

Мусиенко А.А.,  
Соломенцев А.В., д-р техн. наук.

## ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

Национальный авиационный университет

*Предложен подход к оценке результативности процессов, как при эксплуатации, так и при проектировании авиационной техники с учётом выполнения корректирующих и предупреждающих действий, реализуемых в системе эксплуатации оборудования*

### **Введение**

При проектировании и изготовлении авиационной техники (АТ) выполняется создание оборудования исходя из тактико-технических характеристик, которые оговорены в техническом задании Заказчика. Эти характеристики обеспечивают результативность процесса использования по назначению АТ.

В процессе эксплуатации АТ есть и другие процессы: транспортирование, хранение, техническое обслуживание, ремонт и т.д. В целом, перечисленные процессы реализуются в системе эксплуатации, которая представляет собой совокупность организационных элементов, процессов, ресурсов, документации, средств эксплуатаций (здания, сооружения, стендовое оборудование, инструменты) и т.д. [1].

Предметом внимания Изготовителя (Разработчика) АТ является также процесс рекламационной работы. Перечисленные процессы необходимо проектировать, оценивать их будущую результативность и эффективность, для того, чтобы предлагать Заказчику изделия, которые обладают не только высокими тактико-техническими характеристиками, но также являются предпочтительными с точки зрения будущей эксплуатации АТ. Акцент, связанный с результативностью и эффективностью обусловлен тем, что в эксплуатационных подразделениях гражданской авиации (ГА) внедряются системы менеджмента качества (СМК) предприятий, создаваемые с использованием принципов, подходов, требований международных стандартов ISO серии 9000.

Один из основных принципов этих стандартов – процессный подход и связанные с ним вопросы обеспечения результативности, эффективности, выполнения мониторинга процессов, корректирующих и предупреждающих действий. СМК также внедряются и в организациях – изготовителях АТ. Применение СМК обеспечивает максимальное удовлетворение потребителей и способствует реализации такой стратегии функционирования, которая способствует достижению целей предприятия.

### **Постановка задачи**

Анализ литературы в области теории и практики проектирования и модернизации систем эксплуатации (СЭ) АТ показывает, что вопросам оценки результативности и эффективности процессов, как на стадии разработки оборудования, так и на стадии эксплуатации уделяется недостаточно внимания [1, 2, 3]. Это приводит к тому, что возникают дополнительные затраты, снижается результативность процессов и эффективность деятельности предприятия в целом. В данной статье рассмотрен подход к оценке теоретической результативности на стадии проектирования АТ и их СЭ, а также оценки практической результативности на стадии эксплуатации АТ.

### **Основная часть**

На этапе проектирования целесообразно разрабатывать не только АТ с его техническими характеристиками, но и проектировать систему эксплуатацию с теоретической оценкой результативности процессов эксплуатации. Изготовитель при обосновании параметров СЭ должен

учитывать реальные процессы, относящиеся к эксплуатации объектов данной предметной области. В соответствии с [1] к процессам эксплуатации наземных средств радиотехнического обеспечения полетов относят процессы: хранение, транспортирование, ввод в эксплуатацию, техническое обслуживание, ремонт и т.д. К процессам эксплуатации на предприятиях – изготовителях АТ кроме основных процессов относятся процессы: реклама АТ, гарантийное, послегарантийное обслуживание и т.д.

Оценку теоретической результативности процессов при проектировании АТ и их СЭ можно выполнить как:

$$P_{СЭ}^{теор} = \sum_{i=1}^n A_i P_{пр.i} \quad (1)$$

где  $P_{СЭ}^{теор}$  – теоретическая результативность системы эксплуатации;  $A_i$  – весовой коэффициент, учитывающий значимость  $i$ -го процесса;  $P_{пр.i}$  – результативность  $i$ -го процесса.

Полагаем, что весовые коэффициенты удовлетворяют условию:

$$\sum_{i=1}^n A_i = 1$$

В соответствии с процессным подходом [5] процесс характеризуется входами, выходами, ресурсами и управляющими документами. Входом может быть Заявка на выполнение услуги или на изготовление продукции. Каждая Заявка должна сопровождаться требованиями: временными ограничениями (как общесистемная категория) и другими параметрами, исходя из типа Заявки. В силу ряда случайных факторов (отказы оборудования, технологической оснастки, неправильные действия персонала и т.д.) результат выполнения Заявки является в определенной степени стохастическим. Поэтому целесообразно говорить о среднем значении результативности процесса, которую для  $i$ -го процесса можно оценить как:

$$m_1(P_{пр.i}) = \frac{m_1(N_{\phi i}(T_{набл} / \bar{\gamma}^{(0)}))}{N_{ni}(T_{набл} / \bar{\gamma}^{(0)})} \quad (2)$$

