

УДК 629.7.083

ДОБРИДЕНКО О.М., начальник науково-дослідного управління, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник

СТРЕЛА М.С., ад'юнкт

МАНУЛІН Ю.О., заступник начальника науково-дослідного відділу

ПОБУДОВА МОДЕЛІ ТА РОЗРАХУНОК НА МІЦНІСТЬ СТУЛКИ ПОВІТРОЗАБІРНИКА ЛІТАКА ТИПУ МІГ-29

В статті побудовано модель силової взаємодії елементів конструкції стулки верхнього входу повітрязабірника, перевірена її працездатність та проведені розрахунки на міцність в залежності від частоти коливань стулки

Ключові слова: стулка верхнього входу повітрязабірника, математична модель, розрахунки на міцність, коливання, частота

Стулка верхнього входу повітрязабірника (далі – ПЗ) літака МіГ-29 є однією з найбільш динамічно навантажених частин силового набору напливу крила літака, а також і однією з найбільш відповідальних силових елементів конструкції. Під час польоту літаків типу МіГ-29 спостерігається значні коливання стулочок верхнього входу ПЗ. Ці коливання приводять до додаткового навантаження силового набору стулочок, зокрема здійснюється здвигові відносні деформації зовнішньої та внутрішньої обшивок. Зсув обшивок у різних напрямках додатково навантажує заклепки, які з'єднують ці обшивки.

При різних режимах польоту вимушені коливання стулочок різні. Особливо стає напруженим режим при виконанні маневрів з утворенням у результаті відриву потоку з передньої кромки на великих кутах атаки вихрових течій над напливом крила, а також через різні режими роботи двигунів. Вихрові течії нестационарні і створюють перемінний тиск на поверхні напливу та над стулками ПЗ. Це призводить до збільшення вже існуючих коливань стулочок ПЗ.

З наявних відеоматеріалів встановлено, що на крейсерському режимі роботи двигунів стулочка ПЗ виконує коливання відносно своєї осі обертання із частотою приблизно $\nu = 5 \text{Гц}$.

Для розрахунку виникаючих напружень σ , необхідно знайти силу F , з якою стулочка діє в момент удару об нерухому опору.

За джерелом [1] та за відомими значенням частоти коливань (відкриття-закриття), маси стулочки та її геометрії є можливість приблизно підрахувати максимальну силу зіткнення стулочки з упором $F=116,25 \text{ Н}$.

Алгоритм побудови математичної моделі розрахунку полягає в наступному:

1. Побудова математичної моделі з використанням креслень розробника.
2. Її фрагментації скінченими елементами.

3. Закладання умов механічної взаємодії між деталями конструкції, формуванні крайових умов [2].

4. Порівняння деформації, що виникає при моделюванні із натурним об'єктом для визначення достовірності відображаємих результатів.

Для цього застосовано сучасний програмний комплекс SolidWorks, який дозволяє розв'язувати прикладні задачі механіки твердого деформованого тіла за різноманітних граничних умов навантаження.

Загальний вид натурального об'єкту (стулка ПЗ, яка зазнала пластичних деформацій внаслідок експлуатації) представлений на рис. 1.



Рис. 1. Загальний вигляд стулки ПЗ

Використовуючи креслення розробника та натурний об'єкт, зроблено об'ємну модель у тривимірному просторі. При побудові сітки кінцевих елементів, їх кількість задавалися програмно і забезпечували похибку розрахунків до 2 %. Зокрема використовувалися трикутні, призматичні, тетраедричні та інші просторові елементи. Неструктурована комбінована розрахункова сітка складалася із 55544 елементів, які з'єднанні у 101011 вузлах (рис. 2). Для опису стану матеріалу приймалися лінійні фізичні співвідношення механіки твердого тіла. Поверхня шліц-шарніра жорстко закріплювалася. Другий вузол – шарнірно. Фізичні властивості матеріалу вибрані як для алюмінієвого сплаву Д-16.

