

## ВВЕДЕНИЕ

Развитие современной техники в значительной степени связано с повышением требований к качеству и эффективности ее функционирования. Надежность машин и оборудования – один из основных показателей их качества, поэтому проблемы качества и эффективности производства невозможно решить без повышения надежности техники. Однако в настоящее время в инженерной практике при проектировании, модернизации и планировании производства, эксплуатации техники расчеты на надежность производятся сравнительно редко. Такое положение объясняется сложностью математического аппарата теории надежности, отсутствием достаточно простых и удобных схем и методик расчета, сложностью и большим объемом вычислений, ограниченностью статистических и экспериментальных данных. Значительная часть литературы по надежности технических объектов либо носит узкоспециальный отраслевой характер и содержит сведения или результаты экспериментальных исследований по надежности отдельных видов техники, либо посвящено разработке достаточно сложного математического аппарата теории надежности, ограниченного в применении в инженерной практике.

Актуальность и сложность этих проблем постоянно увеличиваются. Одно из основных противоречий в развитии техники заключается в том, что увеличение сложности и связанное с ним снижение надежности техники сопровождается повышением требований к надежности. Поэтому при эксплуатации даже самой современной техники возникает необходимость ее модернизации, применения более эффективных смазочных и других эксплуатационных материалов, совершенствования организации ее технического обслуживания и ремонта.

Вопросами модернизации техники занимаются ученые, аспиранты, магистранты и студенты инженерных специальностей при изучении курса «Основы научных исследований и моделирование» и проведении научно-исследовательских работ. Для качественной оценки эффективности предлагаемых мероприятий ведущие в области машиностроения, эксплуатации и ремонта техники научно-производственные объединения (НПО НАТИ, ЦМИС и ГОСНИТИ) совместно разработали соответствующую методику [1].

Цель лабораторной работы – освоение методики и получение практических навыков оценки эффективности конструкторско-технологических и эксплуатационных мероприятий по повышению надежности сельскохозяйственной техники.

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Оценка технической эффективности конструкторско-технологических мероприятий\* предназначена для решения следующих задач:

- определения целесообразности внедрения в серийное производство конкретного мероприятия (конкретных мероприятий);

- оценки выполнения заданий по повышению надежности конкретных изделий\*\*;

- определения размера народнохозяйственного экономического эффекта от повышения надежности изделий;

- аргументации изменений норм расхода запасных частей.

Допускается совместная оценка технической эффективности нескольких мероприятий, направленных на повышение надежности конкретных изделий.

Предусматривается проведение предварительной и окончательной оценки технической эффективности мероприятий. Предварительную оценку проводят по результатам стендовых или ускоренных испытаний изделий, а окончательную – по результатам испытаний (наблюдений) машин.

Оценка технической эффективности мероприятий основана на сравнении показателей надежности изделия до и после внедрения мероприятия (мероприятий).

Число испытываемых изделий должно быть не менее пяти. Для предварительной оценки эффективности мероприятий каждое изделие должно испытываться независимо. Испытания нескольких одноименных изделий в составе одного агрегата (трактора) не являются независимыми.

Наработка приостановленных изделий после внедрения мероприятий должна быть больше наибольшей наработки до отказа изделий с невнедренным мероприятием.

Средняя продолжительность завершенных испытаний с внедренным мероприятием должна быть больше или равна средней наработки до первого отказа изделий до внедрения мероприятия.

Продолжительность незавершенных испытаний изделий с внедренным мероприятием, приостановленных до наступления отказа, должна быть не меньше наибольшей наработки до отказа изделий до внедрения мероприятия.

---

\* В дальнейшем – мероприятие.

\*\* Здесь и далее под изделием в зависимости от конкретных условий понимают трактор, его агрегат, узел или отдельную деталь.

Условия испытаний изделий до и после внедрения мероприятий, а также применяемое оборудование и измерительные средства, методы сбора и обработки информации должны быть идентичными (одинаковыми).

Производить оценку эффективности мероприятий по результатам испытаний различных видов\* или испытаний, выполненных в различных условиях, не допускается.

В качестве показателя надежности при оценке эффективности мероприятий используют наработку изделий до первого отказа. Предполагают, что отказы изделий происходят независимо друг от друга с постоянной средней интенсивностью в процессе испытаний, т. е. могут быть описаны законом распределения Пуассона.

В отдельных случаях допускается использование данных до второго (и последующих отказов) с предварительной проверкой однородности наработок до первого и между первым и вторым отказами и т. д.

## 2. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЗАВЕРШЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ

Завершенными испытаниями изделий принято называть такие, при которых все испытываемые изделия наработали до первого отказа (предельного состояния).

Проверку гипотезы о значимом различии показателя надежности до и после внедрения мероприятия (оценка его эффективности) проводят в последовательности, приведенной ниже.

Определяют экспериментальное значение критерия:

$$t_{\text{экс}} = \frac{(\bar{T}_n - \bar{T}_6)}{S_0} \sqrt{\frac{n_6 \cdot n_n}{n_6 + n_n}}, \quad (2.1)$$

где  $\bar{T}_n$  или  $\bar{T}_6$  – средняя наработка до отказа новых или базовых изделий (после и до внедрения мероприятия).

$$\bar{T} = \frac{\sum_1^n T_i}{n}, \quad (2.2)$$

здесь  $S_0$  – обобщенная оценка среднеквадратического разброса наработок изделий до отказа;

$n_n$  и  $n_6$  – соответственно количество испытываемых базовых и новых изделий;

$T_i$  – наработка до отказа  $i$ -го изделия (базового или нового);

\* Имеются в виду стендовые, полигонные, эксплуатационные испытания и наблюдения в реальной эксплуатации.

$$S_0 = \sqrt{\frac{S_6^2(n_6 - 1) + S_n^2(n_n - 1)}{n_6 + n_n - 2}}, \quad (2.3)$$

здесь

$$S_6^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n_6} (T_{6_i} - \bar{T}_6)^2}{n_6 - 1}; \quad S_n^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n_n} (T_{n_i} - \bar{T}_n)^2}{n_n - 1} - \quad (2.4)$$

среднеквадратический разброс наработок на отказ базовых и новых изделий соответственно.

Находят табличное значение критерия  $t_{\text{табл}}$  по табл. 1 приложения по числу степеней свободы  $f = n_6 + n_n - 2$  ( $t_{\text{табл}}$  – квантиль распределения Стьюдента при уровне значимости  $\alpha/2 = 0,1$ ).

Если  $t_{\text{эсп}} < t_{\text{табл}}$ , (2.5)  
то мероприятие квалифицируется как неэффективное, так как значения средних наработок до отказа  $\bar{T}_n$  и  $\bar{T}_6$  различаются незначимо.

Если  $t_{\text{эсп}} \geq t_{\text{табл}}$ , (2.6)  
то мероприятие признают эффективным, так как различие между  $\bar{T}_6$  и  $\bar{T}_n$  значимо.

В случае, если  $\bar{T}_n < \bar{T}_6$ , мероприятие квалифицируют как вредное.

