



УДК 629.735  
ГРНТИ 73.37.41

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ ВЫПОЛНЕНИЯ ОПЕРАЦИЙ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБСЛУЖИВАНИЮ ОБЪЕКТА АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

*В.А. ЗАГОРСКИЙ, доктор технических наук, профессор  
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)  
Е.В. ФЕТИСОВ, кандидат технических наук, доцент  
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)  
А.В. ПЕТУХОВ  
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)  
М.В. БЛЕДНЫХ  
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)*

В статье проведен анализ результатов определения времени выполнения операций при техническом обслуживании объекта авиационной техники в различных условиях эксплуатации. Предложена авторская методика определения времени выполнения операции по техническому обслуживанию объекта авиационной техники, основанная на общей теории измерений и математической статистике. Методика позволяет оценить полученный результат и сделать вывод о причинах его появления при наличии ограниченного количества статистического материала.

*Ключевые слова:* авиационная техника, объект, время выполнения операции, техническое обслуживание, математическое ожидание, среднее интервальное значение, суммарная величина, плотность распределения.

## DETERMINATION OF THE PERFORMING OPERATIONS TIME FOR THE MAINTENANCE OF AN AIRCRAFT OBJECT

*V.A. ZAGORSKIY, Doctor of Technical sciences, Professor  
MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)  
E.V. FETISOV, Candidate of Technical sciences, Associate Professor  
MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)  
A.V. PETUHOV  
MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)  
M.V. BLEDNYH  
MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)*

The article analyzes the results of determining the execution time of operations during the maintenance of an aircraft object in various operating conditions. The author's method of determining the time of performing an operation for the maintenance of an aircraft object is proposed, based on the general theory of measurements and mathematical statistics. The method allows us to evaluate the result obtained and draw a conclusion about the reasons for its appearance in the presence of a limited amount of statistical material.

*Keywords:* aviation equipment, object, operation execution time, maintenance, mathematical expectation, average interval value, total value, distribution density.

**Введение.** Процесс технического обслуживания объекта авиационной техники может быть представлен в виде совокупности отдельных операций, выполняемых в определенной последовательности. В теории сетевого планирования и управления (теория СПУ), для



наглядности представления процесса технического обслуживания авиационной техники (ТО АТ), принято использовать сетевые графики. Применение сетевых графиков позволяет совершенствовать систему ТО АТ, что ведет к повышению эффективности её использования по прямому назначению.

На рисунке 1 представлен пример сетевого графика в масштабе условных единиц времени  $\tau_{\text{усл}}$ .

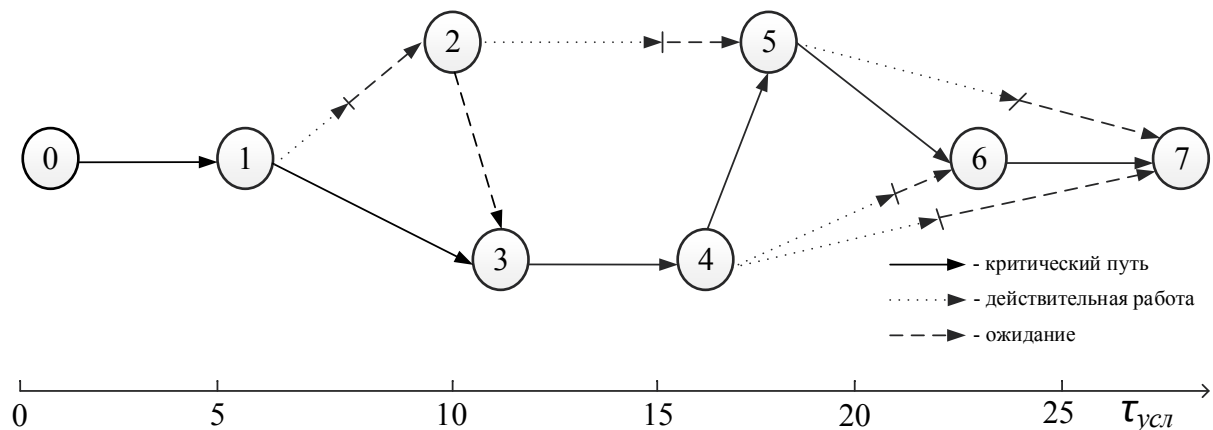


Рисунок 1 – Сетевой график в масштабе времени

При составлении сетевого графика и определения его критического пути (пути наибольшей продолжительности времени выполнения операций) необходимо уметь определять время на выполнение каждой операции по техническому обслуживанию объекта АТ при условии ограниченного количества измерений.