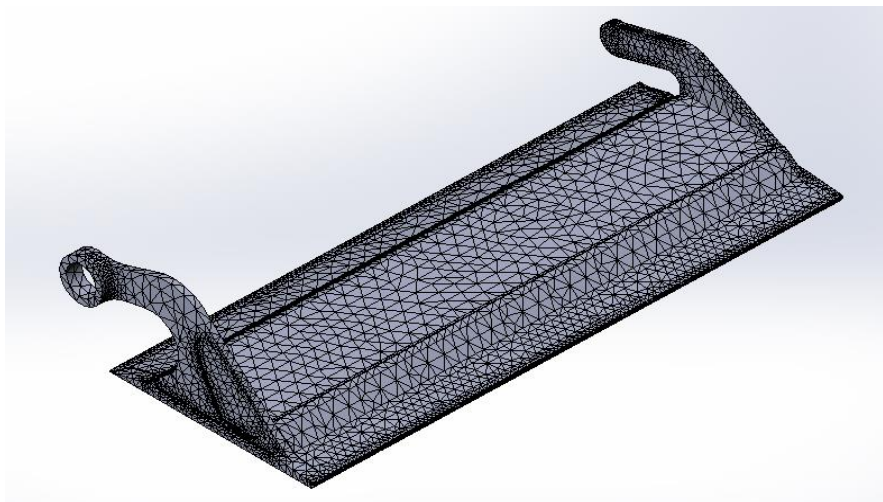


Рис. 2. Просторове моделювання шляхом фрагментації твердого тіла стулки об'ємними скінченими елементами

На розрахунок витраталося орієнтовно 30 хвилин роботи ПЕОМ. Візуалізація результатів розрахунку силових елементів стулки верхнього входу ПЗ за умови дії ударних навантажень, а саме деформація (переміщення) стулки показані на рис 3.

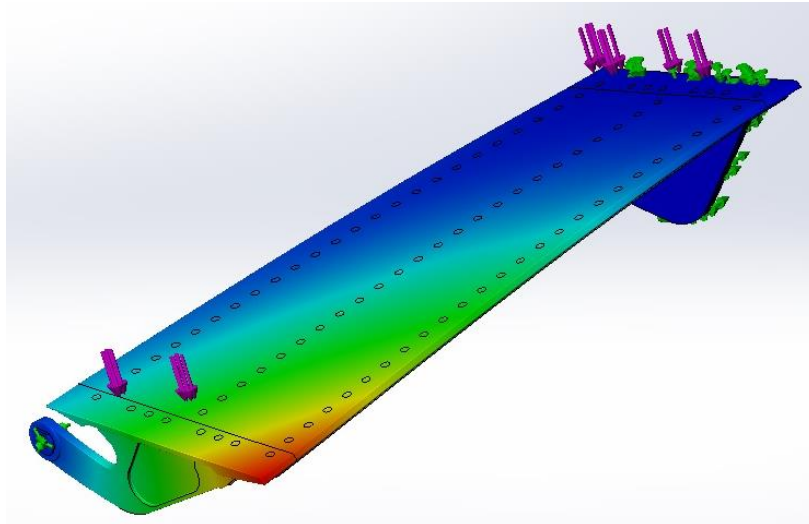


Рис. 3. загальний вид деформації (переміщень) стулки ПЗ від дії ударних навантажень

Якщо порівнювати деформацію (переміщення) моделі стулки ПЗ із натурним об'єктом, можливо зробити висновок, що деформація натурального об'єкта та математичної моделі майже ідентичні (рис. 4), що свідчить про адекватність моделі.



Рис. 4. Деформація (переміщення) математичної моделі і натурального об'єкта

Доцільно розділити режими роботи літака для визначення значень частоти коливань на кожному режимі окремо. Режими роботи розділяються:

1. Політ на крейсерському режимі роботи двигуна.
2. Політ на максимальному режимі роботи двигуна.
3. Виконання елементів пілотажу.

На крейсерському режимі роботи двигуна значення вже розраховані.

За допомогою приблизного розрахунку встановлені наступні частоти вимушених коливань стулки ПЗ:

1. На сталому максимальному режимі роботи двигуна – 15 Гц.
2. При виконанні пілотажу на максимальному режимі роботи двигуна – 20 Гц.

Вище наведені режими розраховуються за таким самим алгоритмом, як і крейсерський режим, та мають значення $F_{\max} = 1046,25 [H]$ та $F_{\min} = 1860 [H]$.

Отримавши робочі навантаження на стулку ПЗ, необхідно прикласти ці дані до математичної моделі.