Для количественной оценки изменения наработки до отказа вычисляют величину их разности и доверительный интервал (при доверительной вероятности  $P(x) = 1 - \alpha$ ):

$$\Delta = \bar{T}_n - \bar{T}_6; \quad (2.7)$$

$$\Delta_{в, н} = \Delta \pm t_{\alpha/2, f} \sqrt{S_0^2 \left( \frac{1}{n_6} - \frac{1}{n_n} \right)}, \quad (2.8)$$

где  $S_0$  определяется по формуле (2.3);

$t_{\alpha/2, f}$  – квантиль распределения Стьюдента, значение которой находят по табл. 1 приложения при  $\alpha/2 = 0,1$  и числе степеней свободы  $f = n_6 + n_n - 2$ ;

$\Delta_в$  – верхняя граница доверительного интервала разницы средних значений наработок до отказа (соответствующей знаку «+» в формуле (2.8));

$\Delta_н$  – нижняя граница доверительного интервала (соответствует знаку «-» в формуле (2.8)).

### 3. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ НЕЗАВЕРШЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ

Незавершенными (цензурированными) испытаниями  $N$  изделий принято называть такие, при которых часть изделий наработали до отказа ( $r$ ), а другие изделия ( $m$ ) прекратили испытания до наступления отказа ( $N = r + m$ ). Если наработки изделий до прекращения испытаний без наступления отказов не равны между собой, то такие испытания называет многократно усеченными (цензурированными).

Проверку гипотезы о значимости различия показателя надежности до и после внедрения мероприятий проводят в последовательности, приведенной ниже.

Определяют экспериментальное значение отношения интенсивности отказов:

$$K_{\text{экс}} = \frac{\lambda_{\text{б}}}{\lambda_{\text{н}}} = \frac{r_{\text{б}} \left( \sum_{i=1}^{r_{\text{б}}} T_{r_{\text{б},i}} + \sum_{j=1}^{m_{\text{б}}} T_{m_{\text{б},j}} \right)}{r_{\text{н}} \left( \sum_{i=1}^{r_{\text{н}}} T_{r_{\text{н},i}} + \sum_{j=1}^{m_{\text{н}}} T_{m_{\text{н},j}} \right)}, \quad (3.1)$$

где  $r_{\text{б}}$ ,  $r_{\text{н}}$  – число отказавших изделий базовых (до внедрения мероприятия) и новых (после внедрения мероприятия) соответственно;

$T_{r_{\text{б},i}}$ ,  $T_{r_{\text{н},i}}$  – наработка до отказа  $i$ -го изделия (базового или нового),

$$i_{\text{б}} = 1 \dots r_{\text{б}}; i_{\text{н}} = 1 \dots r_{\text{н}};$$

$m_{\text{б}}$ ,  $m_{\text{н}}$  – число изделий базовых (до внедрения мероприятия) и новых (после внедрения мероприятия), испытания которых приостановлены;

$T_{m_{\text{б},j}}$ ,  $T_{m_{\text{н},j}}$  – наработка до приостановки  $j$ -го изделия (базового или нового),  $j_{\text{б}} = 1 \dots m_{\text{б}}; j_{\text{н}} = 1 \dots m_{\text{н}}$ .

Находят табличное значение верхней доверительной границы отношения параметров распределения Пуассона  $Q_{\text{в}}(r_{\text{б}}, r_{\text{н}}, P(x))$  по значениям  $r_{\text{б}}$  и  $r_{\text{н}}$  при доверительной вероятности  $P(x) = 0,8$  (по табл. 2 приложения, где в качестве  $r_1$  берутся значения  $r_{\text{б}}$ , а в качестве  $r_2$  – значения  $r_{\text{н}}$ ).

Вычисляют значение нижней доверительной границы отношения параметров распределения Пуассона  $Q_{\text{н}}(r_{\text{б}}, r_{\text{н}}, P(x))$  по формуле

$$Q_{\text{н}}(r_{\text{б}}, r_{\text{н}}, P(x)) = \frac{1}{Q_{\text{в}}(r_{\text{н}}, r_{\text{б}}, P(x))}, \quad (3.2)$$

где  $Q_{\text{в}}(r_{\text{б}}, r_{\text{н}}, P(x))$  – берут по табл. 2 приложения, причем в качестве  $r_1$  берут значение  $r_{\text{н}}$ , а в качестве  $r_2$  – значение  $r_{\text{б}}$ .

Затем вычисляют нижнюю и верхнюю доверительные границы экспериментального отношения интенсивностей отказов:

$$K_{\text{экс}}^B = K_{\text{экс}} \cdot Q_B(r_B, r_H, P(x)), \quad (3.3)$$

$$K_{\text{экс}}^H = K_{\text{экс}} \cdot Q_H(r_B, r_H, P(x)). \quad (3.4)$$

Если нижняя доверительная граница экспериментального отношения интенсивностей отказов

$$K_{\text{экс}}^H \geq 1, \quad (3.5)$$

то мероприятие квалифицируют как эффективное, так как различие интенсивностей отказов до и после внедрения мероприятия значимо.

Если

$$K_{\text{экс}}^H < 1, \quad (3.6)$$

то мероприятие квалифицируется как неэффективное, так как различие интенсивностей отказов до и после внедрения мероприятий незначимо.

Если

$$K_{\text{экс}} < 1, \quad (3.7)$$

то мероприятие следует квалифицировать как вредное, так как интенсивность отказов после внедрения мероприятия увеличилась.

В том случае, когда  $r_H = 0$  (нет отказов в процессе испытаний после внедрения мероприятия), то условно принимают  $r_H = 1$  и проводят вычисления, но табличные значения  $Q_B(r_B, r_H, P(x))$  и  $Q_H(r_H, r_B, P(x))$  находят по табл. 3 приложения при доверительной вероятности  $P(x) = 0,6$ .

Если нельзя утверждать, что интенсивность отказов конкретного элемента у машин до или после внедрения мероприятия в процессе испытаний сохраняется постоянной, то весь интервал наработки изделий разбивают на интервалы так, чтобы удовлетворились условия:

а) средняя продолжительность завершённых испытаний с внедрённым мероприятием должна быть больше (или равна) средней наработке до первого отказа изделий до внедрения мероприятия;

б) продолжительность незавершённых испытаний изделий с внедрённым мероприятием, приостановленных до наступления отказа, должна быть не меньше наибольшей наработки до отказа изделий до внедрения мероприятия.

Затем проводят вычисления в соответствии с изложенной выше методикой.

Когда мероприятие классифицируется как неэффективное, то незначимое отличие объясняется ограниченностью экспериментальных данных. Поэтому допускается повторная проверка технической эффективности мероприятия по уточнённой выборке испытанных изделий (как по объёму выборки, так по продолжительности испытаний).

#### 4. ЗАДАНИЕ

**Часть 1.** Требуется оценить эффективность конструкторско-технологических мероприятий, направленных на повышение надежности машины, по результатам завершенных испытаний двух групп машин (до и после внедрения мероприятия). Исходные данные задаются преподавателем и записываются в таблице.

Примечание. В случае если по первичным испытаниям не предоставляется возможным признать исследуемое мероприятие эффективным, следует использовать результаты дополнительных испытаний.

**Часть 2.** Требуется оценить эффективность конструкторско-технологических мероприятий, направленных на повышение надежности машины (№ варианта указывается преподавателем), по результатам незавершенных испытаний. Исходные данные задаются преподавателем и записываются в таблице.

#### 5. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

**Часть 1.** Требуется оценить эффективность конструкторско-технологических мероприятий, направленных на повышение надежности машины, по результатам завершенных испытаний двух групп машин (до и после внедрения мероприятия). Исходные данные приведены в табл. 5.1.

