

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Миколюк Анна Костянтинівна

«На правах рукопису»
УДК 504.38:656.71

ОЦІНКА ВПЛИВУ АВІАЦІЇ НА ГЛОБАЛЬНІ ЗМІНИ КЛІМАТУ

Спеціальності 101 «Екологія»

АВТОРЕФЕРАТ
магістерської дисертації

Київ – 2018

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут ім. І.Сікорського» Міністерства освіти і науки України в Інституті енергозбереження та енергоменеджменту, на кафедрі інженерної екології

Науковий керівник:

Кандидат технічних наук, асистент
Репін Микола Володимирович
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут ім.
І.Сікорського»

Захист відбудеться «29» травня 2018 року о 10⁰⁰ годині на засіданні ЕК при Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» за адресою: 03056, м. Київ, вул.Борщагівська, буд. 115, ауд. 201

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» за адресою: 03056, м. Київ, просп. Перемоги,37

Секретар ЕК,
асистент кафедри
інженерної екології ІЕЕ
НТУУ «КПІ» ім. Ігоря
Сікорського

Євтєєва Л.І.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми.

Внаслідок вичерпання світових невідновлюваних джерел енергії відбувається зменшення видобутку вугілля та сировини вуглеводневої сировини. Зростання енергетичних потреб людства та скорочення запасів сировини для задоволення цих потреб в найближчому майбутньому призведе до загострення світової енергетичної кризи. Сучасна авіація є одним з основних споживачів вуглеводневого палива і, як наслідок, завдає значної шкоди навколишньому середовищу, так як продукти згоряння авіаційного палива є джерелом забруднення атмосфери. Крім того, викиди CO₂ та інших парникових газів роблять значний внесок у глобальні зміни клімату. У цьому відношенні провідні країни світу та міжнародні організації вимагають розробки та впровадження альтернативного авіаційного палива. Відповідно до вимог Міжнародної організації повітряного сполучення, до 2050 року викиди CO₂ повинні знизитися на 50%. Частка використання авіаційного біопалива має зрости до 2020 року до 10%.

Вплив авіації на клімат, тобто вплив на глобальну середню температуру приповерхневого повітря, був підсумований у звітах про оцінку. Приблизно 5% антропогенних змін клімату припадає на глобальну авіацію, і це число, як очікується, буде рости далі. Широкий спектр атмосферних процесів визначення впливу авіаційної емісії на клімат, який включає в себе адвекцію, дисперсію, хімічне перетворення, утворення хмар (інверсійно-перисті), а також сонячну радіацію і інфрачервоне випромінювання. Крім атмосферних викидів двоокису вуглецю, викиди водяної пари та оксиду азоту сприяють впливу на клімат.

Мета і завдання дослідження.

Метою роботи є проведення оцінки впливу авіації на глобальні зміни клімату, показати як саме це відбувається та знайти способи зменшити цей вплив.

Завдання:

- розглянути вплив авіації та радіаційного випромінювання та клімат;
- детально розглянути утворення конденсаційно інверсійних шляхів;
- математичне моделювання contrail cirrus;
- доцільність оптимізації руху та перегляд планування маршрутів трансатлантичних перельотів.

Об'єкт дослідження – процес формування інверсійно конденсаційних шляхів.

Предмет дослідження – фізичні та хімічні властивості інверсійно конденсаційних шляхів, вплив на клімат.

Методи дослідження – теоретичні та експериментальні методи, а саме аналітичні та статистичні методи аналізу інформаційних джерел, лабораторні дослідження за загальноприйнятими методиками, систематизація, узагальнення та математична обробка одержаних результатів, математичне моделювання.

Наукова новизна отриманих результатів. Вплив сучасних повітряних транспортних процесів на зміну клімату, що відбуваються в глобальній екосистемі і

прогнозування міжнародних організацій про перспективи розвитку авіації та її наслідки для клімату.

Практичне значення отриманих результатів полягає в можливості використання її результатів у подальших екологічних дослідженнях та визначенні оптимальних авіаційних шляхів для України.

Обсяг і структура роботи. Робота складається із реферату, умовних скорочень, вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел. Наукова робота обсягом 109 сторінок, містить 21 рисунок, 5 таблиць. Список використаних літературних джерел налічує 50 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** сформульовано мету та основні завдання дисертаційної роботи, практичне значення отриманих результатів. Визначено та розкрито предмет та об'єкт дослідження, висвітлено методи, використані в процесі роботи. Сформульовано основні положення, що виносяться на захист, практичне значення та наукову новизну результатів дисертаційної роботи.

У **першому розділі** надано загальну характеристику сучасного стану та тенденцій розвитку світової авіації, що таке інверсійно конденсаційні шляхи, як вони творяться, які параметри мають, яку дію становлять. Основним питанням, пов'язаним з контралісами, є те, що вузькі стежки можуть поширюватися та об'єднуватися, утворюючи значні скупчення хмар. Протягом дня товсті хмари, які схильні формуватися на нижчих висотах, поглинають вхідне короткохвильове сонячне випромінювання, що призводить до загального охолодження на поверхні Землі. Вночі, за відсутності вхідної сонячної радіації, сценарій зворотний; густі хмари ловлять довгохвильове випромінювання, що випускається з поверхні Землі, і виникає загальне потепління. Хмари, що утворюються на великих висотах (3-18 км у залежності від широти), зазвичай тонкі і розмаїті (як і контралізи) і відносно прозорі для вхідного короткохвильового випромінювання через їх низьке альbedo. У той же час ці хмари можуть поглинати та повторно випромінювати довгохвильове випромінювання з поверхні Землі, створюючи загальне потепління і, можливо, зміну добового температурного діапазону. Однак роль контралістів у впливі на місцевий, регіональний та глобальний клімат, ймовірно, складніша та залежна від ряду змінних, включаючи не тільки щільність повітряних перевезень, але і річні зміни атмосферних умов, висоти та довжини, місця розташування потоку струменя та варіації інших масштабних атмосферних процесів. Контралізи можуть впливати на радіаційний баланс атмосфери двома способами: по-перше, вони відбивають повернення сонячної радіації до космосу (охолоджувальний ефект), по-друге, вони зменшують довгохвильове випромінювання, що залишає Землю в космосі (ефект від нагрівання). В даний час обчислення радіаційного перенесення означають загальне потепління від контралісів, особливо вночі. Незважаючи на значний прогрес у вивченні формування контралінгу з аспектів мікрофізики до моделювання та супутникового спостереження, розуміння та кількісне визначення того, якою мірою авіація впливає на хмарність і її послідовний вплив на сонячну радіацію виявився значно складнішим.

