

doi: 10.32620/oikit.2020.90.02

УДК 629.7.017.1

А. К. Мяслица, С. Ш. Шаабдиев

## **Анализ надежности шасси регионального пассажирского самолета Ан - 140 на начальном этапе эксплуатации**

*Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ»*

В статье представлен анализ надежности шасси регионального пассажирского самолета Ан – 140 на начальном этапе эксплуатации, а также общие сведения о самолете, о передней и основных опорах его шасси. В качестве показателей надежности использованы средняя наработка на отказ и общее количество отказов на начальном этапе эксплуатации. Расчет показателей надежности выполнен на основании отказов, обнаруженных при периодическом техническом обслуживании (ПТО) самолетов по плановым формам 1Н - 4Н в организации по техническому обслуживанию Part - 145 и внесенных в дефектные ведомости в соответствии Руководством организации по техническому обслуживанию. Указанные формы выполнены в соответствии Регламентом технического обслуживания самолета Ан - 140 с периодичностью 500±50 летных часов. Для анализа надежности шасси выбран парк из шести самолетов Ан - 140 и Ан – 140 - 100 с общим налетом 12000 часов и разбит на три группы по дате их изготовления и выполненным на них доработкам – «Лидерные самолеты», «Доработанные самолеты» и «Серийные самолеты». Условием выборки парка самолетов являются налет 2000 часов полета на каждый экземпляр самолета и выполнение на нем четырех форм ПТО по налету до формы 4Н. Выявлены отказы шасси по экземплярам, по группам, по формам ПТО, средний налет на отказ и наиболее отказываемые элементы системы шасси. Представлены зависимость количества отказов шасси каждого экземпляра самолета от формы ПТО, средний налет на отказ парка и каждого самолета в отдельности, общее количество отказов системы шасси по каждому экземпляру самолета, наиболее отказываемые элементы основной и передней опоры шасси самолета.

На основании результатов анализа указанных показателей надежности представлены как обобщенные выводы о распределении количества отказов по группам и экземплярам самолетов, так и о конкретных наиболее отказываемых элементах системы шасси в целом. Выявлена тенденция уменьшения количества отказов и увеличения среднего налета на отказ в зависимости от длительности эксплуатации самолета и даты его изготовления.

**Ключевые слова:** самолет; летная годность; безопасность полетов; техническое обслуживание; надежность; шасси; отказ; средний налет на отказ; эксплуатация.

### **Введение**

Надежность – свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, которые характеризуют способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях эксплуатации.

Основными величинами оценки количественных показателей надежности являются число отказов или неисправностей и величина средней наработки на отказ.

Отказ – событие, которое заключается в потере объектом выполнять необходимую функцию, т.е. в нарушении работоспособного состояния.

Средняя наработка на отказ (англ. Mean time between failures, MTBF) - технический параметр, характеризующий надёжность восстанавливаемого объекта или технической системы и демонстрирует, какая наработка в среднем приходится на один отказ [1].

Обеспечение надежности агрегатов, узлов, систем и самолета в целом является обязательным требованием при сертификации типовой конструкции самолета и подтверждается не только летными и наземными испытаниями, но и в процессе его эксплуатации.

Наиболее информативным этапом измерения показателей надежности систем самолета является начальный этап эксплуатации, в процессе которого выявляются не только конструктивные, но и производственные и эксплуатационные причины отказов.

Непрерывный сбор информации о надежности экземпляров самолетов в процессе эксплуатации позволяет обеспечивать и поддерживать установленный уровень летной годности типовой конструкции и эксплуатировать последнюю по техническому состоянию.

### **1. Общая постановка проблемы и ее связь с практическими задачами**

Обеспечение летной годности самолетов является важным звеном национального регулирования летной годности в Украине, соответствует требованиям международной организации гражданской авиации и предоставляет гарантии и условия безопасности полетов самолетов для общества, защиты интересов субъектов деятельности в области гражданской авиации и использовании воздушного пространства Украины [2].

Обеспечение летной годности типовой конструкции самолета подтверждается разработчиком самолета при его сертификационных испытаниях, а также в процессе эксплуатации до списания последнего экземпляра самолета. Для этого разработчик самолета организывает систему сбора, исследования и анализа отчетов и информации, связанной с отказами, влияющими на безопасность полетов самолета [3].

Физические лица и организации, выполняющие управление поддержанием летной годности самолета, обязаны уведомлять разработчика самолета о любом обнаруженном техническом состоянии самолета или его компонента, угрожающем безопасности полетов [4]. Кроме того, физические лица и организации, выполняющие ПТО самолета, обязаны создать внутреннюю систему уведомления о дефектах, которая включает в себя выявление негативных тенденций, оценку и выбор корректирующих мер для устранения [5].

Важное практическое значение для обеспечения и поддержания летной годности самолета имеет анализ надежности шасси на начальном этапе эксплуатации. Кроме того, анализ отказов шасси позволяет совершенствовать не только типовую конструкцию самолета, но и технологические процессы его изготовления и эксплуатации.

В конечном итоге, анализ надежности шасси, в частности, и самолета, в целом, обеспечивает безопасность и регулярность полетов самолетов, а также эффективность его эксплуатации.

### **2. Анализ исследований**

Самолет Ан - 140 предназначен для перевозки пассажиров, багажа и грузов на региональных и ближних магистральных авиалиниях с возможностью эксплуатации как на искусственных, так и на грунтовых взлетно-посадочных полосах (рис. 1.) [6].

Самолет оборудован трёх опорным убирающимся в полете шасси, которое состоит из одностоечной передней опоры с управляемыми колесами (рис. 2) и двух одностоечных основных опор с тормозными колесами (рис. 3) [6].