Таблица 5.1 Исходные данные для оценки эффективности конструкторско-технологических мероприятий, направленных на повышение надежности машины, по результатам завершенных испытаний

№ варианта	До внедрения мероприятия		После внедрения мероприятия		
	№ машины	Наработка до первого отказа исследуемой детали, мото-ч	№ машины	Наработка до первого отказа исследуемой детали, мото-ч	
				Первичные испытания	Дополнительные испытания
0	1	840	1	1770	
	2	1250	2	1865	
	3	1865	3	2195	
	4	1910	4	2350	
	5	2030	5	2420	
	6	2120	6		2600
	7	2370	7		2040
			8		3080

#### Решение

1. Проводим предварительную обработку результатов испытаний.

1.1. Из табл. 5.1 находим: количество изделий базовых (до внедрения мероприятия)  $n_6 = 7$ ; новых (после внедрения мероприятия)  $n_n = 5$ .

1.2. Сумма наработок испытываемых изделий:  
базовых (до внедрения мероприятия)

$$\sum_{i=1}^{n_6} T_{6,i} = 840+1250+1865+1910+2030+2120+2370 = 12385 \text{ мото-ч;}$$

новых (после внедрения мероприятия)

$$\sum_{i=1}^{n_n} T_{n,i} = 1770+1865+2195+2350+2420 = 10600 \text{ мото-ч.}$$

1.3. Среднее значение наработки изделий до первого отказа:  
базовых (до внедрения мероприятия)

$$\bar{T}_6 = \frac{\sum_{i=1}^n T_{6,i}}{n} = \frac{12385}{7} = 1769 \text{ мото-ч;}$$

новых (после внедрения мероприятия)

$$\bar{T}_n = \frac{\sum_{i=1}^n T_{n,i}}{n} = \frac{10600}{5} = 2120 \text{ мото-ч.}$$

1.4. Среднеквадратический разброс наработок изделий до отказа:  
базовых (до внедрения мероприятия)

$$S_6 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_6} (T_{6,i} - \bar{T}_6)^2}{n_6 - 1}} =$$
$$= \sqrt{\frac{(840-1769)^2 + (1250-1769)^2 + \dots + (2370-1769)^2}{7-1}} = 534,5 \text{ мото-ч;}$$

новых (после внедрения мероприятия)

$$S_n = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_n} (T_{n,i} - \bar{T}_n)^2}{n_n - 1}} =$$
$$= \sqrt{\frac{(1770-2120)^2 + (1865-2120)^2 + \dots + (2420-2120)^2}{5-1}} = 289,8 \text{ мото-ч.}$$

Так как средняя наработка изделий после внедрения мероприятий больше, чем до внедрения ( $\bar{T}_n > \bar{T}_6$ ) и число испытываемых изделий не

меньше 5, то, следовательно, выполнены требования по обеспечению минимального допустимой достоверности оценки эффективности.

2. В соответствии с формулой (2.3) находим обобщенную оценку среднеквадратического разброса наработок изделий до первого отказа:

$$S_o = \sqrt{\frac{S_6^2(n_6 - 1) + S_H^2(n_H - 1)}{n_6 + n_H - 2}} = \sqrt{\frac{534,5^2(7-1) + 289,8^2(5-1)}{7+5-2}} = 452,8 \text{ мото-ч.}$$

3. Экспериментальное значение критерия сравнения определяем по формуле (2.1):

$$t_{\text{эксп}} = \frac{(\bar{T}_H - \bar{T}_6)}{S_o} \sqrt{\frac{n_6 \cdot n_H}{n_6 + n_H}} = \frac{(2120 - 1769)}{452,6} \sqrt{\frac{7 \cdot 5}{7+5}} = 1,32.$$

4. Табличное значение критерия согласия берем по табл. 1 приложения при числе степеней свободы  $f = 7+5-2 = 10 \rightarrow t_{\text{табл}} = 1,372$ .

5. Так как  $t_{\text{эксп}} = 1,32 < t_{\text{табл}} = 1,372$ , то различие в средней наработке изделий до первого отказа незначимо. Поэтому **не представляется возможным признать исследуемое мероприятие эффективным**, по крайней мере до получения дополнительной информации.

6. После проведения дополнительных трех испытаний имеем:

$$\sum_{i=1}^{n_H} T_{H,i} = 1770 + 1865 + 2195 + 2350 + 2420 + 2600 + 2040 + 3080 = 15240 \text{ мото-ч;}$$

$$\bar{T}_H = \frac{\sum_{i=1}^n T_{H,i}}{n} = \frac{15240}{8} = 2290 \text{ мото-ч;}$$

$$S_H = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_6} (T_{H,i} - \bar{T}_H)^2}{n_H - 1}} =$$

$$= \sqrt{\frac{(1770 - 2290)^2 + (1865 - 2290)^2 + \dots + (2420 - 2290)^2}{8-1}} = 424,8 \text{ мото-ч;}$$

$$S_o = \sqrt{\frac{S_6^2(n_6 - 1) + S_H^2(n_H - 1)}{n_6 + n_H - 2}} = \sqrt{\frac{534,5^2(7-1) + 424,8^2(8-1)}{7+8-2}} = 479 \text{ мото-ч;}$$

$$t_{\text{эксп}} = \frac{(\bar{T}_H - \bar{T}_6)}{S_o} \sqrt{\frac{n_6 \cdot n_H}{n_6 + n_H}} = \frac{(2290 - 1769)}{479} \sqrt{\frac{7 \cdot 8}{7+8}} = 2,11;$$

$$f = 7+8-2 = 13 \rightarrow t_{\text{табл}} = t_{\omega,2,f} = 1,35;$$

$$\bar{T}_H = 2290 > \bar{T}_6 = 1769;$$

$$t_{\text{эксп}} = 2,11 > t_{\text{табл.}} = 1,35.$$

**Вывод: мероприятие эффективно.**

**Часть 2.** Требуется оценить эффективность конструкторско-технологических мероприятий, направленных на повышение надежности машины, по результатам незавершенных испытаний. Исходные данные приведены в табл. 5.2.

Таблица 5.2 Исходные данные для оценки эффективности конструкторско-технологических мероприятий, направленных на повышение надежности машины, по результатам незавершенных испытаний

№ варианта	До внедрения мероприятия			После внедрения мероприятия		
	№ машины	Наработка до первого отказа исследуемой детали, мото-ч	Наработка до момента приостановки испытания, мото-ч	№ машины	Наработка до первого отказа исследуемой детали, мото-ч	Наработка до момента приостановки испытания, мото-ч
0	1	1240		1	1930	
	2	1750		2	2170	
	3	2220		3		3470
	4	2260		4		3550
	5		4550	5		3880
	6		4780			
	7		4960			
	8		5840			
	9		5900			
	10		6500			

### Решение

1. Число испытанных изделий базовых (до внедрения мероприятия):

отказавших  $r_б = 4$ ;  
 приостановленных  $m_б = 6$ ;  
 всего  $r_б + m_б = 10$ .

2. Число испытанных изделий новых (после внедрения мероприятия):

отказавших  $r_н = 2$ ;  
 приостановленных  $m_н = 3$ ;  
 всего  $r_н + m_н = 5$ .

3. Общее число испытанных изделий в обоих выборках не менее 5, поэтому выполнены требования по обеспечению минимально допустимой достоверности оценки эффективности.

4. Нарботка приостановленных изделий после внедрения мероприятий больше наибольшей наработки до отказа изделий с невне-

ренным мероприятием.

