

П.П. Ковель, Л.В. Нагорний, О.І. Скляр

Державний науково-дослідний інститут авіації, Київ

ПРО ЗБІЛЬШЕННЯ РЕСУРСНИХ ПОКАЗНИКІВ ВТУЛКОВО-РОЛИКОВИХ ЛАНЦЮГІВ ВЕРТОЛЬОТІВ ТИПУ МИ-8МТ(МТВ), МИ-24

У статті приведено аналіз наявної статистичної інформації про наробіток втулково-роликових ланцюгів, які надходять на авіаремонтне підприємство під час виконання капітального ремонту вертольотів типу Ми-8МТ(МТВ), Ми-24, а також результати аналізу лабораторних випробувань на розрив втулково-роликових ланцюгів нового зразка та зразків, які мають напрацювання більше початково встановленого нормативною документацією. У ході проведення випробувань досліджуваних втулково-роликових ланцюгів, визначено залежність видовження ланцюга та зусилля на його розрив.

Визначено можливість збільшення призначеного ресурсу втулково-роликовим ланцюгам типу Ми-8МТ(МТВ), Ми-24 понад значення, встановлені нормативною документацією.

Ключові слова: втулково-роликовий ланцюг, вертольоти типу Ми-8МТ(МТВ), Ми-24, збільшення призначеного ресурсу, видовження ланцюга, зусилля на розрив, технічний стан.

Вступ

Постановка проблеми. Протягом 2022-2025 років значно збільшилась інтенсивність застосування вертольотів типу Ми-8МТ(МТВ), Ми-24 для виконання спеціальних завдань, що призводить до швидкого вичерпання ресурсу вертолїтного парку.

У даних умовах для підтримання відповідного рівня справності зазначеного парку виникає необхідність мати у наявності та проводити заміну значної кількості агрегатів та комплектувальних виробів, ресурси та строки служби яких відрізняються від ресурсів і строків служби вертольота.

Особливо гостро стало питання щодо заміни втулково-роликових ланцюгів ПР-15,875-2300-1-67 (далі – ланцюг(и)), які відпрацювали попередньо встановлені показники, а саме призначений ресурс.

На теперішній час у державній авіації України для підтримання та відновлення справності вертольотів типу Ми-8МТ(МТВ), Ми-24 впроваджено систему підтримання льотної придатності вертолїтного парку шляхом продовження (збільшення) їм встановлених показників [1, с. 3...13].

З метою визначення можливості збільшення призначеного ресурсу ланцюгів проведено ряд аналітичних та лабораторних досліджень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

У каналі шляхового керування вертольотів типу Ми-8МТ(МТВ) і Ми-24 використовуються ланцюги згідно з ДСТУ ГОСТ 13568:2006 (далі – Стандарт)

[2, с. 1...24], виготовлені відповідно до технічних вимог 2-5200-02ТУ.

Конструкцію ланцюга наведено на рисунку 1.

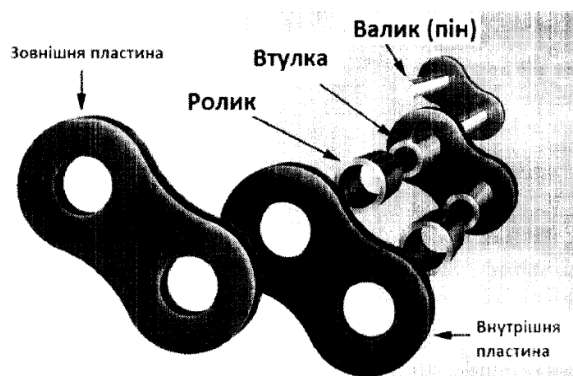


Рис. 1. Конструкція втулково-роликового ланцюга
Джерело: [2, с. 14]

Навантаження ланцюга залежить від режиму роботи рульового гвинта, який призначений для урівноваження реактивного моменту несучого гвинта, а також для забезпечення шляхового керування та шляхової стійкості вертольота. У разі руйнування ланцюга, вертолїт починає обертатися навколо осі несучого гвинта і втрачає підйомну силу.

