

Список літератури

1. Бондаренко В.С. Общие вопросы оптимизации проектирования лопасти несущего винта вертолета // Проблемы проектирования вертолетов народнохозяйственного применения. – М.: МАИ, 1989. – С. 21–29.
2. Бондаренко В.С. Формирование расчетной математической модели лопасти несущего винта вертолета в САПР // Методы математического моделирования при проектировании вертолетов. – М.: МАИ, 1989. – С. 20–25.
3. Ковалев А.Ф. Выбор конструктивных параметров лопасти несущего винта вертолета на начальном этапе проектирования // Оптимизация параметров и конструктивных решений при проектировании транспортных вертолетов. – М.: МАИ, 1983. – С. 40–47.
4. Потапова О.Д., Скулков Д.Д. Создание банков данных САПР лопасти несущего винта вертолета // Проблемы проектирования несущих винтов вертолетов. – М.: МАИ, 1991. – С. 56–58.
5. Тищенко М.Н., Некрасов А.В., Радин А.С. Вертолеты. Выбор параметров при проектировании. – М.: Машиностроение, 1976. – 368 с.
6. Михеев Р.А. Прочность вертолетов. – М.: Машиностроение, 1984. – 280 с.
7. Пчелкин В.М., Павленко Н.С. Вариант алгоритма оптимизации упруго-массовых характеристик лопасти несущего винта вертолета // Оптимизация параметров и конструктивных решений при проектировании транспортных вертолетов. – М.: МАИ, 1983. – С. 58–65.
8. Богданов Ю.С., Скулков Д.Д. Выбор упруго-массовых характеристик при автоматизированном проектировании лопасти несущего винта вертолета. – М.: МАИ, 1986. – 18 с.
9. Туровский А.И. Определение основных конструктивных параметров лопасти несущего винта вертолета методом конечного сечения // Оптимизация параметров и конструктивных решений при проектировании транспортных вертолетов. – М.: МАИ, 1983. – С. 65–73.

Стаття надійшла до редакції 28.08.02.

050p-48+0541.234-082.0+0530-082.03n

УДК 681.518

место рабочее автоматизированное
тренажер авиационный
эксплуатация летная вертолета, Ми-8МТВ
вертолет транспортный
подготовка экипажа предполетная
процедуры авиационные,
фактор человеческий, безопасность полетов

М.І. Гученко, канд. техн. наук, доц.,
І.В. Шевченко, доц.,
М.М. Іванова, студ.,
О.В. Костенко, студ.

АВТОМАТИЗОВАНЕ РОБОЧЕ МІСЦЕ ПЕРЕДПОЛІТНОЇ ПІДГОТОВКИ ЕКІПАЖУ ТРАНСПОРТНОГО ВЕРТОЛЬОТА МІ-8МТВ

Проаналізовано необхідність і можливість створення автоматизованого робочого місця для надання допомоги екіпажу вертольота в проведенні передполітної підготовки. Розглянуто особливості порадики з льотної експлуатації вертольота Мі-8МТВ, що ускладнюють створення експертної системи, і особливості розробленого прототипу такої системи.

Авіаційна транспортна система (АТС) являє собою сукупність спільно діючих повітряних суден (ПС), комплексу наземних засобів з підготовки та забезпечення польотів, системи керування процесом експлуатації, особового складу, зайнятого експлуатацією ПС і наземних засобів. Метою функціонування АТС є безпека, регулярність і ефективність експлуатації ПС.

Абсолютна більшість авіаційних подій (АП) відбувається через помилки людини і відмови техніки. У результаті технічного прогресу кількість АП через відмови авіаційної техніки постійно зменшується. Однак збільшується кількість АП через помилки людини (рис. 1), тому що в сучасних умовах збільшується інтенсивність впливу на людину різних чинників, які підвищують імовірність його помилки [1].

Одночасно зі збільшенням кількості АП із вини екіпажу зростає і «ціна» помилки, тому що збільшується пасажиромісткість ПС, зростає їхня вартість й існує можливість падіння ПС, що терплять аварію на житлові квартали, атомні електростанції, хімічні заводи тощо.

Однак приписування причини АП помилці пілота часто є спрощенням проблеми. Можливі випадки, коли екіпаж ПС не справився із задачею тому, що її складність перевищувала можливості людини, або член екіпажу зробив помилку через неправильну чи не належним чином подану інформацію.

