

DOI 10.37882/2223–2966.2022.11.26

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ, КАЧЕСТВА, НАДЕЖНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ

METHODS FOR EVALUATING EFFECTIVENESS, THE QUALITY AND RELIABILITY OF THE FUNCTIONING OF THE AIRCRAFT SAFETY SYSTEM DURING MAINTENANCE

*P. Ovcharov
S. Korobkin*

Summary. Ensuring the high-quality and reliable functioning of aircraft safety systems during maintenance is a key task of the aviation industry, since it directly affects the provision of such characteristics of the aircraft as airworthiness, characterized by the aircraft being in a state of safe operation.

Nevertheless, there is no standard model that would show which method is most acceptable for evaluating the effectiveness, quality, reliability of the functioning of the aircraft safety system during maintenance. Based on the above, in the context of this article, an analysis method has been developed that can be used to assess the effectiveness, quality, reliability of the functioning of the aircraft safety system during maintenance, taking into account a whole system of factors.

Thus, ensuring the reliability of the aircraft safety system is an important task in the aviation industry, since it directly affects the provision of such characteristics of the aircraft as airworthiness. At the same time, during maintenance, timely monitoring of how effective the security system is even before the aircraft operation begins is important. Since non-compliance with the requirements for ensuring the reliability of the safety system leads not only to a violation of flight safety, but also is an indicator of the inefficiency of all processes underlying the reliability of the safety system.

Keywords: airworthiness assurance, aircraft, flight safety, safety level, aircraft maintenance.

Овчаров Петр Николаевич

*Кандидат технических наук, доцент
Ростовский филиал Московского государственного
технического
Университета гражданской авиации (Ростовский
филиал МГТУ ГА)*

Коробкин Сергей Витальевич

*Старший преподаватель
Ростовский филиал Московского государственного
технического
Университета гражданской авиации (Ростовский
филиал МГТУ ГА)
petrov55harov@mail.ru*

Аннотация. Обеспечение качественного и надежного функционирования систем безопасности воздушных судов при техническом обслуживании является ключевой задачей авиационной отрасли, поскольку напрямую влияет на обеспечение такой характеристики воздушного судна, как летная годность, характеризующейся его нахождением в состоянии безопасной эксплуатации.

Тем не менее, не существует какой-либо стандартной модели, показывающей, какой метод наиболее приемлем для оценки эффективности, качества, надежности функционирования системы безопасности воздушных судов при техническом обслуживании. Исходя из вышесказанного, в контексте настоящей статьи разработан метод анализа, который может быть использован для оценки эффективности, качества, надежности функционирования системы безопасности воздушных судов при их техническом обслуживании с учетом целой системы факторов.

Так, обеспечение надежности функционирования системы безопасности воздушного судна является важной задачей авиационной отрасли, поскольку напрямую влияет на обеспечение их летной годности. Вместе с тем, при техническом обслуживании важен своевременный контроль за тем, насколько эффективна система безопасности еще до начала эксплуатации воздушного судна, поскольку невыполнение требований к обеспечению надежности функционирования системы безопасности ведет не только к нарушению безопасности полетов, но и является показателем неэффективности всех процессов, лежащих в основе обеспечения надежности функционирования системы безопасности.

Ключевые слова: обеспечение летной годности, воздушное судно, безопасность полетов, уровень безопасности, техническое обслуживание воздушного судна.

Для того, чтобы оценить эффективность функционирования той или иной системы, необходимо ориентироваться на определенную систему факторов. На необходимость использования методов системного анализа в авиационной отрасли указывается и в специализированной литературе, поскольку именно системный анализ позволяет обеспечивать не только изучение объекта по частям, но и выявлять ключевые позиции процесса взаимодействия элементов системы [1]. При этом полученная с помощью системного анализа система знаний определяет наработки для новой сферы деятельности, в чем, таким образом, и заключается ее системный эффект [3, 4]. В отдельных источниках и вовсе указывается на то, что структура системы технического обслуживания подлежит пересмотру и дополнительной структуризации с учетом современного системного подхода [7].

Прежде чем акцентировать внимание на оптимальном подходе к методам оценки эффективности, качества, надежности функционирования системы безопасности воздушных судов при техническом обслуживании, необходимо рассмотреть специфику технического обслуживания воздушных судов.

