

УДК 621.452

Михайло Федорович Давиденко,
кандидат технічних наук, професор
Кременчуцького льотного коледжу ХНУВС

Вікторія Леонідівна Дятловська,
викладач Кременчуцького льотного коледжу ХНУВС

Андрій Сергійович Сіора,
викладач Кременчуцького льотного коледжу ХНУВС

НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ СУЧАСНИХ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ РОБОЧИХ ПРОЦЕСІВ ГАЗОТУРБІННИХ ДВИГУНІВ

У сформованій практиці проектувальних термодинамічних розрахунків газотурбінних двигунів (ГТД) авіаційного і наземного застосування використовується широка гама програмних продуктів, розроблених галузевими конструкторськими бюро (КБ) й інститутами. Всі вони мають приблизно однаковими функціональними можливостями, характеристиками і методичною основою.

Визначення математичної моделі як «сукупності констант і співвідношень, тобто формул, рівнянь, нерівностей і логічних умов, які однозначно пов'язують вектор параметрів, що включає функцію мети і функціональні обмеження, з змінними параметрами, зовнішніми і початковими умовами» наведено в [1]. Дане визначення найбільш повно характеризує математичну модель ГТД.

Під універсальністю математичної моделі мається на увазі її здатність до опису практично будь-яких реальних схем ГТД. Універсальність математичної моделі досягається наступними методами. Перший метод полягає в застосуванні принципу декомпозиції (модульності) схеми ГТД, що складається з модулів вузлів. Кожен модуль виконує функції відповідно до робочих процесами, що відбуваються у відповідному вузлу. Для уніфікації інформаційного обміну між модулями формуються чітко структуровані канали передачі інформації. Другий метод полягає в застосуванні складових частин загальної моделі (підпрограм), кожна з яких відповідає за розрахунок однієї певної схеми ГТД.

Під комплексністю математичної моделі мається на увазі її здатність реалізації широкого кола розрахункових завдань, повністю задовольняє практичним потребам сучасних КБ.

Більшість вітчизняних програм для термодинамічних розрахунків ГТД (такі, як програми ЦІАМ, ГРАД, АСТРА, ограни, DVIGwT тощо) Засновані на ряді єдиних методичних припущень, що спрощують моделювання реальних процесів, що протікають в ГТД:

- ізобарна теплоємність робочого тіла залежить тільки від температури, при цьому термічна дисоціація і рекомбінація продуктів згоряння не враховується;

- робочі тіла (окислювач, продукти згоряння) підкоряються рівняння стану ідеального газу;

- реальний просторовий потік в проточній частині двигуна замінюється осередненим одновимірним потоком (використовуються середньомасовою параметри), нерівномірність поля і пульсації потоку не впливають на робочий процес;

- подоби режимів зберігається при незмінних значеннях чисел Маха (в окружному і осьовому напрямку) і число Рейнольдса;

- зміна основних параметрів вузлів при порушенні автотемпературності по числу Рейнольдса враховується введенням емпіричних поправок (остання не завжди реалізується через відсутність відповідних даних);

- геометрична подібність зберігається у всіх умовах експлуатації;

- вплив двоконтурності на характеристики вентилятора, підпірних ступенів і компресора не враховується;

- модель камери змішання – циліндрична, з повним змішуванням потоків на зрізі змішувача;

- відбори (підводи) робочого тіла не впливають на характеристики компресора і турбіни;

- розрахунок несталіх режимів здійснюється з урахуванням тільки інерційності роторів;

- не враховується різниця потенційних енергій газу для будь-яких довільних перетинів;

- різні види втрат враховуються емпіричними коефіцієнтами і залежностями (характеристиками);

- при змішуванні охолоджуючого повітря з основним потоком газу враховується тільки рівняння енергії;

- не враховується нестационарність теплових процесів;

- енергообмін з зовнішнім середовищем через стінки корпусу двигуна відсутній;

- при розрахунку турбіни враховується робота частини охолоджуючого повітря, що надходить на плівкове охолодження першого соплового апарату, з урахуванням зниження температури і без втрат повного тиску;

- теплові втрати повного тиску в форсажній камері визначаються в припущенні про постійне перетині камери.

Цей основний набір припущень є загальноприйнятим для вітчизняних програм. Напрямки вдосконалення сучасної математичної моделі полягають в наближенні перерахованих вище припущень до реальних процесів [1].

Узагальнений аналіз можливостей сучасних математичних моделей виконаний за критеріями сфери застосування і вирішуваних завдань, форм представлення вихідних даних, функціональності, комплексності та іншим ключовим критеріям.

У сучасних умовах нові проекти ГТД розробляються при значно більш високих рівнях температур і тисків, розширилася номенклатура схемних рішень в зв'язку з розробкою на базі ГТД енергетичних і інших установок. Також опубліковані оновлені відомості по термодинамічних властивостях горючих і окислювачів різних складів і індивідуальних речовин.