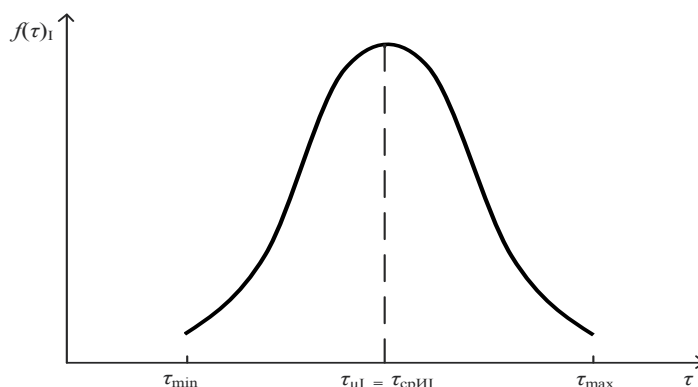
**Актуальность.** При выполнении одной и той же операции ТО АТ в разных условиях требуется разное время, что объясняется различиями в техническом состоянии АТ, различиями в квалификации персонала, обеспеченностью инструментом и оборудованием, погодными условиями и рядом других объективных и субъективных факторов. Поскольку сочетание этих факторов носит случайный характер, то и время выполнения одной и той же операции ТО АТ является случайной величиной. Для определения времени выполнения операции ТО АТ, как случайной величины, воспользуемся известными статистическими методами.

В качестве примера рассмотрим некоторую условную операцию ТО АТ, минимальное время выполнения которой составляет  $\tau_{\text{min}}$ , а максимальное время выполнения этой операции составляет  $\tau_{\text{max}}$ . Практика показывает, что возможны 3 варианта характера кривых плотности распределения времени выполнения операции ТО АТ  $f(t)$  в интервале от  $\tau_{\text{min}}$  до  $\tau_{\text{max}}$ . Соответственно каждому варианту плотности распределения времени выполнения операции ТО АТ для удобства различия присвоим индексы  $f(t)_I$ ,  $f(t)_{II}$  и  $f(t)_{III}$ .

Измерение текущих значений условного времени выполнения операции ТО АТ  $\tau_i$  следует выполнять в соответствии с рекомендациями [1] по методике, регламентируемой соответствующим нормативно-техническим документом. При группировке измеренных текущих значений условного времени выполнения операции ТО АТ  $\tau_i$  будем считать, что используются только повторяющиеся значения  $\tau_i$ , находящиеся в интервале  $\tau_{\text{срII}} \pm 10\%$ , где  $\tau_{\text{срII}}$  – среднее интервальное значение времени выполнения операции ТО АТ. В этом случае, приняв за среднее интервальное значение времени выполнения операции ТО АТ  $\tau_{\text{срII}} = 10$  мин, получим интервал  $\tau_{\text{min}} = 9$  мин ...  $\tau_{\text{max}} = 11$  мин.



Первый вариант кривой  $f(t)_I$ , плотности распределения условного времени выполнения операции ТО АТ в интервале  $\tau_{\min} = 9$  мин ...  $\tau_{\max} = 11$  мин представлен на рисунке 2. В этом случае имеет место нормальное симметричное распределение функции  $f(t)_I$ .



$\tau_{\mu I}$  – математическое ожидание времени выполнения операции ТО АТ;  $\tau_{cpIII}$  – среднее интервальное значение времени выполнения операции ТО АТ

Рисунок 2 – Плотность распределения времени выполнения операции ТО АТ при условии  $\tau_{\mu I} = \tau_{cpIII}$

Как видно из рисунка 2 при первом варианте плотности распределения  $f(t)_I$  среднее значение времени  $\tau_{cpIII}$  выполнения операции ТО АТ равно математическому ожиданию  $\tau_{\mu I}$  времени выполнения операции ТО АТ, т.е.  $\tau_{\mu I} = \tau_{cpIII}$ . Это наиболее простой случай, когда измеренные текущие значения условного времени выполнения операции ТО АТ  $\tau_i$  группируются симметрично относительно значений  $\tau_{\mu I} = \tau_{cpIII}$ . В этом случае кривой  $f(t)_I$  соответствует таблица данных 1.

