

УДК 629.765

Сергій Ігорович ВЛАДОВ,

кандидат технічних наук,
завідувач відділення планування навчального процесу фахової підготовки
навчального відділу Кременчуцького льотного коледжу
Харківського національного університету внутрішніх справ;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8009-5254>;

Надія Володимирівна ПОДГОРНИХ,

викладач циклової комісії природничих дисциплін
Кременчуцького льотного коледжу
Харківського національного університету внутрішніх справ;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1503-6896>;

Владислав Якович ТЕЛЕШУН,

курсант Кременчуцького льотного коледжу
Харківського національного університету внутрішніх справ

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ КОМПРЕСОРА АВІАЦІЙНОГО ДВИГУНА ТВ3-117 ДЛЯ ЙОГО КОНТРОЛЮ І ДІАГНОСТИКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ В УМОВАХ БОРТОВОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПОВІТРЯНОГО СУДНА

Контроль і діагностика авіаційного двигуна ТВ3-117, що базується на вимірюванні та аналізі параметрів його роботи, має ґрунтуватися на математичних моделях, що описують спільну роботу вузлів двигуна. Математична модель дозволяє визначити взаємозв'язок між показниками, що характеризують комплектність двигуна і вимірювані параметри [1].

Відомо, що різна комплектність авіаційного двигуна ТВ3-117 призводить до зміни низки параметрів його роботи, до того ж вплив різних деталей і вузлів на одні й ті ж самі параметри неоднакові. Тому оцінювати їх вплив слід за такими параметрами як коефіцієнт корисної дії (ККД) компресора, ККД турбіни тощо («первинні» параметри). При зміні ККД вузлів та інших параметрів, будуть змінюватися параметри від них залежні – температура газу, витрата повітря, витрата палива, потужність тощо («вторинні» параметри).

Математична модель повинна встановити взаємозв'язок між «первинними» і «вторинними» параметрами. Такі математичні моделі відомі [2], однак потрібно виявити вплив на параметри авіаційного двигуна ТВ3-117 зміщення його характеристик, що вимагає введення до математичних моделей додаткових змінних. Це може бути здійснено шляхом включення до вихідної системи рівнянь, що описує спільну роботу вузлів двигуна, додаткових рівнянь, що апроксимують ті чи інші характеристики, з подальшим розв'язанням отриманої системи щодо первинних параметрів.

На рис. 1 представлена блок-схема математичної моделі турбовального двигуна (авіаційного двигуна ТВ3-117) з вільною турбіною.

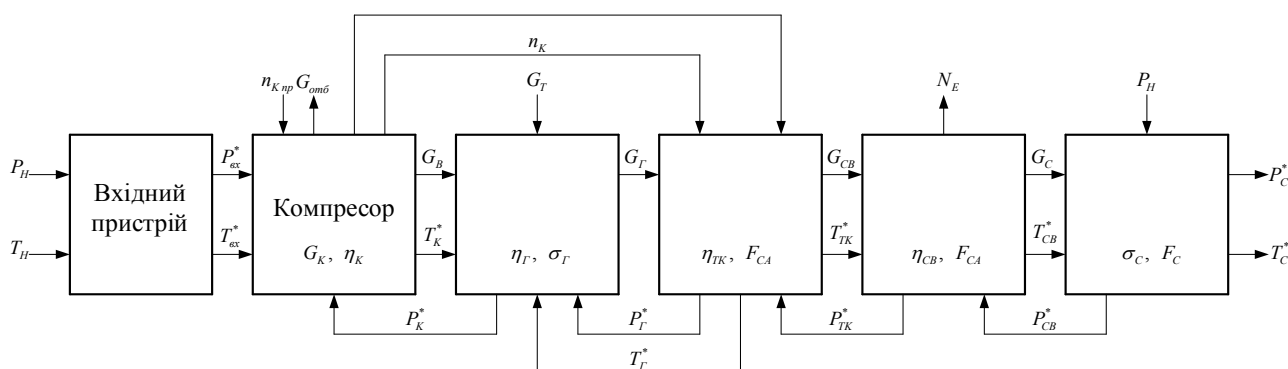


Рисунок 1 – Блок-схема математичної моделі турбовального двигуна з вільною турбіною (авіаційного двигуна ТВ3-117)

Як розглядалося у [2–4], представимо залежності, що описують процеси, які відбуваються в основних вузлах турбовального двигуна з вільною турбіною (авіаційного двигуна ТВ3-117): у вхідному пристрої, у компресорі, у камері згоряння, у турбіні компресора, у вільній турбіні, у вихідному пристрої. У дані рівняння введені характеристики компресора і турбіни.

У даній роботі розроблено математичну модель компресора авіаційного двигуна ТВ3-117, отримані аналітичні вирази для обчислення відповідних термогазодинамічних параметрів.

