.

В частности, при нормальном распределении контролируемого параметра и двусторонним значением области номинала по результатам наблюдений настроенность может быть оценена по выборочному коэффициенту смещения

 $\overline{X}$ - Xном

 Кс(в)= , где (1)

 Т

$\overline{X}$= $\frac{1}{n}$ $\sum\_{i=1}^{n}Xi$ – среднее значение параметра при наблюдениях;

Xi – текущее значение параметра при наблюдениях;

n – объем выборки;

Xном – номинальный уровень настройки центра группирования распределения значений контролируемого параметра;

Т = Тв – Тн – допуск области номинала параметра при двустороннем ее ограничении;

Тв и Тн – верхняя и нижняя граница в области номинала.

 Технологический процесс является настроенным, если Кс(в) ≤П1.

 S∙t*ν* =n-1,α/2

 П1= , где (2)

 T $\sqrt{n}$

 S = $√\frac{1}{n-1}$ $\sum\_{i=1}^{n}\left(Xi- \overline{X}\right)$2 – выборочное среднеквадратическое отклонение параметра при наблюдениях;

t*ν* =n-1,α/2 – значение двустороннего критерия Стьюдента при уровне значимости α≤0,05 и числа степеней свободы *ν* = n-1 берется из разработанных табличных значений.

 Для оценки точности технологического процесса используется выборочный коэффициент точности при двустороннем ограничении номинала по результатам наблюдений:

 [1 - 2 Кс(в)] ∙Т

 Кт(в)= , где (3)

 2tn, s, γ s

tn, s, γ – табличное значение двустороннего толерантного множителя при доверительной вероятности S, доле годных γ ≥ Ро/100 (Ро – установленный процент выхода годных) и объеме выборки n.

Технологический процесс является точным если Кс(в) ≥П2.

 n-1 2 t*ν* =n-1,α/2

 П2= $√$ + , где (4)

 $x^{2}$*ν* =n-1,1-α tn, s, $γ^{\sqrt{n}}$

$x^{2}$*ν*=n-1,1-α – табличное значение одностороннего $х^{2}$-критерия при уровне значимости α≤0,05 и числе степеней свободы *ν* =n-1;

tn,s,$ γ$ - табличное значение двустороннего толерантного множителя при доверительной вероятности s, доле годных $γ\geq $Ро/100 (Ро – установленный процент выхода годных) и объеме выборки n (см.табл.3).

Для оценки стабильности технологического процесса используется выборочный коэффициент стабильности смещения параметра по результатам наблюдений:

 $\frac{n}{\begin{array}{c}m-1\\ \end{array}}$ $ \sum\_{i=1}^{m}\left(Xi- \overline{X}\right)$2

Ксс(в) = , где (5)

 $\frac{1}{m\left(n-1\right)}$ $ \sum\_{i=1}^{m} \sum\_{α=1}^{n}\left(Xiα- \overline{X}i\right)$2

n – объем выборки;

m – количество выборок при наблюдениях;

Xi – текущее значение параметра при наблюдениях.

 Технологический процесс является стабильным, если

 Ксс(в) ≤ F*ν*1 =m-1, ν2 = m(n-1),α , где (6)

F*ν*1 =m-1, ν2 = m(n-1),α - табличное значение одностороннего F-критерия при уровне значимости α≤0,05 и числе степеней свободы ν1 = m -1 и ν2 = m(n-1) (см. табл.4).