Діяльність пілота може бути умовно розділена на такі види [2]:

- процедурна діяльність – керування силовою установкою й іншими системами ПС, контроль за витратою палива, конфігурацією ПС, автопілотом, зв'язком, навігацією і т. д.;
- сенсорно-моторна діяльність – керування кутівим і траєкторним положенням ПС, контроль за параметрами польоту (висотою, швидкістю і т. д.), ведення орієнтування і т. д.;
- діяльність, пов'язана з прийняттям рішень – самооцінка навичок, знань, фізичних і психічних можливостей, оцінка можливостей бортових і наземних систем, оцінка небезпечних ситуацій, навігаційні й інші розрахунки, коригування черговості дій.

Більшість важких АП, які спричинили загибель людей, відбуваються через неправильно прийняті рішення (див. таблицю). У зв'язку з цим необхідно вдосконалення методів і способів професійної підготовки пілотів.

До найбільш ефективних технічних засобів професійної підготовки пілотів відносяться тренажери. Характерною рисою сучасних тренажерів є впровадження автоматизованих навчальних систем (АНС) на базі обчислювальної техніки, що дозволяють значно підвищити ефективність навчання, зокрема, завдяки математичному моделюванню роботи керованих систем і широкому застосуванню проблемних методів навчання.

Для зменшення кількості неправильно прийнятих рішень необхідно принаймні два шляхи вирішення проблеми:

- тренування професійних розумових здібностей (ПРЗ) пілота за допомогою АНС;
- зменшення інформаційного навантаження на пілота через автоматизацію прийняття рішень за допомогою експертних систем (ЕС).

**Частка АП в авіації
загального призначення, %**

Вид діяльності пілота	АП з людськими жертвами	АП без людських жертв
Процедурна	4,6	8,6
Сенсорно-моторна	43,8	53,6
Пов'язана з прийняттям рішень	51,6	35,1

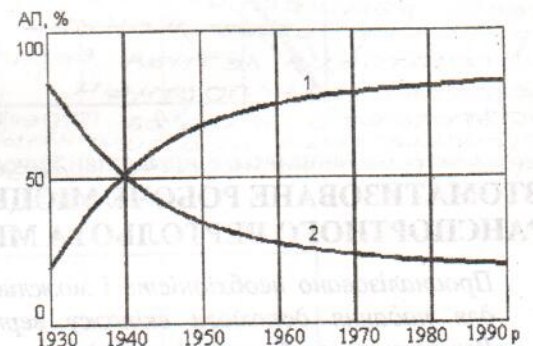


Рис. 1. Вплив людського (1) та технічного (2) чинників на аварійність ПС по роках

Для розвитку ПРЗ пілота авторами розробляється програмний тренажер, органічною частиною якого є автоматизоване робоче місце (АРМ), що включає ЕС, призначену для надання допомоги екіпажу в проведенні передполітної підготовки за конкретний ПС для розробки АРМ обрано вертоліт Мі-8МТВ. До складу АРМ входять модулі інженерно-штурманського розрахунку, метеорологічної підготовки, розрахунку злітної (посадочної) маси, центровки і завантаження, модуль оптимізації, призначений для розв'язання задач оптимізації режиму польоту та ін.

Основним льотно-технічним документом, що регламентує процес виконання польоту є порадник з льотної експлуатації [3]. Перед польотом екіпаж вертольота, керуючись вказівками порадника [3], проводить підготовку до польоту. У передполітну підготовку входять штурманський розрахунок, аналіз метеоумов, розрахунок злітної і посадочної мас, розрахунок

потрібної кількості палива, завантаження, центровки і т. д. У результаті передполітної підготовки командир вертольота, часто в умовах дефіциту часу й інформації, враховуючи велику кількість різних чинників, повинен прийняти оптимальне для даної ситуації рішення.

