

ну, динамічну складову рухомого газу і хвильову складову пульсацій газу. На підставі встановленої залежності можна описувати широке коло задач.

5.9. Пошкоджувальна дія вибуху пневматичної шини на конструкцію відсіку шасі літака

Аналіз пошкоджувальної дії місцевої хвилі і надлишкового тиску в ніші шасі проведено для РРЛ, схему шасі якого (в випущеному і прибраному положеннях) наведено на рис. Н.2 [270]. У результаті аналізу конструкції декількох типів існуючих і розроблюваних літаків виявлено, що найвразливішими для дії газу внаслідок вибуху шин є стулки ніш шасі. У разі руйнування конструкції аж до відділення ступок від літака можуть виникнути:

- труднощі в пілотуванні літака через порушення його аеродинамічного обтікання;
- враження відокремленими фрагментами ступок маршових силових установок і хвостового оперення;
- пошкодження агрегатів паливних систем;
- розгерметизація гідравлічних систем;
- пошкодження системи прибирання–випускання шасі, що перешкоджає його постановці на замки випущеного положення, перед посадкою.

У разі місцевих руйнувань та деформацій конструкції ступок можливі попадання фрагментів конструкції в життєво важливі системи та обладнання. Крім того, деформація може порушити їх належну роботу.

Параметри газу в ніші шасі і силова дія газу на конструкцію визначаються відповідно до рівнянь (3.1), (3.4), (4.3) [355]. Приріст тиску газу (ΔP) у даній точці хвиль збурення в залежності від зміщення Y за координатою X визначатимемо за

$$\text{формулою } \Delta P = -\rho_0 W_s^2 \frac{\partial Y}{\partial X}.$$

Частинні розв'язки встановлених залежностей наведено в [354]. Розглянуто параметри газу зі змінною масою в ніші шасі. Отримано рівняння кількості руху в

двох перетинах: $G_2^{(1)} \vec{W}_2 - G_1^{(1)} \vec{W}_1 + G_2 \vec{W}_2 - G_1 \vec{W}_1 = \vec{F}$, де $G_1^{(1)}, G_2^{(1)}, G_1, G_2$ – витрата газу в об'ємі для двох мас у двох перетинах відповідно. Встановлено два режими течії газу: $m^{(1)} = 0$, $G^{(1)} = 0$ і $m^{(1)} = const$, $G^{(1)} = const$. Для другого режиму отримано рівняння головного вектора діючих сил: $2G(\vec{W}_2 - \vec{W}_1) = \vec{F}$. Відповідно до отриманого рівняння головний вектор діючих сил у порівнянні з роботою [74] збільшується в два рази. Розроблене рівняння описує нестационарний режим течії за змінної маси в досліджуваному об'ємі.

У процесі зміни тиску газу відбувається деформація шини. Для вивчення впливу пружних властивостей шини на результати моделювання проведено експериментальні дослідження. Аналіз цих випробувань показує, що зміна об'єму внутрішньої порожнини від надлишкового тиску газу в шині можна описати лінійною залежністю: $Y = V/V_0 = k \times P_{изб} + 1$, де V – об'єм шини за заданого тиску; V_0 – об'єм шини за відсутності надлишкового тиску в шині; $P_{изб}$ – надлишковий тиск у шині; k – коефіцієнт, який визначається за експериментальними даними. На підставі експериментальних даних випробувань натурних шин отримано значення коефіцієнта, який дорівнює $k = 0,078 \times 10^{-6}$. У процесі збільшення тиску газу в шині накопичується додаткова енергія деформації. Величина цієї енергії дорівнює роботі $L = (V - V_0)P_{изб} / 2$. У разі зменшення тиску газу накопичена енергія перетворюється за допомогою сил пружності на зміну тиску газу в пневматику.

Вважаючи розподіл тиску по поверхні стулки постійним, опишемо цю величину (p). Для прибраного положення і закритих ступок основного шасі, встановленого на фюзеляжі літака, за рекомендаціями [170] визначаємо коефіцієнт тиску $\bar{p} = -0,35$. У табл. 5.2 зводимо результати розрахунків для польотів з максимальною експлуатаційною швидкістю $V_{екс}^{max} = 500 \text{ км/год}$.