1. **Справочные данные**

Таблица 1

Критерий Стьюдента t*ν* =n-1,α/2 и t*ν* =n-1,α

|  |  |
| --- | --- |
| Число степеней свободы *ν* | Значение критерия при уровне значимости α(α/2)  |
| 0,1 | 0,05 | 0,025 | 0,01 | 0,005 |
| 1 | 3,078 | 6,314 | 12,706 | 31,821 | 63,657 |
| 2 | 1,886 | 2,920 | 4,303 | 6,965 | 9,925 |
| 3 | 1,638 | 2,353 | 3,182 | 4,541 | 5,841 |
| 4 | 1,533 | 3,132 | 2,776 | 3,747 | 4,604 |
| 5 | 1,476 | 2,015 | 2,571 | 3,365 | 4,032 |
| 6 | 1,440 | 1,943 | 2,447 | 3,143 | 3,707 |
| 7 | 1,415 | 1,895 | 2,365 | 2,998 | 3,499 |
| 8 | 1,397 | 1,860 | 2,306 | 2,896 | 3,355 |
| 9 | 1,383 | 1,833 | 2,262 | 2,821 | 3,250 |
| 10 | 1,372 | 1,812 | 2,228 | 2,764 | 3,169 |
| 11 | 1,363 | 1,796 | 2,201 | 2,718 | 3,106 |
| 12 | 1,356 | 1,782 | 2,179 | 2,681 | 3,055 |
| 13 | 1,350 | 1,771 | 2,160 | 2,650 | 3,012 |
| 14 | 1,345 | 1,761 | 2,145 | 2,624 | 2,977 |
| 15 | 1,341 | 1,753 | 2,131 | 2,602 | 2,947 |
| 16 | 1,337 | 1,746 | 2,120 | 2,583 | 2,921 |
| 17 | 1,333 | 1,740 | 2,110 | 2,567 | 2,898 |
| 18 | 1,330 | 1,734 | 2,101 | 2,552 | 2,878 |
| 19 | 1,328 | 1,729 | 2,093 | 2,539 | 2,861 |
| 20 | 1,325 | 1,725 | 2,086 | 2,528 | 2,845 |

Односторонний критерий $x^{2}$*ν* =n-1,α и $x^{2}$*ν* =n-1,1-α Таблица 2

|  |  |
| --- | --- |
| Число степеней свободы *ν* | Значение критерия при уровне значимости α(1-α)  |
| **0,995** | **0,990** | **0,975** | **0,950** | **0,900** | **0,100** | **0,050** | **0,025** | **0,010** | **0,005** |
| 1 | 0,393 $10^{-4}$ | $$0,157 10^{-3}$$ | $$0,982 10^{-3}$$ | $$0,393 10^{-2}$$ | 0,0158 | 2,71 | 3,84 | 5,02 | 6,63 | 7,88 |
| 2 | 0,0100 | 0,0201 | 0,0506 | 0,103 | 0,211 | 4,61 | 5,99 | 7,38 | 9,21 | 10,60 |
| 3 | 0,0717 | 0,115 | 0,216 | 0,352 | 0,584 | 6,25 | 7,81 | 9,35 | 11,34 | 12,84 |
| 4 | 0,207 | 0,297 | 0,484 | 0,711 | 1,06 | 7,78 | 9,49 | 11,14 | 13,28 | 14,86 |
| 5 | 0,412 | 0,554 | 0,831 | 1,15 | 1,61 | 9,24 | 11,07 | 12,83 | 15,08 | 16,75 |
| 6 | 0,676 | 0,872 | 1,24 | 1,64 | 2,20 | 10,64 | 12,59 | 14,45 | 16,81 | 18,55 |
| 7 | 0,989 | 1,24 | 1,69 | 2,17 | 2,83 | 12,02 | 14,07 | 16,01 | 18,48 | 20,28 |
| 8 | 1,34 | 1,65 | 2,18 | 2,73 | 3,49 | 13,36 | 15,51 | 17,53 | 20,09 | 21,95 |
| 9 | 1,73 | 2,09 | 2,70 | 3,33 | 4,17 | 14,68 | 16,92 | 19,02 | 21,67 | 23,59 |
| 10 | 2,16 | 2,56 | 3,25 | 3,94 | 4,87 | 15,99 | 18,31 | 20,48 | 23,21 | 25,19 |
| 11 | 2,60 | 3,05 | 3,82 | 4,57 | 5,58 | 17,28 | 19,68 | 21,92 | 27,72 | 26,76 |
| 12 | 3,07 | 3,57 | 4,40 | 5,23 | 6,30 | 18,55 | 21,03 | 23,34 | 26,22 | 28,3 |
| 13 | 3,57 | 4,11 | 5,01 | 5,89 | 7,04 | 19,81 | 22,36 | 24,74 | 27,69 | 29,82 |
| 14 | 4,07 | 4,66 | 5,63 | 6,57 | 7,79 | 21,06 | 23,68 | 26,12 | 29,14 | 31,32 |
| 15 | 4,60 | 5,23 | 6,26 | 7,26 | 8,55 | 22,31 | 25,00 | 27,49 | 30,58 | 32,80 |
| 16 | 5,14 | 5,81 | 6,91 | 7,96 | 9,31 | 23,54 | 26,30 | 28,85 | 32,00 | 34,27 |
| 17 | 5,70 | 6,41 | 7,56 | 8,67 | 1,09 | 24,77 | 27,59 | 30,19 | 33,41 | 35,72 |
| 18 | 6,26 | 7,01 | 8,23 | 9,39 | 10,86 | 25,99 | 28,87 | 31,53 | 34,81 | 37,16 |
| 19 | 6,84 | 7,63 | 8,91 | 10,12 | 11,65 | 27,20 | 30,14 | 32,85 | 36,19 | 38,58 |
| 20 | 7,43 | 8,26 | 9,59 | 10,85 | 12,44 | 28,41 | 31,41 | 34,17 | 37,57 | 40,00 |