Призначення ЕС – виконати попередній аналіз інформації і видати пілоту рекомендації з виконання польоту. Порадник [3] використовується як основне джерело знань для створення ЕС. Основними особливостями порадника [3] є:

- величезний обсяг інформації (питання завантаження і центровки вертольота винесено в окремий том);
- різноманітність форм зображення інформації (графіки, номограми, схеми, таблиці, структурований текст із зворотними зв'язками, попередженнями і т. д.);
- повна відсутність пояснень (порадник [3] містить тільки директивні вказівки, рекомендації і довідкову інформацію);
- розкиданість інформації по розділах;
- різноманітність видів логіки, що застосовується (у більшості випадків вказівки і рекомендації носять нечіткий характер);
- постійне внесення змін і доповнень на підставі узагальнення досвіду експлуатації й аналізу АП, проведених конструктивних змін і доробок вертольота;
- наявність численних помилок і неточностей.

Підготовка до польоту є досить складним процесом. Пілот повинен врахувати багато різних чинників і прийняти оптимальне для даної ситуації рішення. Але людина не в змозі запам'ятати таку велику кількість інформації, швидко систематизувати її і вибрати потрібну. Крім того, розрахунок за номограмами і формулами є тривалим і громіздким, що, безумовно, є недоліком, тому що розрахунок потрібно зробити точно й іноді за дуже короткий час (наприклад, при виконанні аварійно-рятувальних робіт). Помилка не повинно бути, тому що помилка в розрахунку може призвести до аварії або катастрофи.

У сучасних умовах додається ще один чинник, що зменшує безпеку польоту використання вертольотів приватними компаніями, які не в змозі забезпечити необхідний рівень професійної підготовки пілотів.

Отже, передполітна підготовка, з одного боку, є надзвичайно відповідальним етапом роботи екіпажу, а з іншого боку, важка навіть для підготованого пілота, причому вказані особливості порадника [3] перешкоджають її якісному виконанню.

Традиційний метод виконання передполітної підготовки за допомогою порадника [3], безумовно, має істотні позитивні сторони. Зокрема, передполітна підготовка може бути виконана практично в будь-яких умовах. Якість передполітної підготовки також завжди може бути перевірена керівником або інспектором, тобто цей метод повинен бути збережений і в майбутньому. Однак не слід також відмовлятися і від можливостей, що надаються сучасною комп'ютерною технікою, з огляду на повсюдне впровадження комп'ютерів, у тому числі і бортових. Треба, мабуть, переносити акцент на комп'ютеризацію передполітної підготовки, використовуючи традиційну методику в процесі навчання пілотів, а також як аварійну. Наша країна порівняно зі світовим рівнем значне відстає у комп'ютеризації передполітної підготовки. У світі широко використовуються інтернет-сайти для виконання й оптимізації передполітної підготовки (рис. 2).

Експертна система повинна проводити попередній аналіз вихідних даних і оптимізувати рекомендований режим польоту. У режимі підказки ЕС повинна розкривати причини обмежень і сутність рекомендованих дій.

Суттєвими особливостями вертольота як об'єкта керування, які утруднюють створення ЕС, є:

- надзвичайна складність і неповна вивченість динаміки, викликана наявністю масивних обертових частин (несучий і рульовий гвинти, ротори турбокомпресорів), свободою махових і коливальних рухів лопастей, турбулентністю і нерівномірністю індуктивних потоків гвинтів та іншими чинниками;