где  $m_1(N_{\phi i}(T_{набл} / \bar{\gamma}^{(0)}))$  – среднее фактическое число Заявок, обслуженное  $i$ -м процессом за  $T_{набл}$ ;  $N_{ni}(T_{набл} / \bar{\gamma}^{(0)})$  – плановое число Заявок, которые должны быть обслужены  $i$ -м процессом за  $T_{набл}$ ;  $T_{набл}$  – период времени, за который выполняется оценка результативности процесса;  $\bar{\gamma}^{(0)}$  – вектор требований.

Параметр  $m_1(N_{\phi i}(T_{набл} / \bar{\gamma}^{(0)}))$  определяем как:

$$\begin{aligned} m_1(N_{\phi i}(T_{набл} / \bar{\gamma}^{(0)})) &= \\ &= N_{ni}(T_{набл} / \bar{\gamma}^{(0)}) * P_1, \end{aligned} \quad (3)$$

где  $P_1$  – вероятность того, что Заявка будет выполнена за  $t_{зад}$ ;  $t_{зад}$  – заданное время выполнения одной Заявки.

Параметр  $P_1$  определяем как:

$$P_1 = \int_0^{t_{зад}} f(t) * dt$$

где  $f(t)$  – плотность распределения случайной величины времени выполнения Заявки.

На этапе проектирования АТ также необходимо учитывать, что в СЭ будут выполняться корректирующие и предупреждающие действия.

Корректирующие действия направлены на устранение недостатков в процессах, выявленных при аудите СМК или мониторинге процессов.

Предупреждающие действия предназначены для выполнения таких действий, которые предупреждают возможность возникновения недостатков в процессах.

Корректирующие и предупреждающие действия также могут характеризоваться результативностью, исходя из требований к ним. На рис.1 схематически показано, что за период времени  $T_{набл}$  выполняется теоретическая оценка результативности  $i$ -го процесса. Далее в течение времени  $T_{кор.пред.}$  выполняется выра-

ботка и реализация одного из трех решений – проведение корректирующих или предупреждающих действий, продолжение эксплуатации. После реализации корректирующих и предупреждающих действий за период  $T_{кор.пред}$  выполняется оценка результативности  $i$ -го процесса за  $T_{набл}^*$ .

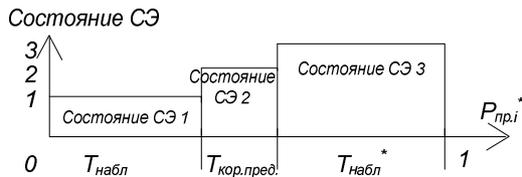


Рис.1 Выполнение теоретической и практической оценки результативности  $i$ -го процесса

Полагаем, что если корректирующие и предупреждающие действия эффективны, то результативность процесса на интервале  $T_{набл}^*$  будет выше, чем результативность процесса на интервале  $T_{набл}$ .

При эксплуатации АТ оценка результативности за время  $T_{набл}$  может принимать значения  $\overline{0,1}$ . На рис.2 схематически показаны границы изменения результативности  $i$ -го процесса  $P_{пр.i}^*$ , которые связаны с принятием трех решений, указанных выше.

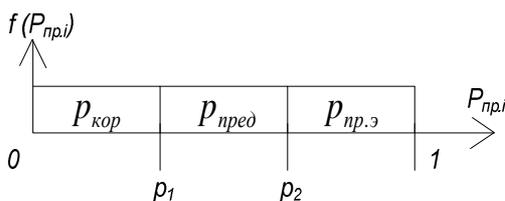


Рис. 2 Плотность распределения результативности

Полагаем, что если оценка результативности  $P_{пр.i}^*$  находится в пределах:

$\overline{0, p_1}$ , то выполняются корректирующие действия. Вероятность принятия корректирующего действия  $P_{кор}$  определяем как:  $P_{кор} = p_1$ ;

$\overline{p_1, p_2}$ , то выполняются предупреждающие действия. Вероятность принятия предупреждающего действия  $P_{пред}$  определяем как:  $P_{пред} = p_2 - p_1$ ;

$\overline{p_2, 1}$ , то принимается решение о продолжении эксплуатации. Вероятность этого решения  $P_{пр.э}$  определяем как:  $P_{пр.э} = 1 - p_2$ .