 Двусторонний толерантный множитель tn, s, $γ$ Таблица 3

|  |  |
| --- | --- |
| **Объем выборки****n** | **Значение множителя при доверительной вероятности s и величине** $ γ=Ро/100$ |
| **s=0.90** | **s=0.95** | **s=0.99** |
| **Ƴ=0.90** | **Ƴ=0.95** | **Ƴ=0.99** | **Ƴ=0.90** | **Ƴ=0.95** | **Ƴ=0.99** | **Ƴ=0.90** | **Ƴ=0.95** | **Ƴ=0.99** |
| 2 | 15,98 | 18,80 | 24,17 | 32,02 | 37,67 | 48,43 | 160,2 | 188,5 | 242,3 |
| 3 | 5,874 | 6,919 | 8,974 | 8,380 | 9,916 | 12,86 | 18,93 | 22,40 | 29,06 |
| 4 | 4,166 | 4,943 | 6,440 | 5,369 | 6,370 | 8,299 | 9,398 | 11,15 | 14,53 |
| 5 | 3,494 | 4,152 | 5,423 | 4,275 | 5,079 | 6,634 | 6,612 | 7,855 | 10,26 |
| 6 | 3,131 | 3,723 | 4,870 | 3,712 | 4,414 | 5,775 | 5,337 | 6,345 | 8,301 |
| 7 | 2,902 | 3,452 | 4,521 | 3,369 | 4,007 | 5,248 | 4,613 | 5,488 | 7,187 |
| 8 | 2,743 | 3,264 | 4,278 | 3,136 | 3,732 | 4,891 | 4,147 | 4,936 | 6,468 |
| 9 | 2,626 | 3,125 | 4,098 | 2,967 | 3,532 | 4,631 | 3,822 | 4,550 | 5,966 |
| 10 | 2,535 | 3,018 | 3,959 | 2,839 | 3,379 | 4,433 | 3,582 | 4,265 | 5,594 |
| 11 | 2,463 | 2,933 | 3,849 | 2,737 | 3,259 | 4,277 | 3,397 | 4,045 | 5,308 |
| 12 | 2,404 | 2,863 | 3,758 | 2,655 | 3,162 | 4,150 | 3,250 | 3,870 | 5,079 |
| 13 | 2,355 | 2,805 | 3,682 | 2,587 | 3,081 | 4,044 | 3,130 | 3,727 | 4,893 |
| 14 | 2,314 | 2,756 | 3,618 | 2,529 | 3,012 | 3,955 | 3,029 | 3,608 | 4,737 |
| 15 | 2,278 | 2,713 | 3,562 | 2,480 | 2,954 | 3,878 | 2,945 | 3,507 | 4,605 |
| 16 | 2,246 | 2,676 | 3,514 | 2,437 | 2,903 | 3,812 | 2,872 | 3,421 | 4,492 |
| 17 | 2,219 | 2,643 | 3,471 | 2,400 | 2,858 | 3,754 | 2,808 | 3,345 | 4,393 |
| 18 | 2,194 | 2,614 | 3,433 | 2,366 | 2,819 | 3,702 | 2,753 | 3,279 | 4,307 |
| 19 | 2,172 | 2,588 | 3,399 | 2,337 | 2,784 | 3,756 | 2,703 | 3,221 | 4,230 |
| 20 | 2,152 | 2,564 | 3,368 | 2,310 | 2,752 | 3,615 | 2,659 | 3,168 | 4,161 |