5. Суммарная наработка до отказа базовых (до внедрения мероприятия) и новых (после внедрения мероприятия) изделий:

$$\sum_{i=1}^{r_6} T_{r_{6,i}} = 1240+1750+2220+2260 = 7470 \text{ мото-ч;}$$

$$\sum_{i=1}^{r_n} T_{r_{n,i}} = 1930+2170 = 4100 \text{ мото-ч.}$$

5. Суммарная наработка до приостановки испытания базовых (до внедрения мероприятия) и новых (после внедрения мероприятия) изделий:

$$\sum_{j=1}^{m_6} T_{m_{6,j}} = 4550+4780+4960+5840+5900+6500 = 32350 \text{ мото-ч;}$$

$$\sum_{j=1}^{m_n} T_{m_{n,j}} = 3470+3550+3880 = 10900 \text{ мото-ч.}$$

6. По формуле (3.1) определяем экспериментальное значение критерия согласия:

$$K_{\text{эксп}} = \frac{\lambda_6}{\lambda_n} = \frac{r_6 \left( \sum_{i=1}^{r_n} T_{r_{n,i}} + \sum_{j=1}^{m_n} T_{m_{n,j}} \right)}{r_n \left( \sum_{i=1}^{r_6} T_{r_{6,i}} + \sum_{j=1}^{m_6} T_{m_{6,j}} \right)} = \frac{4(10900 + 4100)}{2(7470 + 32530)} = 0,75.$$

7. Так как  $K_{\text{эксп}} < 1$ , то по имеющимся данным мероприятие следует квалифицировать как **вредное**.

Рассмотрим пример при следующих исходных данных (считаем, что пункты 1–5 уже выполнены):

До внедрения мероприятия		После внедрения мероприятия	
$r_6$	7	$r_n$	5
$\sum_{i=1}^{r_6} T_{r_{6,i}}$	18500	$\sum_{i=1}^{r_n} T_{r_{n,i}}$	15300
$m_6$	5	$m_n$	5
$\sum_{j=1}^{m_6} T_{m_{6,j}}$	23000	$\sum_{j=1}^{m_n} T_{m_{n,j}}$	25000

Тогда результаты расчетов, начиная с пункта 6, будут выглядеть следующим образом.

6. По формуле (3.1) определяем экспериментальное значение кри-

терия согласия:

$$K_{\text{эксп}} = \frac{\lambda_{\bar{6}}}{\lambda_{\text{н}}} = \frac{r_{\bar{6}} \left( \sum_{i=1}^{r_{\text{н}}} T_{r_{\text{н},i}} + \sum_{j=1}^{m_{\text{н}}} T_{m_{\text{н},j}} \right)}{r_{\text{н}} \left( \sum_{i=1}^{r_{\bar{6}}} T_{r_{\bar{6},i}} + \sum_{j=1}^{m_{\bar{6}}} T_{m_{\bar{6},j}} \right)} = \frac{7(15300 + 25000)}{5(18500 + 23000)} = 1,36.$$

7. Так как  $K_{\text{эксп}} = 1,36 > 1$ , то мероприятие нельзя признать вредным, но и нельзя утверждать, что оно эффективное.

8. Находим табличное значение верхней доверительной границы отношения параметров распределения Пуассона  $Q_{\text{в}}(r_{\bar{6}}, r_{\text{н}}, P(x))$  по значениям  $r_{\bar{6}}$  и  $r_{\text{н}}$  при доверительной вероятности  $P(x) = 0,8$  (по табл. 2 приложения, где в качестве  $r_1$  берутся значения  $r_{\bar{6}} = 7$ , а в качестве  $r_2$  – значения  $r_{\text{н}} = 5$ ):

$$Q_{\text{в}}(r_{\bar{6}}, r_{\text{н}}, P(x)) = Q_{\text{в}}(7; 5; 0,8) = 2,71.$$

9. Находим табличное значение верхней доверительной границы отношения параметров распределения Пуассона  $Q_{\text{в}}(r_{\text{н}}, r_{\bar{6}}, P(x))$  по значениям  $r_{\bar{6}}$  и  $r_{\text{н}}$  при доверительной вероятности  $P(x) = 0,8$  (по табл. 2 приложения, где в качестве  $r_1$  берутся значения  $r_{\text{н}} = 5$ , а в качестве  $r_2$  – значения  $r_{\bar{6}} = 7$ ):

$$Q_{\text{в}}(r_{\text{н}}, r_{\bar{6}}, P(x)) = Q_{\text{в}}(5; 7; 0,8) = 1,37.$$

10. Вычисляем значение нижней доверительной границы отношения параметров распределения Пуассона  $Q_{\text{н}}(r_{\bar{6}}, r_{\text{н}}, P(x))$  по формуле (3.2):

$$Q_{\text{н}}(r_{\bar{6}}, r_{\text{н}}, P(x)) = \frac{1}{Q_{\text{в}}(r_{\text{н}}, r_{\bar{6}}, P(x))} = \frac{1}{Q_{\text{в}}(5; 7; 0,8)} = \frac{1}{1,37} = 0,73.$$

11. Вычисляем нижнюю и верхнюю доверительные границы экспериментального отношения интенсивностей отказов по формулам (3.3) и (3.4):

$$K_{\text{эксп}}^{\text{в}} = K_{\text{эксп}} \cdot Q_{\text{в}}(r_{\bar{6}}, r_{\text{н}}, P(x)) = K_{\text{эксп}} \cdot Q_{\text{в}}(7; 5; 0,8) = 1,36 \cdot 2,71 = 3,69;$$

$$K_{\text{эксп}}^{\text{н}} = K_{\text{эксп}} \cdot Q_{\text{н}}(r_{\bar{6}}, r_{\text{н}}, P(x)) = K_{\text{эксп}} \cdot Q_{\text{н}}(7; 5; 0,8) = 1,36 \cdot 0,73 = 0,99.$$

12. Так как  $K_{\text{эксп}}^{\text{н}} = 0,99 < 1$ , следует считать, что мероприятие **неэффективное**, по крайней мере до получения дополнительных испытаний.

Если повторить расчеты по тем же данным, что и в предыдущем примере, но принять, что суммарная наработка приостановленных изделий с внедренным мероприятием составляет  $\sum_{j=1}^{m_{\text{н}}} T_{m_{\text{н},j}} = 30000$ , то получим:

$$K_{\text{эксп}} = \frac{\lambda_{\bar{6}}}{\lambda_{\text{н}}} = \frac{r_{\bar{6}} \left( \sum_{i=1}^{r_{\text{н}}} T_{r_{\text{н},i}} + \sum_{j=1}^{m_{\text{н}}} T_{m_{\text{н},j}} \right)}{r_{\text{н}} \left( \sum_{i=1}^{r_{\bar{6}}} T_{r_{\bar{6},i}} + \sum_{j=1}^{m_{\bar{6}}} T_{m_{\bar{6},j}} \right)} = \frac{7(15300 + 30000)}{5(18500 + 23000)} = 1,528 ;$$

$$Q_{\text{н}}(r_{\bar{6}}, r_{\text{н}}, P(x)) = \frac{1}{Q_{\text{в}}(r_{\text{н}}, r_{\bar{6}}, P(x))} = \frac{1}{Q_{\text{в}}(5; 7; 0, 8)} = \frac{1}{1,37} = 0,73 ;$$

$$K_{\text{эксп}}^{\text{н}} = K_{\text{эксп}} \cdot Q_{\text{н}}(r_{\bar{6}}, r_{\text{н}}, P(x)) = K_{\text{эксп}} \cdot Q_{\text{в}}(7; 5; 0, 8) = 1,528 \cdot 0,73 = 1,11.$$