Анализ надежности шасси регионального пассажирского самолета Ан - 140 выполнен по результатам входного контроля парка из шести самолетов Ан - 140 и Ан – 140 - 100 с общим налетом 12000 часов налета, по 2000 часов налета на каждый экземпляр самолета. На каждом экземпляре самолета выполнено по четыре формы ПТО до формы 4Н. Данные выборки характеризуют начальный этап эксплуатации типовой конструкции самолета Ан - 140. Информация об отказах получена из дефектных ведомостей и карточек учета неисправностей, оформляемых в соответствии с внутренними процедурами сертифицированной по Part - 145 организации, выполняющей ПТО.

Парк самолетов разбит на три группы по дате их изготовления. Каждая группа самолетов представлена двумя экземплярами:

- I группа – лидерные самолеты (№№: 1 и 2);
- II группа – доработанные самолеты (№№: 3 и 4);
- III группа – серийные самолеты (№№: 5 и 6).

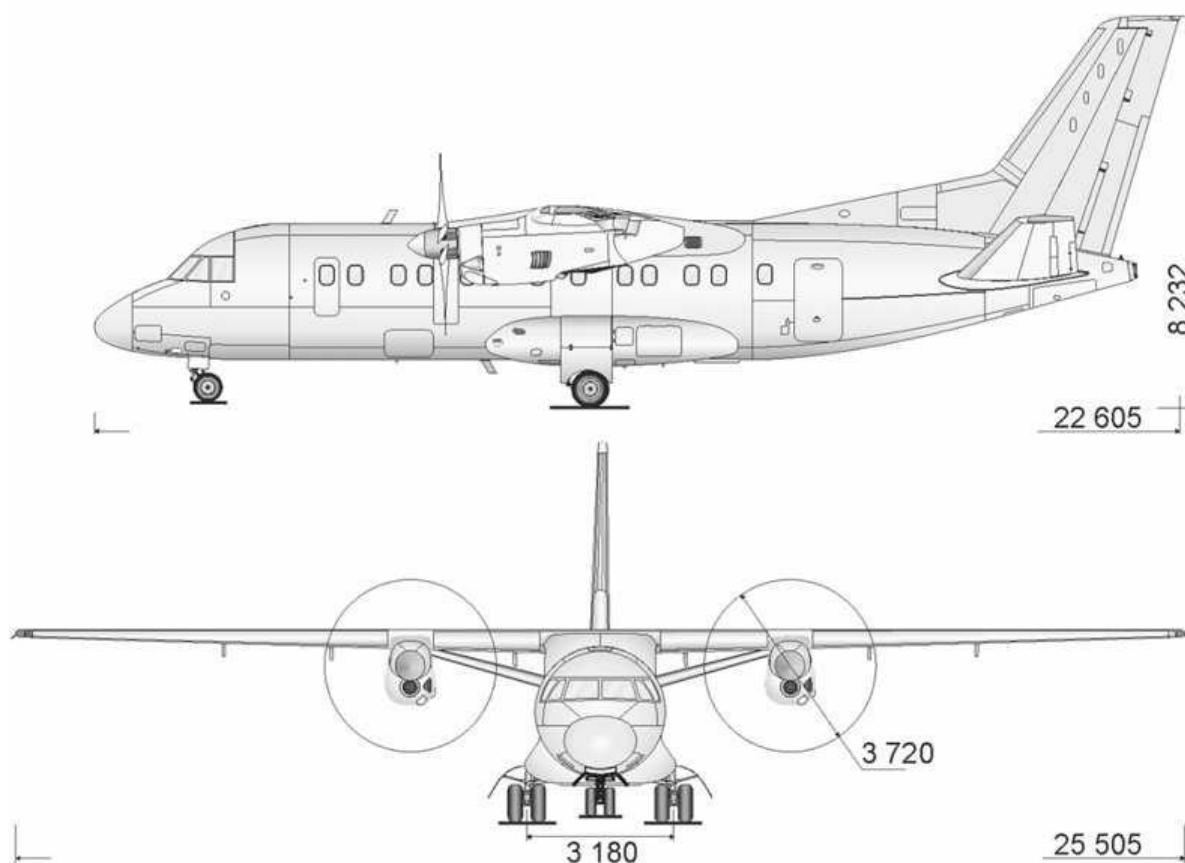


Рис. 1. Общая схема самолета Ан – 140 – 100

### 3. Цель исследования

Выполнить анализ отказов и среднего налета самолета на отказ системы шасси экземпляров и парка самолетов в зависимости от формы ПТО, а также

определить наиболее отказываемые элементы системы шасси регионального пассажирского самолета Ан – 140 на начальном этапе эксплуатации для подтверждения обеспечения летной годности типовой конструкции самолета.

### 1. Результаты исследования

ПТО Ан-140 выполняется с интервалом  $500 \pm 100$  часов налета самолета и  $6 \pm 1$  месяц эксплуатации [6]. Для анализа отказов системы шасси используем статистический материал по экземплярам самолетов и формам ПТО, представленный на рис. 4-9.

