

УДК 629.735.017.083
DOI: 10.26467/2079-0619-2017-20-6-81-88

АКТУАЛИЗАЦИЯ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ФАКТИЧЕСКОГО ПОКАЗАТЕЛЯ НАДЕЖНОСТИ ВЫЛЕТОВ ГРАЖДАНСКИХ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

А.Р. АЛЕКСАНИН¹, А.А. ИЦКОВИЧ², А.Д. ЕВДОКИМОВА²

¹АО «Гражданские самолеты Сухого», г. Москва, Россия

²Московский государственный технический университет гражданской авиации,
г. Москва, Россия

Надежность вылетов (далее – регулярность вылетов) – это один из ключевых критериев эффективности процесса технической эксплуатации воздушных судов, отражающий экономическую эффективность функционирования авиакомпании. Чем выше показатель эксплуатационной надежности выполнения рейсов, тем лучше авиакомпания справляется с эксплуатацией воздушных судов, тем выше качество обслуживания самолетов и эффективнее политика безопасности. В связи с отсутствием единого порядка учета регулярности вылетов воздушных судов как у предприятий – изготовителей воздушных судов, так и у эксплуатирующих воздушные суда авиакомпаний Российской Федерации и основании международного опыта, в работе сделан вывод о необходимости детализации расчета регулярности вылетов путем введения ряда параметров, определений и разработки тем самым единой актуализированной методики расчета.

В данной работе введены шесть основных и три вспомогательных параметра, приняты следующие термины и определения: регулярность вылетов; эксплуатационная надежность; наземные сбои в эксплуатации; эксплуатационные прерывания; сбой, произошедшие в полете.

Разработана актуализированная методика расчета регулярности вылетов и эксплуатационной надежности выполнения рейсов, которая является разумной и имеет более высокую точность.

Поскольку регулярность вылетов воздушных судов включает понятие регулярности отправок ВС (Regularity) и пунктуальности выполнения рейсов (Punctuality), даны определения и представлен расчет показателей для данных понятий.

Детально показан пример расчета показателей: регулярности вылетов, регулярности отправок, пунктуальности выполнения рейсов, эксплуатационной надежности выполнения рейсов, задержки рейсов на сто посадок, замены воздушных судов на сто посадок, отмены рейсов на сто посадок.

Ключевые слова: регулярность вылетов, эксплуатационная надежность, регулярность отправок, пунктуальность выполнения рейсов, эксплуатационные прерывания, задержки рейсов, отмены рейсов, прерванный взлет, возврат в аэропорт вылета, изменение плана полета (посадка на запасной аэродром, выключение двигателя в полете).

ВВЕДЕНИЕ

Результатом работы авиапредприятия по поддержанию требуемого уровня безопасности и регулярности полетов воздушных судов (ВС), использования парка ВС, исправности парка ВС и экономичности процесса технической эксплуатации (ПТЭ) является эффективность ПТЭ ВС. Одним из критериев эффективности ПТЭ является регулярность полетов ВС (далее – регулярность вылетов) гражданской авиации (ГА) [1].

Основным документом, определяющим методику оценки регулярности вылетов, применяемую терминологию, правила учета, является «Руководство по обеспечению и учету регулярности полетов ВС ГА СССР (РПП-90)» [2]. На сегодняшний день эта методика не соответствует международным правилам учета регулярности вылетов [3].

В связи с отсутствием единого порядка учета регулярности вылетов ВС как у предприятий – изготовителей ВС, так и у эксплуатирующих ВС авиакомпаний Российской Федерации на основании международного опыта, можно сделать вывод о необходимости детализации расчета регулярности вылетов, указанной в вышеупомянутом руководстве, путем введения ряда параметров, определений и разработки тем самым единой актуализированной методики расчета.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Регулярность вылетов ВС (надежность вылетов) (Dispatch reliability) включает понятия регулярность отправлений ВС и регулярность выполнения (далее пунктуальность выполнения) рейсов.

Регулярность вылетов ВС (фактический показатель надежности вылетов) $P_B(D_{RL})$ выражается в процентах как отношение общего количества коммерческих рейсов, осуществленных за рассматриваемый период без задержек и замен ВС, к общему количеству коммерческих рейсов, включенных в расписание за тот же период [4, 9].