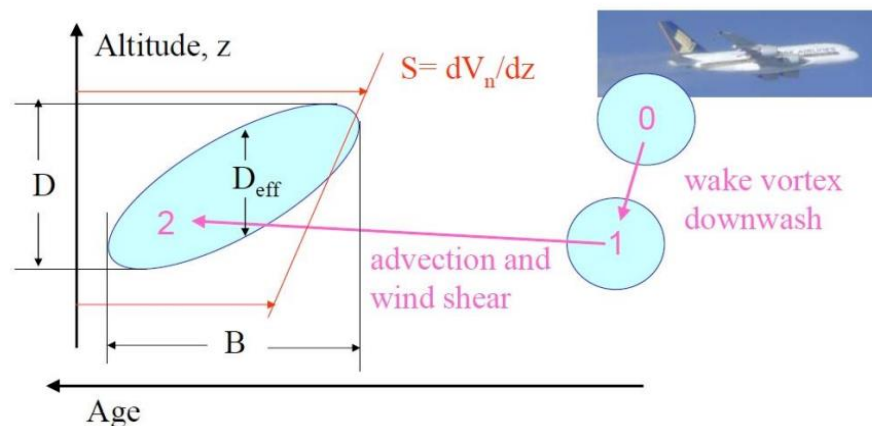
В розділі проаналізовано, що високі темпи зростання авіації та її викиди у результаті викидів CO_2 , а також той факт, що його кліматичний ефект більший, ніж лише його викиди CO_2 , вплив авіації на атмосферу є проблемою політики в боротьбі з зміною клімату та є предметом наукових досліджень. Авіація впливає на радіаційне натискання клімату через викиди CO_2 , NO_x , частинок і водяної пари та впливає на хмарність верхньої атмосфери Землі через контралізи. Вплив контралісів залишається науковою проблемою з великою невизначеністю. Вивчення кліматичного ефекту викидів NO_x у атмосферу на O_3 та CH_4 вказує на те, що більш сильна реакція на температуру виникає внаслідок утворення O_3 на круїзних висотах повітряних суден і коли північна півкуля (де панує авіація) примушується самостійно (у порівнянні з контрольним експериментом, де атмосфера була рівномірно зведена через півкулі O_3). Ці фактори, що розглядаються разом, означають, що викиди NO_x від повітряних суден залишаються проблемою для зміни клімату. Зменшення викидів в атмосферне повітря все частіше обговорюється, але необхідно розглянути складні технологічні та атмосферні компроміси, які також впливають на вибір та рішення щодо потенційних інструментів політики. Основною проблемою цього питання є збалансованість довгострокових ефектів від впливу CO_2 на короткотривалі ефекти, такі як O_3 , контралізи та індуковані авіацією цирруси, які мають рівну або більшу радіаційну величину, ніж CO_2 . Особливу увагу було приділено потенціалу зменшення радіаційного натискання протипоказаних шляхом зміни висоти польоту.

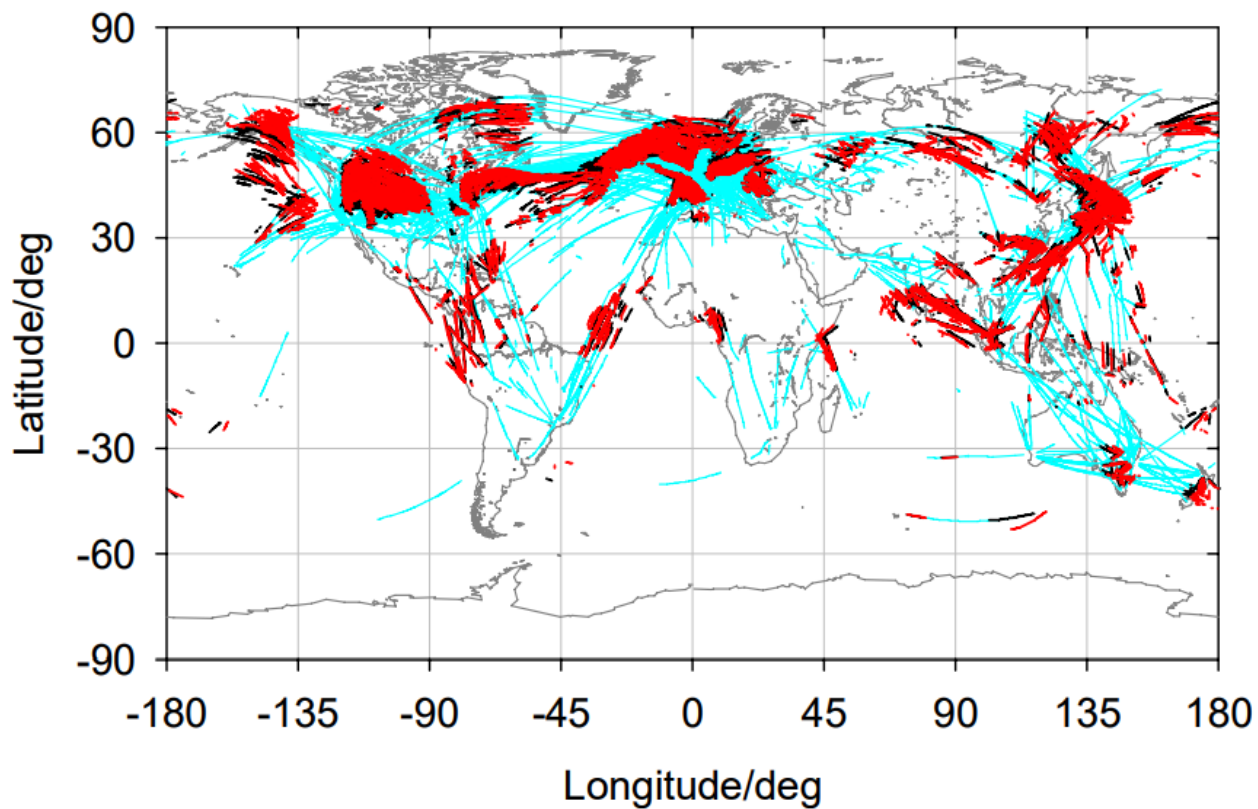
У другому розділі роботи проведе математичне моделювання утворення контралісів. Описується нова модель моделювання і прогнозування властивостей великого ансамблю контралісів як функції даного повітряного руху та метеорології. Модель призначена для наближеного прогнозування покривного покриву та аналізу контрадіального кліматичного впливу, наприклад в рамках процесів оптимізації авіаційної системи. Модель імітує повний життєвий цикл контралію. Контральні сегменти утворюють між точковими точками окремих літальних колій у досить холодних та вологих повітряних масах. Первинні властивості *contrail* залежать від літальних апаратів. Адвекції та еволюції контралісів слідує лагранжева гауссова модель. Процеси змішування та об'ємних хмар обробляються квазіаналітично або з ефективною чисельною схемою. Модель була впроваджена в “*Contrail Cirrus Prediction Tool*” . У цьому розділі описуються припущення моделі, рівняння для окремих контралісів та метод аналізу для покриття контраліцирусу, що походить від оптичної глибини ансамблю контралісів та фонових цирроз. Ця модель була застосована для дослідження конкретних ситуацій та порівняно з результатами інших моделей та вимірювань контрастних даних *in-situ*. Проста модель відтворює значну частину спостережуваних протилежних властивостей. Середньовічні контралізи надають найбільший внесок у продукт оптичної глибини та ширини контралісу, важливі для впливу на клімат. Контрали - це тонкі лінійні хмари льодовими частинками, які утворюються в атмосфері за крейсерськими літаками через змішування виділеної водяної пари з холодним навколишнім повітрям, що приводить до локального насичення рідини, конденсації води на аерозолях та наступного заморожування. У льодо-надсучасних повітряних масах контралізи розповсюджуються і ростуть за рахунок поглинання навколишньої води. Загальний