Алгоритм виконання розрахунків полягає в наступному:

1. Визначення значень напружень σ для кожного режиму польоту.
2. Аналіз критичних місць стулки ПЗ, в який спостерігаються найбільші напруження.
3. Визначення тих напружень в стулці ПЗ, які призводять до залишкових деформацій.

Моделювалось всі три режими польоту. Задаючи граничні умови та прикладаючи діючі зусилля, картина розподілу напружень по стулці ПЗ має вигляд (рис. 5...7):

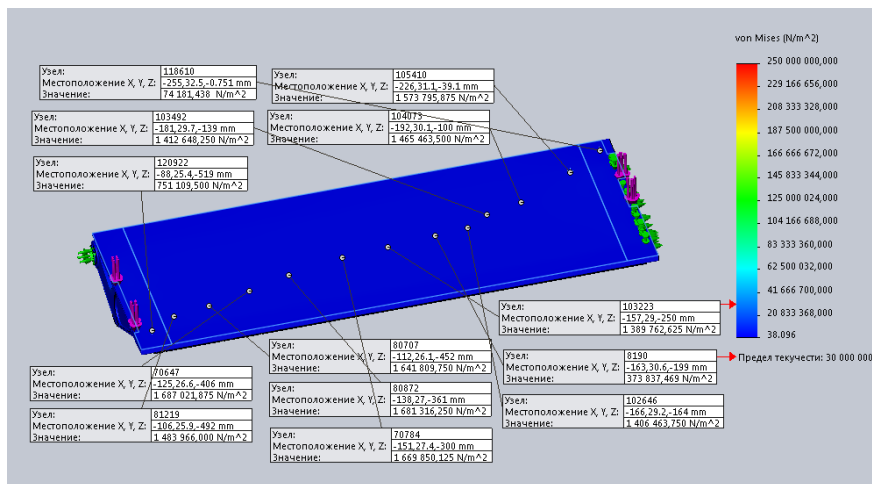


Рис. 5. Розподіл напружень по стулці ПЗ при крейсерському режимі польоту та роботи двигуна