Рейс – транспортный полет ВС (по расписанию или вне расписания), выполняемый в одном направлении от начального до конечного пункта маршрута [2].

При расчете регулярности вылетов ВС (1) необходимо учитывать наземные сбои в эксплуатации.

Наземные сбои в эксплуатации – задержка рейса (DY), отмена рейса (CX), замена ВС (CH), прерванный взлет (AB). Для более точной градации: прерванный взлет, приведший к задержке рейса (ABDY), замены ВС (ABCH), отмены рейса (ABCX).

Задержка отправления ВС (DY) – отправление ВС из аэропорта позже времени, установленного расписанием (планом полетов) [2]. Необходимо отметить, что в расчет принимаются только первоначальные задержки рейсов (отправления ВС), но не последующие, т. е. являющиеся следствием другой задержки рейса. Учитываются задержки более 15 минут по техническим причинам в связи с поиском и устранением отказа или повреждения ВС.

Отмены рейсов (CX) – в расчет принимаются только первоначальные отмены рейсов (по техническим причинам). Отмененный рейс, который был отменен вследствие задержки рейса, считается только как отмененный рейс, а не отмененный и задержанный рейс.

Замена ВС (CH) – осуществляется в случае неисправного по техническим причинам ВС с целью предотвращения возможной задержки или отмены рейса или для сокращения времени задержки. В расчет принимаются только первоначальные замены ВС, не являющиеся следствием другой замены ВС.

С учетом принятых определений и обозначений оценим регулярность вылетов ВС:

$$\text{Регулярность вылетов ВС} = 100 - \frac{(\text{Кол-во наземных сбоев в эксплуатации}) \cdot 100}{\text{Кол-во рейсов, предусмотренных расписанием за период}}, \quad (1)$$

$$P_B(D_{RL}) = 100 - \frac{(DY+CX+CH+ABDY+ABCX+ABCH) \cdot 100}{FC+CX+ABCX}. \quad (2)$$

В результате преобразования формулы (2) получаем

$$P_B(D_{RL}) = \frac{100 \cdot [FC - (DY+CX+CH+ABDY+ABCH)]}{FC+CX+ABCX}. \quad (3)$$

Поскольку регулярность вылетов ВС (надежность вылетов) включает понятие регулярности отправлений ВС (Regularity) $P_{отпр}(R_{eg.})$ и пунктуальности выполнения рейсов (Punctuality) $P_{вып.р.}(P_{unc.})$, следует дать определения и представить расчет данных показателей.

Регулярность отправлений ВС (Regularity) (5) – отношение регулярных отправлений ВС к общему количеству отправлений, предусмотренных расписанием (планами полетов), выраженное в процентах [2]:

$$P_{отпр}(R_{eg.}) = 100 - \frac{(CX+CH+ABCX+ABCH) \cdot 100}{FC+CX+ABCX}. \quad (4)$$

В результате преобразования формулы (4) получаем

$$P_{отпр}(Reg.) = \frac{100 \cdot [FC - (CH + ABCH)]}{FC + CX + ABCX}. \quad (5)$$

Пунктуальность выполнения рейсов (Punctuality) (7) – отношение рейсов, выполненных пунктуально, к общему количеству рейсов, предусмотренных расписанием (планом полетов), выраженное в процентах [2]:

$$P_{вып.р.}(P_{unc.}) = 100 - \frac{(DY + ABDY) \cdot 100}{FC + CX + ABCX}. \quad (6)$$

В результате преобразования формулы (6) получаем

$$P_{вып.р.}(P_{unc.}) = \frac{100 \cdot [FC + CX + ABCX - (DY + ABDY)]}{FC + CX + ABCX}. \quad (7)$$

Регулярность вылетов также можно характеризовать показателем $P_{в\ 1000}$ [5–8].

$P_{в\ 1000}$ – среднее число наземных сбоев в эксплуатации, обусловленных неисправностями составных частей ВС конструктивно-производственного характера, приходящихся на 1000 коммерческих рейсов, включенных в расписание за рассматриваемый период:

$$P_{в\ 1000} = \frac{(DY + CH + CX + ABDY + ABCH + ABCX) \cdot 1000}{FC + CX + ABCX}. \quad (8)$$

Кроме наземных сбоев ВС в эксплуатации возникают и сбои, произошедшие в полете. Следовательно, возникает необходимость в их пояснении.