вміст льоду може бути на кілька порядків більшим, ніж кількість води, що викидається з літака. Часто спостерігаються контрали, що зберігаються протягом багатьох годин і перетворюються на контралічний цирроз, що має значне хмарне покриття та оптичну глибину. Постійні контралізи часто асоціюються або вбудовані в тонкий цирроз. У регіонах з підвищеною щільністю руху, підвищеною вологістю та тонким заляганням, контралізи можуть швидко поширюватися над великим регіоном. Такі так звані contrail спалахи можуть призвести до значної частки щорічного середнього покриття contrail. В даний час в глобальному масштабі здійснюється понад 80 000 комерційних рейсів на день, і трафік зростає. Велика частина літальних апаратів круїзи на висоті, де можуть утворитися контралізи. Контралі можуть забезпечувати поверхні для гетерогенної хімії. Контрали є видимими марками повітряного впливу на атмосферу. Незважаючи на все ще велику невизначеність, кліматичний вплив контралісів є важливим. Для оцінки кліматичного впливу окремих літальних польотів, наприклад як джерело для оптимізації маршрутів, для оптимізації літаків або для прогнозування покриття контрала в районі з інтенсивним повітряним рухом з дня на день, потрібна модель, яка може обчислити властивості contrail для окремих рейсів, а також для великого парку повітряних суден регіонально та глобально з коротким часом обчислення.

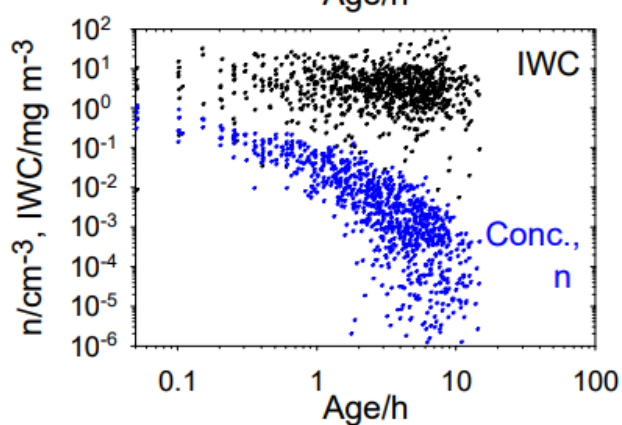
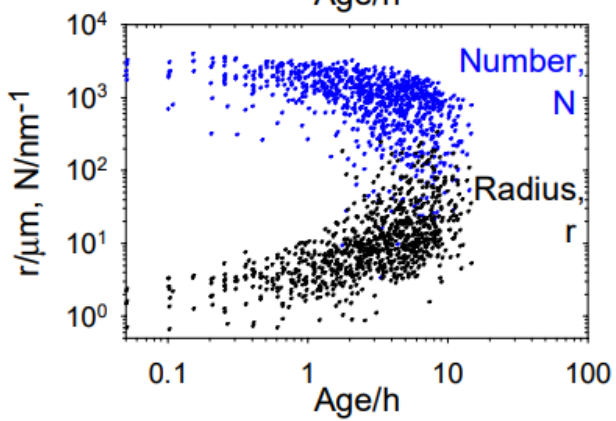
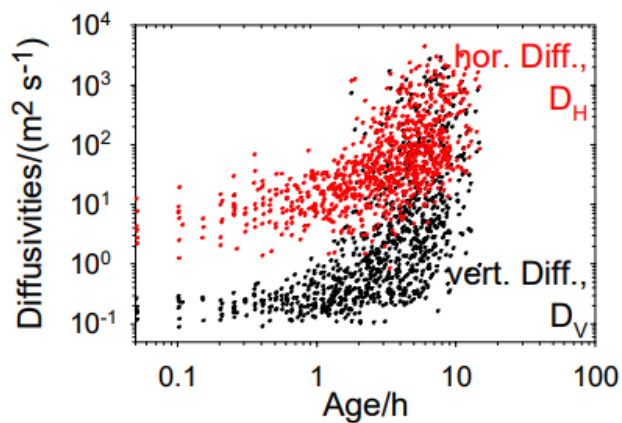
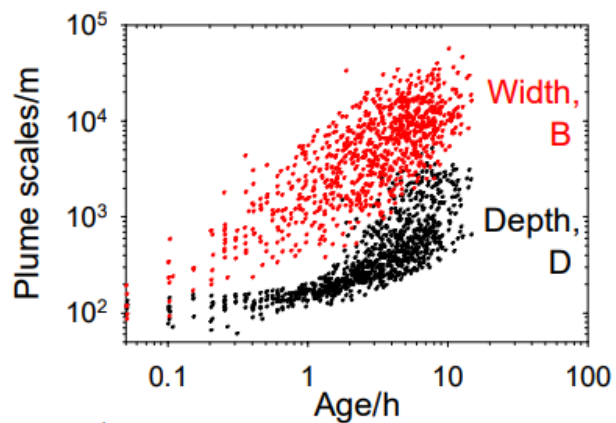
Протипоглинання та циррозного утворення є нелінійним процесом, який сильно залежить від метеорологічних умов та процесів. Ці процеси за своєю суттю є підгрудні масштабу в багатовимірних глобальних моделях. Розроблено моделювання льодового хмарного хмар з різним ступенем складності для змішування та мікрофізики частинок, але жоден з них не розглядає весь контрактний життєвий цикл від утворення контралію до розсіювання.