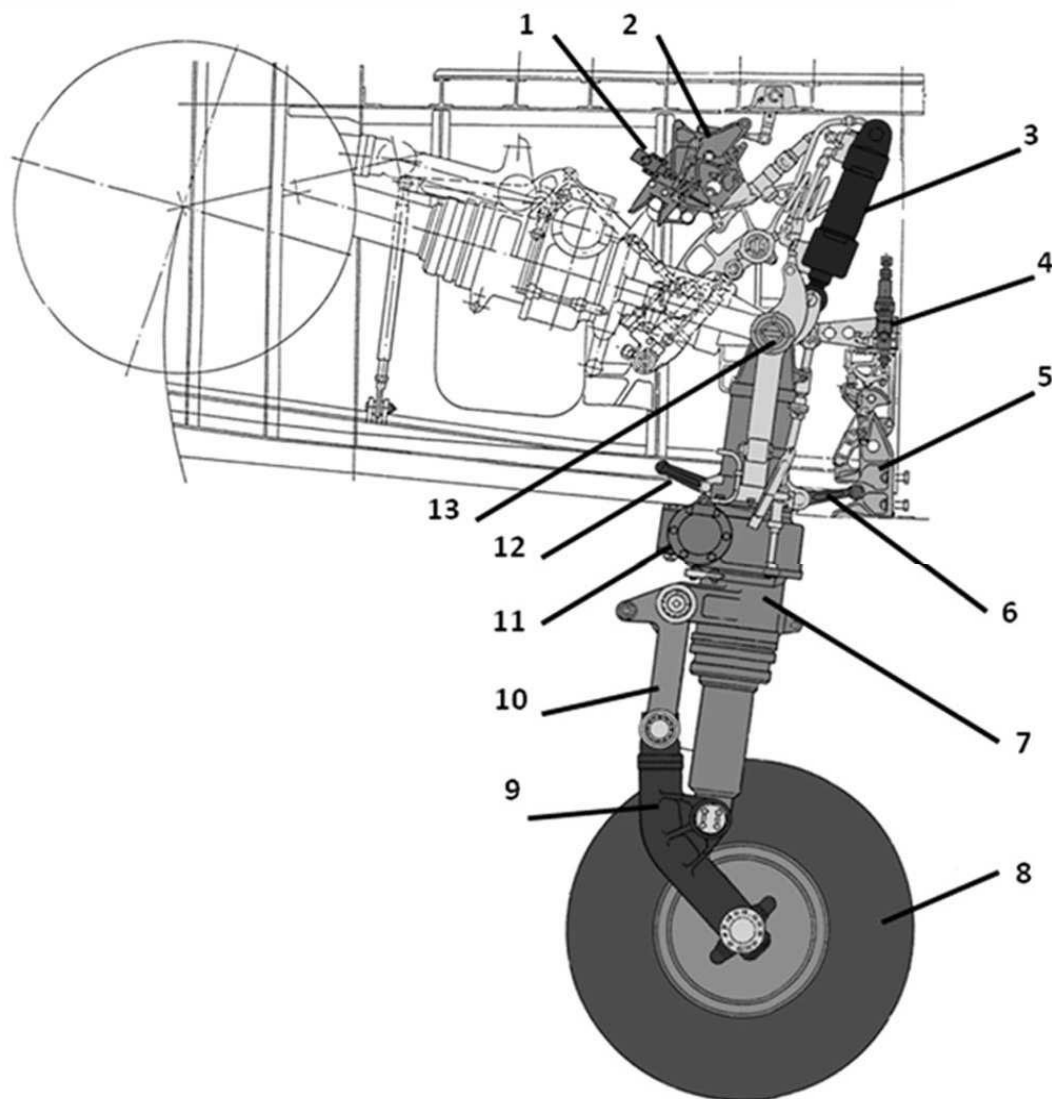
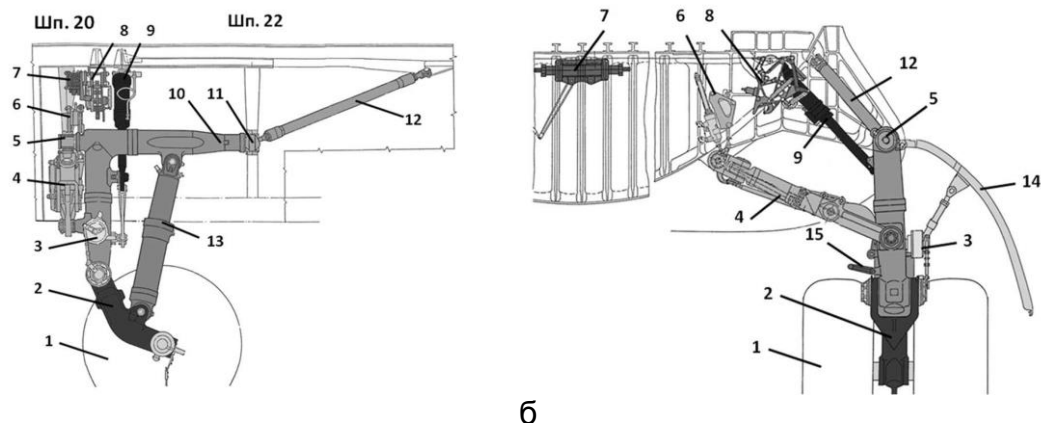


Рис. 2. Передняя опора шасси:

1 – блок микровыключателей замка убранного положения; 2 – замок убранного положения; 3 – цилиндр уборки-выпуска; 4 – блок микровыключателей замка выпущенного положения; 5 – замок выпущенного положения; 6 – подвеска замка выпущенного положения; 7 - стойка с амортизатором; 8 – колесо типа КН44; 9 – рычаг; 10– звено; 11 – рулевой механизм; 12 - подвеска замка убранного положения; 13 – цапфа



б

Рис. 3. Основная опора шасси: вид сбоку (а), вид спереди (б)  
 1 - тормозное колесо типа КТ231А; 2 - рычаг; 3 - блок микропереключателей; 4 - складывающийся подкос; 5 - цапфа; 6 - механизм управления; замком выпущенного положения; 7 - механизм управления замком убранного положения; 8 - замок убранного положения; 9 - гидроцилиндр уборки-выпуска; 10 - траверса; 11 - цапфа; 12 - раскос; 13 - амортизатор; 14 - створка; 15 - подвеска замка убранного положения.