Односторонний F-критерий при уровне значимости α Таблица 4

|  |  |
| --- | --- |
| **Число** **степеней свободы****ν=m(n-1)** | Значение критерия при числе степеней свободы ν1=m-1 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 1 | 161 | 200 | 216 | 225 | 230 | 234 | 237 | 239 | 241 | 242 | 243 | 244 |
| 2 | 18,5 | 19,0 | 19,2 | 19,2 | 19,3 | 19,3 | 19,4 | 19,4 | 19,4 | 19,4 | 19,4 | 19,4 |
| 3 | 10,1 | 9,55 | 9,28 | 9,12 | 9,01 | 8,94 | 2,89 | 8,85 | 8,81 | 8,79 | 8,76 | 8,74 |
| 4 | 7,71 | 6,94 | 6,59 | 6,39 | 6,26 | 6,16 | 6,09 | 6,04 | 6,00 | 5,96 | 5,94 | 5,91 |
| 5 | 6,61 | 5,79 | 5,41 | 2,19 | 5,05 | 4,95 | 4,88 | 4,82 | 4,77 | 4,74 | 4,70 | 4,68 |
| 6 | 5,99 | 5,14 | 4,76 | 4,53 | 4,39 | 4,28 | 4,21 | 4,15 | 4,10 | 4,06 | 4,03 | 4,00 |
| 7 | 5,59 | 4,74 | 4,35 | 4,12 | 3,97 | 3,87 | 3,79 | 3,73 | 3,64 | 3,60 | 3,57 | 3,55 |
| 8 | 5,32 | 4,46 | 4,07 | 3,84 | 3,69 | 3,58 | 3,50 | 3,44 | 3,39 | 3,35 | 3,31 | 3,28 |
| 9 | 5,12 | 4,26 | 3,86 | 3,63 | 3,48 | 3,37 | 3,29 | 4,23 | 3,18 | 3,14 | 3,10 | 3,07 |
| 10 | 4,96 | 4,10 | 3,71 | 3,48 | 3,33 | 3,22 | 3,14 | 3,07 | 3,02 | 2,98 | 2,94 | 2,91 |
| 11 | 4,84 | 3,96 | 3,59 | 3,36 | 3,20 | 3,09 | 3,01 | 2,95 | 2,90 | 2,85 | 2,82 | 2,79 |
| 12 | 4,75 | 3,89 | 3,49 | 3,26 | 3,11 | 3,00 | 2,91 | 2,85 | 2,80 | 2,75 | 2,72 | 2,69 |
| 13 | 4,67 | 3,81 | 3,41 | 3,18 | 3,03 | 2,92 | 2,83 | 2,77 | 2,71 | 2,67 | 2,63 | 2,60 |
| 14 | 4,60 | 3,74 | 3,34 | 3,11 | 2,96 | 2,85 | 2,76 | 2,70 | 2,65 | 2,60 | 2,57 | 2,53 |
| 15 | 5,54 | 3,66 | 3,29 | 3,06 | 2,90 | 2,79 | 2,71 | 2,64 | 2,59 | 2,54 | 2,51 | 2,48 |
| 16 | 4,49 | 3,63 | 3,24 | 3,01 | 2,85 | 2,74 | 2,66 | 2,59 | 2,54 | 2,49 | 2,46 | 2,42 |
| 17 | 4,45 | 3,59 | 3,20 | 2,96 | 2,81 | 2,70 | 2,61 | 2,55 | 2,49 | 2,45 | 2,41 | 2,38 |
| 18 | 4,41 | 3,55 | 3,16 | 2,93 | 2,77 | 2,66 | 2,58 | 2,51 | 2,46 | 2,41 | 2,37 | 2,34 |
| 19 | 4,38 | 3,52 | 3,13 | 2,90 | 2,74 | 2,63 | 2,54 | 2,48 | 2,42 | 2,38 | 2,34 | 2,31 |
| 20 | 4,35 | 3,49 | 3,10 | 2,87 | 2,71 | 2,60 | 2,51 | 2,45 | 2,39 | 2,35 | 2,31 | 2,28 |
| 21 | 4,32 | 3,47 | 3,07 | 2,84 | 2,68 | 2,57 | 2,49 | 2,42 | 2,37 | 2,32 | 2,28 | 2,25 |
| 22 | 4,30 | 3,44 | 3,05 | 2,82 | 2,66 | 2,55 | 2,46 | 2,40 | 2,34 | 2,30 | 2,26 | 2,23 |
| 23 | 4,28 | 3,42 | 3,03 | 2,80 | 2,64 | 2,53 | 2,44 | 2,37 | 2,32 | 2,27 | 2,24 | 2,20 |
| 24 | 4,26 | 3,40 | 3,01 | 2,78 | 2,62 | 2,51 | 2,42 | 2,36 | 2,30 | 2,25 | 2,22 | 2,18 |
| 25 | 4,24 | 3,39 | 2,99 | 2,76 | 2,60 | 2,49 | 2,40 | 2,34 | 2,28 | 2,24 | 2,20 | 2,16 |
| 26 | 4,23 | 3,37 | 2,98 | 2,74 | 2,59 | 2,47 | 2,39 | 2,32 | 2,27 | 2,22 | 2,18 | 2,15 |
| 27 | 4,21 | 3,35 | 2,96 | 2,73 | 2,57 | 2,46 | 2,37 | 2,31 | 2,25 | 2,20 | 2,17 | 2,13 |
| 28 | 4,20 | 3,34 | 2,95 | 2,71 | 2,56 | 2,45 | 2,36 | 2,29 | 2,24 | 2,19 | 2,15 | 2,12 |
| 29 | 4,18 | 3,33 | 2,93 | 2,70 | 2,55 | 2,43 | 2,35 | 2,28 | 2,22 | 2,18 | 2,14 | 2,10 |
| 30 | 4,17 | 3,32 | 2,92 | 2,69 | 2,53 | 2,42 | 2,33 | 2,27 | 2,21 | 2,16 | 2,13 | 2,09 |