Так как  $K_{\text{эксп}}^{\text{н}} = 1,11 > 1$ , следует считать, что мероприятие эффективное.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Методические указания по оценке эффективности конструкторско-технологических мероприятий по повышению надежности тракторов и их составных частей. – М.: НПО «НАТИ», 1986. – 22 с.
2. Надежность машиностроительной продукции: практическое руководство по нормированию, подтверждению и обеспечению. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 328 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ (справочное)

Таблица 1. Квантили распределения Стьюдента

$$P(x) = 1 - \alpha;$$

$$\alpha/2 = 0,1$$

(двусторонний доверительный интервал)

$f$	$t_{\alpha/2, f}$	$f$	$t_{\alpha/2, f}$	$f$	$t_{\alpha/2, f}$
1	3,078	18	1,330	40	1,303
2	1,886	19	1,328	42	1,302
3	1,638	20	1,325	44	1,301
4	1,533	21	1,323	46	1,300
5	1,476	22	1,321	50	1,399
6	1,440	23	1,320	55	1,297
7	1,416	24	1,318	60	1,296
8	1,397	25	1,316	65	1,295
9	1,383	26	1,315	70	1,294
10	1,372	27	1,314	80	1,292
11	1,262	28	1,313	90	1,291
12	1,356	29	1,311	100	1,290
13	1,350	30	1,310	120	1,289
14	1,345	32	1,309	150	1,287
15	1,341	34	1,307	200	1,286
16	1,337	36	1,306	250	1,285
17	1,333	38	1,304	300	1,284

Таблица 2. Доверительные (верхние) границы для отношения параметров двух распределений Пуассона

$r_2$	$P(x) = 0,80$																			
	$r_1$																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	8,47	12,95	17,43	21,91	26,39	30,87	35,35	39,83	44,32	48,80	53,28	57,76	62,24	66,72	71,20	75,69	80,17	84,65	89,13	93,61
2	2,48	3,71	4,93	6,15	7,34	8,58	9,80	11,01	12,22	13,44	14,65	15,87	17,08	18,29	19,51	20,72	21,93	23,15	24,36	25,57
3	1,39	2,06	2,72	3,38	4,04	4,69	5,34	6,00	6,65	7,30	7,96	8,61	9,26	9,91	10,56	11,22	11,87	12,52	13,17	13,82
4	0,96	1,41	1,86	2,30	2,74	3,18	3,61	4,05	4,49	4,93	5,36	5,80	6,24	6,67	7,11	7,54	7,98	8,42	8,85	9,29
5	0,73	1,07	1,40	1,73	2,06	2,39	2,71	3,04	3,36	3,69	4,01	4,34	4,66	4,99	5,31	5,64	5,96	6,29	6,61	6,93
6	0,59	0,86	1,12	1,39	1,65	1,91	2,16	2,42	2,68	2,94	3,20	3,45	3,71	3,97	4,23	4,48	4,74	5,00	5,25	5,51
7	0,49	0,72	0,94	1,15	1,37	1,58	1,80	2,01	2,22	2,44	2,65	2,86	3,07	3,29	3,50	3,71	3,92	4,13	4,35	4,56
8	0,42	0,62	0,80	0,99	1,17	1,35	1,54	1,72	1,90	2,08	2,20	2,44	2,62	2,80	2,98	3,16	3,34	3,52	3,70	3,88
9	0,37	0,54	0,70	0,86	1,02	1,18	1,34	1,50	1,65	1,81	1,97	2,13	2,28	2,44	2,60	2,75	2,91	3,06	3,22	3,38
10	0,33	0,48	0,62	0,77	0,91	1,05	1,19	1,33	1,47	1,60	1,74	1,88	2,02	2,16	2,30	2,43	2,57	2,71	2,85	2,99
11	0,30	0,43	0,56	0,69	0,81	0,94	1,07	1,19	1,31	1,44	1,56	1,69	1,81	1,93	2,06	2,18	2,30	2,43	2,55	2,67
12	0,27	0,39	0,51	0,62	0,74	0,85	0,97	1,08	1,19	1,30	1,42	1,53	1,64	1,75	1,86	1,97	2,09	2,20	2,31	2,42
13	0,25	0,36	0,47	0,57	0,68	0,78	0,88	0,99	1,09	1,19	1,29	1,40	1,50	1,60	1,70	1,80	1,91	2,01	2,11	2,21
14	0,23	0,33	0,43	0,53	0,62	0,72	0,81	0,91	1,00	1,10	1,19	1,29	1,38	1,47	1,57	1,66	1,75	1,86	1,94	2,03
15	0,21	0,31	0,40	0,49	0,58	0,67	0,75	0,84	0,93	1,02	1,10	1,19	1,28	1,36	1,45	1,54	1,62	1,71	1,80	1,88
16	0,20	0,29	0,37	0,46	0,54	0,62	0,70	0,79	0,87	0,95	1,03	1,11	1,19	1,27	1,35	1,43	1,51	1,59	1,67	1,75
17	0,19	0,27	0,35	0,43	0,50	0,58	0,66	0,73	0,81	0,89	0,96	1,04	1,11	1,19	1,26	1,34	1,41	1,49	1,56	1,64
18	0,18	0,25	0,33	0,40	0,47	0,55	0,62	0,69	0,76	0,83	0,90	0,97	1,05	1,12	1,19	1,26	1,33	1,40	1,47	1,54
19	0,17	0,24	0,31	0,38	0,45	0,52	0,53	0,65	0,72	0,79	0,85	0,92	0,99	1,05	1,12	1,18	1,25	1,32	1,38	1,45
20	0,16	0,23	0,29	0,36	0,42	0,49	0,55	0,62	0,68	0,74	0,81	0,87	0,93	0,99	1,06	1,12	1,18	1,25	1,31	1,37

Продолжение табл. 2

$r_2$	$r_1$																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
25	0,12	0,18	0,23	0,28	0,33	0,39	0,44	0,49	0,54	0,58	0,63	0,68	0,73	0,78	0,83	0,88	0,93	0,98	1,03	1,08
30	0,10	0,15	0,19	0,23	0,28	0,32	0,36	0,40	0,44	0,48	0,52	0,56	0,60	0,64	0,68	0,72	0,76	0,80	0,84	0,88
35	0,09	0,13	0,16	0,20	0,24	0,27	0,31	0,34	0,38	0,41	0,44	0,48	0,51	0,55	0,58	0,62	0,65	0,68	0,72	0,75
40	0,08	0,11	0,14	0,17	0,20	0,24	0,27	0,30	0,33	0,36	0,39	0,42	0,45	0,48	0,51	0,53	0,56	0,59	0,62	0,65
45	0,07	0,10	0,13	0,15	0,18	0,21	0,24	0,26	0,29	0,32	0,34	0,37	0,39	0,42	0,45	0,47	0,50	0,53	0,55	0,58
50	0,06	0,09	0,11	0,14	0,16	0,19	0,21	0,24	0,26	0,28	0,31	0,33	0,35	0,38	0,40	0,42	0,45	0,47	0,49	0,52
60	0,05	0,07	0,09	0,11	0,13	0,16	0,18	0,19	0,21	0,23	0,25	0,27	0,29	0,31	0,33	0,35	0,37	0,39	0,41	0,43
70	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,13	0,15	0,17	0,18	0,20	0,22	0,23	0,25	0,27	0,28	0,30	0,32	0,33	0,35	0,36
80	0,04	0,05	0,07	0,09	0,10	0,12	0,13	0,15	0,16	0,17	0,19	0,20	0,22	0,23	0,25	0,26	0,28	0,29	0,30	0,32
90	0,03	0,05	0,06	0,08	0,09	0,10	0,12	0,13	0,14	0,15	0,17	0,18	0,19	0,21	0,22	0,23	0,24	0,26	0,27	0,28
100	0,03	0,04	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,20	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25
120	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,13	0,14	0,16	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20	0,21
130	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,18	0,19
140	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,16	0,17	0,18
150	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,06	0,07	0,08	0,08	0,09	0,10	0,11	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,16	0,17
200	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06	0,07	0,07	0,08	0,09	0,09	0,10	0,10	0,11	0,11	0,12	0,13
250	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,08	0,08	0,09	0,09	0,10	0,10
300	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08