Таблица 1 – Измеренные текущие равноточные значения  $\tau_i$  и значения других величин, определенные при расчетах при условии  $\tau_{\mu I} = \tau_{cpAI} = \tau_{cpIII}$

Время операций	$\tau_1 = \tau_{\min}$	$\tau_2$	$\tau_3$	$\tau_4$	$\tau_5 = \tau_{\max}$	$\tau_{\mu I}$	$\tau_{cpIII}$
	9 мин	9,5 мин	10 мин	10,5 мин	11 мин	10 мин	10 мин
Время операций	$\tau_{cpAI}$	$\tau_{cpIII}$	$\sigma_{\tau_{cpI}}$	$\underline{\sigma}_{\tau_{cpI}}$	$\tau_1 = \tau_{\mu I}$	$\tau_1 = \tau_{\mu I} + \tau_{cpIII}$	$\tau_1 = \tau_{\mu I} + \underline{\sigma}_{\tau_{cpI}}$
	10 мин	10 мин	0,707 мин	0,791 мин	10 мин	10,707 мин	10,791 мин

Математическое ожидание (наиболее вероятное значение)  $\tau_{\mu I}$  времени выполнения операции ТО АТ определим, как среднее арифметическое значение текущих значений времени  $\tau_i$ :

$$\tau_{\mu I} = \frac{\tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4 + \tau_5}{n} = \frac{9 + 9,5 + 10 + 10,5 + 11}{5} = 10 \text{ мин.} \quad (1)$$

В данном случае среднее значение времени выполнения операции ТО АТ  $\tau_{cpIII}$  можно определять, как среднее арифметическое значение  $\tau_{cpAI}$  или как среднее интервальное значение  $\tau_{cpIII}$ :



$$\tau_{cpAI} = \frac{\tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4 + \tau_5}{n} = \frac{9 + 9,5 + 10 + 10,5 + 11}{5} = 10 \text{ мин.} \quad (2)$$

$$\tau_{cpIII} = \frac{\tau_{\min} + \tau_{\max}}{2} = \frac{9 + 11}{2} = 10 \sigma_{\tau_{cpI}} \text{ мин.} \quad (3)$$

При нормальном симметричном распределении функции  $f(\tau)$  величины  $\tau_{cpAI}$  и  $\tau_{cpIII}$  равны между собой, т.е. справедливо выражение  $\tau_{cpI} = \tau_{cpAI} = \tau_{cpIII}$ . Запишем их значения в таблицу 1.

Смещенное значение среднего квадратичного отклонения  $\sigma_{\tau_{cpI}}$  времени выполнения операции ТО АТ определим по формуле:

$$\begin{aligned} \sigma_{\tau_{cpI}} &= \left( \sum_{i=1}^n \frac{(\tau_{cp} - \tau_i)^2}{n} \right)^{0,5} = \left( \frac{(10-9)^2 + (10-9,5)^2 + (10-10)^2 + (10-10,5)^2 + (10-11)^2}{5} \right)^{0,5} = \\ &= \left( \frac{1+0,25+0+0,25+1}{5} \right)^{0,5} = \left( \frac{2,5}{5} \right)^{0,5} = 0,707 \text{ мин.} \end{aligned} \quad (4)$$

Несмещенное значение среднего квадратичного отклонения  $\sigma_{\tau_{cpI}}$  времени выполнения операции ТО АТ определим по формуле:

$$\begin{aligned} \underline{\sigma}_{\tau_{cpI}} &= \left( \sum_{i=1}^n \frac{(\tau_{cp} - \tau_i)^2}{n-1} \right)^{0,5} = \left( \frac{(10-9)^2 + (10-9,5)^2 + (10-10)^2 + (10-10,5)^2 + (10-11)^2}{4} \right)^{0,5} = \\ &= \left( \frac{1+0,25+0+0,25+1}{4} \right)^{0,5} = \left( \frac{2,5}{4} \right)^{0,5} = 0,791 \text{ мин.} \end{aligned} \quad (5)$$

Запишем данные значения в таблицу 1.