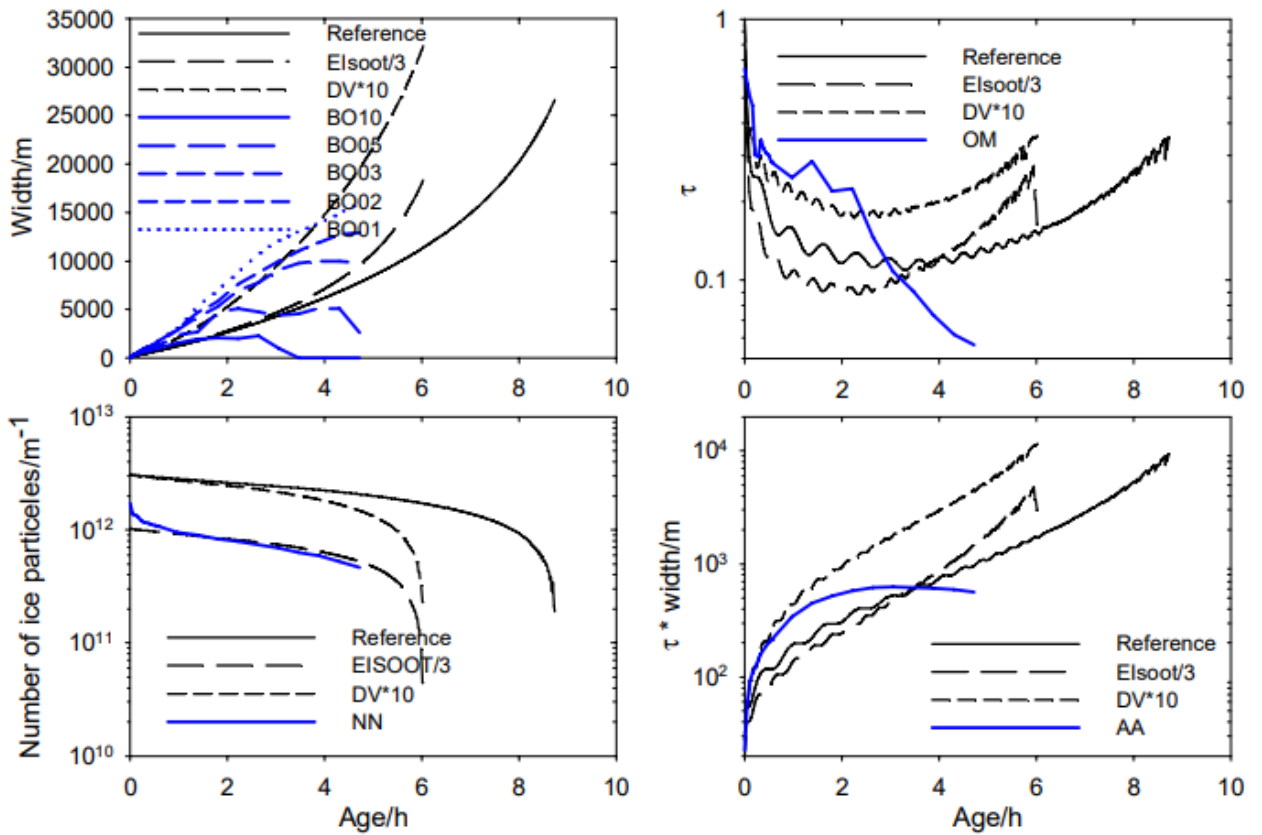
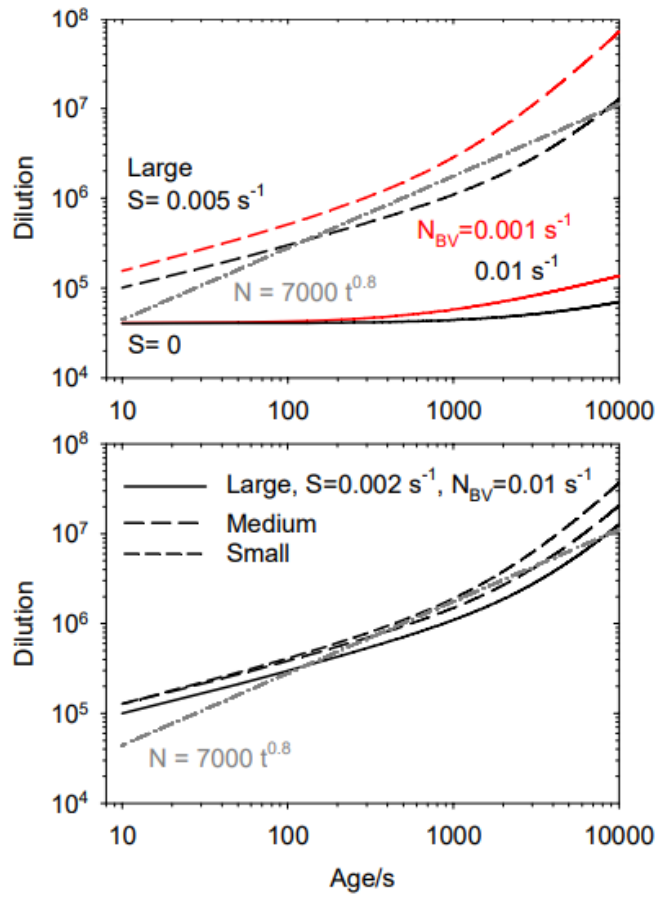
Рішення про те, чи контраліл утворюється або не відбувається уздовж даного польоту, є відносно простим завданням, оскільки це можна пояснити термодинамічно, коли метеорологічні та літальні параметри є достатньо відомі. Дані щодо погодних умов та польотів використовувались для ідентифікації протилежних літальних трас та їх подальшої адвекції. З порівняння з супутниковими даними на обчислених контралічних позиціях оптичні та седиментаційні властивості були успішно виведені. Аналіз протиріччя стійкості порівнювався з супутниковим контралілем, що відображає високу чутливість до пересиченого льоду та вертикального введення вітру.