В результате анализа отказов шасси выявлено, что наибольшее количество отказов приходится на первую группу самолетов, что характеризует несовершенство конструкции системы и технологических процессов ее изготовления. Наибольшее количество отказов у второй и третьей групп самолетов приходится на более поздние формы ПТО – 2500 - 3000 часов налета, что является результатом доработки конструкции самолетов из опыта эксплуатации первой группы. Однако, распределение отказов по экземплярам не равномерное, что характерно для эксплуатационных причин отказов.

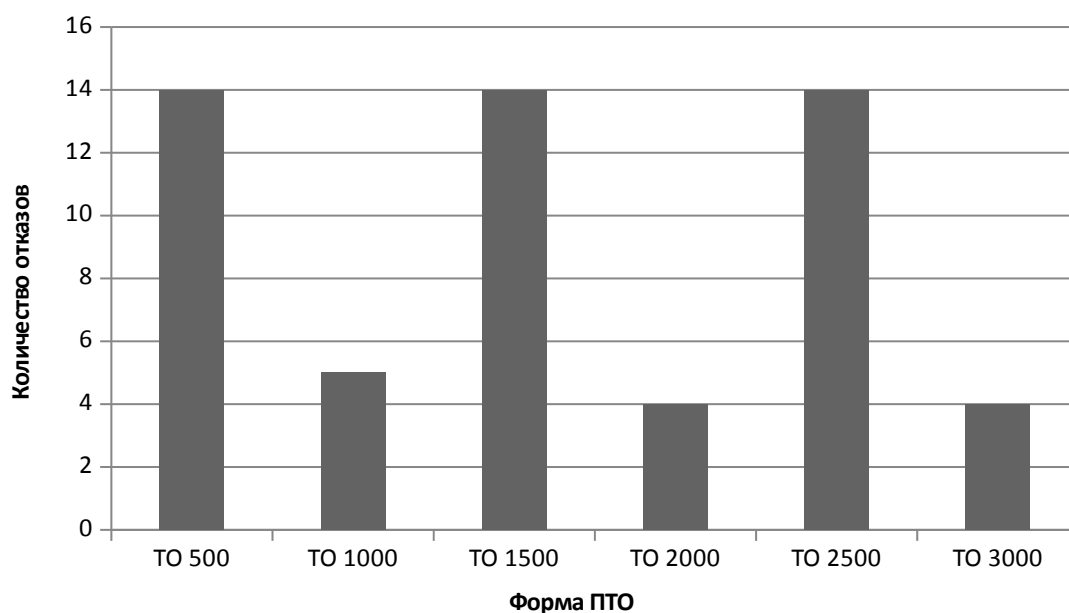


Рис. 4. Зависимость количества отказов шасси экземпляра № 1 регионального пассажирского самолета Ан - 140 от формы ПТО

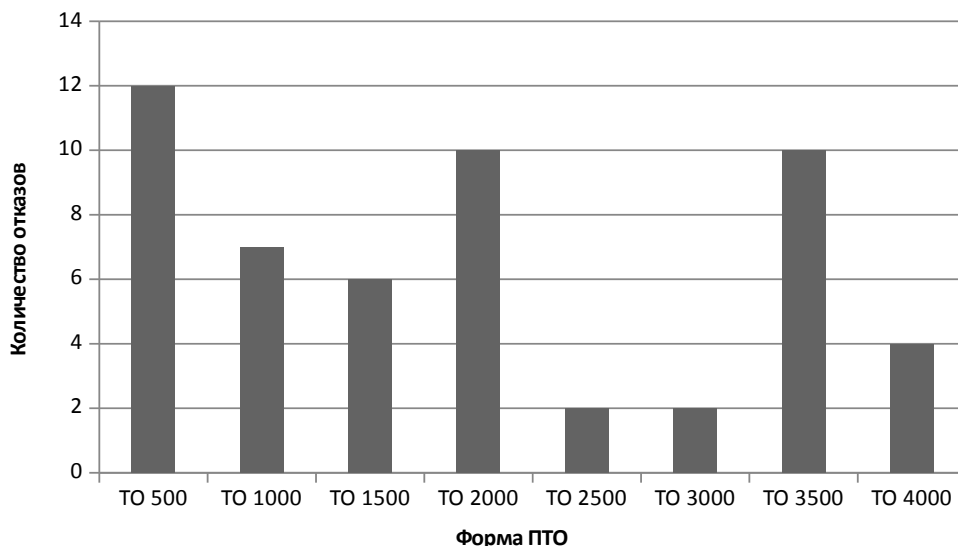


Рис. 5. Зависимость количества отказов шасси экземпляра № 2 регионального пассажирского самолета Ан - 140 от формы ПТО

Результаты расчета среднего налета на отказ парка и каждого экземпляра самолета, а также общего количества отказов представлены на рис. 10-11.

В результате анализа выявлено, что минимальный средний налет на отказ и максимальное количество отказов системы шасси приходятся на первую группу самолетов. Это обусловлено приработкой элементов системы на первоначальном этапе эксплуатации. В ходе дальнейшей эксплуатации самолетов и доработки последующих изготовленных самолетов, тенденция изменений указанных выше показателей не изменяется. А именно, средний налет на отказ продолжает увеличиваться, а количество отказов уменьшаться.

Из имеющегося статистического материала определим наиболее отказываемые элементы шасси в процентном соотношении. Для удобства расчета и анализа разделим систему на две части: система передней опоры шасси и основной опоры шасси. Результаты представлены на рис. 12-13.