В качестве времени выполнения операции  $\tau_I$  ТО АТ могут быть выбраны:

1. Математическое ожидание времени выполнения операции ТО АТ:  $\tau_{\mu I} = 10$  мин.
2. Среднее интервальное значение времени выполнения операции ТО АТ:  $\tau_{cpIII} = 10$  мин.
3. Суммарная величина времени выполнения операции ТО АТ, определенная как сумма математического ожидания и смещенного среднеквадратичного отклонения:

$$\tau_{\Sigma I} = \tau_{\mu I} + \sigma_{\tau_{cpI}} = 10,707 \text{ мин.} \quad (6)$$

4. Суммарная величина времени выполнения операции ТО АТ, определенная как сумма математического ожидания и несмещенного среднеквадратичного отклонения:

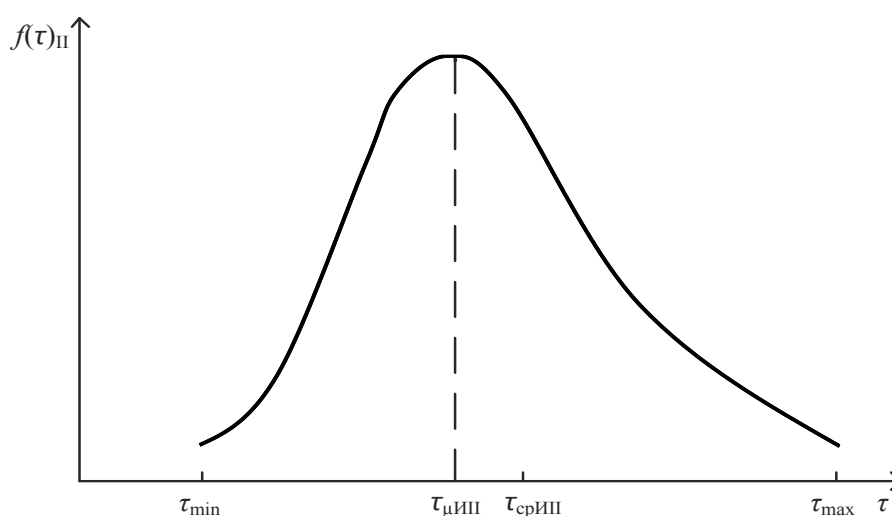
$$\underline{\tau}_I = \tau_{\mu I} + \underline{\sigma}_{\tau_{cpI}} = 10,791 \text{ мин.} \quad (7)$$

5. Максимальная величина времени выполнения операции ТО АТ:  $\tau_{\max} = 11$  мин.

Для упрощения инженерных расчетов в качестве величины времени выполнения операции ТО АТ можно принять либо  $\tau_{cpIII} = 10$  мин, либо  $\tau_{\max} = 11$  мин.



Второй вариант кривой  $f(t)_{II}$  плотности распределения условного времени выполнения операции ТО АТ в интервале  $\tau_{\min} = 9$  мин ...  $\tau_{\max} = 11$  мин представлен на рисунке 3.



$\tau_{\mu II}$  – математическое ожидание времени выполнения операции ТО АТ;  $\tau_{cpIII}$  – среднее интервальное значение времени выполнения операции ТО АТ

Рисунок 3 – Плотность распределения времени выполнения операции ТО АТ при условии  $\tau_{\mu II} < \tau_{cpIII}$

В этом случае имеет место смещенное распределение функции  $f(t)$  [2]. Смещение объясняется сосредоточением большинства измеренных значений  $\tau_i$  вблизи значений  $\tau_{\min}$ . На практике это может быть объяснено благоприятным стечением обстоятельств таких, как хорошее техническое состояние ВС, высокая квалификация персонала, качественное оснащение инструментом и необходимым оборудованием и т.д. Однако такой же результат может дать и отклонение от требований технологической карты – неполное или некачественное выполнение ее требований.

В этом случае кривой  $f(t)_{II}$  соответствует таблица данных 2.