Продолжение табл. 2

$r_2$	$r_1$																	
	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	120	130	140	150	200	250	300
1	116,02	138,42	160,83	183,24	205,65	228,05	272,87	317,68	362,49	407,31	452,12	541,75	586,57	631,39	676,21	900,27		
2	131,64	37,71	43,77	49,84	55,90	61,97	74,10	86,23	98,36	110,49	122,62	146,88	159,01	171,14	183,27	243,09	304,57	363,23
3	17,08	20,34	23,60	26,86	30,11	33,37	39,89	46,40	52,92	59,43	65,95	78,98	85,49	92,00	98,52	131,09	163,66	196,24
4	11,47	13,64	16,82	18,00	20,18	22,35	26,71	31,06	35,42	39,77	44,13	52,83	57,19	61,54	65,90	87,67	109,44	131,21
5	8,55	10,17	11,79	13,41	15,03	16,65	19,89	23,12	26,36	29,60	32,84	39,31	42,55	45,78	49,02	65,20	81,39	97,57
6	6,79	8,07	9,36	10,64	11,92	13,20	15,76	18,32	20,89	23,45	26,01	31,13	33,70	36,26	38,82	51,63	64,44	77,25
7	5,62	6,67	7,73	8,79	9,85	10,90	13,02	15,13	17,24	19,35	21,47	25,69	27,81	29,92	32,03	42,59	53,16	63,72
8	4,78	5,68	6,58	7,47	8,37	9,27	11,06	12,86	14,65	16,44	18,24	21,83	23,62	25,41	27,21	36,17	45,14	54,11
9	4,16	4,94	5,71	6,49	7,27	8,05	9,61	11,16	12,72	14,27	15,83	18,94	20,50	22,05	23,61	31,39	29,17	46,94
10	3,67	4,36	5,05	5,73	6,42	7,11	8,48	9,85	11,23	12,60	13,97	16,71	18,09	19,46	20,83	27,69	34,55	41,41
11	3,29	3,90	4,52	5,13	5,75	6,36	7,59	8,81	10,04	11,27	12,49	14,94	16,17	17,40	18,62	24,75	30,88	37,01
12	2,98	3,53	4,09	4,64	5,20	5,75	6,86	7,79	9,07	10,18	11,29	13,50	14,61	15,72	16,83	22,36	22,90	33,44
13	2,72	3,22	3,73	4,23	4,74	5,25	6,26	7,26	8,27	9,28	10,29	12,31	13,32	14,33	15,34	20,39	25,43	30,48
14	2,50	2,96	3,43	3,89	4,36	4,82	5,75	6,67	7,00	8,59	9,46	11,31	12,24	13,16	14,09	18,72	23,35	27,99
15	2,31	2,74	3,17	3,60	4,03	4,46	5,31	6,17	7,03	7,86	8,74	10,45	11,31	12,17	13,02	17,30	21,58	25,86
16	2,15	2,56	2,95	3,35	3,75	4,15	4,94	5,74	6,53	7,33	8,13	9,72	10,51	11,31	12,10	16,08	20,06	24,03
17	2,01	2,38	2,76	3,13	3,50	3,82	4,62	5,36	6,10	6,86	7,59	9,07	9,82	10,56	11,30	15,01	18,73	22,44
18	1,89	2,24	2,59	2,94	3,29	3,63	4,33	5,03	5,72	6,42	7,12	8,51	9,21	9,90	10,00	14,08	17,56	21,04
19	1,78	2,11	2,44	2,77	3,09	3,42	4,08	4,73	5,39	6,04	6,70	8,01	8,67	9,32	9,98	13,25	16,53	19,80
20	1,68	1,99	2,30	2,61	2,92	3,23	3,85	4,47	5,09	5,71	6,33	7,57	8,18	8,80	9,42	12,51	15,61	18,70

Окончание табл. 2

$r_2$	$r_1$																	
	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	120	130	140	150	200	250	300
25	1,32	1,56	1,80	2,05	2,29	2,53	3,02	3,50	3,98	4,46	4,95	5,91	6,40	6,88	7,36	9,78	12,19	14,60
30	1,08	1,28	1,48	1,68	1,88	2,08	3,47	2,87	3,27	3,66	4,06	4,85	5,24	5,64	6,03	8,01	9,98	11,96
35	0,92	1,09	1,26	1,43	1,59	1,76	2,10	2,43	2,77	3,10	3,43	4,10	4,44	4,77	5,11	6,78	8,45	10,12
40	0,80	0,95	1,09	1,24	1,38	1,53	1,82	2,11	2,40	2,69	2,98	3,56	3,84	4,13	4,42	5,87	7,31	8,76
45	0,71	0,84	0,96	1,09	1,22	1,35	1,60	1,86	2,12	2,37	2,63	3,14	3,39	3,65	3,90	5,17	6,45	7,72
50	0,63	0,75	0,88	0,98	1,09	1,21	1,44	1,66	1,89	2,12	2,35	2,80	3,03	3,26	3,49	4,62	5,76	6,90
60	0,52	0,62	0,71	0,81	0,90	1,00	1,19	1,37	1,56	1,75	1,94	2,31	2,50	2,69	2,88	3,81	4,75	5,69
70	0,45	0,53	0,61	0,69	0,77	0,85	1,01	1,17	1,33	1,49	1,65	1,97	2,13	2,29	2,45	3,24	4,04	4,83
80	0,39	0,46	0,53	0,60	0,67	0,74	0,88	1,02	1,16	1,30	1,43	1,71	1,85	1,99	2,13	2,82	3,51	4,20
90	0,34	0,41	0,47	0,63	0,59	0,65	0,78	0,90	1,02	1,15	1,27	1,51	1,64	1,76	1,88	2,49	3,10	3,71
100	0,31	0,37	0,42	0,48	0,53	0,59	0,70	0,81	0,92	1,03	1,14	1,36	1,47	1,58	1,69	2,23	2,78	3,33
120	0,26	0,30	0,35	0,40	0,44	0,49	0,68	0,67	0,76	0,88	0,94	1,12	1,21	1,31	1,70	1,86	2,30	2,75
130	0,24	0,28	0,32	0,36	0,41	0,45	0,53	0,62	0,70	0,78	0,87	1,04	1,12	1,20	1,29	1,70	2,12	2,53
140	0,22	0,26	0,30	0,34	0,38	0,42	0,49	0,57	0,65	0,73	0,80	0,96	1,04	1,11	1,19	1,58	1,96	2,35
150	0,20	0,24	0,28	0,31	0,35	0,39	0,46	0,53	0,61	0,68	0,75	0,89	0,97	1,04	1,11	1,47	1,83	2,19
200	0,15	0,18	0,21	0,23	0,26	0,29	0,34	0,40	0,45	0,50	0,56	0,67	0,72	0,77	0,83	1,09	1,36	1,63
250	0,12	0,14	0,17	0,19	0,21	0,23	0,27	0,32	0,36	0,40	0,45	0,53	0,57	0,62	0,66	0,87	1,08	1,29
300	0,10	0,12	0,14	0,16	0,17	0,19	0,23	0,26	0,30	0,33	0,37	0,44	0,48	0,51	0,55	0,72	0,90	1,07