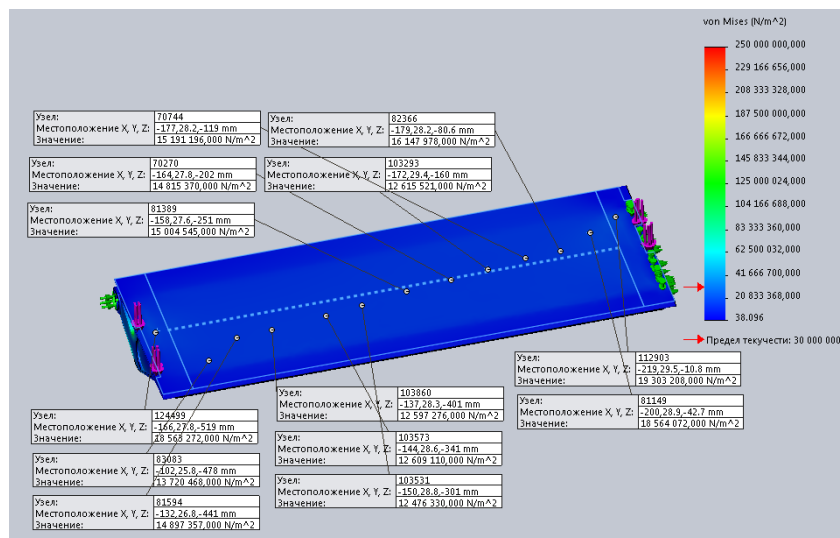


Рис. 6. Розподіл напружень по стулці ПЗ при максимальному режимі роботи двигуна

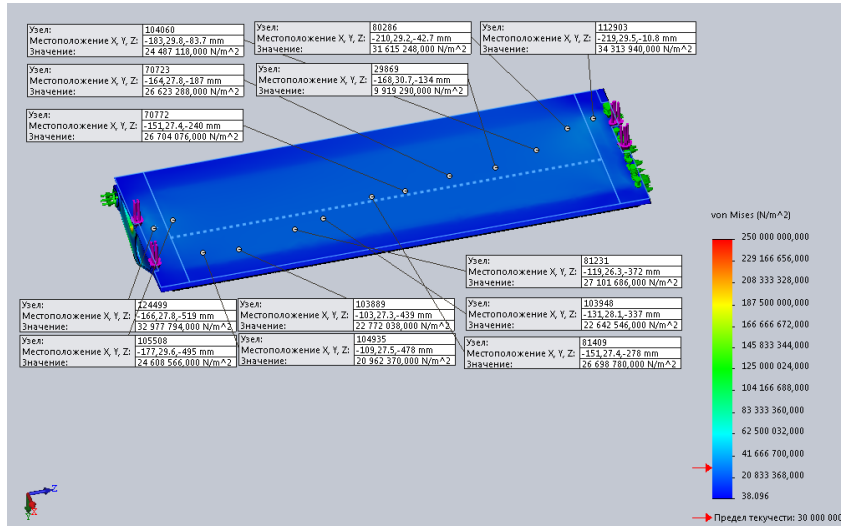


Рис. 7. Розподіл напружень по стулці ПЗ при виконанні пілотажу

Аналізуючи результати моделювання, можливо зробити висновок, що на крейсерському та максимальному режимі польоту (роботи двигунів) залишкових деформацій не виникає. При виконанні пілотажу в деяких зонах обшивки стулки ПЗ в матеріалі виникають такі напруження, які можуть призвести до виникнення залишкових деформацій.

Отже, при збільшенні частоти коливань стулки ПЗ напруження теж зростають.

Для більш детального та наглядного аналізу залежності напружень на стулку ПЗ від коливання останньої побудований графік залежності напруження-частота (рис. 8).

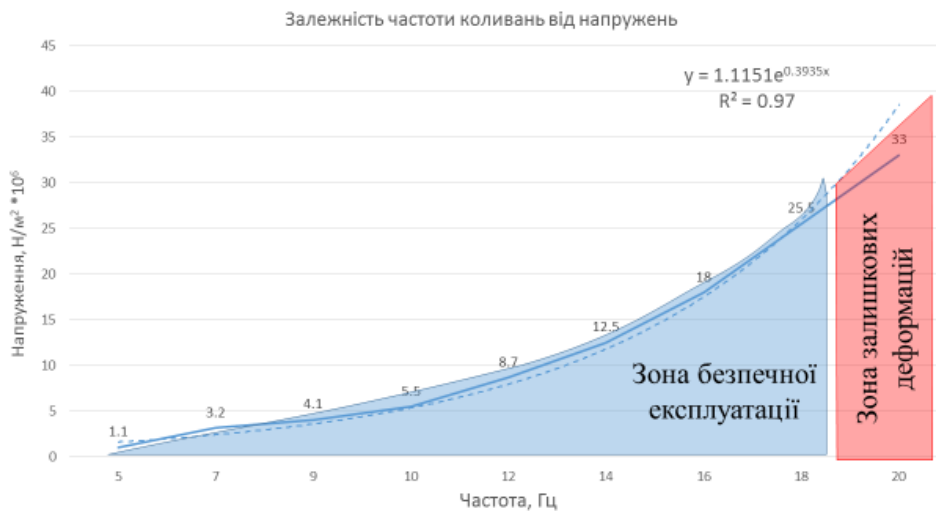


Рис. 8. Розподіл експлуатаційних зон від частоти коливань стулки ПЗ

Висновок.

З аналізу малюнку слідує, що для безаварійної експлуатації стулки ПЗ (без залишкових деформацій) необхідно утримувати частоту її коливань в межах зони безпечної експлуатації, тобто бажано не перевищувати частоту коливань стулки за 19 Гц, які відповідають крейсерському та максимальному режиму польоту літака та роботи двигунів. При виконанні пілотажу коливання стулки ПЗ можуть

перевищувати допустиму частоту коливань та призводити до залишкових деформацій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Иванов Б.Н. Законы физики / А.Д. Суханов // «Высшая школа», Москва – 1986 – 335 с.
2. Зайцев В.Н., Рудаков В.Л. Конструкция и прочность самолетов / В.Н. Зайцев // «Вища школа», Киев – 1978 – 488 с.

Надійшла до редакції 29.10.2017

Рецензент: професор Зіатдінов Ю.К.