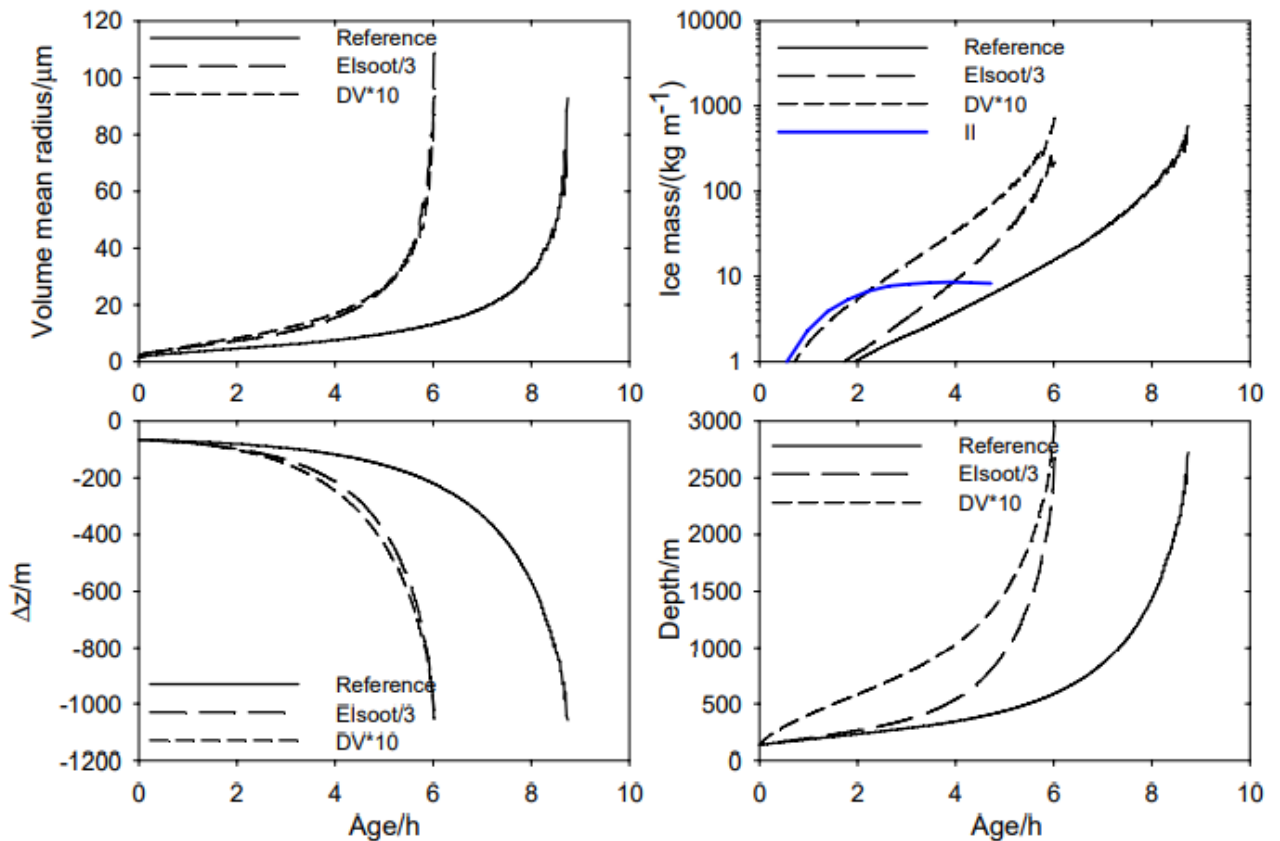




M







Значення оптичної глибини двох моделей найбільш сильно відрізняються. Оптична глибина CoCiP наближається до результату моделі 2d для посиленої вертикальної дифузії. Пізніше оптична глибина збільшується в CoCiP, оскільки частки контралий починають осад. Отже, контраліт поглиблюється і збирає більше вологи з навколишнього повітря, даючи більшу масу льоду, з більшими частками і, отже, більшими значеннями оптичної товщини. На відміну від цього, модель 2d передбачає зменшення оптичної глибини після 3-х років. Однією з можливих причин цієї різниці є обмежена глибина пересиченого шару в цьому прикладі з льодом, що осаджується з шару в 2-му моделі, тоді як CoCiP слідує за паливом лагранжевим чином, не втрачаючи масу льоду. Друга причина може бути результатом передбачуваного насичення льоду в контраліві. У пізні часи частина льоду, що залишилася, не може бути ефективною для збереження контралію при насиченні льоду, що призводить до меншого вмісту льодяної води.

Модель CoCiP обмежує відносну вологість навколишнього середовища під час утворення контраліку, що важко виміряти. Він також використовується для оцінки протилежної дисперсії контрольної зсуву навколишнього вітру. Зіставлення підтверджує припущення, що кількість частинок льоду в контраліві за декілька хвилин досягають віку, головним чином, визначається кількістю частинок сажі, що випускаються двигунами повітряних суден. Необхідно пояснити турбулентність і фізику хмарності для пояснення спостережуваної динаміки контрасту.

У **третьому розділі** роботи надано обґрунтування щодо оптимізації планування маршрутів трансатлантичних перельотів. Поточна маршрутизація повітряного