Режим роботи ланцюга залежить від характеру навантаження лопатей рульового гвинта, які зазнають змінних аеродинамічних та інерційних навантажень, а саме:

- відцентрової сили;
- поперечної сили;
- сили, обумовленою дією Коріолісового прискорення;

згинаючих моментів у площинах змаху та обертання;

крутного моменту навколо повздовжньої осі лопаті.

Найбільш важкими режимами роботи рульового гвинта є повороти вертольота на висінні, різке відхилення педальє при маневруванні і польоті на малій швидкості. Для даних режимів польоту характерна висока потрібна потужність двигунів, а також значний реактивний момент несучого гвинта, який потрібно компенсувати.

Необхідно зазначити, що найбільш навантаженим випадком роботи рульового гвинта є вихід з ковзання на максимальних швидкостях польоту, однак, такий режим, як правило, становить незначну частину циклу вертольота і обмежується інструкцією екіпажу [3, с. 57].

На ланцюг, у найбільш важких умовах експлуатації, діє змінне навантаження на розрив, яке становить від 3 кН до 3,5 кН. Ланцюг здійснює зворотно-поступальний рух з сумарним кутом повороту зірочки, який дорівнює 120° . Максимальна частота зміни зусиль може становити 1,5 Гц.

Міжремонтний ресурс вертольотів типу Ми-8МТ(МТВ) становить 2000 годин [4, с. 1], вертольотів типу Ми-24 – 1000 годин [5, с. 1], що відповідає 108×10^4 циклам навантажень ланцюга.

Результати експериментальних випробувань втулково-роликового ланцюга на стенді показали, що при більше, ніж 540×10^4 циклах навантажень виникають тріщини втоми на втулках ланцюга із-за фретингу в зчленуванні втулка-пластина [6, с. 44...46].

Виявлення тріщин проводилося за такою методикою. Випробовувалися досліджувані ланцюги на стенді до 810×10^4 циклів навантажень (1500 годин ресурсу) з наступним розбиранням ланцюга і дефектуванням шарнірів. Якщо після зазначеного наробітку в деталях з'являлися тріщини, то наступні випробування проводилися з меншим, на 20000 циклів, навантаженням і так далі. Виявлення тріщин за допомогою рентгенівського контролю не дозволяє їх виявити через ненадійність цього виду дефектування.

Експериментально визначено, що тріщини втоми починали з'являтися при 648×10^4 циклах навантажень (1200 годин наробітку), а кількість тріщин від втоми становила до однієї на кожному досліджуваному ланцюгу.

На досліджуваних ланцюгах, які мали видовження більше встановленого при 648×10^4 циклах навантажень, виявляли до чотирьох тріщин втоми.

Застосування під час виготовлення ланцюгів безшовних втулок зі сталі 20Х забезпечує втомну міцність втулок за числа циклів 810×10^4 навантажень (1500 годин ресурсу).

До проведення досліджень зі збільшення призначеного ресурсу ланцюгів вертольотів державної авіації нормативною документацією їм було встановлено такі призначені ресурси:

1500 годин – для вертольотів типу Ми-8Т(Ми-9) [4, с. 4];

1200 годин – для вертольотів типу Ми-14 [8, с. 10];

1000 годин – для вертольотів типу Ми-8МТ(МТВ) [2, с. 8] та Ми-24 [7, с. 7].

Мета статті полягає у науковому обґрунтуванні збільшення призначеного ресурсу ланцюгам вертольотів типу Ми-8МТ(МТВ), Ми-24 для підтримання справності зазначених вертольотів за умови забезпечення на належному рівні надійності цих елементів під час експлуатації.

Виклад основного матеріалу

З метою збільшення призначеного ресурсу ланцюгів вертольотів типу Ми-8МТ(МТВ), Ми-24 проведено лабораторні дослідження семи ланцюгів, а також аналіз записів пономерної документації 278 ланцюгів, які було демонтовано під час виконання капітального ремонту з зазначених типів вертольотів, з яких 99 ланцюгів вертольотів типу Ми-8МТ(МТВ) та 179 ланцюгів вертольотів типу Ми-24 (таблиця 1). Основна причина демонтажу ланцюгів – це надходження в ремонт основного виробу.