В авіаційному двигуні ТВ3-117 встановлено осьовий 12-ступінчастий компресор з регульованим вхідним напрямним апаратом і напрямними апаратами перших чотирьох ступенів.

Компресор є одним з основних елементів турбовального двигуна з вільною турбіною ТВ3-117. 12-ступінчастий компресор з поворотними лопатками вхідного направляючого апарату (ВНА) і напрямних апаратів перших чотирьох ступенів призначений для підвищення тиску повітря, що надходить з атмосфери, і подачі його в камеру згоряння.

Він являє собою лопаткову машину, в якій повітря повідомляється енергія, що йде на підвищення його повного тиску. Енергія, що підводиться до повітря в компресорі, у вигляді роботи відбирається від газу за допомогою турбіни компресора.

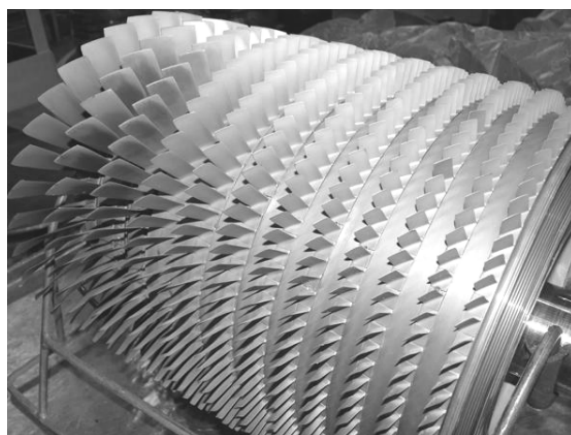


Рисунок 2 – Загальний вигляд компресора авіаційного двигуна ТВ3-117 [5]

Досвід експлуатації двигуна ТВ3-117 показує, що найчастіше несправності виникають у наступних елементах компресора: лопатки робочих коліс і направляючих апаратів, корпусу, лабіринтові ущільнення, деталі систем механізації компресора. Характерними несправностями лопаток компресора є поверхнева ерозія (знос), корозія, забоїни, вм'ятини і подряпини, тріщини, поломка [6].

Все це призводить до зміни числових значень термогазодинамічних параметрів компресора, тому їх аналітичне визначення є актуальною науково-практичною задачею, розв'язання якої дозволить отримати їх числові значення в польоті повітряного судна та, як наслідок, приймати командиром екіпажу повітряного судна оперативні рішення щодо подальшого продовження польоту.

Витрата повітря через компресор визначається згідно виразу:

$$G_B = G_{Bnp} \cdot \sqrt{\frac{288}{T_{ex}^*}} \cdot \frac{P_{ex}^*}{101,3}; \quad (1)$$

де G_{Bnp} – приведена витрата повітря через компресор; – повна температура повітря за вхідним пристроєм, що дорівнює температурі незбуреного потоку в атмосфері, тобто $T_{ex}^* = T_H$; $P_{ex}^* = P_H \cdot \sigma_{ex}$ – повний тиск повітря за вхідним пристроєм; P_H – тиск незбуреного потоку в атмосфері; σ_{ex} – коефіцієнт відновлення повного тиску повітря у вхідному пристрої.

Ступінь підвищення повного тиску в компресорі є функціональною залежністю виду:

$$\pi_K^* = \pi_K (G_{Bnp}, n_{Knp}); \quad (2)$$

де n_{Knp} – приведена частота обертання ротора компресора.

Ступінь підвищення повного тиску в компресорі визначається згідно виразу:

$$\pi_K^* = \frac{P_K^*}{P_{ex}^*}; \quad (3)$$

де P_K^* – повний тиск повітря за компресором.

Температура повітря за компресором визначається згідно виразу:

$$T_K^* = T_{ex}^* \cdot \frac{1 + \left((\pi_K^*)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right)}{\eta_K}; \quad (4)$$

де η_K – ККД компресора; k – показник ізоентропи повітря (приймається рівним 1,4).

Тиск повітря за компресором визначається згідно виразу:

$$P_K^* = P_H \cdot \pi_K \cdot \left(\frac{T_K^*}{T_H + \frac{102,5 \cdot T_H \cdot (\pi_K^{0,286} - 1)}{102,5 \cdot \eta_{AD}}} \right)^{\frac{k_B}{k_B - 1}}; \quad (5)$$

де $\eta_{AD} = 0,85 \pm 5\%$.

ККД компресора є функціональною залежністю виду:

$$\eta_K = \eta_K (G_{Bnp}, n_{Knp}). \quad (6)$$

ККД компресора за нормального функціонування двигуна знаходиться в межах $0,855 \pm 5\%$ й визначається згідно виразу:

$$\eta_K = \frac{\pi_K^{\frac{k-1}{k}} - 1}{\pi_K^{\frac{k-1}{k}} \eta_{CT} - 1}; \quad (7)$$

де $\eta_{CT} = 0,88 \dots 0,92$ – ККД ступені компресора.