Таблица 2 – Измеренные текущие значения  $\tau_i$  и значения, определенные при расчетах при условии  $\tau_{\mu II} < \tau_{cpIII}$

Время операций	$\tau_1 = \tau_{\min}$	$\tau_2$	$\tau_3$	$\tau_4$	$\tau_5 = \tau_{\max}$	$\tau_{\mu II}$	$\tau_{cpIII}$
	9 мин	9,25 мин	9,5 мин	9,75 мин	11 мин	9,7 мин	9,7 мин
Время операций	$\tau_{cpAII}$	$\tau_{cpIII}$	$\sigma_{\tau cpII}$	$\sigma_{\tau cpII}$	$\tau_{II} = \tau_{\mu II}$	$\tau_{II} = \tau_{\mu II} + \tau_{II}$	$\tau_{II} = \tau_{\mu II} + \sigma_{\tau cpII}$
	9,7 мин	10 мин	0,696 мин	0,779 мин	9,7 мин	10,396 мин	10,479 мин

Математическое ожидание (наиболее вероятное значение)  $\tau_{\mu II}$  времени выполнения операции ТО АТ определим, как среднее арифметическое значение текущих значений времени  $\tau_i$ :

$$\tau_{\mu II} = \frac{\tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4 + \tau_5}{n} = \frac{9 + 9,25 + 9,5 + 9,75 + 11}{5} = 9,7 \text{ мин.} \quad (8)$$



Среднее значение времени выполнения операции ТО АТ  $\tau_{cpII}$  можно определять, как среднее арифметическое значение  $\tau_{cpAll}$  или как среднее интервальное значение  $\tau_{cpIII}$  :

$$\tau_{cpAll} = \frac{\tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4 + \tau_5}{n} = \frac{9 + 9,5 + 10 + 10,5 + 11}{5} = 9,7 \text{ мин.} \quad (9)$$

$$\tau_{cpIII} = \frac{\tau_{\min} + \tau_{\max}}{2} = 10 \text{ мин.} \quad (10)$$

В данном случае эти величины не равны между собой, т.е. справедливо выражение  $\tau_{cpII} = \tau_{cpAll} < \tau_{cpIII}$ . Запишем их значения в таблицу 2.

Смещенное значение среднего квадратичного отклонения  $\sigma_{\tau_{cpII}}$  времени выполнения операции ТО АТ определим по формуле:

$$\begin{aligned} \sigma_{\tau_{cpII}} &= \left( \sum_{i=1}^n \frac{(\tau_{cp} - \tau_i)^2}{n} \right)^{0,5} = \left( \frac{(9,7-9)^2 + (9,7-9,25)^2 + (9,7-9,5)^2 + (9,7-9,75)^2 + (9,7-11)^2}{5} \right)^{0,5} = \\ &= \left( \frac{(0,7^2 + 0,45^2 + 0,2^2 + (-0,05)^2 + (-1,3)^2)}{5} \right)^{0,5} = \left( \frac{(0,49 + 0,2025 + 0,04 + 0,0025 + 1,69)}{5} \right)^{0,5} = \\ &= 0,485^{0,5} = 0,696 \text{ мин.} \end{aligned} \quad (11)$$

Несмещенное значение среднего квадратичного отклонения  $\sigma_{\tau_{cpII}}$  времени выполнения операции ТО АТ определим по формуле:

$$\begin{aligned} \sigma_{\tau_{cpII}} &= \left( \sum_{i=1}^n \frac{(\tau_{cp} - \tau_i)^2}{n-1} \right)^{0,5} = \left( \frac{(9,7-9)^2 + (9,7-9,25)^2 + (9,7-9,5)^2 + (9,7-9,75)^2 + (9,7-11)^2}{4} \right)^{0,5} = \\ &= \left( \frac{(0,7^2 + 0,45^2 + 0,2^2 + (-0,05)^2 + (-1,3)^2)}{4} \right)^{0,5} = \left( \frac{(0,49 + 0,2025 + 0,04 + 0,0025 + 1,69)}{4} \right)^{0,5} = \\ &= 0,606^{0,5} = 0,779 \text{ мин.} \end{aligned} \quad (12)$$

Запишем данные значения в таблицу 2.