Таблиця 1

Розподіл ланцюгів за наробітком з початку експлуатації на час їх зняття з вертольотів типу Ми-8МТ(МТВ) та Ми-24

Тип вертольота	Кількісний розподіл ланцюгів за наробітком з початку експлуатації на час їх демонтажу (%)							
	0-250 годин	250-500 годин	500-750 годин	750-1000 годин	1000-1250 годин	1250-1500 годин	1500-1750 годин	1750-2000 годин
Ми-24	22,3	28,5	21,8	18,4	8,4	-	-	5,6
Ми-8МТ(МТВ)	28,3	12,1	14,1	23,2	9,1	6,1	4	3

Джерело: розроблено авторами

Результати аналізу наробітку, демонтованих під час ремонту ланцюгів, засвідчують, що близько 50 % ланцюгів вертольотів типу Ми-24 та 40 % ланцюгів вертольотів типу Ми-8МТ(МТВ) демонтовано з наробітком до 500 годин з початку експлуатації. Частка ланцюгів, які знято з експлуатації з наробітком від 500 до 1000 годин, становить 49 % вертольотів Ми-24 та 37 % вертольотів типу Ми-8МТ(МТВ). Разом з тим, є ланцюги, які мають наробіток більше 1000 годин – це близько 9 % ланцюгів вертольотів типу Ми-24 та понад 37 % типу Ми-8МТ(МТВ).

Також встановлено, що один ланцюг вертольотів типу Ми-24 та сім ланцюгів вертольотів типу Ми-8МТ(МТВ) мають наробіток значно більший – 1500 годин.

Максимальний наробіток ланцюга на вертольоті типу Ми-24 становить – 1771 годину, а на вертольоті типу Ми-8МТВ – 2002 години.

Зазначені результати аналізу експлуатації ланцюгів свідчать про наявність значних запасів їх призначеного ресурсу.

Під час проведення лабораторних досліджень ланцюгів перевірено геометричні розміри, зусилля на розрив та інші параметри, що впливають на надійність ланцюгів відповідно до вимог Стандарту [2, с. 1...11].

Величину видовження ланцюгів у залежності від наробітку та типу вертольота, на якому проводилася їх експлуатація, наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Величина видовження ланцюгів в залежності від наробітку та типу вертольота, на якому їх експлуатували

№ з/п	Тип вертольота, на якому експлуатувався ланцюг	Наробіток ланцюга, год.	Довжина ланцюга, мм (згідно ТУ 1063,6-1065,2 мм)	Видовження ланцюга, мм
1.	Ми-24	1169	1066,86	+1,66
2.		1064	1067,11	+1,91
3.		1034	1066,62	+1,42
4.		987	1067,37	+2,17
5.		978	1066,54	+1,34
6.		901	1064,36	-
7.		342	1066,08	+0,88
8.		340	1065,09	-
9.		277	1066,24	+1,04
10.	Ми-8МТ (МТВ)	1634	1065,27	+0,07
11.		1068	1066,32	+1,12
12.		642	1066,09	+0,89
13.		515	1065,81	+0,61
14.		407	1066,70	+1,50

Джерело: розроблено авторами

Аналізуючи дані таблиці 2, можна відмітити, що видовження ланцюга залежить, як правило, від його наробітку, при збільшенні наробітку зростає і видовження ланцюга. Але мають місце випадки, коли при значних наробітках видовження ланцюга незначне або взагалі відсутнє. Виявлена і така закономірність, що на вертольотах типу Ми-24 видовження ланцюгів значно більше при тих же наробітках ланцюгів, що і на вертольотах типу Ми-8МТ(МТВ). Це пояснюється значно більшою кількістю переміщень педалей і більшими навантаженнями на ланцюг від лопатей рульового гвинта.