Односторонний F-критерий при уровне значимости α Продолжение таблицы 4

|  |  |
| --- | --- |
| **Число** **степеней свободы****ν=m(n-1)** | Значение критерия при числе степеней свободы ν1=m-1 |
| 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 22 | 24 | 26 | 28 | 30 |
| 1 | 245 | 245 | 246 | 246 | 247 | 247 | 248 | 248 | 249 | 249 | 249 | 250 | 252 |
| 2 | 19,4 | 19,4 | 19,4 | 19,4 | 19,4 | 19,4 | 19,4 | 19,4 | 19,5 | 19,5 | 19,5 | 19,5 | 19,5 |
| 3 | 8,73 | 8,71 | 8,70 | 8,69 | 8,68 | 8,67 | 8,67 | 8,66 | 8,65 | 8,64 | 8,63 | 8,62 | 8,62 |
| 4 | 5,89 | 5,87 | 5,86 | 5,84 | 5,83 | 5,82 | 5,81 | 5,80 | 5,79 | 5,77 | 5,76 | 5,75 | 5,75 |
| 5 | 4,66 | 4,64 | 4,62 | 4,60 | 4,59 | 4,58 | 4,57 | 4,56 | 4,54 | 4,53 | 4,52 | 4,50 | 4,50 |
| 6 | 3,98 | 3,96 | 3,94 | 3,92 | 3,91 | 3,90 | 3,88 | 3,87 | 3,86 | 3,84 | 3,83 | 3,82 | 3,81 |
| 7 | 3,53 | 3,51 | 3,49 | 3,48 | 3,47 | 3,47 | 3,46 | 3,44 | 3,43 | 3,41 | 3,40 | 3,39 | 3,38 |
| 8 | 3,26 | 3,24 | 3,22 | 3,20 | 3,19 | 3,17 | 3,16 | 3,15 | 3,13 | 3,12 | 3,10 | 3,09 | 3,08 |
| 9 | 3,05 | 3,03 | 3,01 | 2,99 | 2,97 | 2,96 | 2,95 | 2,94 | 2,92 | 2,90 | 2,89 | 2,87 | 2,86 |
| 10 | 2,89 | 2,86 | 2,85 | 2,83 | 2,81 | 2,80 | 2,79 | 2,77 | 2,75 | 2,74 | 2,72 | 2,71 | 2,70 |
| 11 | 2,76 | 2,74 | 2,72 | 2,70 | 2,69 | 2,67 | 2,66 | 2,65 | 2,63 | 2,61 | 2,59 | 2,58 | 2,57 |
| 12 | 2,66 | 2,64 | 2,62 | 2,60 | 2,58 | 2,57 | 2,56 | 2,54 | 2,52 | 2,51 | 2,49 | 2,48 | 2,47 |
| 13 | 2,58 | 2,55 | 2,53 | 2,51 | 2,50 | 2,48 | 2,47 | 2,46 | 2,44 | 2,42 | 2,41 | 2,39 | 2,38 |
| 14 | 2,51 | 2,48 | 2,46 | 2,44 | 2,43 | 2,41 | 2,40 | 2,39 | 2,37 | 2,35 | 2,33 | 2,32 | 2,31 |
| 15 | 2,45 | 2,42 | 2,40 | 2,38 | 2,37 | 2,35 | 2,34 | 2,33 | 2,31 | 2,29 | 2,27 | 2,26 | 2,25 |
| 16 | 2,40 | 2,37 | 2,35 | 2,33 | 2,32 | 2,30 | 2,29 | 2,28 | 2,25 | 2,24 | 2,22 | 2,21 | 2,19 |