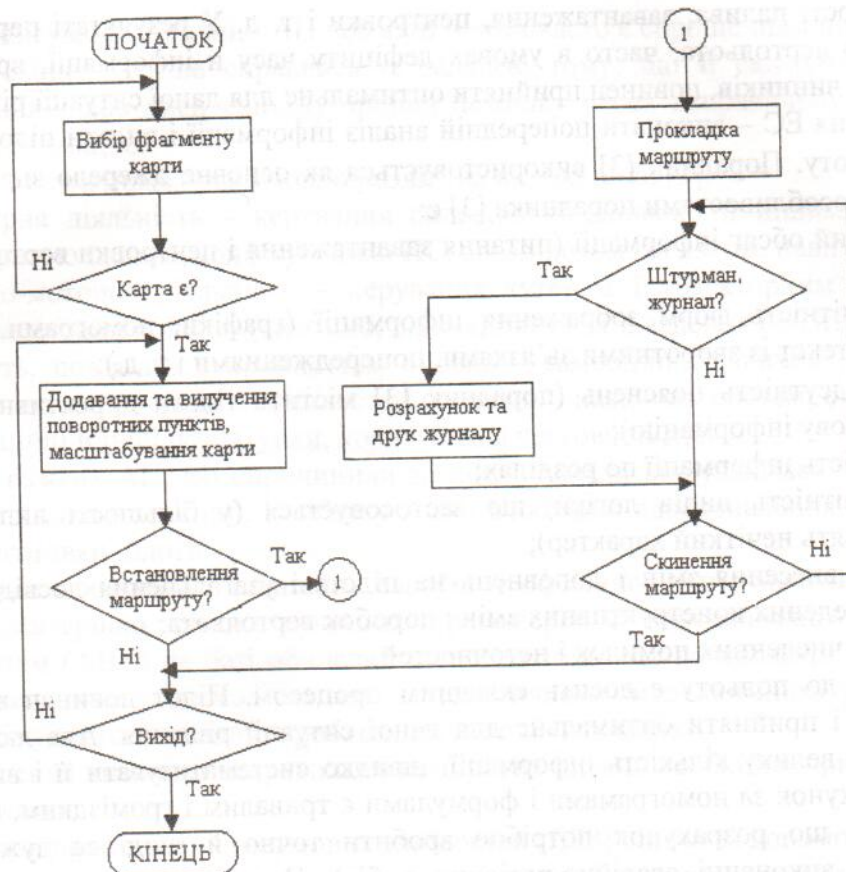


Рис. 2. Алгоритм роботи модуля штурманської підготовки

— наявність істотних перехресних зв'язків між каналами керування (наприклад, збільшення загального кроку несучого гвинта для переходу до набору висоти вимагає координованого відхилення правої педалі для компенсації реактивного моменту несучого гвинта, що зростає, відхилення ручки керування вправо для компенсації зростаючої тяги рульового гвинта і «на себе» для компенсації природного завалу конуса несучого гвинта назад і кадруючого моменту планера при збільшенні загального кроку);

— наявність небезпечних явищ, схожих за своїми ознаками, але виникаючих з різних причин (наприклад, зрив потоку з відступаючих лопастей, хвильовий зрив потоку і флатер несучого гвинта виникають на максимальних швидкостях, характеризуються посиленням вібрацій і зменшенням ефективності керування, але мають цілком різну фізичну сутність і вимагають різних дій пілота);

— складність конструкції, наявність великої кількості різних бортових систем.

На першому етапі розробки ЕС із poradника [3] були обрані систематизовані і формалізовані і занесені в тематичні таблиці тези. Перша колонка таблиці називалася «Якщо» і містила причини, друга називалася «То» і містила наслідки. Потім були побудовані графи «І-АБО» першого рівня, вершини яких містили імена обмежень (наприклад, довжина площадки, ширина площадки, ухил поздовжній, ухил поперечний, час доби, напрямок вітру, швидкість вітру, твердість ґрунту та ін.). Гілки графів містять значення цих обмежень. На рис. 3 показано фрагмент логічної структури бази знань для задачі контролю дотримання льотних обмежень при зльоті і механізм висновку. Символами Р позначено вершини графів, що містять незалежні умови, наприклад, Р1 – ширина площадки. Значення цього розміру може бути різним, залежно від виду й умов зльоту (тверда поверхня, пісок, пил, сніг тощо). Пілот обирає нижню межу ширини площадки, і сформоване рішення посилається на наступний логічний рівень, де об'єднується по І з параметром Р4 (барометрична висота) і Р13 (розміщення вантажу щодо вертольота: всередині вантажної кабіни чи на зовнішній підвісі).