У цьому полягають основні причини, що визначають необхідність уточнення раніше прийнятих теоретичних положень і припущень як основи для створення сучасної базової математичної моделі робочого процесу ГТД.

У той же час на практиці поряд з розглянутими застосовуються математичні моделі, розроблені силами самих КБ і включають в себе методичні розробки, отримані в результаті досвіду розрахунково-експериментальної доведення, багато з яких є унікальними. Такі методики необхідно об'єднати в рамках єдиної базової математичної моделі.

Одним з негативних наслідків використання різних розрахункових систем є спостережуване різночитання в оцінці основних параметрів ГТД, необхідність виконання перевірних розрахунків та узгодження математичних моделей. Необхідно в принципі виключити подібні нестиковки, що якісно підвищить ефективність процесу проектування. Вищесказане не виключає можливості подальших модифікацій і розвитку такої математичної моделі, але для спільного проектування двигунів вона повинна залишатися єдиною.

Список бібліографічних посилань

1. Мухамедов Р. Р. Математические модели ГТД. *Молодежный Вестник УГАТУ*. 2014. № 1 (10). С. 35–43.

2. Ахмедзянов Д. А., Горюнов И. М., Кривошеев И. А. Термогазодинамический анализ рабочих процессов ГТД в компьютерной среде DVIGw. Уфа : УГАТУ, 2003. 162 с.

Одержано 30.04.2020



УДК 911.2

Інна Олексіївна Дерябіна,

*викладач, спеціаліст вищої категорії,
Кременчуцького льотного коледжу ХНУВС;*

Ольга Володимирівна Уманська,

*директор центру прогнозів
Одеського державного екологічного університету*

ГРОЗОВА ДІЯЛЬНІСТЬ У МІСТІ ХАРКІВ

В сьогодення авіація займає передове місце у світовій транспортній індустрії, робота авіації суттєво залежить від погодних умов. Актуальність обраної тематики обґрунтовується тим, що хмари та пов'язані з ними такі метеорологічні явища, як грози суттєво впливають на роботу авіації. Вони значно ускладнюють польоти, а в ряді випадків зовсім виключають їх можливість. Грози – одне із найскладніших атмосферних явищ, характерною рисою яких є тісний зв'язок і взаємообумовленість метеорологічних та електричних процесів. Формування великих об'ємних зарядів і, відповідно, сильних електричних полів супроводжується інтенсивними грозовими розрядами між хмарами та хмарою і землею поверхнею [1].

У даний час не дивлячись на величезну кількість робіт [2-4], присвячених дослідженню конвективних процесів в атмосфері, механізм утворення грози багато в чому ще не ясний. Грозові хмари відносяться до розряду найбільш потужних конвективних хмар і завжди є предметом прискіпливої уваги спеціалістів, котрі займаються прогнозуванням погоди, вивченням клімату. Швидкоплинність і локальність конвективних процесів значно ускладнюють процес завчасного і ефективного прогнозування грозових явищ. Надзвичайно складно передбачувати грозу у короткострокових і

довгострокових прогнозах, а надкороткострокові прогнози погоди, до яких зокрема відносяться авіаційні прогнози, без регулярної та безперервної вихідної інформації взагалі неможливі. Тому більш детальне вивчення умов виникнення грози у просторі та часі є актуальним питанням часу.

Клімат Харкова помірно-континентальний з помірно холодною зимою і тривалим, часом посушливим, жарким літом. Середньорічна температура повітря становить 8,1 °С. Річна кількість опадів – 517 мм. Місто знаходиться майже на межі зон лісостепу і степу, випаровуваність помітно перевищує опади, особливо влітку.

Опади в місті випадають досить рівномірно. Як і в усьому помірному поясі, опадів випадає найбільше в літні місяці, пов'язано це головним чином з переміщенням Сонця по екліптиці, його високе положення над горизонтом стимулює випаровування вологи і формування дощів і гроз. Найбільш вологі місяці – червень та липень з нормою опадів 61 мм. Найбільш сухі місяці – лютий – квітень. Причина цього в малій активності циклонів і в недостатній ще енергії Сонця для утворення конвекції. У березні опадів випадає в середньому 33 мм.

Кліматичне літо приходить в місто в середині або на початку травня, а закінчується в середині-кінці вересня і триває, як правило, довше календарного. Літо ділиться на два підсезони: вологий (травень – червень) і сухий (липень – вересень). Орієнтовна межа між сезонами збігається з точкою літнього сонцестояння. Під час вологого сезону погода тепла, волога і джерелом опадів є переважно переноси повітряних мас з Атлантичного океану. Під час сухого сезону основним джерелом опадів є рідкісні, але дуже сильні грози. В першу половину літа домінує хмарна, похмура погода, у другу – ясна. Пов'язано це з встановленням стійкого Азорського антициклону, домінуючого з липня по вересень. Спекотні дні найчастіше бувають в липні та серпні. Загальні тенденції літа – воно тривале, жарке й сухе. У найспекотніші дні температура може наближатися в тіні до 40-градусної позначки, 30-градусна спека – звичайне явище, іноді середній максимум місяця може перевищити цю позначку [5].