Сбои, произошедшие в полете, – вынужденные посадки (на запасной аэродром) или отклонение от плана полета, выключение двигателя в полете (DV), возврат в аэропорт вылета (ТВ).

Так как в данной методике рассматривается этап эксплуатации ВС, то возникает необходимость введения термина эксплуатационная надежность выполнения рейсов ВС.

Эксплуатационная надежность выполнения рейсов ВС (Operational reliability) является международным показателем точности выполнения рейсов с учетом эксплуатационных прерываний [3].

Эксплуатационные прерывания учитывают как наземные сбои в эксплуатации, так и сбои, произошедшие в полете.

Эксплуатационная надежность выполнения рейсов $Э_{вып.р.}(O_{RL})$ выражается в процентах как отношение общего количества коммерческих рейсов, осуществленных за рассматриваемый период без задержек и замен ВС, а также сбоев, произошедших в полете к общему количеству коммерческих рейсов, включенных в расписание за тот же период (9):

$$\text{Эксплуатационная надежность выполнения рейсов ВС} = 100 - \frac{(\text{Кол-во эксплуатационных прерываний}) \cdot 100}{\text{Кол-во рейсов, предусмотренных расписанием за период}}, \quad (9)$$

$$Э_{вып.р.}(O_{RL}) = 100 - \frac{(DY + CX + CH + ABDY + ABCX + ABCH + DV + ТВ) \cdot 100}{FC + CX + ABCX}, \quad (10)$$

В результате преобразования формулы (10) получаем

$$Э_{вып.р.}(O_{RL}) = \frac{100 \cdot [FC - (DY + CH + ABDY + ABCH + DV + ТВ)]}{FC + CX + ABCX}. \quad (11)$$

Чем выше показатель эксплуатационной надежности выполнения рейсов ВС, тем лучше авиакомпания справляется с эксплуатацией ВС, тем выше качество обслуживания самолетов и эффективнее политика безопасности.

Эксплуатационную надежность выполнения рейсов также можно характеризовать показателем $\mathcal{E}_{\text{вып.п.1000}}$ [5–8].

$\mathcal{E}_{\text{вып.п.1000}}$ – среднее число наземных сбоев и сбоев, совершенных в полете, обусловленных неисправностями составных частей ВС конструктивно-производственного характера, приходящихся на 1000 коммерческих рейсов, включенных в расписание за рассматриваемый период.

$$\mathcal{E}_{\text{вып.п.1000}} = \frac{(DY+CH+CX+ABDY+ABCH+ABCX+DV+TB) \cdot 1000}{FC+CX+ABCX}. \quad (12)$$

Одним из показателей эффективности применения парка самолетов авиакомпаниями является DY_{100} [8].

DY_{100} – среднее число задержек рейсов, обусловленных неисправностями ВС конструктивно-производственного характера, приходящихся на 100 посадок (коммерческих рейсов):

$$DY_{100} = \frac{(DY+ABDY) \cdot 100}{FC+CX+ABCX}. \quad (13)$$

Также можно учитывать дополнительные параметры, такие как CX_{100} и CH_{100} .

CX_{100} – среднее число отмененных рейсов, обусловленных неисправностями ВС конструктивно-производственного характера, приходящихся на 100 посадок (коммерческих рейсов):

$$CX_{100} = \frac{(CX+ABCX) \cdot 100}{FC+CX+ABCX}. \quad (14)$$

CH_{100} – среднее число замененных ВС, обусловленных неисправностями ВС конструктивно-производственного характера, приходящихся на 100 посадок (коммерческих рейсов).

$$CH_{100} = \frac{(CH+ABCH) \times 100}{FC+CX+ABCX}. \quad (15)$$

ПРИМЕР РАСЧЕТА

В качестве исходных данных взяты показатели самолета Airbus A320 в одной из эксплуатирующих авиакомпаний за случайно выбранный месяц.

