

УДК 629.7.083

А.П. Бойко

Державний науково-дослідний інститут авіації, Київ

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ ВИСОКОНАВАНТАЖЕНОГО ВУЗЛА КРІПЛЕННЯ ПІДРЕДУКТОРНОЇ РАМИ ВЕРТОЛЬОТІВ ТИПУ МІ-8МТ ПРИ ВИРІШЕННІ ПИТАНЬ ПРОДОВЖЕННЯ ПРИЗНАЧЕНИХ ПОКАЗНИКІВ

У статті пропонується практична методика аналізу навантаження і роботи болтового з'єднання з попереднім натягом вузла кріплення підредукторної рами вертольота для проведення міцнісних і ресурсних випробувань при вирішенні питань продовження призначених показників.

Ключові слова: вертоліт, болтове з'єднання, підредукторна рама, призначений показник.

При дослідженні можливостей продовження міжремонтного ресурсу вертольотам типу Мі-8МТ понад 1000 годин постали задачі оцінки залишкової міцності силової конструкції вертольота з значним

напрацюванням. Важливим, з точки зору визначення запасу ресурсу планера вертольота, є елементи конструкції фюзеляжу, через які проходить основний потік навантажень від несучого гвинта (рис. 1).

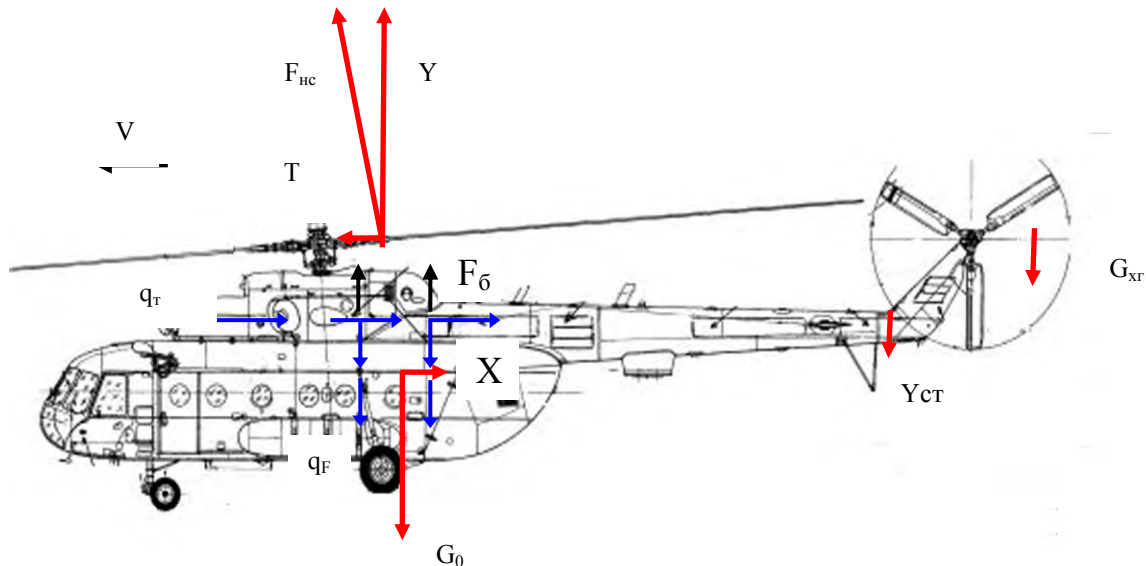


Рис. 1. Силві потоки у фюзеляжі вертольота при горизонтальному польоті:

$q_г, q_ф$ – потік повздовжніх зусиль в силових елементах фюзеляжу від сил T і $F_б$; $F_{нс}$ – повна аеродинамічна сила несучого гвинта; Y, T – вертикальна і горизонтальна складові аеродинамічної сили; X – сила лобового опору вертольота; $Y_{ст}$ – аеродинамічна сила стабілізатора; $G_0, G_{хр}$ – сили ваги вертольота і хвостового гвинта

На шляху передачі навантажень від несучого гвинта вертольота знаходиться підредукторна рама, яка кріпиться чотирма болтами 8А-080008 до силових шпангоутів фюзеляжу №7 і №10 (рис. 2).