В качестве времени выполнения операции  $\tau_{II}$  ТО АТ могут быть выбраны:

1. Математическое ожидание времени выполнения операции ТО АТ:  $\tau_{\mu II} = 9,7$  мин.
2. Среднее интервальное значение времени выполнения операции ТО АТ:  $\tau_{cpIII} = 10$  мин.
3. Суммарная величина времени выполнения операции ТО АТ  $\tau_{\Sigma II}$ , определенная как сумма математического ожидания и смещенного среднеквадратичного отклонения:

$$\tau_{\Sigma II} = \tau_{\mu II} + \tau_{\tau_{cpIII}} = 10,396 \text{ мин.} \quad (13)$$

4. Суммарная величина времени выполнения операции ТО АТ  $\tau_{\Sigma II}$ , определенная как сумма математического ожидания и несмещенного среднеквадратичного отклонения:

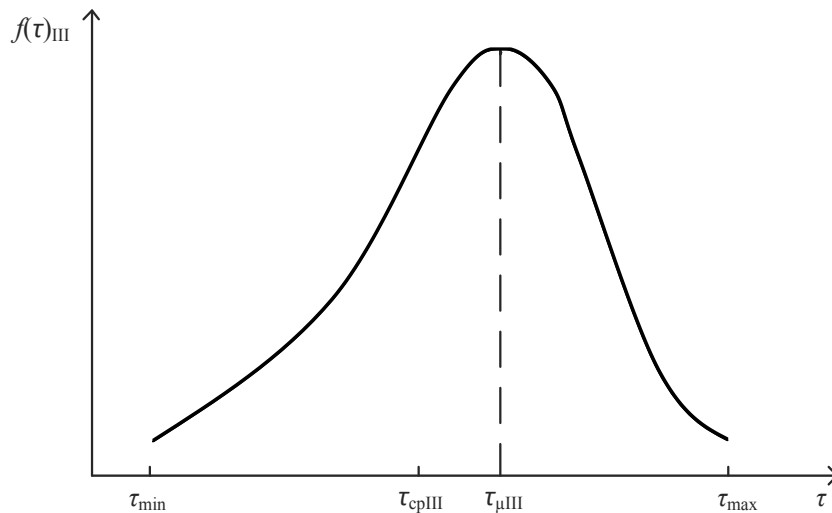
$$\tau_{\Sigma II} = \tau_{\mu II} + \tau_{\tau_{cpIII}} = 10,479 \text{ мин.} \quad (14)$$



5. Максимальная величина времени выполнения операции ТО АТ:  $\tau_{\max} = 11$  мин.

Для упрощения инженерных расчетов в качестве величины времени выполнения операции ТО АТ можно принять либо  $\sigma_{\text{срIII}} = 10$  мин, либо  $\tau_{\max} = 11$  мин.

Третий вариант кривой  $f(t)_{III}$  плотности распределения условного времени выполнения операции ТО АТ в интервале  $\tau_{\min} = 9$  мин ...  $\tau_{\max} = 11$  мин представлен на рисунке 4.



$\tau_{\mu III}$  – математическое ожидание времени выполнения операции ТО АТ;  $\tau_{\text{ср} III}$  – среднее интервальное значение времени выполнения операции ТО АТ

Рисунок 4 – Плотность распределения времени выполнения операции ТО АТ при условии  $\tau_{\mu III} > \tau_{\text{ср} III}$

В этом случае имеет место смещенное распределение функции  $f(t)$ . Смещение объясняется сосредоточением большинства измеренных значений  $\tau_i$  вблизи  $\tau_{\max}$ . На практике это может быть объяснено неблагоприятным стечением обстоятельств таких, как плохое техническое состояние ВС, низкая квалификация персонала, некачественное оснащение инструментом и необходимым оборудованием и т.д. Однако, такой же результат может дать полное и более тщательное выполнение требований технологической карты.

В этом случае кривой  $f(t)_{III}$  соответствует таблица данных 3.

Таблица 3 – Измеренные текущие значения  $\tau_i$  и значения, определенные при расчетах при условии  $\tau_{\mu III} > \tau_{\text{ср} III}$

Время операций	$\tau_1 = \tau_{\min}$	$\tau_2$	$\tau_3$	$\tau_4$	$\tau_5 = \tau_{\max}$	$\tau_{\mu III}$	$\tau_{\text{ср} III}$
	9 мин	10,25 мин	10,5 мин	10,75 мин	11 мин	10,3 мин	10,3 мин
Время операций	$\tau_{\text{ср} AIII}$	$\tau_{\text{ср} BIII}$	$\sigma_{\text{ср} III}$	$\underline{\sigma}_{\text{ср} III}$	$\tau_{III} = \tau_{\mu III}$	$\tau_{III} = \tau_{\mu III} + \sigma_{\text{ср} III}$	$\tau_{dIII} = \tau_{\mu III} + \sigma_{\text{ср} III}$
	10,3 мин	10 мин	0,696 мин	0,779 мин	10,3 мин	10,996 мин	10,479 мин