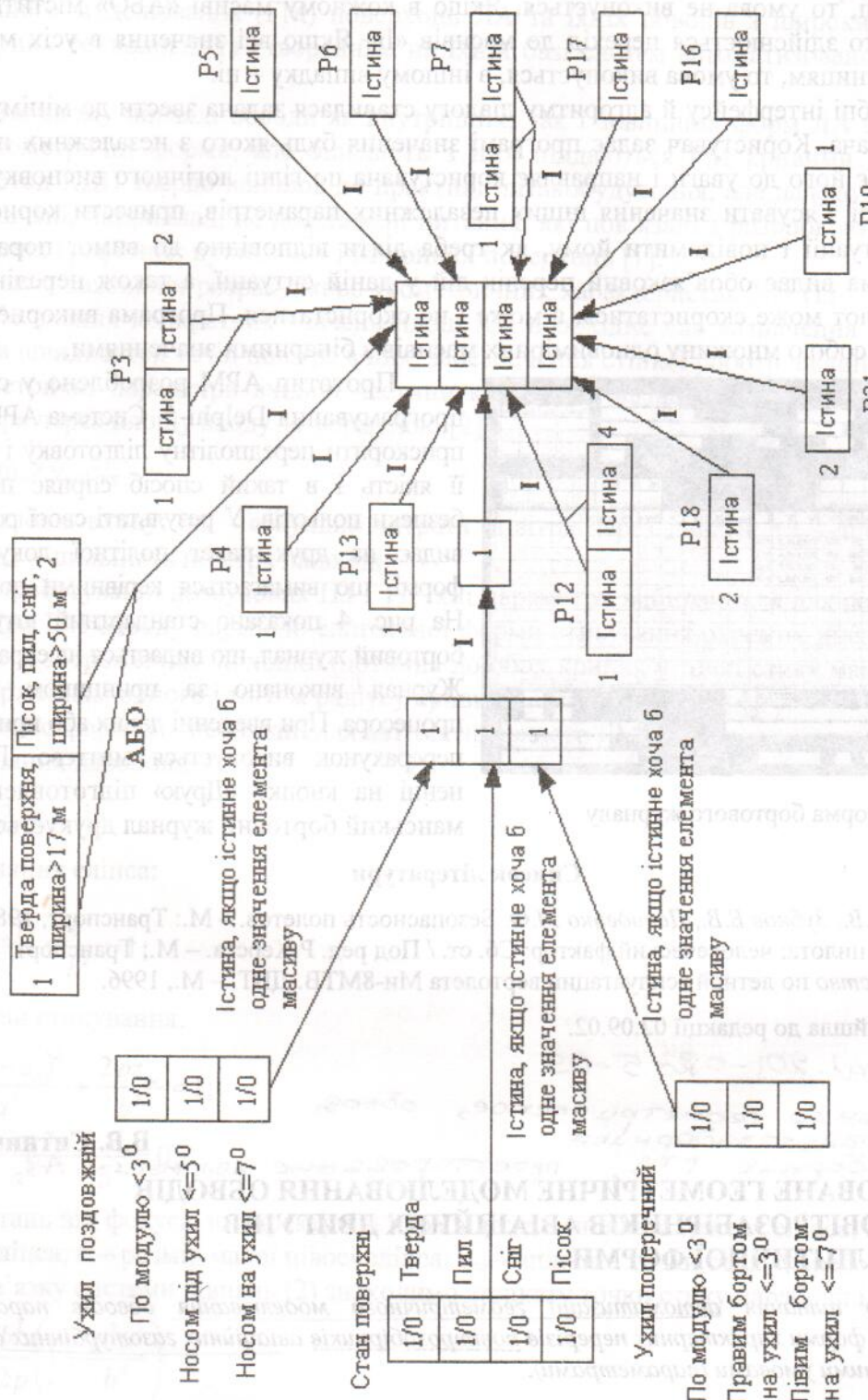


Рис. 3. Логічна структура механізму висновку

На наступному етапі здійснюється перевірка умови об'єкту, який є предметом дослідження. Для цього використовується логічний висновок, який здійснюється на основі умов, що вказані в таблиці 1. Якщо умови виконані, то проводиться перевірка умови, що вказана в таблиці 2. Якщо умови виконані, то проводиться перевірка умови, що вказана в таблиці 3. Якщо умови виконані, то проводиться перевірка умови, що вказана в таблиці 4. Якщо умови виконані, то проводиться перевірка умови, що вказана в таблиці 5. Якщо умови виконані, то проводиться перевірка умови, що вказана в таблиці 6. Якщо умови виконані, то проводиться перевірка умови, що вказана в таблиці 7. Якщо умови виконані, то проводиться перевірка умови, що вказана в таблиці 8. Якщо умови виконані, то проводиться перевірка умови, що вказана в таблиці 9. Якщо умови виконані, то проводиться перевірка умови, що вказана в таблиці 10. Якщо умови виконані, то проводиться перевірка умови, що вказана в таблиці 11. Якщо умови виконані, то проводиться перевірка умови, що вказана в таблиці 12. Якщо умови виконані, то проводиться перевірка умови, що вказана в таблиці 13. Якщо умови виконані, то проводиться перевірка умови, що вказана в таблиці 14. Якщо умови виконані, то проводиться перевірка умови, що вказана в таблиці 15. Якщо умови виконані, то проводиться перевірка умови, що вказана в таблиці 16. Якщо умови виконані, то проводиться перевірка умови, що вказана в таблиці 17. Якщо умови виконані, то проводиться перевірка умови, що вказана в таблиці 18. Якщо умови виконані, то проводиться перевірка умови, що вказана в таблиці 19. Якщо умови виконані, то проводиться перевірка умови, що вказана в таблиці 20. Якщо умови виконані, то проводиться перевірка умови, що вказана в таблиці 21.