Висока надійність з'єднання підредукторної рами до фюзеляжу при дії змінних навантажень, що виникають у польоті, в значній мірі забезпечена застосуванням попередньої затяжки болтів за допомогою спеціального тарированого ключа 8АТ-9103-10 з головкою 8АТ-9102-110 і моментом затягу $M_{зат} = 900$ Нм. Схема сил та переміщень для такого попередньо затягнутого з'єднання підредукторної рами показана на рис. 3.

При конструюванні болтового з'єднання вертольота типу Мі-8МТ вирішені три пов'язані між собою технічні задачі:

забезпечення необхідної міцності з'єднання;

раціональне використання ресурсних можливостей болта;

забезпечення щільності стику у з'єднанні.

Міцність з'єднання визначається міцністю болта, тобто напруженням розтягу у перерізі з найменшим діаметром. Раціональне використання ресурсних можливостей болта при змінних навантаженнях забезпечується попередньою затяжкою болта.

Якщо зовнішнє навантаження на болт змінюється від 0 до F (рис. 3), то амплітуда змінних напружень у перерізі болта складає

$$\sigma_a = F_б / 2S_б$$

а середнє напруження

$$\sigma_{ср} = F_0 + 0,5 F_б / S_б,$$

де F_0 – сила попереднього затягу з'єднання; $S_б$ – площа болта у найменшому перерізі.

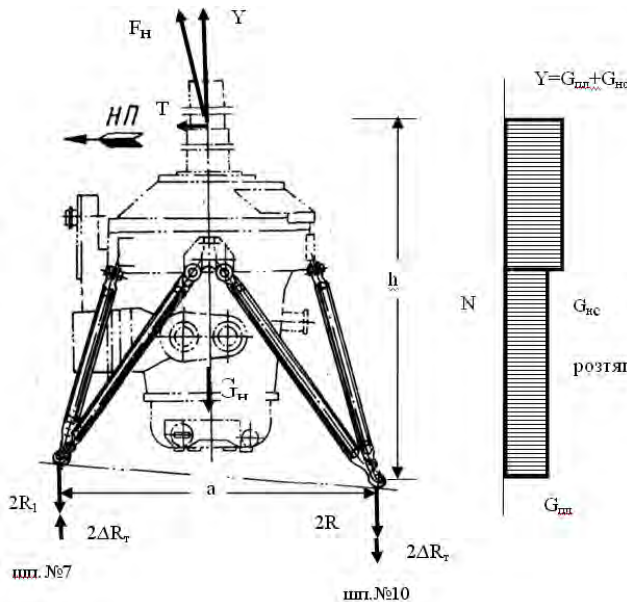


Рис. 2. Навантаження підредукторної рами під час горизонтального польоту та епюри нормальних сил N:

F_{nc} – вертикальна сила тяги від несучого гвинта; T – горизонтальна сила тяги від несучого гвинта; $R_1, \Delta R_T$ – сили реакцій у вузлах на шпангоутах №7, №10 в місцях кріплення підредукторної рами; $G_{пл}, G_{nc}$ – сили ваги планера і несучої системи

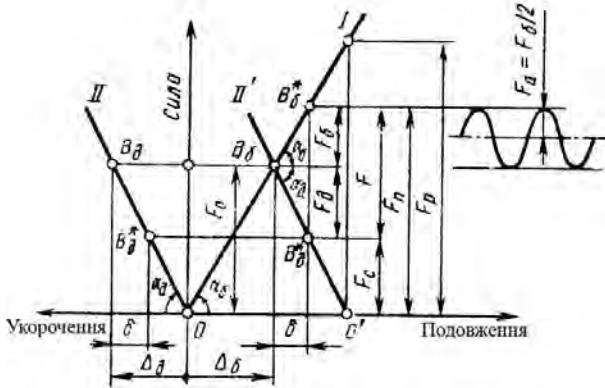


Рис. 3. Діаграма сил та переміщень, що діють у болтовому з'єднанні з попередньою затяжкою болта

Практика і експериментальні дослідження показують, що міцність попередньо затягнутих болтових з'єднань при змінних навантаженнях визначається амплітудою напружень σ_a , чим менше σ_a , тим більше довговічність і ресурс з'єднання [1].

Важливою задачею в експлуатації є зниження зовнішнього навантаження на болт F_0 , бо він піддається розтягу, в той час, як пакет з'єднання на шпангоуті стискається, а втомні пошкодження виникають тільки у розтягнутому болті.