Техническое обслуживание воздушных судов является ключевым мероприятием авиационной отрасли, поскольку от качества технического обслуживания зависит дальнейшая возможность его эксплуатации. Воздушное судно, состоящее из различных систем и конструкций, имеет конкретные задачи по техническому обслуживанию, которые необходимо выполнять для поддержки его в состоянии безопасной эксплуатации. Как справедливо отмечается по этому поводу в специализированной литературе, основной целью программы технического обслуживания воздушных судов является обеспечение их безопасности и пригодности для эксплуатации [9], а также обеспечение всех необходимых характеристик максимальной эксплуатационной готовности [10].

Вышеприведенные позиции исследователей по вопросу целесообразности и значения технического обслуживания для воздушных судов позволяют сделать однозначный вывод о том, что техническое обслуживание играет очень важную роль в авиационной промышленности. Программы технического обслуживания помогают достигать важных целей, таких, как безопасность воздушных судов, летная годность и высокая эксплуатационная готовность. На государственном уровне от эксплуатантов воздушных судов требуют наличия не только своевременного технического обслуживания своих воздушных судов, но и эффективной системы контроля за их безопасностью после технического обслуживания [5].

Кроме того, надлежащее техническое обслуживание обеспечивает высокую точность работы оборудования воздушного судна, более продолжительное время его эксплуатации в пределах общего срока и, следовательно, более высокий доход для эксплуатантов воздушных судов.

В литературе весь комплекс операций по техническому обслуживанию воздушных судов условно делят на две группы: первая группа — плановые профилактические работы по техническому обслуживанию воздушных судов, связанные в основном с необходимостью выполнения технического обслуживания; вторая группа — это внеплановые работы, выполняемые при необходимости для устранения выявленных в полете отказов и неисправностей [6].

Возможность полета воздушного судна зависит от выполнения некоторых эксплуатационных требований до и во время каждого полета. Поскольку эти требования в значительной степени зависят от компонентов системы воздушного судна, последствия отказов могут быть очень серьезными, если их не предвидеть. Следовательно, необходимо также при выборе подхода к оценке иметь возможность оценить эксплуатационную надежность воздушного судна, чтобы иметь возможность справиться с отказами оборудования [2, 8].

Исходя из специфики технического обслуживания воздушных судов, с учетом возможного возникновения внеплановых работ по техническому обслуживанию и особенностей эксплуатации воздушных судов, заключающихся в наличии повышенного риска для лиц, находящихся на борту воздушного судна во время полета, при оценке эффективности, качества, надежности функционирования системы безопасности воздушных судов при техническом обслуживании большое значение будут иметь не причины технического обслуживания, а результат, выражаемый критерием качества и надежности функционирования системы безопасности. Здесь, с учетом ориентации на системный подход, в критерий качества и надежности функционирования системы безопасности воздушного судна будут входить разные факторы, влияющие на надежность и безопасность системы в равной степени, то есть в степени, равной нулю по отношению друг другу, в соответствии с чем критерий качества и надежности функционирования системы безопасности воздушного судна можно будет представить величиной безразмерной Q_0 , соотносимой с условием о том, что совокупность всех факторов, представляющих систему, будет обеспечивать максимальную надежность. Сказанное можно представить в виде следующего выражения:

$$Q_0 = Q / q_{max} \quad (1)$$

Где: Q — критерий качества и надежности функционирования системы безопасности воздушного судна как размерная величина.

q_{max} — совокупность всех факторов, представляющих систему и обеспечивающих максимальную надежность.

Из вышеприведенного выражения обобщенный критерий качества и надежности функционирования системы безопасности воздушного судна можно представить как вероятность получения полезного эффекта Q_0 в некоторых пределах $[q_0', q_0'']$, т.е.

$$R = P(q_0' \leq Q_0 \leq q_0'') \quad (2)$$

Где: R — обобщенный критерий качества и надежности функционирования системы безопасности воздушного судна.

Качество и надежность функционирования системы безопасности воздушного судна при техническом обслуживании зависит от условий технического обслуживания, а также от условий, в которых функционирует само воздушное судно. Отсюда качество и надежность системы безопасности воздушного судна при одних условиях технического обслуживания будет отличаться от системы безопасности воздушного судна при техническом обслуживании в других условиях, в связи с чем, ориентируясь на качество и надежность системы, необходимо определять возможный эффект от ее функционирования.

Поскольку эффективность для решения нашей задачи определяется главным образом качеством и надежностью функционирования системы безопасности воздушных судов при их эксплуатации, то конечную модель можно записать в следующем виде:

$$СБ_3 = СБ_3 КН_ф \quad (3)$$

Где: $СБ_3$ — фактор, обозначающий получение какого-то конечного результата функционирования системы безопасности воздушного судна.