На підставі розроблених рівнянь (3.1), (3.4), (4.3) проведено числовий аналіз газодинамічних процесів у ніші шасі під час вибуху пневматика. Дослідження проведено на висоті 12500 м з об'ємом пневматика $0,2 \text{ м}^3$, тиском газу в пневматику

861263 Па, площею розриву пневматика $0,0064 \text{ м}^2$, об'ємом ніші шасі $0,2 \text{ м}^3$, площею зовнішньої негерметичності стулок $0,0064 \text{ м}^2$.

Таблиця 5.3

Залежність тиску газу (p) на стулці від висоти польоту (H) і тиску газу в потоці, що набігає (p_∞)

H	m	0	400	6000	8000	11000
p_∞	МПа	0,101	0,0966	0,0472	0,0357	0,018
p	МПа	0,0972	0,0925	0,0431	0,0316	0,0139

У результаті проведених числових досліджень за умови розриву пневматичної шини встановлено залежності зміни тиску газу в ніші шасі в часі від зарядного тиску газу в пневматику, температури газу в пневматику, висоти польоту літака, об'єму шини, об'єму ніші шасі, площі отвору в шині, ступеня герметичності стулок, несучої здатності стулки [270].

Вплив величини зарядного тиску газу в пневматику на тиск газу в ніші шасі наведено на рис. Н.3. Для досліджуваної конструкції ніші шасі у разі підвищення зарядного тиску в пневматику відбувається пропорційно збільшення тиску газу в ніші шасі в $\sim 3,4$ разу. Унаслідок розриву пневматика тиск газу в ніші шасі зростає і досягає максимального значення для досліджуваних зарядних тисків через $\sim 0,14$ с і становить 470813 Па. Тиск газу в ніші шасі через 1 с вирівнюється і практично не залежить від зарядного тиску газу в пневматику.

На тиск газу в ніші шасі істотно впливає температура газу в пневматику. За умови підвищення температури газу від -60°C до $+125^\circ\text{C}$ тиск газу в ніші шасі знижується і через 0,38 с досягає максимальної різниці тисків газу – 22230 Па. Зниження тиску газу з підвищенням температури можна пояснити тим, що витрата газу з пневматика пропорційна $1/\sqrt{T_0}$. Підвищення температури газу в пневматику призводить до зменшення витрати газу з пневматика в нішу шасі, і тому тиск газу в ніші шасі зменшується. З підвищенням температури газу час зміни параметрів в ніші шасі зростає до (3–4) с.

За умови польотів літака на різних висотах тиск газу в ніші шасі істотно змінюється. Зі збільшенням висоти польоту літака до 12500 м за інших рівних умов

тиск газу в ніші шасі зменшується і досягає максимального значення 49292 Па через 0,32 с. За умови збільшення висоти польоту на стулках шасі збільшується перепад тиску газу з 28698 Па до 35392 Па. Максимальне його значення досягається через $\sim 0,3$ с.

Одним із параметрів, який впливає на тиск газу в ніші шасі, є об'єм шини. За умови збільшення об'єму шини максимальний тиск газу в ніші збільшується з 29354 Па (об'єм шини $0,08 \text{ м}^3$) до 156939 Па (об'єм шини $1,2 \text{ м}^3$). Істотний вплив на параметри газу в ніші шасі має об'єм шини понад $0,2 \text{ м}^3$.

Істотний вплив на параметри газу в ніші шасі має об'єм ніші шасі. Максимальний тиск газу ($P_0 = 244641 \text{ Па}$) в ніші шасі досягається за рівності об'ємів ніші шасі і шини. Отримано незначну зміну тиску газу в ніші за умови збільшення ніші шасі понад $1,4 \text{ м}^3$. Тому оптимальною є ніша шасі з об'ємом $\sim 1,5 \text{ м}^3$.