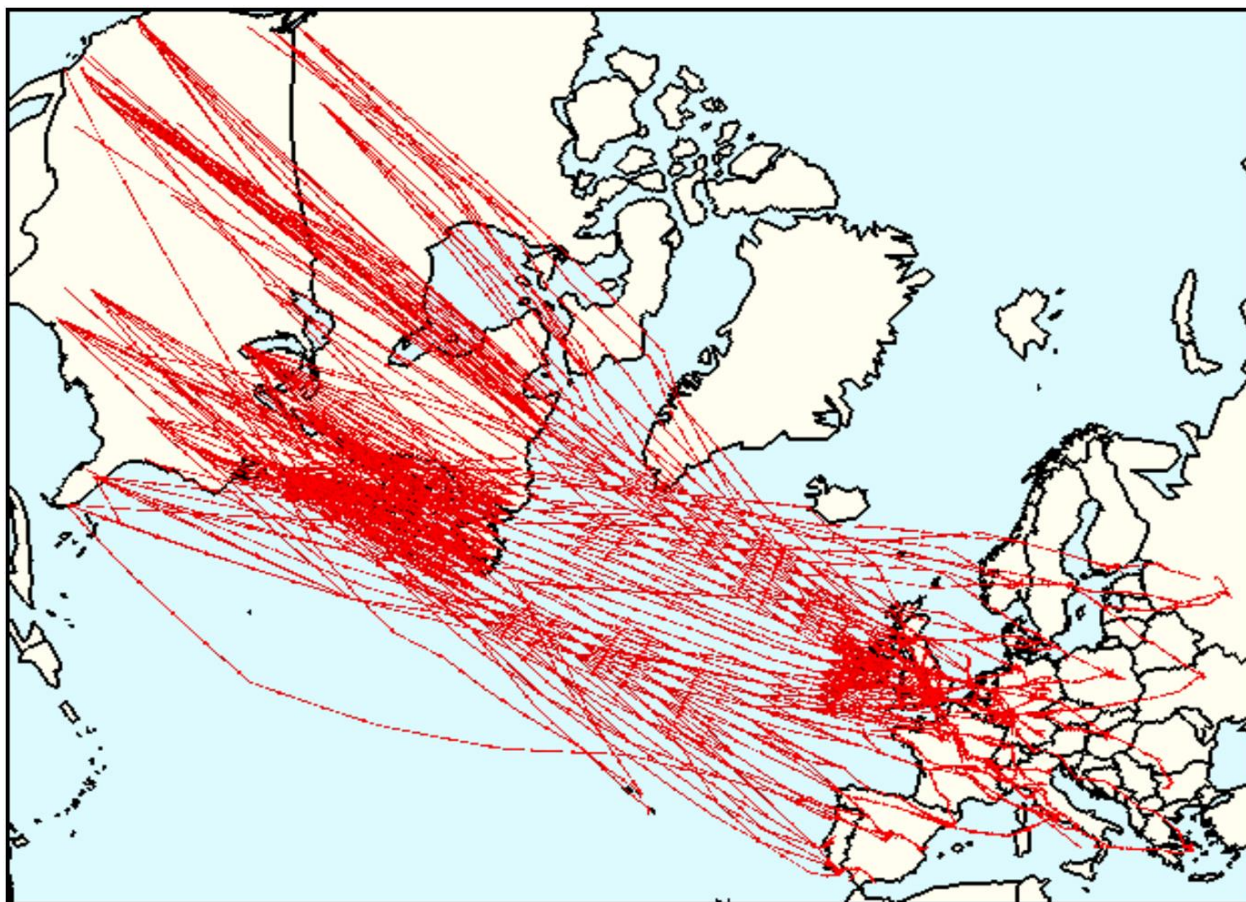
руху мотивована мінімізацією економічних витрат, таких як використання палива. Окрім кліматичного впливу викидів CO₂ від використання цього палива авіація сприяє зміні клімату через вплив не CO₂, наприклад, зміни атмосферного озону та концентрації метану та формування контралік-цирру. Ці впливи, не пов'язані зі CO₂, суттєво залежать від того, де і коли виникають викиди в авіації. Кліматичні наслідки авіації можна зменшити, якщо рейси будуть рухатися, щоб уникнути регіонів, де викиди мають найбільший вплив. Тут представляємо перші результати, в яких моделюється оптимізована для клімату стратегія маршрутизації для всіх трансатлантичних польотів на 5 зимових і 3-х літніх днях, характерних для типових зимових та літніх погодних умов у Північній Атлантиці. Оптимізація окремо розглядає польоти на східному та західному напрямках, а також відображає вплив вітру на маршрути польотів та враховує аспекти безпеки. Протягом усіх розглянутих днів ми знаходимо декілька можливих комбінацій маршрутів польотів, які мають менший загальний вплив на клімат, ніж сценарій, який мінімізує економічну вартість. Виявлено, що навіть невеликі зміни маршрутизації, що збільшують експлуатаційні витрати (переважно паливо) лише на 1%, призводять до значного скорочення впливу на клімат на 10%. Це збільшення вартості може компенсуватися ринковими заходами, якщо будуть включені витрати, пов'язані з впливом клімату, не пов'язаного з CO₂. Наша методологія є відправною точкою для планування польотів, оптимізованого для клімату, що також може застосовуватися у всьому світі. Хоча існують проблеми з впровадженням такої системи, ми представляємо дорожню карту з кроками, щоб подолати ці проблеми.

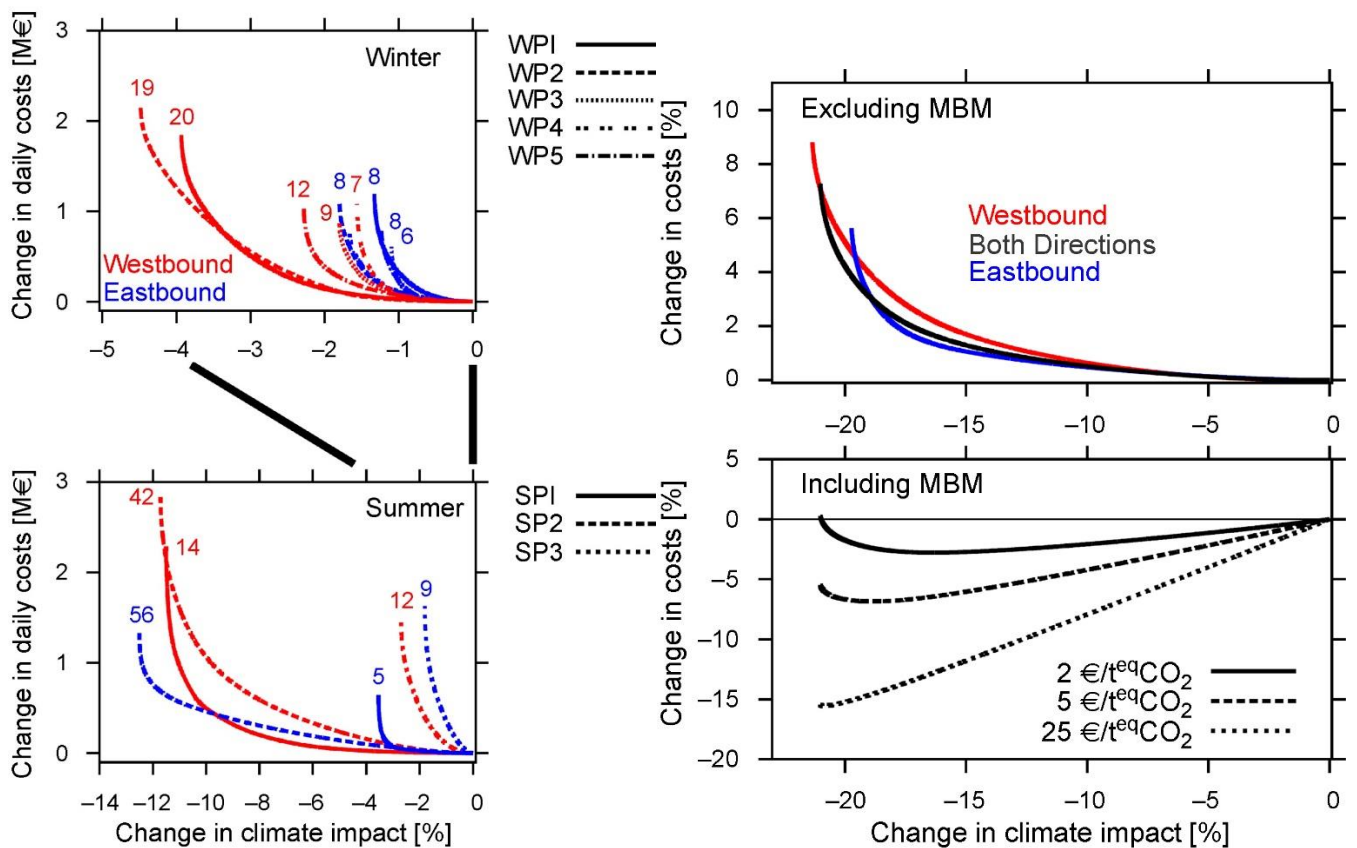
Вплив авіації на клімат, тобто вплив глобальної середньої температури приповерхневого повітря, був підсумований у звітах про оцінку. Приблизно 5% антропогенних змін клімату припадає на глобальну авіацію, і це число, як очікується, буде рости далі. Широкий спектр атмосферних процесів визначає вплив авіаційних викидів на клімат, який включає адвекцію, розсіювання, вимивання, хімічну конверсію, утворення хмарності (контралік-циррус) та сонячне та інфрачервоне випромінювання. Крім викидів двоокису вуглецю викидів парникових газів, викиди водяної пари та оксиду азоту, а також потенційно частинки, сприяють впливу на клімат. Контради утворюються лише тоді, коли суміш гарячого та вологого вихлопних газів з навколишнім повітрям насичується щодо води і зберігається лише в тому випадку, якщо навколишнє повітря насичене щодо льоду. Контрали впливають як на бюджет вхідної сонячної радіації, так і на вихідне інфрачервоне випромінювання, що випромінюється Землею та її атмосферою - в середньому, контралізи діють для того, щоб підігріти клімат, але за певних обставин (наприклад, близько до сходу та заходу сонця) навпаки може бути правдою. Ефект збурень на енергетичний баланс кількісно, використовуючи дисбаланс випромінювання при тропопаузі (радіаційне форсування, РФ). Позитивний РФ призведе до потепління, і навпаки.