$К$ — фактор, обозначающий качество функционирования системы безопасности воздушного судна

$Н_ф$ — фактор, обозначающий надежность функционирования системы безопасности воздушного судна.

Учитывая тот факт, что вероятность получения заданного результата относительна и условна, то можно записать выражение (2) в виде следующего выражения:

$$P(СБ_3) = P(СБ_3/КН_ф)P(Н_ф)P(К/Н_ф)P(СБ_3/Н_ф) \quad (3)$$

Где: $P(СБ_3)$ — абсолютная вероятность получения конечного результата функционирования системы безопасности воздушного судна.

$P(СБ_3/КН_ф)$ — условная вероятность получения конечного результата функционирования системы безопасности воздушного судна, возникающая при условии, что система безопасности воздушного судна одновременно и качественно, и надежно.

$P(Н_ф)$ — вероятность функционирования системы безопасности воздушного судна с заданными показателями качества при техническом обслуживании воздушного судна.

$P(К/Н_ф)$ — условная вероятность функционирования системы безопасности воздушного судна при условии, что система функционирует с заданными показателями качества, то есть она условно надежна.

$P(СБ_3/Н_ф)$ — условная вероятность эффективного функционирования системы безопасности воздушного судна при условии, что такая система надежна.

Вышеприведенный анализ выражения (3) позволяет сделать вывод о том, что с учетом системного подхода надежность функционирования системы будет входить во все составляющие эффективности функционирования системы безопасности воздушного судна, и в то же время именно надежность системы — это фактор ее эффективного функционирования, при этом не качество системы определяется параметрами надежности, а наоборот, надежность функционирования системы безопасности воздушного судна определяется ее качественными параметрами, достигнутыми в том числе при проведении надлежащего технического обслуживания. Отсюда надежность функционирования представляет собой безусловный фактор эффективности работы системы безопасности воздушного судна, и если система безопасности не надежна, то все остальные составляющие этой системы не будут иметь значение. То есть:

$$\text{Если } P(Н_ф) = 0, \text{ то } P(СБ_3) = 0 \quad (4)$$

Исходя из условия о том, что надежность функционирования системы безопасности воздушного судна достигается при техническом обслуживании, наступление события — получение надежной системы — $Н_ф$, можно определить из следующего выражения:

$$Н_ф = Н_ф К_с С_ф \quad (5)$$

Где: $К_с$ — фактор, означающий сохранение при техническом обслуживании качественных параметров системы безопасности, определяющих ее состояние, в конкретных пределах в течение конкретного от срока эксплуатации системы безопасности.

$С_ф$ — фактор, означающий выполнение системой безопасности воздушного судна, заданных (конкретных функций).

Исходя из уравнения (5) получаем следующую формулу надежности системы безопасности:

$$P(H_\phi) = P(H_\phi/K_c C_\phi)P(C_\phi)P(K_c/C_\phi) \quad (6)$$

Где: $P(H_\phi/K_c C_\phi)$ — условная вероятность безотказного функционирования системы безопасности воздушного судна, которая определяется при условии сохранения заданного уровня состояния системы при техническом обслуживании и при условии выполнения системой всех необходимых функций;

$P(C_\phi)$ — вероятность сохранения заданного технического состояния системы безопасности воздушного судна в течение срока ее эксплуатации.

$P(K_c/C_\phi)$ — условная вероятность выполнения системой безопасности воздушного судна заданных функций, определяемая при условии сохранения заданного при техническом обслуживании параметров.

С учетом системного подхода к оценке качества и надежности функционирования системы безопасности воздушного судна можно сделать предварительно вывод о том, что надежность функционирования системы безопасности является одним из основополагающих объектов технического обслуживания воздушного судна в части обеспечения его летной годности.

Вместе с тем, с точки зрения процесса обслуживания и факторов, влияющих на техническое обслуживание системы, оценку эффективности качества и надежности функционирования системы безопасности можно осуществлять с учетом следующих зависимых факторов:

$$H_\phi = H_\phi H_m H_n H_o \quad (7)$$

Где: H_m — фактор, выражающий надежность техники и оборудования, используемого при техническом обслуживании.

H_n — фактор, выражающий надежность и качественную работу персонала, задействованного в техническом обслуживании.

H_o — фактор, выражающий надежность организации работы по техническому обслуживанию.

Отсюда получим следующее обобщенное выражение:

$$P(H_\phi) = P(H_\phi/H_m H_n H_o)P(H_m/H_n H_o)P(H_n/H_o)P(H_o) \quad (8)$$

Где: $P(H_\phi/H_m H_n H_o)$ — условная вероятность того, что система безопасности будет безотказно функционировать при условии надежности функционирования техники и оборудования, используемого при техническом обслуживании, надежности и качественной работы персонала, задействованного в техническом обслуживании, а также надежность организации работы по техническому обслуживанию.