Сила, що приходиться на болт у попередньо затягнутому з'єднанні

$$F_0 = \chi \cdot F,$$

де F – зовнішнє навантаження з'єднання; $\chi = \lambda_d / (\lambda_b + \lambda_d)$ – коефіцієнт основного навантаження (доля зовнішнього навантаження, що сприймається болтом у попередньо затягнутому з'єднанні;

$\lambda_b = l_b / E_b S_b$, $\lambda_d = l_d / E_d S_d$ – податливості болта і деталей шпангоута; l_b, l_d – довжина деформованої частина болта і товщина стиснутих деталей шпангоута; E_b, E_d – модулі пружності матеріалів болта та шпангоута.

Для збільшення податливості болтів їх іноді виготовляють зі змінним діаметром по довжині, що виконано і на болтах 8А-0800-08 вертольотів типу Мі-8МТ [3].

Для такого болта

$$\lambda_b = \frac{1}{E_b} \sum_{i=1}^n \frac{l_{bi}}{S_{bi}},$$

де l_{bi}, S_{bi} – довжина і площа перерізу болта на i -тій ділянці.

При конструюванні попередньо затягнутих болтових з'єднань формулюються дві важливі практичні вимоги:

– так як у попередньо затягнутому з'єднанні зовнішні навантаження передаються на болт тільки частково, то попередня затяжка болта є ефективним засобом підвищення довговічності з'єднання;

– для підвищення довговічності болтового з'єднання необхідно зменшувати коефіцієнт основного навантаження χ за рахунок зниження податливості деталей стиснутого шпангоута λ_d (підвищення їх жорсткості) і збільшення податливості болта λ_b (рис. 3).

Щільність стику забезпечується залишковою силою F_c у з'єднанні при усіх можливих видах навантажень. Зовнішнє навантаження F зменшує силу у стику F_c деталей до значень

$$F_c = F_0 - F_d = F_0 - (1 - \chi) \cdot F.$$

Для запобігання розкриття стику повинні виконуватися умови $F_c > 0$, тоді мінімальна сила попередньої затяжки болта

$$F_{0min} > (1 - \chi) \cdot F.$$

Для більшості з'єднань приймають

$$F_{0min} = v(1 - \chi) \cdot F,$$

де v – запас щільності стику (для постійних навантажень $v = 1,25 \div 2,00$, для змінних навантажень $v = 2,5 \div 4,0$) [1].

Мінімальну силу попередньої затяжки болтового з'єднання можна також визначити знаючи максимальне зовнішнє навантаження (рис. 3).

Такі з'єднання в експлуатації потребують періодичного контролю правильності попередньої затяжки болта спеціальним тарированим ключем.

При визначенні залишкової міцності одного з елементів конструкції на шляху передачі основних навантажень від несучого гвинта на силові шпангоути фюзеляжу було прийнято рішення провести дослідження найбільш критичних елементів на цьому шляху, а саме – з'єднувальних болтів 8А-0800-08 кріплення підредукторної рами до силових шпангоутів №7 і №10 (рис. 2).

У роботі проведено дослідження болтів кріплення підредукторної рами вертольота типу Мі-8МТ у з'єднанні на шпангоуті № 10 з урахуванням і повздовжньої сили тяги T несучого гвинта при горизонтальному польоті. Якщо прийняти, що $T = 0,25Y$ (основні режими польоту вертольота), а $Y = mg$, де $m_0 = 13000$ кг розрахункова польотна маса вертольота, то $T = 31880$ Н. З рівності моментів на підредукторній рамі $Th = 2\Delta R_{\sigma} \cdot a$, де $h \approx a$ визначимо $\Delta R_{\sigma} = 0,5T = 15900$ Н (рис. 2). Сумарна сила на болт F_{Σ} при перевантаженні $n_y = 1$ у горизонтальному польоті, складається з сили F_1 , що зрівноважує силу ваги планера вертольота $G_{пл}$ і сили ΔR_{σ} , яка обумовлена горизонтальною складовою T – тяги несучого гвинта

$$F_{\Sigma} = F_1 + \Delta R_{\sigma} = 42260 \text{ Н},$$

де $F_1 = G_{пл} \cdot n_y / 4 = 26360$ Н; $G_{пл} = G_0 - G_{нс} = (m_0 - m_{нс})g = 105450$ Н; $m_{нс}$ – маса лопатей,

втулки, редуктора та підредукторної рами.