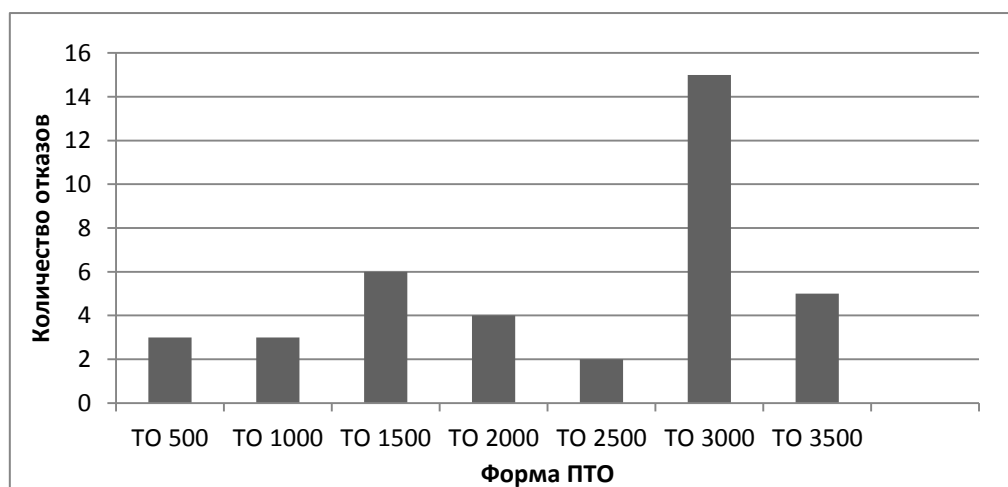


Рис. 6. Зависимость количества отказов шасси экземпляра № 3 регионального пассажирского самолета Ан - 140 от формы ПТО

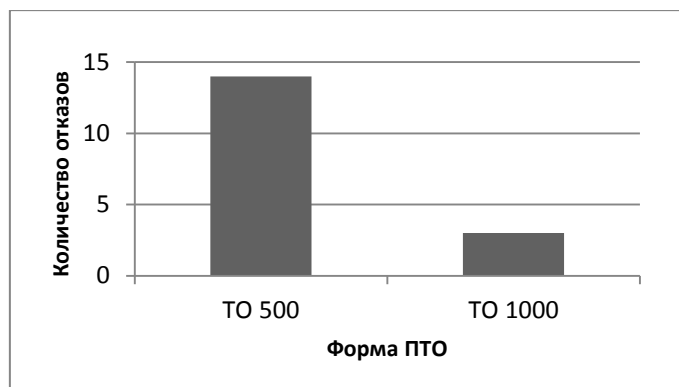


Рис. 7. Зависимость количества отказов шасси экземпляра № 4 регионального пассажирского самолета Ан - 140 от формы ПТО

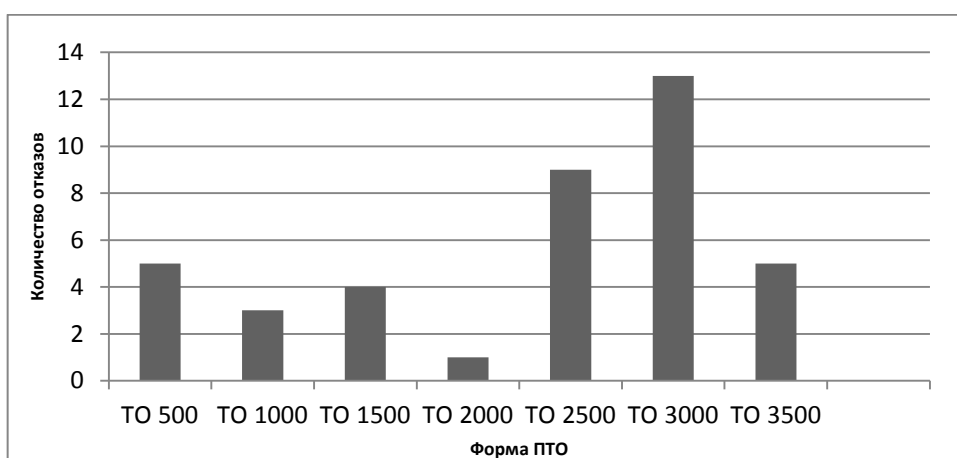


Рис. 8. Зависимость количества отказов шасси экземпляра № 5 регионального пассажирского самолета Ан - 140 от формы ПТО

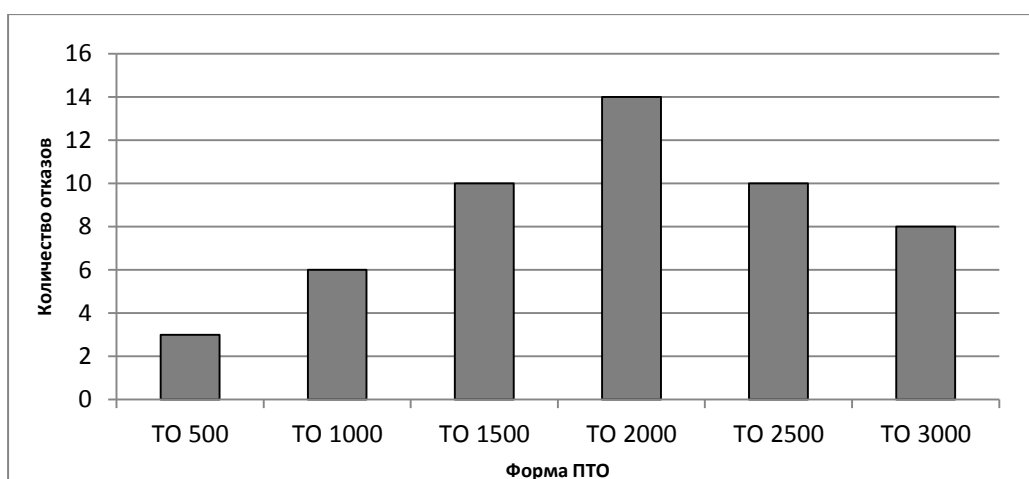


Рис. 9. Зависимость количества отказов шасси экземпляра № 6 регионального пассажирского самолета Ан - 140 от формы ПТО