З огляду на те, що нормативні вимоги не містять конкретних рекомендацій щодо площі отвору в шині за умови вибуху пневматика, було проведено дослідження впливу зміни площі з $0,0032 \text{ м}^2$ до $0,12 \text{ м}^2$ (рис. Н. 4). У разі збільшення площі отвору в шині тиск газу в ніші шасі збільшується нерівномірно. З результатів проведених розрахунків випливає, що площа отвору в шині понад $0,013 \text{ м}^2$ не має істотного впливу на зміну тиску газу в ніші шасі. Максимальний тиск газу отримано в ніші шасі $P_0 = 335503 \text{ Па}$ за площі отвору в шині $0,12 \text{ м}^2$. Таким чином, для кожної конструкції є площа отвору в шині, понад яку виконувати газодинамічні розрахунки недоцільно.

У відсіку ніші шасі встановлюють різні агрегати, стулки, які містять деякі нещільності. За надлишкового тиску в ніші шасі через нещільності відбуваються витоки газу. Залежно від ступеня герметичності змінюється тиск газу в ніші шасі (рис. Н. 5). У разі абсолютної герметичності ніші шасі ($S = 0$) максимальний надлишковий тиск у ніші шасі не може перевищити $P_0 = 360236 \text{ Па}$. Зі зменшенням ступеня герметичності ніші шасі до $S = 0,08 \text{ м}^2$ тиск газу в ніші шасі зменшується і досягає свого максимального надлишкового тиску $P_0 = 33275 \text{ Па}$ через 0,04 с.

У процесі вирішення багатьох практичних завдань виникає необхідність визначити несучу здатність конструкції стулок, яка б забезпечувала цілісність ніші

шасі. Розв'язання цієї задачі виконують числовим методом шляхом порівняння перепаду тиску на стулці із заданою несучою здатністю. У разі, коли в процесі перетікання газу перепад тиску на стулці перевищить задану несучу здатність, буде встановлено додаткову площу отвору на стулці. Додаткова площа отвору встановлюватимуть доти, поки на всіх режимах течії газу реальний перепад тиску не стане меншим від заданої несучої здатності конструкції. Для несучої здатності стулки $dY = 4100$ Па рекомендується встановити додаткову площу $\Delta F = 0,1128$ м², для $dY = 0,084$ м² – $\Delta F = 0,084$ м².

Відповідно до рівнянь (3.1), (3.4), (4.3) деформація пневматика впливає на газодинамічні процеси. Вперше встановлено залежність впливу пружних властивостей пневматика на тиск газу в ніші шасі, яка показана на рис. Н. 6. Практично у всьому діапазоні зміни тиску газу відбувається збільшення тиску газу. За умови зміни пружних властивостей пневматика максимальний тиск газу досягнуто $P_0 = 117550$ Па через 0,07 с.

Встановлене обладнання в ніші шасі піддається впливу рухомого потоку. Імпульс сили від дії газового струменя унаслідок розриву пневматика з максимальною температурою не перевищує величини 1352 нс. Встановлювати обладнання поблизу пневматика (до (15 ... 20) мм) недоцільно. Конструкція обладнання поблизу пневматика піддається максимальному циклічному навантаженню з амплітудою за тиском ~ 455700 Па.

Таким чином, на підставі встановлених залежностей процесів раптової зміни параметрів газу вперше проведено газодинамічні дослідження у відсіках передньої і основної нішах шасі за умови розриву пневматика на експлуатаційних режимах польоту ЛА. Встановлено нові залежності зміни тиску газу в відсіках ніш шасі при розриві пневматика від конструктивних параметрів пневматика і відсіків шасі, а також газодинамічних параметрів рухомого газу. Отримані дані дозволили провести оцінювання максимального силового впливу газу на конструкцію відсіків і розташованого в них обладнання. Вперше за умови вибуху пневматика в нішах шасі сертифіковані відповідно до вимог пункту 25.729 (f) АП-25 і FAR-25 цивільний транспортний літак (ЦТЛ), РПЛ, РРЛ.