Тоді сила, що приходиться на болт від зовнішнього навантаження у горизонтальному польоті з $n_y = 1$

$$F_{\sigma 1} = \chi \cdot F_{\Sigma} = 19270 \text{ Н}.$$

Повна сила на болт з урахуванням попередньої зтяжки болта (рисунок 3)

$$F_{пл} = F_0 + F_{\sigma 1} = 204470 \text{ Н},$$

де $F_0 = 185200$ Н – сила попередньої зтяжки болта, яка визначена через момент затягування тарированим ключем 8АТ-9103-10 з головкою 8АТ-9102-110.

Напруження у перерізі болта

$$\sigma_{\sigma 1} = F_{пл} / S_{\sigma} = 289,6 \text{ МПа}.$$

Аналогічно були виконані розрахунки навантаження задніх болтів кріплення підредукторної рами до силового шпангоута № 10 на інших режимах польоту при виконанні типових маневрів (результати наведено у табл. 1) [2].

Таблиця 1

Навантаження болтів кріплення підредукторної рами до силового шпангоута №10 на різних режимах польоту вертольота типу Мі-8МТ

Параметри	Режими польоту				
	Стоянка, $n_y = 1,0$	Висіння, $n_y = 1,0$	Горизонтальний політ, $n_y = 1,0$	Віраж, $n_y = 1,1$	Вихід на "горку", $n_y = 1,5$
F_m , Н	182713	197256	213185	234504	319777
$\sigma_{\sigma 1}$, МПа	258,8	279,4	289,6	318,6	434,4
$\sigma_{\sigma 1}$, кг/мм ²	26,4	28,5	29,5	32,5	44,3

Висновок

Відпрацьована практична методика розрахунку високонавантаженого вузла кріплення підредукторної рами при дослідженні можливостей збільшення ресурсних показників вертольотів типу Мі-8МТ.

За результатами аналізу реального навантаження болтів 8А-0800-08 вертольотів типу Мі-8МТ у польоті на типових режимах сформовані вихідні дані для відпрацювання програми міцнісних і ресурсних випробувань болтів на АНТК Антонов. Матеріали дослідження болтів кріплення підредукторної рами є передумовою для визначення можливостей продовження міжремонтного ресурсу вертольотів

типу Мі-8МТ понад 1000 годин. Методика може бути поширена на інші типи вертольотів.

Список літератури

1. Иосилевич Г.Б. Детали машин. – М.: Машиностроение, 1988. – 368 с.
2. Гудков А.И., Лешаков П.С. Внешние нагрузки и прочность летательных аппаратов. – М.: Машиностроение, 1968. – 470 с.

Надійшла до редколегії 2.10.2008

Рецензент: д-р техн. наук, ст. наук співр. І.М. Ратніков, Державний науково-дослідний інститут авіації, Київ.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ ВЫСОКОНАГРУЖЕННОГО УЗЛА КРЕПЛЕНИЯ ПИДРЕДУКТОРНОЙ РАМЫ ВЕРТОЛЕТОВ ТИПА МИ-8МТ ПРИ РЕШЕНИИ ВОПРОСОВ ПРОДОЛЖЕНИЯ НАЗНАЧЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

А.П. Бойко

В статье предлагается практическая методика анализа нагрузки и работы болтового соединения с предыдущим натягом узла крепления подредукторной рамы вертолета для проведения прочностных и ресурсных испытаний при решении вопросов продолжения назначенных показателей

Ключевые слова: вертолет, болтовое соединение, подредукторная рама, назначенный показатель.

METHOD OF RESEARCHES OF HIGH-RATE KNOT OF FASTENING OF PIDREDUKTORNOY OF FRAME HELICOPTERS OF TYPE OF MI-8M AT DECISION OF QUESTIONS OF CONTINUATION OF THE APPOINTED INDEXES

A.P. Boyko

In the article the practical method of analysis of loading and work of screw-bolt connection is offered with previous натягом of knot of fastening of reducing subgear frame of helicopter for the leadthrough of strengthening and resource tests at the decision of questions of continuation of the appointed indexes

Keywords: helicopter, screw-bolt connection, reducing subgear frame, appointed index.