Исходные данные:

Выполненные рейсы – $FC = 9578$ шт.;

Задержки рейсов – $DY = 39$;

Отмены рейсов – $CX = 3$;

Замен ВС – $CH = 3$;

Прерванные взлеты, приведшие к задержке рейса, – $ABDY = 1$;

Прерванные взлеты, приведшие к отмене рейса, – $ABCX = 1$;

Прерванные взлеты, приведшие к замене ВС, – $ABCH = 0$;

Вынужденные посадки (на запасной аэродром) – $DV = 1$;

Возвраты в аэропорт вылета $TB = 1$.

Расчет показателей:

$$\begin{aligned}P_B(D_{RL}) &= \frac{100 \cdot [FC - (DY + CH + ABDY + ABCH)]}{FC + CX + ABCX} = \\&= \frac{100 \cdot [9578 - (39 + 3 + 1 + 0)]}{9578 + 3 + 1} = \frac{100 \cdot 9535}{9582} = 99,51 \%, \\P_{отпр}(R_{eg.}) &= \frac{100 \cdot [FC - (CH + ABCH)]}{FC + CX + ABCX} = \frac{100 \cdot [9578 - (3 + 0)]}{9578 + 3 + 1} = \frac{100 \cdot 9575}{9582} = 99,93 \%, \\P_{вып.р.}(P_{unc.}) &= \frac{100 \cdot [FC + CX + ABCX - (DY + ABDY)]}{FC + CX + ABCX} = \\&= \frac{100 \cdot [9578 + 3 + 1 - (39 + 1)]}{9578 + 3 + 1} = \frac{100 \cdot 9542}{9582} = 99,58 \%, \\Э_{вып.р.}(O_{RL}) &= \frac{100 \cdot [FC - (DY + CH + ABDY + ABCH + DV + TB)]}{FC + CX + ABCX} = \\&= \frac{100 \cdot [9578 - (39 + 3 + 1 + 0 + 1 + 1)]}{9578 + 3 + 1} = \frac{100 \cdot 9533}{9582} = 99,49 \%, \\DY_{100} &= \frac{(DY + ABDY) \cdot 100}{FC + CX + ABCX} = \frac{(39 + 1) \cdot 100}{9578 + 3 + 1} = 0,42, \\CX_{100} &= \frac{(CX + ABCX) \cdot 100}{FC + CX + ABCX} = \frac{(3 + 1) \cdot 100}{9578 + 3 + 1} = 0,04, \\CH_{100} &= \frac{(CH + ABCH) \cdot 100}{FC + CX + ABCX} = \frac{(3 + 0) \cdot 100}{9578 + 3 + 1} = 0,03.\end{aligned}$$

В российской и зарубежной практике приняты следующие целевые значения выше рассчитанных показателей. Значения показателей регулярности вылетов $P_B(D_{RL})$ и эксплуатационной надежности выполнения рейсов ВС $Э_{вып.р.}(O_{RL})$ должны быть не менее 98,50 % [10]. Для показателя регулярности отправок ВС (Regularity) $P_{отпр}(R_{eg.})$ его значение должно составлять не менее 97,80 %, а для показателя пунктуальности выполнения рейсов (Punctuality) $P_{вып.р.}(P_{unc.})$ – не менее 98,80 %.

По результатам проведенных расчетов, значения всех показателей удовлетворяют заданным целевым условиям.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработанная актуализированная методика расчета фактического показателя надежности вылетов гражданских ВС и других показателей включает в себя основные термины и определения, охватывающие международную и российскую практики, правила учета регулярности вылетов.

2. Методика соответствует международным правилам учета регулярности вылетов.

3. Актуализация действующего руководства по обеспечению и учету регулярности вылетов ВС ГА или выпуск отраслевого стандарта по методике расчета регулярности вылетов ВС обеспечит федеральные органы исполнительной власти, разработчиков и эксплуатантов ВС постоянным мониторингом регулярности вылетов в соответствии с международной практикой экономически развитых стран [4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чинючин Ю.М., Полякова И.Ф. Основы технической эксплуатации и ремонта авиационной техники: учебное пособие. Часть I. М.: МГТУ ГА, 2004. 81 с.