| 17 | 2,35 | 2,33 | 2,31 | 2,29 | 2,27 | 2,26 | 2,24 | 2,24 | 2,21 | 2,19 | 2,17 | 2,16 | 2,15 |
| 18 | 2,31 | 2,29 | 2,27 | 2,25 | 2,23 | 2,22 | 2,20 | 2,19 | 2,17 | 2,15 | 2,13 | 2,12 | 2,11 |
| 19 | 2,28 | 2,26 | 2,23 | 2,21 | 2,20 | 2,18 | 2,17 | 2,16 | 2,13 | 2,11 | 2,10 | 2,08 | 2,07 |
| 20 | 2,25 | 2,22 | 2,20 | 2,18 | 2,17 | 2,15 | 2,14 | 2,12 | 2,10 | 2,08 | 2,07 | 2,05 | 2,04 |
| 21 | 2,22 | 2,20 | 2,18 | 2,16 | 2,14 | 2,12 | 2,11 | 2,10 | 2,07 | 2,05 | 2,04 | 2,02 | 2,01 |
| 22 | 2,20 | 2,17 | 2,15 | 2,13 | 2,11 | 2,10 | 2,08 | 2,07 | 2,05 | 2,03 | 2,01 | 2,00 | 1,98 |
| 23 | 2,18 | 2,15 | 2,13 | 2,11 | 2,09 | 2,07 | 2,06 | 2,05 | 2,02 | 2,01 | 1,99 | 1,97 | 1,96 |
| 24 | 2,15 | 2,13 | 2,11 | 2,09 | 2,07 | 2,05 | 2,04 | 2,03 | 2,00 | 1,98 | 1,97 | 1,95 | 1,94 |
| 25 | 2,14 | 2,14 | 2,09 | 2,07 | 2,05 | 2,04 | 2,02 | 2,01 | 1,98 | 1,96 | 1,95 | 1,93 | 1,92 |
| 26 | 2,12 | 2,09 | 2,07 | 2,05 | 2,03 | 2,02 | 2,00 | 1,99 | 1,97 | 1,95 | 1,93 | 1,91 | 1,90 |
| 27 | 2,10 | 2,08 | 2,06 | 2,04 | 2,02 | 2,00 | 1,99 | 1,97 | 1,95 | 1,93 | 1,91 | 1,90 | 1,88 |
| 28 | 2,09 | 2,06 | 2,04 | 2,02 | 2,00 | 1,99 | 1,97 | 1,96 | 1,93 | 1,91 | 1,90 | 19,88 | 1,87 |
| 29 | 2,08 | 2,05 | 2,03 | 2,01 | 1,99 | 1,97 | 1,96 | 1,94 | 1,92 | ,90 | 1,88 | 1,87 | 1,85 |
| 30 | 2,06 | 2,04 | 2,01 | 1,99 | 1,98 | 1,96 | 1,95 | 1,93 | 1,91 | 1,89 | 1,87 | 1,85 | 1,84 |

1. **Примеры**

**Пример 1**. Проверка настроенности по параметру Rs ТП диффузии сбора.

Исходные данные:

среднее значение параметра $\overline{R}s$ = $\overline{X}$ = 160 Ом/□;

номинальный уровень настройки Rsном = Хном = 170 Ом/□;

среднеквадратическое отклонение параметра s = 10 Ом/□;

допуск области номинала Т = 60 Ом/□;

объем выборки n = 9;

уровень значимости α = 0,05.