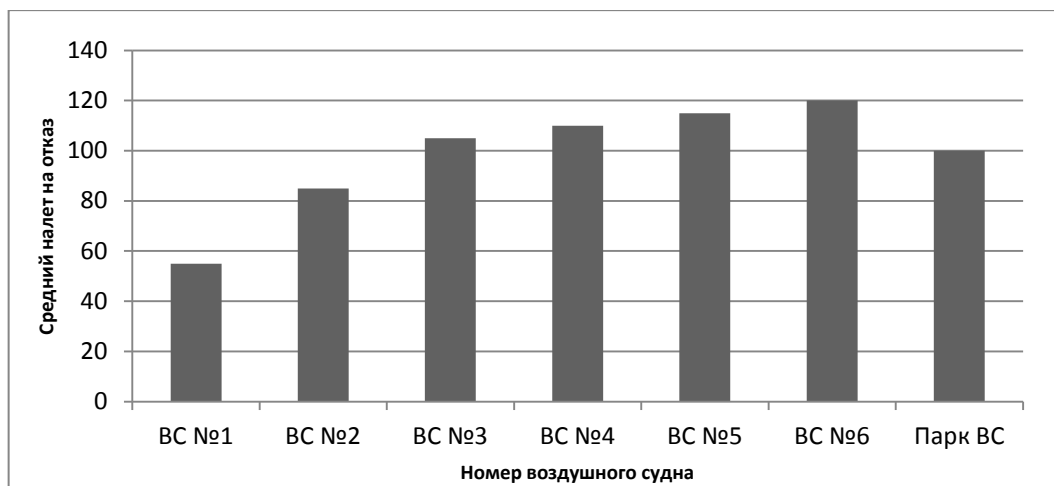


Рис. 10. Средний налет на отказ парка и каждого экземпляра регионального пассажирского самолета Ан - 140 в отдельности

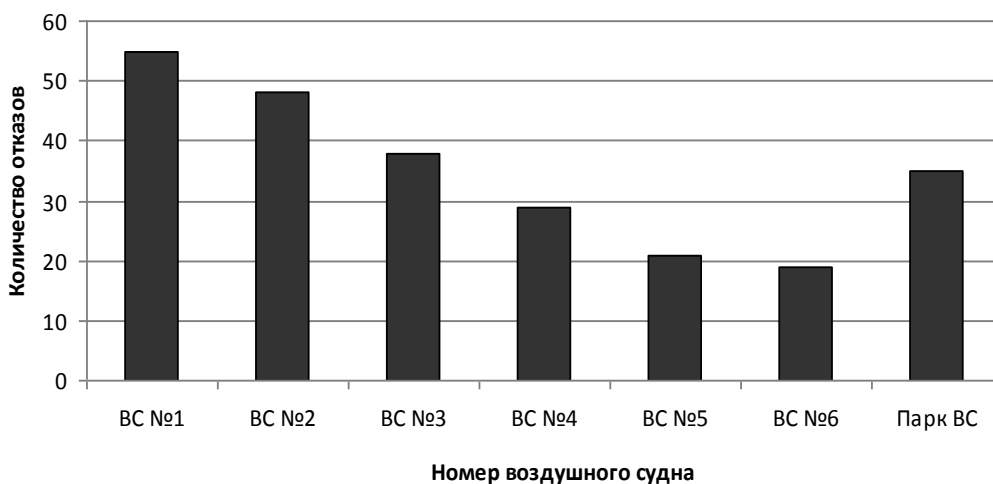


Рис. 11. Общее количество отказов системы шасси регионального пассажирского самолета Ан - 140 по экземплярам

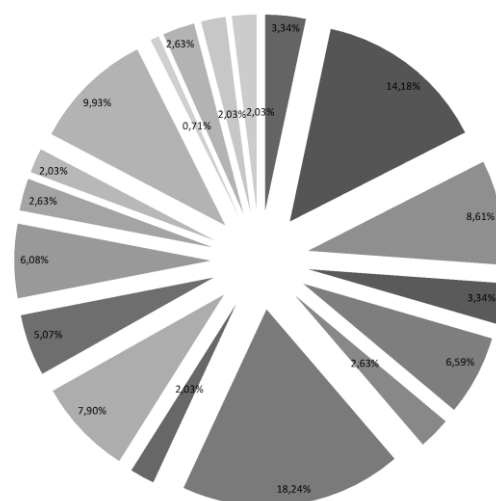


Рис. 12. Наиболее отказываемы элементы основной опоры шасси регионального пассажирского самолета Ан - 140:



- |                                    |   |
|------------------------------------|---|
| ■ Гидрошарниры ООШ                 | ■ Хомуты эл. жгутов и трубопроводов     |
| ■ Амортстойки ООШ                  | ■ Указатели выработки тормозных дисков  |
| ■ Шины колес ООШ                   | ■ Опорно-нажимные диски тормозных колес |
| ■ Створки ООШ                      | ■ Датчик антиюза ООШ                    |
| ■ Тормозные диски                  | ■ Замок выпущенного положения           |
| ■ Замок убранного положения        | ■ УГ-135                                |
| ■ Кран выпуска ООШ                 | ■ Подшипники                            |
| ■ Гидроцилиндры уборки-выпуска ООШ | ■ Распорные втулки                      |
| ■ Обтекатели ООШ                   | ■ Оси колес                             |