Потужність, що потрібна для обертання компресора, визначається згідно виразу:

$$N_K = \frac{k}{k-1} \cdot \frac{R_B \cdot T_{ex}^* \cdot G_B}{\eta_K} \cdot \left((\pi_K^*)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right); \quad (8)$$

де R_B – газова стала повітря.

Відбір повітря з компресора є функціональною залежністю виду:

$$G_{omb} = G(G_B). \quad (9)$$

Частота обертання ротора компресора визначається згідно виразу:

$$n_K = n_{Knp} \cdot \sqrt{\frac{T_{ex}^*}{288}}. \quad (10)$$

Наведені аналітичні вирази дозволяють отримати значення термогазодинамічних параметрів в інших перерізах авіаційного двигуна ТВ3-117 згідно з блок-схемою математичної моделі турбовального двигуна з вільною турбіною (авіаційного двигуна ТВ3-117) (рис. 1).

Отже, для оцінки технічного стану авіаційного двигуна ТВ3-117 контролюється множина різних за своєю фізичною природою параметрів. Досвід експлуатації авіаційних двигунів показує, що оцінка їх стану вимагає комплексного використання методів і засобів моніторингу (контролю, діагностики тощо), узагальнення вихідної діагностичної інформації для прийняття правильного і своєчасного рішення. У загальному випадку, прийняття рішення про технічний стан авіаційних двигунів, в тому числі, й двигуна ТВ3-117, і його систем проводиться в умовах дії множини невідомих факторів, основними з яких є [7]:

- нестационарність фізичних процесів, що протікають в двигуні і його системах;
- процеси ерозії та зносу механічних вузлів;
- технологічний розкид параметрів при виробництві двигуна і його систем;
- недосконалість методів і засобів вимірювання газодинамічних параметрів двигуна, які призводять до наявності додаткових помилок контролю;
- вплив на характеристики двигуна і його систем особливостей конструкції випробувального стенду тощо.

До числа особливостей авіаційного двигуна ТВ3-117 як об'єкта моніторингу також відносяться:

- багатопов'язність (багатовимірність), обумовлена взаємодією декількох одночасно протікаючих процесів обміну і перетворення енергії;
- наявність великого числа ступенів свободи, що визначаються кількістю регулюючих елементів;
- вплив зовнішніх умов функціонування на основні характеристики двигуна;
- велика інформаційна продуктивність, що визначається кількістю контрольованих параметрів і швидкістю їх вимірювання.

Висновок. Отже, як відомо, точність призначення допусків на вимірювані параметри в цих умовах зазвичай невисока. З огляду на наявність зазначених вище факторів невизначеності, «класичні» методи контролю і діагностики доводиться допрацьовувати, так як в розглянутих умовах вони погано справляються з поставленими перед ними завданнями. Інтеграція «класичних» і інтелектуальних методів, призначених для розв'язання погано структурованих задач, істотно підвищує ефективність контролю і якість прийнятих рішень.

У цих умовах використання апарату нейронних мереж (НМ) [8–10] виявляється досить перспективним. За результатами вимірювань вхідних і вихідних параметрів авіаційного двигуна ТВ3-117 встановлюються їх причинні взаємозв'язки, а потім вибираються або розраховуються за певними аналітичними залежностями ознаки для контролю і діагностики його технічного стану. Для цього використовуються спеціальні методи оцінки параметрів, спостереження за показниками стану і співвідношенням паритетів. Зміни вимірних або розрахованих ознак слугують симптомами для встановлення можливих помилок у функціонуванні виконавчих органів, датчиків або процесу в цілому. Ці симптоми, доповнені спостереженнями екіпажем повітряного судна і евристичними правилами, подаються далі в систему моніторингу на базі НМ, здатну узагальнити отриману інформацію і прийняти правильне рішення про технічний стан авіаційного двигуна ТВ3-117.