По таблице 1 для уровня значимости α/2= 0,05/2 = 0,025 и числа степеней свободы *ν* = n-1 = 8 определяют критерий Стьюдента t*ν* =n-1,α/2 = 2,306.

 |$\overline{X}$ - Xном| |160-170 |

 Кс(в)= = = 0,17

 Т 60

 S∙t*ν* =n-1,α/2 10 ∙ 2,306

 П1 = = ≈ 0,13

 T $\sqrt{n}$ 60 ∙ $\sqrt{9}$

 Условие настроенности ТП не выполняется - Кс(в) > П1.

**Пример 2**. Проверка точности по параметру Rs ТП диффузии сбора (см. пример 1), если установленный процент выхода годных R0 = 95 %, а доверительная вероятность s = 0,95.

По таблице 1 для уровня значимости α = 0,05 и числа степеней свободы

*ν* = n-1 = 8 определяют критерий Стьюдента t*ν* =n-1,α = 1,86.

 По таблице 2 для 1-α = 0,95 и числа степеней свободы *ν* = 8 определяют критерий $x^{2}$*ν* =n-1,1-α = 2,73.

По таблице 3 для n=9, $γ$ =Ро/100 = 095 и s=0,95 определяют двусторонний толерантный множитель tn, s,$ γ$ = 3,532.

 По формулам 3, 4

 [1 - 2 Кс(в)] ∙Т (1 - 2∙0,17) ∙60

Кт(в) = = = 0,57;

 2tn, s, γ s  2∙3,532∙10

 n-1 2 t*ν* =n-1,α/2 9 – 1 2 ∙1,86

П2 = $√$ + = $√$ + = 2,062

 $x^{2}$*ν* =n-1,1-α tn, s, $γ^{\sqrt{n}}$ 2,73 3,532 ∙$\sqrt{9}$

Так как Кт(в)< П2 , условие точности не выполняется, ТП является неточным.

**Пример 3.** Проверка стабильности по смещению параметра коэффициента усиления ТП изготовления n-p-n – структуры.

Исходные данные:

объем выборки n = 3;

количество выборок m = 15;

уровень значимости α = 0,05;

выборочная межгрупповая дисперсия $\frac{n}{\begin{array}{c}m-1\\ \end{array}}$ $ \sum\_{i=1}^{m}\left(Xi- \overline{X}\right)$2 = 100;

выборочная межгрупповая дисперсия $\frac{1}{m\left(n-1\right)}$ $ \sum\_{i=1}^{m} \sum\_{α=1}^{n}\left(Xiα- \overline{X}i\right)$2 = 75.

 Определяют выборочный коэффициент стабильности смещения параметра по формуле 5

 $\frac{n}{\begin{array}{c}m-1\\ \end{array}}$ $ \sum\_{i=1}^{m}\left(Xi- \overline{X}\right)$2  100

Ксс(в) = = = 1,33.

 $\frac{1}{m\left(n-1\right)}$ $ \sum\_{i=1}^{m} \sum\_{α=1}^{n}\left(Xiα- \overline{X}i\right)$2  75

 По таблице 4 для числа степеней свободы ν1 = m-1 = 14 и ν2 = m(n-1) = =15∙2 = 30 F-критерий при уровне значимости α = 0,05 равен 2,04.

Условие формулы 6 Ксс(в)<F*ν*1,*ν*2, α выполняется, ТП характеризуется стабильностью смещения параметра.

Анатолий Васильевич **Жариков**

Нина Михайловна **Ильичева**

**Оценка и обеспечение надежности технологических процессов на различных этапах инновационного цикла**

***Учебно-методические материалы***

Государственное образовательное автономное учреждение

высшего образования «Нижегородский государственный

университет им. Н.И. Лобачевского».

603950, Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23.

Подписано в печать . .2016 г. Формат 60х84 1/16.

Бумага офсетная. Печать офсетная. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. Уч-изд.л.

Заказ № . Тираж 100 экз.

Отпечатано в типографии Нижегородского госуниверситета

им. Н.И. Лобачевского

603600, г. Н. Новгород, ул. Б. Покровская, 37

Лицензия ПД № 18-0099 от 14.05.01