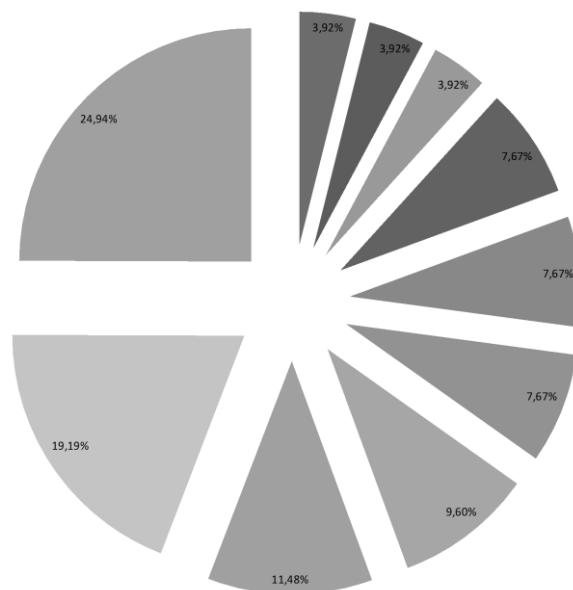


Рис. 13. Наиболее отказываемы элементы передней опоры шасси регионального пассажирского самолета Ан - 140:  
 24,9% – колесо типа КН44; 19,9% - тяга малой створки ПОШ; 11,4% стойка ПОШ; 9,6% – кран электрогидравлический; 7,67% – блоки микровыключателей замка убранного и выпущенного положения, соединитель; 3,92 – датчик частоты вращения, распределитель гидравлический, ось колеса

Наиболее отказываемыми элементами основной опоры шасси являются створки, крепежные хомуты и подшипники колес по причине несовершенства конструкции. Наиболее отказываемыми элементами передней опоры шасси являются колесо, тяга малой створки и кран электрогидравлический. Среди данных элементов имеются как элементы конструкции шасси, так и покупные комплектующие изделия.

### Выводы

В результате анализа надежности шасси регионального пассажирского самолета Ан - 140 на начальном этапе эксплуатации получены следующие выводы:

1. Максимальное количество отказов приходится на первую группу самолетов.

2. Максимальное количество отказов второй и третьей групп самолетов приходится на поздние формы ПТО – 2500 - 3000 часов налета.

3. Минимальный средний налет на отказ и максимальное количество отказов системы шасси приходится на первую группу.

4. С увеличением срока эксплуатации и даты изготовления самолетов средний налет на отказ продолжает увеличиваться, а количество отказов уменьшаться.

5. Наиболее отказываемыми элементами основной опоры шасси являются створки, крепежные хомуты и подшипники колес.

6. Наиболее отказываемыми элементами передней опоры шасси являются тормозное колесо, тяга малой створки и кран электрогидравлический.

### Список литературы

1. ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення. – К. : Держстандарт України, 1994. – 48 с.

2. Повітряний кодекс України // Відомості Верховної Ради України від 09.12.2011. – № 48. – 2011. – С. 2024, стаття 536.

3. Авіаційні правила України, Частина 21 «Сертифікація повітряних суден, пов'язаних з ними виробів, компонентів та обладнання, а також організацій розробника та виробника» АПУ-21 (Part-21), затверджено наказом Міністерства інфраструктури України № 27 від 17 січня 2014 р., зареєстровано в Міністерстві юстиції України № 240/25017 від 06 лютого 2014 р.

4. Авіаційні правила України, Частина М «Підтримання льотної придатності» АПУ-М (Part-M), затверджено наказом Міністерства інфраструктури України № 85 від 10 лютого 2012 р., зареєстровано в Міністерстві юстиції України № 333/20646 від 28 лютого 2012 р.

5. Авіаційні правила України, Частина 145 «Правила схвалення організацій з технічного обслуговування» АПУ-145 (Part-145), затверджено наказом Міністерства транспорту та зв'язку України № 209 від 20 квітня 2010 р., зареєстровано в Міністерстві юстиції № 591/17886 від 02 серпня 2010 р.

6. Юцкевич С.С., Хижняк С.В. Конструкция конкретного типа воздушного судна. Самолет Ан-140 : учеб. пособ. / С. С. Юцкевич, С. В. Хижняк. – К. : НАУ, 2013. – 160 с.

7. Самолет Ан-140: Регламент технического обслуживания. – В 2 кн. – К.: АНТК им. О.К. Антонова, 2002. – Кн. 2. – 184 с.

### References

1. DSTU 2860-94. Nadijnist` texniky`. Terminy` ta vy`znachennya. – K. : Derzhstandart Ukrainy`, 1994. – 48 s.

2. Povitryany`j kodeks Ukrainy` // Vidomosti Verhovnoyi Rady` Ukrainy` vid 09.12.2011. – № 48. – 2011. – S. 2024, stattya 536.

3. Aviacijni pravyl`la Ukrainy`, Chasty`na 21 «Serty`fikaciya povitryany`x suden, pov'yazany`x z ny`my` vy`robiv, komponentiv ta obladdannya, a takozh organizacij rozrobnny`ka ta vy`robnny`ka» APU-21 (Part-21), zatverdzheno nakazom Ministerstva infrastruktury` Ukrainy` № 27 vid 17 sichnya 2014 r., zareyestrovano v Ministerstvi yusty`ciyi Ukrainy` № 240/25017 vid 06 lyutogo 2014 r.

4. Aviacijni pravyl`la Ukrainy`, Chasty`na M «Pidtry`mannya l`otnoyi pry`datnosti» APU-M (Part-M), zatverdzheno nakazom Ministerstva infrastruktury`

Ukrayiny` № 85 vid 10 lyutogo 2012 r., zareyestrovano v Ministerstvi yusty`ciyi Ukrayiny` № 333/20646 vid 28 lyutogo 2012 r.

5. Aviacijni pravu`la Ukrayiny`, Chasty`na 145 «Pravy`la sxvalennya organizacij z texnichnogo obslugovuvannya» APU-145 (Part-145), zatverdzheno nakazom Ministerstva transportu ta zv'yazku Ukrayiny` № 209 vid 20 kvitnya 2010 r., zareyestrovano v Ministerstvi yusty`ciyi № 591/17886 vid 02 serpnya 2010 r.