2. Руководство по обеспечению и учету регулярности полетов воздушных судов гражданской авиации СССР (ППП ГА – 90): утв. приказом МГА СССР № 6 от 10.01.1990. URL: http://www.libussr.ru/doc_ussr/usr_16164.htm (дата обращения 1.09.2017).
3. ATA Spec 2000-Reliability Data Collection/Exchange (Ch. 11). Air Transport Association of America, Inc., Washington, USA, 2014.
4. Разработка методики учета регулярности полетов воздушных судов гражданской авиации: НИР от 05.10.2009 г.
5. ОСТ 1 02785-2009. Воздушные суда гражданской авиации. Эксплуатационно-технические характеристики. Общие требования. М.: ФГУП «НИИСУ», 2009. 28 с.
6. ГОСТ Р 56079-2014. Изделия авиационной техники. Безопасность полета, надежность, контролепригодность, эксплуатационная и ремонтная технологичность. Номенклатура показателей. М.: Стандартинформ, 2014. 16 с.
7. **Неймарк М.С., Цесарский Л.Г., Охапкин Н.В.** Управление эффективностью применения самолетов в авиакомпаниях с помощью имитационной модели // Имитационное моделирование. Теория и практика: сборник докладов первой всероссийской научно-практической конференции ИММОД-2003. Том 2. СПб.: ЦНИИТС. 2003. С. 92–95.
8. **Ицкович А.А., Файнбург И.А.** Основы теории надежности. Ч. 2. Методы обеспечения надежности при проектировании, производстве и эксплуатации: учебное пособие. М.: МГТУ ГА, 2016. 76 с.
9. Наставление по технической эксплуатации и ремонту авиационной техники гражданской авиации. НТЭРАТ ГА-93. Приказ ДВТ 20.09.94 № ДВ. М.: ДВТ, 1994. 318 с.
10. **Смирнов Н.Н., Чинючин Ю.М.** Современные проблемы технической эксплуатации воздушных судов. Часть I: учебное пособие. М.: МГТУ ГА, 2007.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Алексянн Армен Размирович, кандидат технических наук, главный специалист Инженерно-аналитического департамента АО «Гражданские самолеты Сухого», Armen-Aleksanyan@mail.ru.

Ицкович Александр Абрамович, профессор, доктор технических наук, профессор кафедры технической эксплуатации летательных аппаратов и авиадвигателей МГТУ ГА, aail777@mail.ru.

Евдокимова Анастасия Денисовна, магистрант первого курса МГТУ ГА, anastasia.evdokimova@gmail.com.

ACTUALIZATION OF METHODIC OF CALCULATION OF ACTUAL INDICATOR OF CIVIL AIRCRAFT DISPATCH RELIABILITY

Armen R. Aleksanyan¹, Alexander A. Itskovich², Anastasia D. Evdokimova²

¹ *Sukhoi Civil Aircraft Company, Moscow, Russia*

² *Moscow State Technical University of Civil Aviation, Moscow, Russia*

ABSTRACT

Dispatch reliability – is one of the key criteria of aircraft technical operation process efficiency which reflects economic efficiency of airline activity. The higher the operational reliability, the better the level of aircraft operation in airline, the higher maintenance quality and safety policy is more effective. Due to the lack of unified procedure of dispatch reliability control both for aircraft manufacturers and Russian Federation aircraft operators and based on international experience it was concluded that there is a need for dispatch reliability specification by introducing a number of parameters, definitions and development, thereby the unified updated methodic of calculation.

In this work six basic and three auxiliary parameters are introduced, the following terms and definitions are established: dispatch reliability, operational reliability, ground operational interruptions, operational interruptions, in-flight interruptions.

A unified actualized methodic of dispatch reliability and operational reliability calculation is developed, which is reasonable and more accurate.

Since the aircraft dispatch reliability includes the notion of Regularity and Punctuality, definitions and criteria calculation are given.

The detailed example of criteria calculation is shown: dispatch reliability, dispatch regularity, flight punctuality, operational reliability, flight delays for a hundred landings, aircraft changes for a hundred landings, flight cancellations for a hundred landings.

Key words: dispatch reliability, operational reliability, regularity, punctuality, operational interruptions, delays, cancellations, A/C changes, aborted take-off, air turnback, diversion (diverted landing, in-flight engine shut down).