На наступному етапі графи першого рівня об'єднувалися в граф другого рівня.

При розробці алгоритму логічного висновку всі дані відповідно були розбиті на масиви «І» і масиви «АБО». Масиви містять бінарні значення. Спочатку зручніше перевіряти логіку «АБО». Якщо в масиві «АБО» присутня хоча б одна одиниця, то можна перейти до наступного масиву. Якщо ні, то умова не виконується. Якщо в кожному масиві «АБО» міститься хоча б одна одиниця, то здійснюється перехід до масивів «І». Якщо всі значення в усіх масивах «І» дорівнюють одиницям, то умова виконується, в іншому випадку – ні.

При розробці інтерфейсу й алгоритму діалогу ставилася задача звести до мінімуму свободу дій користувача. Користувач задає програмі значення будь-якого з незалежних параметрів, система приймає його до уваги і направляє користувача по гілці логічного висновку. Система повинна по черзі з'ясувати значення інших незалежних параметрів, привести користувача до однозначної ситуації і повідомити йому, як треба діяти відповідно до вимог порадики [3]. Причому система видає обов'язковий перелік дій у даній ситуації, а також перелік рекомендацій, якими пілот може скористатися, а може і не скористатися. Програма використовує базу знань, що являє собою множину одновимірних масивів з бінарними значеннями.

Рис. 4. Форма бортового журналу

Прототип АРМ розроблено у середовищі програмування Delphi-5. Система АРМ дозволяє прискорити передполітну підготовку і поліпшити її якість і в такий спосіб сприяє підвищенню безпеки польотів. У результаті своєї роботи АРМ видає на друк пакет політної документації у формі, що вимагається керівними документами. На рис. 4 показано стандартний штурманський бортовий журнал, що видається на екран і на друк. Журнал виконано за принципом табличного процесора. При введенні даних або при їх корекції перерахунок виконується миттєво. При натисненні на кнопку «Друк» підготовлений штурманський бортовий журнал друкується.

Список літератури

1. Сакай Р.В., Зубков Б.В., Давиденко М.Ф. Безопасность полетов. – М.: Транспорт, 1989.
2. Ошибки пилота: человеческий фактор: Сб. ст. / Под ред. Р.Херста. – М.: Транспорт, 1986.
3. Руководство по летной эксплуатации вертолета Ми-8МТВ. ДВТ. – М., 1996.

Стаття надійшла до редакції 02.09.02.

0551.410-041.201-0255-05
УДК 515.2

моделирование геометрическое, обвод,
перерезы воздухозаборника
воздухозаборника ГТД, проектирование автоматиз. АД

АВТОМАТИЗОВАНЕ ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОБВОДІВ ПЕРЕРІЗІВ ПОВІТРОЗАБІРНИКІВ Авіаційних ДВИГУНІВ ПАРАБОЛО-ЕЛІПТИЧНОЇ ФОРМИ

В.В. Ситниченко, інж.

Розглянуто питання автоматизації геометричного моделювання обводів параболо-еліптичної форми характерних перерізів повітрязбірників авіаційних газотурбінних двигунів за заданими умовами (параметрами).

При проектуванні силової установки літака важливе місце відводиться питанням проектування повітрязбірників (ПЗ) авіаційних двигунів, які впливають значною мірою на його економічність, стійку роботу, лобовий опір літального апарата (ЛА) взагалі. Профілювання зовнішнього обводу (ПЗ) повинно забезпечити ЛА мінімальний лобовий опір, а оптимальне профілювання внутрішніх обводів характерних перерізів (ХП) повітряного каналу – високі значення