Потепління від збільшення озону домінує над охолодженням через зменшення метану для поточного світового флоту. Проте локальний чистий ефект може суттєво відрізнитися, а викиди NO_x у деяких регіонах можуть призвести до глобального охолодження. Аналогічно, формування контраліків, властивості та пов'язаний з ними

вплив клімату значно відрізняються між різними регіонами та часами. Отже, кліматичний вплив цих викидів, не пов'язаних з викидом CO₂, сильно залежить від висоти, географічного розташування та часу викидів, що відноситься до добового та сезонного циклів.

Кліматичні наслідки авіації потенційно можуть бути зменшені, якщо рейси рухаються, щоб уникнути регіонів, де викиди мають найбільший вплив. Тут ми досліджуємо, чи впровадження стратегії маршрутизації впливу на зменшення клімату є корисною для зміни клімату. Мета дослідження полягає в тому, щоб показати доцільність такої стратегії маршрутизації, беручи до уваги представницький набір погодних умов для зимових та літніх сезонів та оптимізацію всього трансатлантичного повітряного руху в ті дні і повністю враховуючи питання безпеки. Наведено огляд розрахунку кліматично оптимальних маршрутів, кліматичних показників та моделювання повітряного руху. Представлено вплив кліматично оптимізованої стратегії маршрутизації на вплив і вартість клімату, а також розглядається використання ринкових заходів для стимулювання використання такої стратегії та дорожня карта для впровадження. Невизначеності та порівняння з попередньою роботою обговорюються.





Прийнята детальна структура моделювання для оцінки переваг та вартості варіантів маршрутизації повітряного руху над Північною Атлантикою. Результати для 5 представницьких зимових і 3 представницьких літніх ситуацій чітко вказують на великий потенціал для зменшення кліматичного впливу авіації приблизно на 10% при відносно низьких витратах на 1%. У будь-яких погодних умовах можна виявити маршрути, які зменшують вплив на клімат при низьких витратах, однак інтенсивність скорочення впливу на клімат змінюється. Незважаючи на те, що зростання витрат є низьким, вони, ймовірно, становлять перешкоду на шляху здійснення, оскільки прибуток від інвестицій авіакомпанії також знаходиться в такому порядку. Проте, за допомогою ринкової мети, витрати на оптимізацію клімату маршрутизації можуть бути обізнані з витратами на еквівалентні викиди CO₂, а клімат - оптимальна маршрутизація стане вигідною як для клімату, так і для авіакомпаній.

Концепція кліматично оптимальної маршрутизації не є достатньо зрілою, щоб бути безпосередньо реалізованою в реальному світі в основному з 4 причин. По-перше, розрахунок функцій зміни клімату повинен бути надійним та достатньо швидким, щоб стати дієвим. По-друге, слід домогтися консенсусу щодо того, як боротися з ефектами охолодження, тобто в якій мірі слід допускати додаткове формування контраліку, який за певний проміжок часу охолоджує глобальний клімат більше, ніж додатковий викид CO₂, який виділяється оптимізованими кліматичними маршрутами. По-третє, слід визначити наслідки для банкоматів. Незважаючи на те, що питання безпеки не обмежують результати польотного коридору

Північноатлантичного регіону, вони можуть обмежувати застосування у районах підвищеної щільності повітряного руху. І, нарешті, необхідна ринкова міра або альтернативні заходи для сприяння оптимальному клімату маршрутизації. Наше дослідження ясно показує переваги зменшення впливу на клімат, якщо ці бар'єри можна подолати.

ВИСНОВКИ

При виконанні досліджень у дисертаційній роботі отримано такі наукові та практичні результати:

- проведена оцінка впливу авіації на глобальні зміни клімату, показано як саме це відбувається та знайдено способи зменшити цей вплив;
- розглянуто вплив авіації та радіаційного випромінювання на клімат;
- детально розглянуто утворення конденсаційно інверсійних шляхів;
- проведено математичне моделювання *contrail cirrus*;

Було встановлено, що внаслідок вичерпання світових запасів невідновлюваних джерел енергії, зменшується рентабельність видобутку та переробки вуглеводневої сировини. Зростання енергетичних потреб людства та скорочення запасів сировини для задоволення цих потреб в найближчому майбутньому призведе до загострення світової енергетичної кризи. Сучасна авіація є одним з основних споживачів вуглеводневого палива і, як наслідок, завдає значної шкоди навколишньому середовищу, оскільки продукти згоряння авіаційного палива є джерелом забруднення атмосфери. Крім того, викиди CO₂ та інших парникових газів роблять значний внесок у глобальні зміни клімату. У цьому відношенні провідні країни світу та міжнародні організації вимагають розробки та впровадження альтернативних авіаційних палив. Відповідно до вимог Міжнародної організації повітряного транспорту, до 2050 року викиди CO₂ повинні зменшитися на 50%. Частка авіаційних біопалив повинна досягти 10% до 2020 року.