Полагаем, что корректирующие действия характеризуются двухуровневой классификацией результативности – корректирующие действия результативны (полностью удовлетворяют требованиям к ним). Вероятность этого события  $P_{кор1}$ , уровень результативности  $P_{кор1}$ ; корректирующие действия не результативны (не полностью удовлетворяют требованиям к ним). Вероятность этого события  $P_{кор2}$ , уровень результативности  $P_{кор2}$ . Полагаем, что  $P_{кор2} < P_{кор1}$ .

Для принятой классификации имеем:  $P_{кор2} = 1 - P_{кор1}$ .

Говоря о показателях процессов необходимо также учитывать, что результативность процесса связана с определенными рисками (затратами), уровень которых зависит от имеющихся недостатков. Чем выше результативность процесса, тем меньше уровень рисков, связанных с его выполнением и последствий от использования услуг или продукции, которые с той или иной степенью соответствуют требованиям.

Выполним сравнительную оценку результативности  $i$ -го процесса для периодов  $T_{набл}$  и  $T_{набл}^*$  рассчитывая средние риски  $m_1(\Pi(T_{набл}))$  и  $m_1(\Pi(T_{набл}^*))$ . Для удобства сравнения будем использовать рис.2, на котором выделены три области возможных значений результативности. Средний риск  $m_1(\Pi(T_{набл}))$  определяем как:

$$m_1(\Pi(T_{набл})) = (P_{кор} * \Pi_1) + (P_{пред} * \Pi_2) + (P_{пр.э} * \Pi_3). \tag{4}$$

В формуле (4) выполняется условие:  
 $P_1 > P_2 > P_3$ .

Средний риск  $m_1(P(T_{\text{набл}}^*))$  определяем как:

$$\begin{aligned} m_1(P(T_{\text{набл}}^*)) &= \\ &= p_{\text{кор}}((p_{\text{кор}1} * P_4) + ((1 - p_{\text{кор}1}) * P_1)) + \\ &+ p_{\text{пред}}((p_{\text{пред}1} * P_5) + ((1 - p_{\text{пред}1}) * P_2)) + \\ &+ p_{\text{пр.э}} * P_3. \end{aligned} \quad (5)$$

В формуле (5) выполняется условие:  
 $P_4 > P_5 > P_3$ .

Выполним пример расчета для следующих значений переменных в формулах (4) и (5):

$$\begin{aligned} m_1(P(T_{\text{набл}})) &= \\ &= (0,3 * 20) + (0,3 * 10) + (0,4 * 7) = 11,8 \\ m_1(P(T_{\text{набл}}^*)) &= 0,3((0,9 * 10) + (0,1 * 20)) + \\ &+ 0,3((0,8 * 7) + (0,2 * 10)) + (0,4 * 7) = 8,38. \end{aligned}$$

Как показывает результат расчета:  
 $m_1(P(T_{\text{набл}})) > m_1(P(T_{\text{набл}}^*))$ .

Таким образом, применение корректирующих и предупреждающих действий позволяет повысить результативность и эффективность процесса и поэтому при проектировании СМК целесообразно учитывать рекомендации стандартов ISO серии 9000 по планированию и выполнению корректирующих и предупреждающих действий.

### Выводы

Предложен подход к оценке результативности процессов, как при эксплуатации, так и при проектировании авиационной техники, с учетом выполнения корректирующих и предупреждающих действий.

Получены аналитические выражения для расчетов средних рисков связанных с реализацией процессов в СЭ.

Получены результаты можно рассматривать, как методические материалы для проектирования систем эксплуатации АТ, которые целесообразно разрабатывать и внедрять с учетом требований, подходов, принципов международных стандартов ISO серии 9000.

### Список литературы

1. Правила технічної експлуатації наземних засобів радіотехнічного забезпечення в ЦА України. – Київ, 2007.

2. Соломенцев О.В., Хмелько Ю.М., Жаров І.К., Німич В.В. Основы теории надёжности, эксплуатации та ремонту радиоэлектронной аппаратуры: Конспект лекцій. – К.: НАУ, 2007. – 108с.

3. Мелкумян В.Г. Технологічні системи обслуговуючого типу. Елементи теорії проектування і прикладні задачі експлуатації. – К.: НАУ, 2003. – 171 с.

4. Макаровский И.М. Основы технической эксплуатации авиационной техники : учеб.пособие / Самара, 2001. – 76 с.

5. ДСТУ ISO 9001: 2001. Системи управління якістю. Вимоги. Чинний від 2001.10.01.

Подано до редакції 29.09.2010