Математическое ожидание (наиболее вероятное значение)  $\tau_{\mu III}$  времени выполнения операции ТО АТ определим, как среднее арифметическое значение текущих значений времени  $\tau_i$ :

$$\tau_{\mu III} = \frac{\tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4 + \tau_5}{n} = \frac{9 + 10,25 + 10,5 + 10,75 + 11}{5} = 10,3 \text{ мин.} \quad (15)$$



Среднее значение времени выполнения операции ТО АТ  $\tau_{cpIII}$  можно определять, как среднее арифметическое значение  $\tau_{cpAIII}$  или как среднее интервальное значение  $\tau_{cpIIII}$ :

$$\tau_{cpAIII} = \frac{\tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4 + \tau_5}{n} = \frac{9 + 10,25 + 10,5 + 10,75 + 11}{5} = 10,3 \text{ мин.} \quad (16)$$

$$\tau_{cpIIII} = \frac{\tau_{\min} + \tau_{\max}}{2} = 10 \text{ мин.} \quad (17)$$

В данном случае эти величины не равны между собой, т.е. справедливо выражение  $\tau_{cpIII} = \tau_{cpAIII} > \tau_{cpIIII}$ . Запишем их значения в таблицу 3.

Смещенное значение среднего квадратичного отклонения  $\sigma_{\tau_{cpIII}}$  времени выполнения операции ТО АТ определим по формуле:

$$\begin{aligned} \sigma_{\tau_{cpIII}} &= \left( \sum_{i=1}^n \frac{(\tau_{cp} - \tau_i)^2}{n} \right)^{0,5} = \left( \frac{(10,3-9)^2 + (10,3-10,25)^2 + (10,3-10,5)^2 + (10,3-10,75)^2 + (10,3-11)^2}{5} \right)^{0,5} = \\ &= \left( \frac{(1,3^2 + 0,05^2 + (-0,2)^2 + (-0,45)^2 + (-0,7)^2)}{5} \right)^{0,5} = \left( \frac{(1,69 + 0,0025 + 0,04 + 0,2025 + 0,49)}{5} \right)^{0,5} = \\ &= 0,485^{0,5} = 0,696 \text{ мин.} \end{aligned} \quad (18)$$

Несмещенное значение среднего квадратичного отклонения  $\underline{\sigma}_{\tau_{cpIII}}$  времени выполнения операции ТО АТ определим по формуле:

$$\begin{aligned} \underline{\sigma}_{\tau_{cpIII}} &= \left( \sum_{i=1}^n \frac{(\tau_{cp} - \tau_i)^2}{n-1} \right)^{0,5} = \left( \frac{(10,3-9)^2 + (10,3-10,25)^2 + (10,3-10,5)^2 + (10,3-10,75)^2 + (10,3-11)^2}{4} \right)^{0,5} = \\ &= \left( \frac{(1,3^2 + 0,05^2 + (-0,2)^2 + (-0,45)^2 + (-0,7)^2)}{4} \right)^{0,5} = \left( \frac{(1,69 + 0,0025 + 0,04 + 0,2025 + 0,49)}{4} \right)^{0,5} = \\ &= 0,606^{0,5} = 0,779 \text{ мин.} \end{aligned} \quad (19)$$

Запишем данные значения в таблицу 3.

В качестве времени выполнения операции  $\tau_{III}$  ТО АТ могут быть выбраны:

1. Математическое ожидание времени выполнения операции ТО АТ:  $\tau_{\mu III} = 10,3$  мин.
2. Среднее интервальное значение времени выполнения операции ТО АТ:  $\tau_{cpIIII} = 10$  мин.
3. Суммарная величина времени выполнения операции ТО АТ  $\tau_{\Sigma III}$ , определенная как сумма математического ожидания и смещенного среднеквадратичного отклонения:

$$\tau_{\Sigma III} = \tau_{\mu III} + \sigma_{\tau_{cpIII}} = 10,996 \text{ мин.} \quad (20)$$

4. Суммарная величина времени выполнения операции ТО АТ  $\tau_{\Sigma II}$ , определенная как сумма математического ожидания и несмещенного среднеквадратичного отклонения:

$$\tau_{\Sigma II} = \tau_{\mu III} + \underline{\sigma}_{\tau_{cpIII}} = 11,079 \text{ мин.} \quad (21)$$





5. Максимальная величина времени выполнения операции ТО АТ:  $\tau_{\max} = 11$  мин.