Також досліджено залежність величини відрізків видовження ланцюгів (49 ланок) [2, с. 8] від їх розташування на ланцюгах. Встановлено, що найбільше видовження ланцюгів спостерігається у середній частині. Це пов'язано з тим, що при роботі ланцюга він переміщається на зірочці не по всій довжині, а переважно в середній частині.

Також проведено лабораторні випробування зусиль на розрив ланцюгів, які мають відповідний наробіток та ланцюгів 1 категорії, з метою з'ясування запасу міцності та визначення можливої залежності зусиль на розрив від наробітку. Характер руйнування елементів ланцюга наведено на рис.2.



Рис. 2. Загальний вигляд фрагментів ланцюга після випробування його на розрив
Джерело: розроблено авторами

У ході випробувань встановлено, що: руйнування ланцюгів відбувається по валикам; залежності величини зусилля на розрив ланцюгів від їх видовження не виявлено; величина зусиль на розрив усіх досліджуваних ланцюгів більше від встановленої Стандартом на 12,8 % ... 13,7 %.

Слід зазначити, що на ланцюгах, демонтованих з вертольотів, які перебували в

експлуатації значно більше, ніж передбачено нормативною документацією, виявлено такі дефекти:

раковини на головках валиків від 12 до 22 штук;

поверхнева корозія зовнішньої та внутрішньої поверхні пластин. При цьому площа корозії пластин становить від 5 % до 23 %;

наявна корозія на одному з ланцюгів на поверхні – 17 роликів;

потемніння головок валиків;

потемніння поверхні роликів (на деяких ланцюгах від 65 % до 100 %).

Усі досліджувані ланцюги мали легку без заїдань рухливість, захисне покриття пластин задовільне, але є ланцюги, на яких воно порушено до основного металу.

Висновки

За результатами досліджень встановлено:

1. Збільшення призначеного ресурсу втулково-роликівим ланцюгам ПР-15,875-2300-1-67 вертольотів типу Ми-8МТ(МТВ), Ми-24 понад

1000 годин можливе [9].

2. Під час роботи ланцюгів виникає їх видовження на величину, яка залежить від їх наробітку. Видовження ланцюгів на вертольотах типу Ми-24 більше, ніж на вертольотах типу Ми-8МТ(МТВ).

3. Величина зусиль на розрив ланцюгів мало залежить від їх видовження. Руйнування ланцюгів 1 категорії і тих, які мали наробіток відбувається на валиках.

4. На ланцюгах, які мали наробіток, після їх препарування на елементах ланцюгів тріщин не виявлено.

Напрями подальших досліджень. Подальші дослідження доцільно спрямувати на визначення впливу наробітку на технічний стан ланцюгів після відпрацювання ними призначеного ресурсу шляхом проведення лабораторних досліджень геометричних характеристик, зусиль на розрив та відсутності тріщин на елементах ланцюгів. Важливо також дослідити вплив тривалих строків експлуатації на надійність ланцюгів.

Список літератури

1. Наказ Міністерства оборони України від 16.02.2015 року № 68 “Про затвердження Порядку продовження (збільшення) встановлених показників виробів авіаційної техніки державної авіації, за якими не здійснюється авторський нагляд”.

2. ДСТУ ГОСТ 13568:2006. Цепи приводне роликівые и втулочные. Общие технические условия. (ГОСТ13568-97 (ИСО 606-94), IDT; ISO 606:1994, NEQ). - 24 с.

3. Руководство по летной эксплуатации вертолета Ми-8МТВ. - М. 2000. – 576 с.

4. Вказівка головного інженера авіації Повітряних Сил Збройних Сил України “Про встановлення ресурсів та строків служби вертольотів Ми-8МТ(МТВ) та їх модифікацій ”(зі змінами) від 01.06.2016 № 1236(0016).

5. Вказівка головного інженера армійської авіації Сухопутних військ Збройних Сил України “Про встановлення ресурсів та строків служби вертольотів типу Ми-24 та їх модифікацій” від 16.06.2021 № 235(0021).