Дослідження повторюваності гроз проводилося з березня по листопад в період з 2015 по 2019 роки.

Табл. 1 – Кількість днів з грозами в м. Харків в 2015-2019 р.р.

Мі-сяць	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	Рік
2015	0	2	4	10	10	1	1	0	0	28
2016	0	4	13	7	5	11	0	4	0	44
2017	1	0	3	4	5	3	2	0	1	18
2018	0	4	6	11	0	0	0	0	0	21
2019	1	2	9	4	6	1	1	3	0	27

Як видно з таблиці 1 найбільша кількість гроз в Харкові спостерігалася в 2016 році. Найбільш активною грозова діяльність була в травні та серпні. В загальному за досліджуваний період грозова активність найбільш виражена з травня по липень, коли температурно-вологісний режим найбільш сприятливий розвитку конвекції. Найраніше гроза спостерігалася в березні (22.03.2019р.), а найпізніше в листопаді (12.11.2017р.).

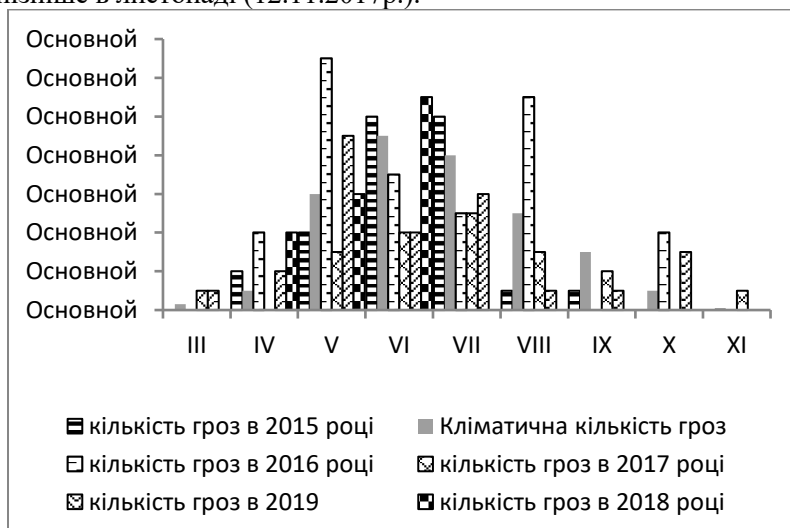


Рис. 1 – Кількість днів з грозами в м. Харків в 2015-2019 р.р. в порівнянні з багаторічними кліматичними даними

Як видно з рисунку 1 за останні п'ять років кількість гроз у місті Харкові у порівнянні з кліматичними характеристикам зростає, і, в деяких випадках, більше ніж удвічі. Це пов'язано з тим,

що кліматичні зміни призводять до збільшення небезпечних погодних явищ, до яких і відноситься гроза.

Список бібліографічних посилань

1. Мацук Ю. М. Зміни грозової активності на території України в ХХ та на початку ХХІ сторіччя. *Вісник Харківського національного університету. Серія «геологія – географія – екологія»*. 2013. Вип. 39 (1084). С. 147–151.

2. Быков А. В., Ветров А. Л., Калинин Н. А. Прогноз опасных конвективных явлений в Пермском крае с использованием глобальных прогностических моделей. *Труды Гидрометцентра России*. 2017. Вып. 363. С. 101–119.

3. Климат Харькова / под ред. В. Н. Бабиченко. Ленинград : Гидрометеиздат, 1983. 216 с.

Одержано 30.04.2020



УДК 629.735.45.035

Олексій Юрійович Дороненков,

курсант Кременчуцького льотного коледжу ХНУВС

Науковий керівник:

Володимир Григорович Тягній,

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник

викладач – методист Кременчуцького льотного коледжу ХНУВС

АНАЛІЗ ПРИЧИН ПОЯВИ ВИХРОВИХ ШНУРІВ НА ЛОПАСТЯХ НГ І ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ЗМЕНШЕННЯ ЇХ ВПЛИВУ НА АЕРОДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ НГ

Несучий гвинт вертольоту є основним конструктивним елементом призначений для отримання тяги НГ, необхідної для забезпечення польоту, вертольоту і забезпечення його керованості в просторі.

Результуюча швидкість повітряного потоку набігаючого на лопаті НГ в кожному перерізі на режимах горизонтального польоту визначається як сума колової швидкості перерізу (U) лопаті

НГ і швидкості незбуреного потоку (V^∞), визначеного швидкістю польоту вертольоту та її розмір залежить від режиму вісьового обтікання НГ.