Для упрощения инженерных расчетов в качестве величины времени выполнения операции ТО АТ можно принять либо  $\tau_{\text{срIII}} = 10$  мин, либо  $\tau_{\max} = 11$  мин.

**Выводы.** По результатам определения величин времени выполнения операций ТО АТ можно сделать следующие выводы:

1. На практике довольно часто имеет место несимметричное распределение функции плотности времени выполнения операции ТО АТ  $f(t)$ . В этом случае математическое ожидание  $\tau_{\mu}$  величины времени выполнения операции ТО АТ не равно среднему интервальному значению  $\tau_{\text{срII}}$  этой величины.

2. Перед вычислением математического ожидания  $\tau_{\mu}$  или среднего арифметического значения  $\tau_{\text{срA}}$  величины времени выполнения операции ТО АТ следует выполнять группировку текущих измеренных значений  $\tau_i$  времени выполнения  $i$ -х операций ТО АТ с учетом выбранного предельного отклонения повторяющихся значений этих величин друг от друга внутри рассматриваемого интервала значений  $\tau_{\min} \dots \tau_{\max}$ .

3. При группировке текущих измеренных значений  $\tau_i$  времени выполнения  $i$ -х операций ТО АТ следует обращать внимание на вид смещения кривой  $f(t)$  и причины такого смещения.

4. Следует выбрать величину, которая по результатам расчетов будет принята в качестве времени выполнения операции  $\tau$  ТО АТ.

5. Для приблизительных инженерных расчетов за величину времени  $\tau$  выполнения операций ТО АТ можно принимать среднее интервальное значение времени выполнения операции  $\tau_{\text{срII}}$  [3].

6. В предложенной авторской методике выбирается величина, которая по результатам расчётов и будет применена в качестве времени выполнения операций по ТО объекта АТ.

7. После выполнения расчетов следует оценить погрешность и достоверность выбранной величины времени выполнения операций  $\tau$  ТО АТ.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. РМГ 29-2013 Рекомендации по межгосударственной стандартизации. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения. М.: ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 2014, 121 с.

2. Андреев В.В., Гагин А.И., Гришанкин В.В. и др. Инженерно-авиационная служба и эксплуатация летательных аппаратов / под ред. Н.М. Федяева, 1970. 650 с.

3. ГОСТ Р 51901.16. Менеджмент риска. Повышение надёжности. Статистические критерии и методы оценки. М.: Стандартиформ, 2017. 87 с.

## REFERENCES

1. RMG 29-2013 Rekomendacii po mezhgosudarstvennoj standartizacii. Gosudarstvennaya sistema obespecheniya edinstva izmerenij. Metrologiya. Osnovnye terminy i opredeleniya. M.: FGUP «STANDARTINFORM», 2014, 121 p.

2. Andreev V.V., Gagin A.I., Grishankin V.V. i dr. Inzhenerno-aviacionnaya sluzhba i `ekspluataciya letatel'nyh apparatov / pod red. N.M. Fedyaeva, 1970. 650 p.

3. GOST R 51901.16. Menedzhment riska. Povyshenie nadezhnosti. Statisticheskie kriterii i metody ocenki. M.: Standartinform, 2017. 87 p.



© Загорский В.А., Фетисов Е.В., Петухов А.В., Бледных М.В., 2021

Загорский Владимир Алексеевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры эксплуатации авиационной техники, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, z\_t58@mail.ru.

Фетисов Евгений Вячеславович, кандидат технических наук, доцент, начальник кафедры эксплуатации авиационной техники, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, mg\_907@mail.ru.

Петухов Алексей Викторович, старший преподаватель кафедры эксплуатации авиационной техники, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, alexeykur79@gmail.ru.

Бледных Михаил Владимирович, адъюнкт, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, Blednyhmihail84@gmail.com.