Таблица 3. Доверительные (верхние) границы для отношения параметров двух распределений Пуассона

$r_2$	$P(x) = 0,60$																			
	$r_1$																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	3,44	5,39	7,34	9,30	11,25	13,21	15,17	17,12	19,08	21,04	22,99	24,95	26,91	28,87	30,82	32,78	34,74	36,70	38,65	40,61
2	1,31	2,04	2,77	3,49	4,22	4,95	5,67	6,40	7,13	7,85	8,58	9,31	10,03	10,76	11,49	12,21	12,94	13,67	14,39	15,12
3	0,80	1,24	1,68	2,12	2,56	3,00	3,43	3,87	4,31	4,75	5,19	5,62	6,06	6,50	6,94	7,38	7,81	8,25	8,69	9,13
4	0,57	0,89	1,20	1,02	1,83	2,14	2,45	2,76	3,08	3,39	3,70	4,01	4,32	4,63	4,95	5,26	5,57	5,68	6,19	6,50
5	0,45	0,69	0,94	1,18	1,42	1,66	1,90	2,15	2,39	2,63	2,87	3,11	3,35	3,59	3,84	4,08	4,32	4,56	4,80	5,04
6	0,37	0,57	0,77	0,96	1,16	1,36	1,56	1,75	1,95	2,15	2,34	2,54	2,74	2,93	3,13	3,33	3,52	3,72	3,92	4,11
7	0,31	0,48	0,65	0,81	0,98	1,15	1,31	1,48	1,65	1,81	1,98	2,14	2,31	2,48	2,64	2,81	2,97	3,14	3,31	3,47
8	0,27	0,42	0,56	0,71	0,85	0,99	1,14	1,28	1,42	1,57	1,71	1,85	2,00	2,14	2,28	2,43	2,57	2,71	2,86	3,00
9	0,24	0,37	0,49	0,62	0,75	0,88	1,00	1,13	1,26	1,38	1,51	1,63	1,76	1,89	2,01	2,14	2,26	2,39	2,52	2,64
10	0,21	0,33	0,44	0,56	0,67	0,78	0,90	1,01	1,12	1,23	1,36	1,46	1,57	1,68	1,80	1,91	2,02	2,14	2,25	2,36
11	0,19	0,30	0,40	0,50	0,61	0,71	0,81	0,91	1,01	1,12	1,22	1,32	1,42	1,52	1,62	1,73	1,83	1,93	2,03	2,13
12	0,18	0,27	0,37	0,46	0,55	0,65	0,74	0,83	0,92	1,02	1,11	1,20	1,30	1,39	1,48	1,57	1,67	1,76	1,85	1,94
13	0,16	0,25	0,34	0,42	0,51	0,59	0,68	0,76	0,85	0,94	1,02	1,11	1,19	1,28	1,36	1,45	1,53	1,62	1,70	1,79
14	0,15	0,23	0,31	0,39	0,47	0,55	0,63	0,71	0,79	0,87	0,94	1,02	1,10	1,18	1,26	1,34	1,42	1,49	1,57	1,65
15	0,14	0,21	0,29	0,36	0,44	0,51	0,58	0,66	0,73	0,80	0,88	0,95	1,02	1,10	1,17	1,24	1,32	1,39	1,46	1,54
16	0,13	0,20	0,27	0,34	0,41	0,48	0,55	0,62	0,68	0,75	0,82	0,89	0,96	1,03	1,09	1,16	1,23	1,30	1,37	1,44
17	0,12	0,19	0,25	0,32	0,38	0,45	0,51	0,58	0,64	0,71	0,77	0,83	0,90	0,96	1,03	1,09	1,16	1,22	1,25	1,35
18	0,12	0,18	0,24	0,30	0,36	0,42	0,48	0,54	0,61	0,67	0,73	0,79	0,85	0,91	0,97	1,03	1,09	1,15	1,21	1,27
19	0,11	0,17	0,23	0,28	0,34	0,40	0,46	0,51	0,57	0,63	0,69	0,74	0,80	0,86	0,92	0,97	1,03	1,09	1,14	1,20
20	0,10	0,16	0,21	0,27	0,32	0,38	0,43	0,49	0,54	0,60	0,65	0,71	0,76	0,81	0,87	0,92	0,98	1,03	1,03	1,14

Продолжение табл. 3

$r_2$	$r_1$																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
25	0,08	0,13	0,17	0,21	0,25	0,30	0,34	0,39	0,43	0,47	0,52	0,56	0,60	0,65	0,69	0,73	0,77	0,82	0,86	0,90
30	0,07	0,11	0,14	0,18	0,21	0,25	0,29	0,32	0,36	0,39	0,43	0,46	0,60	0,54	0,57	0,62	0,64	0,68	0,71	0,75
35	0,06	0,09	0,12	0,15	0,18	0,21	0,24	0,27	0,31	0,34	0,37	0,40	0,43	0,46	0,49	0,52	0,55	0,58	0,61	0,64
40	0,05	0,06	0,11	0,13	0,16	0,19	0,21	0,24	0,27	0,29	0,32	0,35	0,37	0,40	0,42	0,45	0,48	0,51	0,53	0,56
45	0,05	0,07	0,09	0,12	0,14	0,17	0,19	0,21	0,24	0,26	0,28	0,31	0,33	0,35	0,38	0,40	0,42	0,45	0,47	0,49
50	0,04	0,06	0,08	0,11	0,13	0,15	0,17	0,19	0,21	0,23	0,25	0,28	0,30	0,32	0,34	0,36	0,38	0,40	0,42	0,44
60	0,03	0,05	0,07	0,09	0,11	0,12	0,14	0,16	0,18	0,19	0,21	0,23	0,25	0,26	0,28	0,30	0,32	0,33	0,35	0,37
70	0,03	0,04	0,06	0,08	0,09	0,11	0,12	0,14	0,15	0,17	0,18	0,20	0,21	0,23	0,24	0,26	0,27	0,29	0,30	0,32
80	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08	0,09	0,11	0,12	0,13	0,15	0,16	0,17	0,18	0,20	0,21	0,22	0,24	0,25	0,26	0,28
90	0,02	0,03	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,18	0,16	0,20	0,21	0,22	0,23	0,25
100	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22
120	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,17	0,18
130	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,15	0,16	0,17
140	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,06	0,07	0,08	0,08	0,09	0,10	0,11	0,11	0,12	0,13	0,13	0,14	0,15	0,16
150	0,01	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05	0,06	0,06	0,07	0,08	0,08	0,09	0,10	0,10	0,11	0,12	0,13	0,13	0,14	0,15
200	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06	0,07	0,07	0,08	0,08	0,09	0,09	0,10	0,10	0,11
250	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,09
300	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07