$P(H_m/H_n H_o)$ — условная вероятность того, что обеспечение надежности функционирования техники и оборудования, используемого при техническом об-

служивании будет обеспечено, качественной работы персонала, задействованного в техническом обслуживании, а также надежность организации работы по техническому обслуживанию.

$P(H_n/H_o)$ — условная вероятность того, что будет обеспечена, качественная работа персонала, задействованного в техническом обслуживании, а также надежность организации работы по техническому обслуживанию.

$P(H_o)$ — вероятность того, что будет обеспечена надежность организации работы по техническому обслуживанию.

Исходя из вышеприведенного подхода к анализу можно сделать вывод о том, что надежность функционирования системы безопасности воздушного судна определяется надежностью функционирования техники и оборудования, используемого при техническом обслуживании, надежностью и качеством работы персонала, задействованного в техническом обслуживании, а также надежностью организации работ по техническому обслуживанию.

При этом надежность функционирования системы входит во все составляющие процесса технического обслуживания. Нулевое значение надежности делает бессмысленными все иные процессы, обеспечивающие надежность функционирования системы.

Подводя итог, необходимо отметить, что обеспечение надежности функционирования системы безопасности воздушного судна является важной задачей в авиационной отрасли, поскольку напрямую влияет на обеспечение такой характеристики воздушного судна, как летная годность. Исходя из вышесказанного, в контексте настоящей статьи разработан метод анализа, который может быть использован для оценки эффективности, качества, надежности функционирования системы безопасности воздушных судов при их техническом обслуживании с учетом целой системы факторов.

Так, обеспечение надежности функционирования системы безопасности воздушного судна является важной задачей в авиационной отрасли, поскольку напрямую влияет на обеспечение такой характеристики воздушного судна, как летная годность. Вместе с тем, при техническом обслуживании важен своевременный контроль за тем, насколько эффективна система безопасности еще до начала эксплуатации воздушного судна, так как невыполнение требований к обеспечению надежности функционирования системы безопасности ведет не только к нарушению безопасности полетов, но и является показателем неэффективности всех процессов, лежащих в основе обеспечения надежности функционирования системы безопасности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Далецкий С.В. Формирование эксплуатационно-технических характеристик воздушных судов гражданской авиации. — М: Воздушный транспорт, 2005. — С. 10.
2. Мосеев Е.О., Фимушин Е.С., Короленко В.В. Логистическая поддержка жизненного цикла авиационной техники военного назначения // Авиакосмические технологии (АКТ-2015): тр. XVI Междунар. на-уч.-теорет. конф. и школы молодых ученых, аспирантов и студентов. — Воронеж: ООО «Элист», 2015. — С. 187–193.
3. Писаренко В.Н. Техническое обслуживание воздушных судов как система поддержания летной годности гражданской авиационной техники. — Самара: Издательство СамНЦ РАН, 2017. — 170 с.
4. Писаренко В.Н. Оптимальные технико-экономические показатели системы поддержания летной годности воздушных судов гражданской авиации // Вестник СГЭУ. — 2015. — № 12 (134). — С. 73–80.
5. Маслаков В.П. Хозяйственный механизм авиатранспортных предприятий: Учебное пособие. — Санкт-Петербург: Питер, 2021. — 368 с.
6. Чинючин Ю.М., Полякова И.Ф. Основы технической эксплуатации и ремонта авиационной техники: Учебное пособие. Часть I. — М.: МГТУ ГА, 2004. — С. 41.
7. Юрченко Т.В. Информационные системы в экономике и управлении. учебное пособие. Нижегород. гос. архит.-строит. ун-т. — Н. Новгород: ННГАСУ, 2013. — 114 с.
8. Шаров В.Д. Об одном методе оценки эффективности мероприятий по предотвращению авиационных происшествий // Проблемы безопасности полетов. Информационный сборник. — М.: ВИНТИ, 2006. — С. 3–8.
9. D. Kim and C. Barnhart, «Flight schedule design for a charter airline», Computers and Operations Research, vol. 34, no. 6, pp. 1516–1531, 2007.
10. P. Belobaba, A.R. Odoni, and C. Barnhart, The Global Airline Industry, John Wiley & Sons, Chichester, UK, 2009.

© Овчаров Петр Николаевич, Коробкин Сергей Витальевич (petrovcs5harov@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»