Список бібліографічних посилань

1. Контроль і діагностика технічного стану авіаційного двигуна ТВ3-117 із застосуванням модернізованих методів найменших квадратів й зрівнювання / Владов С. І., Шмельов Ю. М., Пилипенко Л. М., Подгорних Н. В., Назаренко Н. П., Тутова Н. В., Дерябіна І. О. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського*. Серія: Технічні науки. 2020. Том 31 (70). № 1. Част. 1. С. 14–20.
2. Черкез А. Я. Инженерные расчеты газотурбинных двигателей. Москва : Машиностроение, 1965. 380 с.
3. Епишев Н. И. Исследование характеристик и параметрическая диагностика авиационных ГТД, работающих в наземных условиях : дис... канд. техн. наук : 05.07.07. Казань, 1983. 204 с.
4. Теория автоматического управления силовыми установками летательных аппаратов: Управление ВРД / Белкин Ю. С. и др.; под ред. д-ра техн. наук, проф. А. А. Шевякова. Москва : Машиностроение, 1976. 344 с.
5. Двирник Я. В., Павленко Д. В. Предельное состояние осевого компрессора ГТД эксплуатируемого в условиях запыленной атмосферы. *Системи озброєння і військова техніка*. 2018. № 1 (53). С. 97–107.
6. Конструкция и эксплуатация двигателя ТВ3-117В. Режим доступу: <https://tehclub.site/storage/products/07-20/konstruktsiya-i-ekspluatatsiya-dvigatelya-tv3117v.pdf>
7. Применение нейросетевых технологий в системе контроля технического состояния авиационного двигателя ТВ3-117 в полетных режимах / Шмелев Ю. Н., Владов С. И., Крышан А. Ф., Гвоздик С. Д. *Радиотехника*. 2018. Вып. 194. С. 147–154.

8. Жернаков С. В. Идентификация характеристик газотурбинного двигателя на основе нейронных сетей. *Приборы и системы. Управление. Контроль. Диагностика*. 2006. № 11. С. 49–55.
9. Васильев В. И., Жернаков С. В., Муслухов И. И. Бортовые алгоритмы контроля параметров ГТД на основе технологии нейронных сетей. *Вестник УГАТУ*. 2009. Т. 12. № 1 (30). С. 61–74.
10. Жернаков С. В. Применение технологии нейронных сетей для диагностики технического состояния авиационных двигателей. *Интеллектуальные системы в производстве*. 2006. № 2. С. 70–83.

Одержано 16.11.2020

УДК 343.46

Вікторія Володимирівна ВІНЦУК,

кандидат юридичних наук,

доцент кафедри кримінального процесу, криміналістики та експертології

факультету № 6 Харківського національного університету внутрішніх справ;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4241-4474>

ПРОТИДІЯ ОРГАНІЗОВАНИЙ ЗЛОЧИННОСТІ

Актуальність проблеми дослідження та розробки науково-обґрунтованих алгоритмів щодо удосконалення протидії організованій злочинності обумовлена високим ступенем суспільної небезпеки злочинів, які вчиняються ними, у зв'язку з чим заходи протидії з боку правоохоронних органів повинні бути максимально ефективними.

Особливу небезпеку організована злочинність, яка давно набула транснаціонального характеру, становить для країн, які йдуть шляхом економічних перебудов і зазнають серйозних кризових явищ. У такому становищі перебуває й Україна. Саме в тих умовах, коли держава недостатньо може впливати на регулювання законних та інших соціально-економічних відносин, організована злочинність намагається встановити над цими відносинами свій контроль [1, с. 39-40]. Але основний Закон України - Конституція України, гарантує кожному громадянину держави недоторканість прав і свобод, та зобов'язує правоохоронні органи здійснювати заходи щодо їх забезпечення [2].

Досвід довів, що ефективно протидіяти злочинності в сучасних умовах можна лише на основі докорінної перебудови оперативної роботи. Об'єктом особливої уваги спеціальних підрозділів стали найбільш небезпечні кримінальні угруповання, мобільні та добре законспіровані і озброєні. З 1994 по 1996 роки кількість організованих формувань чисельністю від 4 до 10 осіб збільшилася майже на чверть. Без кваліфікованих оперативних співробітників викрити їх було б дуже важко [3, с. 123].

Спроби перекласти політичну відповідальність за існування цього явища на МВС і його керівництво безпідставні. Тенденції останніх років дозволяють зробити висновок, що організована злочинність, як той спрут, охопила собою не тільки загальнокримінальну злочинність (до традиційних загальнокримінальних організованих груп відносяться бандитські, шахрайські, рекетирські, контрабандистські групи, а також ті, які займаються нарко- та секс бізнесом, торгівлею зброєю, крадіжками (автотранспорту) та інші) [4, с.108-177], а й економічну, тобто увійшла в ті галузі економіки, які є прибуткові: паливно-енергетичний і агропромисловий комплекси, фінансово-кредитна і банківська сфери, господарська діяльність, гірнично-збагачувальна та металургійна промисловість, приватизація, ринки земельних відносин та нерухомості, а також зовнішньо-економічна діяльність.

Об'єктивна необхідність активізації протидії злочинності поставила перед правоохоронними органами України нові завдання і спонукало до ретельного перегляду стратегії, форм та методів діяльності, пошуку нових підходів до організації і здійснення завдань у протидії злочинності.

На виконання Керівних засад щодо попередження організованої злочинності та боротьби з нею, затверджених Восьмим Конгресом ООН, в Україні прийнято Закон «Про організаційно-правові основи боротьби з організованою злочинністю» [5], вносилися необхідні зміни в кримінальне