REFERENCES

1. **Chinyuchin Yu.M., Polykova I.F.** *Osnovi teorii technicheskoy ekspluatatsii i remonta aviatsionnoy tekhniki: uchebnoe posobie. Chast' 1* [The theoretical bases of aeronautical engineering maintenance and repair. Training manual. Part 1]. Moscow, MSTUCA, 2004, 81 p. (in Russian)
2. *Rukovodstvo po obespecheniu i uchety regulyarnosti poletov vozdushnih sudov grazhdanskoy aviatzii SSSR (RRP GA - 90)* [Guidelines for assurance and recording of civil aircraft flights regularity in the USSR]. Approved by the Order No. 6 of the USSR Ministry of Civil Aviation, January 10th, 1990. URL: http://www.libussr.ru/doc_ussr/usr_16164.htm (accessed: 1.09.2017). (in Russian)
3. ATA Spec 2000-Reliability Data Collection/Exchange (Ch. 11). Air Transport Association of America, Inc., Washington, USA, 2014.
4. *Razrabotka metodiki ucheta regulyarnosti poletov vozdushnih sudov grazhdanskoy aviatzii* [Methodology development of recording of civil aircraft flights regularity]. Research work, October 5th, 2009. (in Russian)
5. OST 1 02785-2009. The civil aviation aircraft. Operational characteristics. General requirements. Moscow, FSUE "Scientific & Research Institute of Standardization and Unification", 2009. 28 p. (in Russian)
6. GOST P 56079-2014. Parts of aviation equipment. Flight safety, reliability, inspection ability, operational and repair manufacturability. Nomenclature of the characteristics. Moscow, Standartinform Publ., 2014, 16 p. (in Russian)
7. **Neymark M.S., Tsesarski L.G., Okhapkin N.V.** *Upravlenie effektivnost'u primeneniya samoletov v aviakompaniyah s pomosh'yu imitazionnoy modeli* [Aircraft application effectiveness management in airlines by using the simulation model]. *Imitatsionnoe modelirovanie. Teoriya i praktika: Sbornik dokladov pervoy vserossiyskoy konferentsii* [The simulation modeling. Theory and practice. The materials of the conference of the First all-Russian Science Conference SIMMOD-2003. Volume 2. Saint Petersburg: Central Research Institute of Shipbuilding Technology (CRIST). 2003, pp. 92–95. (in Russian)
8. **Itskovich A.A., Fainburg I.A.** *Osnovi teorii nadezhnosti. Chast 2. Metodi obespecheniya nadezhnosti pri proektirovanii, proizvodstve i ekspluatatsii: Uchebnoe posobie.* [Fundamental theory of reliability. Part 2. Methods of reliability provision while designing, manufacturing and operating. Training manual]. Moscow, MSTUCA, 2016, 76 p. (in Russian)
9. Technical operation and repair of civil aircraft manual. TORCAM-93. Regulations on Technical Operation and Repair of aircraft equipment in Civil Aviation of the USSR. Department of Civil Transport Order of 20.09.94 № DV. Moscow, Department of Civil Aviation, 1994, 318 p. (in Russian)

10. Smirnov N.N., Chinyuchin Yu.M. *Sovremennie problem tehnikeskoy ekspluatatsii-ivozdushnih sudov. Chast 1* [Contemporary problems of aircraft technical operation. Part 1. Training manual]. Moscow, MSTUCA, 2007. (in Russian)

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Armen R. Aleksanyan, Candidate of Technical Sciences, Head Specialist of Engineering Analytics Department of JSC "Sukhoi Civil Aircraft", Armen-Aleksanyan@mail.ru.

Alexander A. Itskovich, Professor, Doctor of Technical Sciences, Full Professor of the Aircraft and Aircraft Engines Maintenance Chair, Moscow State Technical University of Civil Aviation, aail777@mail.ru.

Anastasia D. Evdokimova, Bachelor, 1st Year Master, Moscow State Technical University of Civil Aviation, anastasia.evdokimova@gmail.com.

Поступила в редакцию 15.09.2017
Принята в печать 23.11.2017

Received 15.09.2017
Accepted for publication 23.11.2017