6. Романовский Б. Повышение долговечности роликковых цепей, используемых в вертолетах, Пензенский технологический институт. URL. [Електрон. ресурс] – Режим доступу: https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/123456789/15774/2/TSTUB_1999v4n3_Romanovsky_B-ncreasing_endurance_of_44-47.pdf.

7. Вказівка головного інженера авіації Повітряних Сил Збройних Сил України “Про встановлення ресурсів та строків служби вертольотам Ми-8 та Ми-9” № 1339(0017) від 15.02.2017.

8. Вказівка головного інженера авіації Військово-Морських Сил Збройних Сил України “Про встановлення ресурсів та строків служби вертольотів типу Ми-14” № 154/31/1-494 від 21.07.2018.

9. Звіт про результати виконання робіт та досліджень щодо можливості збільшення призначених показників втулково-роликівому ланцюгу ПР-15,875-2300-1-67, звіт ДНДІА, 2024. - 145 с.

Надійшла до редколегії 13.10.2025

Схвалена до друку 20.11.2025

Відомості про авторів:

Ковель Петро Петрович

кандидат технічних наук
старший науковий співробітник
провідний науковий співробітник
Державного науково-дослідного інституту авіації,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-3099-4467>

Нагорний Леонід Вікторович

науковий співробітник
Державного науково-дослідного інституту авіації,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-7489-5172>

Скляр Олександр Іванович

кандидат технічних наук
старший науковий співробітник
старший науковий співробітник
Державного науково-дослідного інституту авіації,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-4176-8821>

Information about the authors:

Petro Kovel

Candidate of Technical Sciences
Senior Researcher
Leading Researcher
of State Research Institute of Aviation,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-3099-4467>

Leonid Nagorniy

Research Associate
of State Research Institute of Aviation,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-7489-5172>

Oleksandr Sklyar

Candidate of Technical Sciences
Senior Researcher
Senior Researcher
of State Research Institute of Aviation,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-4176-8821>

**ON INCREASING THE RESOURCE INDICATORS OF BUSHING-ROLLER CHAINS OF
HELICOPTERS OF THE MU-8MT (MTV), MU-24**

P. Kovel, L. Nagorniy, O. Sklyar

The article highlights the problematic issue of intensive depletion of the intended resource of helicopters of the Mu-8MT (MTV), Mu-24 type, as well as their component products, the resources and service lines of which differ from the resources and service periods of helicopters. One of such products is bushing-roller chains.

The design of the bushing-roller chain, its operating modes and characteristic loads, which depend on the change in the operation of the steering propeller under the action of aerodynamic and inertial forces, are described such as: centrifugal and transverse forces; forces due to the action of Coriolis acceleration; bending moments in the planes of sweep and rotation; torque about the longitudinal axis of the propeller blade. It was determined that the greatest loads on the chain are exerted during helicopter turns in hover mode, sharp pedal deflection during maneuvering, and low-speed flight. These flight modes are characterized by high engine power requirements and significant main rotor reaction torque, which is balanced by the tail rotor.

To resolve the issue of extending the intended service life of the specified component products, an analysis of their regulatory and technical documentation, operation results, and laboratory tests were conducted. Laboratory tests included determining the breaking forces of chains with appropriate service life and category 1 chains, in order to determine the safety margin and determine the possible dependence of breaking forces on service life.

According to the results of the conducted research, it was established that it is possible to increase the intended resource of bushing-roller chains of the Mu-8MT(MTV), Mu-24 type beyond the value established by the regulatory documentation. It was also established that the magnitude of the breaking force of bushing-roller chains does not significantly depend on their elongation, and the destruction occurs on the rollers.

Studies of bushing-roller chains that had the appropriate service life showed the absence of cracks on them, and the greatest elongation of the chains is observed in the middle part.

Keywords: bushing-roller chain, Mu-8MT(MTV) and Mu-24 helicopters, resource, laboratory tests, chain elongation, breaking force, extension of designated indicators.