Продолжение табл. 3

$r_2$	$r_1$																	
	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	120	130	140	150	200	250	300
1	50,40	60,19	69,98	79,76	89,55	99,34	118,92	138,49	158,07	177,64	197,22	236,37	255,95	275,52	295,10	392,98	498,86	588,74
2	18,75	22,38	26,02	29,65	33,28	36,92	44,18	51,45	58,71	65,98	73,24	87,77	95,04	102,30	109,57	145,89	182,22	218,55
3	11,31	13,50	15,69	17,88	20,07	22,26	26,63	31,01	35,38	39,76	44,14	52,89	57,27	61,64	66,02	87,90	109,78	131,66
4	8,06	9,62	11,28	12,73	14,29	15,85	18,96	22,08	25,19	28,30	31,42	37,65	40,76	43,87	46,99	62,56	78,13	93,70
5	6,25	7,45	8,66	9,87	11,07	12,28	14,69	17,10	19,51	21,92	24,33	29,15	31,57	33,98	36,39	48,44	60,50	72,55
6	5,10	6,08	7,06	8,04	9,03	10,01	11,97	13,94	15,90	17,87	19,83	23,76	25,72	27,69	29,65	39,47	49,29	59,11
7	4,30	5,13	5,96	6,78	7,61	8,44	10,10	11,75	13,41	15,06	16,72	20,03	21,69	23,34	25,00	33,28	41,56	49,84
8	3,72	4,43	5,15	5,86	6,58	7,29	8,72	10,15	11,59	13,02	14,45	17,31	18,74	20,17	21,60	28,75	35,90	43,05
9	3,27	3,90	4,53	5,16	5,79	6,42	7,68	8,94	10,20	11,45	12,71	15,23	16,49	17,75	19,00	25,30	31,59	37,88
10	2,92	3,48	4,05	4,61	5,17	5,73	6,85	7,98	9,10	10,22	11,35	13,59	14,72	15,84	16,96	22,58	28,19	33,81
11	2,64	3,15	3,65	4,16	4,67	5,18	6,19	7,20	8,22	9,23	10,24	12,27	13,29	14,30	15,31	20,38	25,45	30,52
12	2,41	2,87	3,33	3,79	4,25	4,72	5,64	6,56	7,49	8,41	9,34	11,18	12,11	13,03	13,95	18,57	23,19	27,81
13	2,21	2,64	3,06	3,48	3,91	4,33	5,18	6,03	6,88	7,73	8,57	10,27	11,12	11,97	12,82	17,06	21,30	25,54
14	2,04	2,44	2,83	3,22	3,61	4,01	4,79	5,57	6,38	7,14	7,93	9,50	10,28	11,06	11,85	15,77	19,69	23,61
15	1,90	2,27	2,63	3,00	3,36	3,73	4,45	5,18	5,91	6,64	7,37	8,83	9,56	10,29	11,01	14,66	18,30	21,95
16	1,78	2,12	2,46	2,80	3,14	3,48	4,16	4,84	5,52	6,20	6,89	8,25	8,93	9,61	10,29	13,69	17,10	20,30
17	1,67	1,99	2,31	2,63	2,95	3,27	3,91	4,54	5,18	5,82	6,46	7,74	8,38	9,02	9,65	12,85	16,04	19,24
18	1,57	1,87	2,17	2,47	2,78	3,08	3,68	4,28	4,88	5,48	6,08	7,29	7,89	8,49	9,09	12,10	15,11	18,12
19	1,49	1,77	2,05	2,34	2,62	2,91	3,48	4,04	4,61	5,18	5,75	6,89	7,46	8,02	8,59	11,43	14,28	17,12
20	1,41	1,68	1,95	2,22	2,49	2,76	3,30	3,83	4,37	4,91	5,49	6,53	7,07	7,60	8,14	10,84	13,57	16,22

Окончание табл. 3

$r_2$	$r_1$																	
	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	120	130	140	150	200	250	300
25	1,12	1,33	1,55	1,76	1,97	2,19	2,61	3,04	3,47	3,89	4,32	5,18	5,60	6,03	6,49	8,59	10,72	12,86
30	0,93	1,10	1,28	1,46	1,63	1,81	2,16	2,52	2,87	3,22	3,58	4,29	4,64	4,99	5,34	7,11	8,88	10,64
35	0,79	0,94	1,09	1,24	1,39	1,55	1,85	2,15	2,45	2,75	3,05	3,66	3,96	4,26	4,56	6,07	7,54	9,08
40	0,69	0,82	0,95	1,08	1,22	1,35	1,61	1,87	2,14	2,40	2,66	3,19	3,45	3,71	3,97	5,29	6,00	7,91
45	0,61	0,73	0,85	0,96	1,08	1,19	1,43	1,66	1,89	2,13	2,36	2,82	3,06	3,29	3,52	4,69	5,85	7,01
50	0,55	0,65	0,76	0,86	0,97	1,07	1,28	1,49	1,70	1,91	2,12	2,54	2,74	2,65	3,16	4,21	5,25	6,29
60	0,46	0,64	0,63	0,72	0,80	0,89	1,06	1,24	1,41	1,59	1,76	2,11	2,28	2,45	2,63	3,49	4,36	5,22
70	0,39	0,46	0,54	0,61	0,69	0,76	0,91	1,06	1,21	1,36	1,50	1,80	1,95	2,10	2,21	2,98	3,72	4,46
80	0,34	0,41	0,47	0,54	0,60	0,67	0,80	0,92	1,05	1,18	1,31	1,57	1,70	1,83	1,96	2,60	3,25	3,90
90	0,30	0,36	0,42	0,48	0,53	0,59	0,71	0,82	0,94	1,05	1,16	1,39	1,51	1,62	1,74	2,31	2,88	3,46
100	0,27	0,32	0,38	0,43	0,48	0,53	0,63	0,74	0,84	0,94	1,05	1,25	1,36	1,46	1,56	2,08	2,59	3,11
120	0,23	0,27	0,31	0,36	0,40	0,44	0,53	0,61	0,70	0,78	0,87	1,04	1,13	1,21	1,30	1,73	2,15	2,58
130	0,21	0,25	0,29	0,33	0,37	0,41	0,49	0,57	0,64	0,72	0,80	0,96	1,04	1,12	1,20	1,59	1,99	2,38
140	0,19	0,23	0,27	0,30	0,34	0,38	0,45	0,52	0,60	0,67	0,75	0,89	0,96	1,04	1,11	1,48	1,84	2,21
150	0,18	0,22	0,25	0,28	0,32	0,35	0,42	0,49	0,56	0,63	0,69	0,83	0,90	0,97	1,04	1,38	1,72	2,06
200	0,14	0,16	0,19	0,21	0,24	0,26	0,32	0,37	0,42	0,47	0,52	0,62	0,67	0,72	0,78	1,03	1,29	1,54
250	0,11	0,13	0,15	0,17	0,19	0,21	0,25	0,29	0,33	0,37	0,42	0,50	0,54	0,58	0,62	0,82	1,03	1,23
300	0,09	0,11	0,12	0,14	0,16	0,18	0,21	0,24	0,28	0,31	0,35	0,41	0,45	0,48	0,52	0,69	0,85	1,02

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	3
1. Общие положения .....	4
2. Оценка эффективности мероприятий по результатам завершенных испытаний .....	5
3. Оценка эффективности мероприятий по результатам незавершенных испытаний ..	7
4. Задание .....	9
5. Пример выполнения задания .....	9
Литература .....	15
Приложение .....	16