6. Juckevych S.S., Hyzhnjak S.V. Konstrukcyja konkretnogo typu vozdushnogo sudna. Samolet An-140: ucheb. posob. / S. S. Juckevych, S. V. Hyzhnjak. – K.: NAU, 2013. – 160 s.

7. Samolet An-140: Reglament tekhnicheskogo obsluzhivaniya. – V 2 kn. – K.: ANTK im. O.K. Antonova, 2002. – Kn. 2. – 184 s.

Надійшла до редакції 12.12.2020, рассмотрено на редколегії 12.12.2020

### **Аналіз надійності шасі регіонального пасажирського літака Ан-140 на початковому етапі експлуатації**

У статті надано аналіз надійності шасі регіонального пасажирського літака Ан-140 на початковому етапі експлуатації, а також загальні відомості про літак, про передню і основні опори його шасі. У якості показників надійності використані середнє напрацювання на відмову і загальна кількість відмов на початковому етапі експлуатації. Розрахунок показників надійності виконано згідно відмов, отриманих при періодичному технічному обслуговуванні (ПТО) літаків за плановими формами 1Н – 4 Н в організаціях з технічного обслуговування Part – 145 та внесених до відомостей дефектів у відповідності з Керівництвом організації з технічного обслуговування. Вказані форми виконані згідно з Регламентом технічного обслуговування літака Ан - 140 з періодичністю 500±50 льотних годин. Для аналізу надійності шасі вибрано парк з шістьох літаків Ан - 140 і Ан – 140 - 100 з загальним нальотом 12000 годин, які поділені на три групи за датою їх виготовлення та виконаними на них доробок – «Лідерні літаки», «Дороблені літаки» та «Серійні літаки». Умовою вибірки парку літаків є нальот 2000 годин польоту на кожний екземпляр літака та виконані на ньому чотири форми ПТО за нальотом до форми 4 Н. Визначені відмови шасі за екземплярами, за групами, за формами ПТО, середній нальот на відмову і найбільш відмовні елементи системи шасі. Надані залежності кількості відмов шасі кожного літака від форми ПТО, середній нальот на відмову парку літаків і кожного літака окремо, загальна кількість відмов системи шасі за кожним екземпляром літака, найбільш відмовні елементи основної і передньої опори шасі літака.

На підставі результатів аналізу вказаних показників надійності представлені як загальні висновки про розподіл кількості відмов за групами і екземплярами літаків, так і про конкретні найбільш відмовні елементи системи шасі у цілому. Виявлена тенденція зменшення кількості відмов і збільшення середнього нальоту на відмову в залежності від тривалості експлуатації літака і дати його виготовлення.

**Ключові слова:** літак; льотна придатність; безпека польотів; технічне обслуговування; надійність; шасі; відмова; середній нальот на відмову; експлуатація.

## **Reliability analysis of landing gear system regional passenger aircraft Antonov-140 in the initial stage of operation**

The article presents an analysis of the reliability of the chassis of the regional passenger aircraft AN - 140 at the initial stage of operation, as well as general information about the aircraft, front and main supports of its landing gear. The average failure rate and the total number of failures over a period of time are used as reliability indicators. The calculation of reliability indicators is based on failures detected during periodic maintenance (PM) of aircraft on planned forms 1H - 4H in the maintenance organization Part - 145 and entered into defective statements in accordance with the Management Maintenance Organization. These forms are made in accordance with the Aircraft Maintenance Manual of AN - 140 with a frequency of 500±50 flight hours. To analyze the reliability of the chassis selected a fleet of six aircraft AN - 140 and AN - 140 - 100 with a total flight of 12,000 hours and is divided into three groups by the date of their manufacture and the improvements made on them - "Leader Planes," "Refined Aircraft" and "Serial Aircraft". The condition of sampling the fleet of aircraft is the flight time of 2000 hours for each instance and the execution of four forms of PM on a swoop to form 4N. The dependence of the number of failures of the landing gear of each aircraft on the shape of the PM, the average flight to failure of the fleet and each aircraft individually, the total number of failures of the landing system for each instance of the aircraft, the most denied elements of the main and front landing gear of the aircraft are presented.

Based on the results of the analysis of these reliability indicators, both generalized conclusions on the distribution of the number of failures by groups and aircraft instances, and on the specific most denied elements of the chassis system as a whole are presented. The tendency to reduce the number of failures and increase the average flight to failure, depending on the duration of aircraft operation and the manufacture date, has been revealed.

**Keywords:** aircraft; airworthiness; flight safety; maintenance; reliability; landing gear; failure; mean time to first failure; operation.

### **About the authors:**

**Mialitsya Anatoli** – Doctor of Technical Sciences, Professor, National Aerospace University by N.E. Shchukovskiy “Kharkiv Aviation Institute”, Kharkiv, Ukraine, [mak23101940@gmail.com](mailto:mak23101940@gmail.com).

**Shaabdiiev Serhii** – PhD in Engineering sciences, assistant professor, National Aerospace University by N.E. Shchukovskiy “Kharkiv Aviation Institute”, Kharkiv, Ukraine, [s.shaabdiiev@khai.edu](mailto:s.shaabdiiev@khai.edu), <https://orcid.org/0000-0003-3150-1329>.

### **Сведения об авторах:**

**Мялица Анатолий Константинович** – доктор технических наук, профессор, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», г. Харьков, Украина, [mak23101940@gmail.com](mailto:mak23101940@gmail.com).

**Шаабдиев Сергей Шахамидович** – кандидат технических наук, доцент, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», г. Харьков, Украина, [s.shaabdiiev@khai.edu](mailto:s.shaabdiiev@khai.edu), <https://orcid.org/0000-0003-3150-1329>.