Вплив авіації на клімат, тобто вплив глобальної середньої температури приповерхневого повітря, був підсумований у звітах про оцінку. Приблизно 5% антропогенних змін клімату припадає на глобальну авіацію, і це число, як очікується, буде рости далі. Широкий спектр атмосферних процесів визначає вплив авіаційних викидів на клімат, який включає адвекцію, розсіювання, вимивання, хімічну конверсію, утворення хмарності (контралік-циррус) та сонячне та інфрачервоне випромінювання. Крім викидів двоокису вуглецю викидів парникових газів, викиди водяної пари та оксиду азоту, а також потенційно частинки, сприяють впливу на клімат. Контради утворюються лише тоді, коли суміш гарячого та вологого

вихлопних газів з навколишнім повітрям насичується щодо води і зберігається лише в тому випадку, якщо навколишнє повітря насичене щодо льоду. Контрали впливають як на потенціал вхідної сонячної радіації, так і на вихідне інфрачервоне випромінювання, що випромінюється Землею та її атмосферою - в середньому, контрали діють для того, щоб підігріти клімат, але за певних обставин (наприклад, близько до сходу та заходу сонця) навпаки може бути правдою. Ефект на енергетичний баланс визначається кількісно, використовуючи дисбаланс випромінювання при тропопаузі.

АНОТАЦІЯ

Миколюк А.К. Оцінка впливу авіації на глобальні зміни клімату – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня магістр за спеціальністю 101 «Екологія» – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Міністерство освіти і науки України, Київ, 2018.

Актуальність роботи зумовлена низкою екологічних проблем, що викликані розвитком авіації, як наслідок зростання енергетичних потреб людства та скорочення запасів сировини. Сучасна авіація є одним з основних споживачів вуглеводневого палива і, як наслідок, завдає значної шкоди навколишньому середовищу, так як продукти згоряння авіаційного палива є джерелом забруднення атмосфери. Крім того, викиди CO₂ та інших парникових газів роблять значний внесок у глобальні зміни клімату.

Вплив авіації на клімат, тобто вплив на глобальну середню температуру приповерхневого повітря, був підсумований у звітах про оцінку. Приблизно 5% антропогенних змін клімату припадає на глобальну авіацію, і це число, як очікується, буде рости далі.

Метою роботи є проведення оцінки впливу авіації на глобальні зміни клімату, показати як саме це відбувається та знайти способи зменшити цей вплив, також виконані такі завдання:

- розглянуто вплив авіації та радіаційного випромінювання та клімат;
- детально розглянуто утворення конденсаційно інверсійних шляхів;
- виконане математичне моделювання contrail cirrus;
- обґрунтовано доцільність оптимізації руху та перегляд планування маршрутів трансатлантичних перельотів.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у аналізі впливу сучасних повітряних транспортних процесів на зміну клімату, що відбуваються в глобальній екосистемі і планування зміни маршрутів трансатлантичних перельотів.

Практичне значення отриманих результатів полягає в можливості використання результатів роботи у подальших екологічних дослідженнях та визначенні оптимальних авіаційних шляхів для України.

Ключові слова: авіація, авіаційні шляхи, авіаційні перевезення, екологічна оцінка, зміни клімату, глобальне потепління, контралі, конденсаційно інверсійні шляхи.

АНОТАЦИЯ

Миколюк А.К. Оценка воздействия авиации на глобальные изменения климата - Рукопись.

Диссертация на получения наукового степени магистр за специальністю 101 «Экология» - Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», Министерство образования и науки Украины, Киев, 2018.

Актуальность работы зумовлена рядом экологических проблем, викликани развитием авиации, как следствие роста энергетических потребностей человечества и сокращение запасов сырья. Современная авиация является одним из основных потребителей углеводородного топлива и, как следствие, наносит значительный ущерб окружающей среде, так как продукты сгорания авиационного топлива является источником загрязнения атмосферы. Кроме того, выбросы CO₂ и других парниковых газов вносят значительный вклад в глобальные изменения климата.

Влияние авиации на климат, то есть влияние на глобальную среднюю температуру приповерхностного воздуха, был суммированный в отчетах об оценке. Примерно 5% антропогенных изменений климата приходится на глобальную авиацию, и это число, как ожидается, будет расти дальше.

Целью работы является проведение оценки воздействия авиации на глобальные изменения климата, показать как это происходит и найти способы уменьшить это влияние, также выполнены следующие задачи:

- рассмотрено влияние авиации и радиационного випромювання и климат;
- подробно рассмотрено образования конденсационно инверсионных путей;
- выполнено математическое моделирование contrail cirrus;
- обоснована целесообразность оптимизации движения и просмотр планирования маршрутов трансатлантических перелетов.

Научная новизна полученных результатов заключается в анализе влияния современных воздушных транспортных процессов на смену климата, что происходят в глобальной экосистеме и планирования изменения маршрутов трансатлантических перелетов. Практическое значение полученных результатов заключается в возможности использования результатов работы в последующих экологических исследованиях и определении оптимальных авиационных путей для Украины.

Ключевые слова: авиация, авиационные пути, авиационные перевозки, экологическая оценка, изменения климата, глобальное потепление, контрали, конденсационно инверсионные пути.

ANNOTATION

A.Mykoliuk. Aviation impact assessment on global climate change - Script.

Thesis for the degree of master on the specialty National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2018.

The actuality of work is predefined the row of ecological problems which are caused development of aviation, as a result of growth of power necessities of humanity and reduction of stocks of raw material. A modern aviation is one of basic users of hydrocarbon fuel and, as a result, inflicts considerable harm an environment, so as products of combustion of avfuel are the source of contamination of atmosphere. In addition, the extrass of SO₂ and other hotbed gases do considerable payment in the global changes of climate.

Influence of aviation on a climate, that influence on the global middle temperature of pripoverkhnevogo air, was pidsumovaniy in reports on an estimation. Approximately 5% anthropogenic changes of climate are on a global aviation, and this number, as expected, will grow farther.

The purpose of work is a leadthrough of estimation of influence of aviation on the global changing of climate, to rotin as exactly it takes place and to find methods to decrease this influence, such tasks are also executed:

- influence of aviation is considered and radiation vipromiyuvannya and climate;
- education condensation of inversion ways is in detail considered;
- the mathematical design of contrail is executed cirrus;
- grounded expedience of optimization of motion and revision of planning of routes of transatlantic flights.

The scientific novelty of the got results consists in the analysis of influence of modern air transport processes on changing of climate, that planning of change of routes of transatlantic flights are in global ekosistemi.

The practical value of the got results consists in possibility of drawing on the results of work in subsequent ecological researches and determination of optimum aviation ways for Ukraine.

Key words: aviation, aircraft routing, climate, climate change, ozone, contrails, cirrus

Миколюк Анна Костянтинівна

Оцінка впливу авіації на глобальні зміни клімату

(Автореферат)