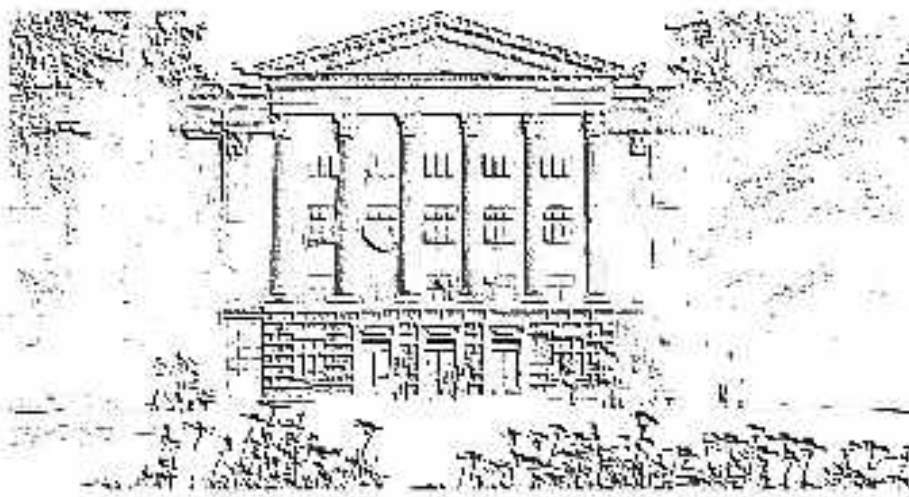


**ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ
XXI НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
«СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ РАКЕТНО-
КОСМІЧНОЇ ТЕХНІКИ
І ТЕХНОЛОГІЇ»**

30 квітня 2025 р.



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет ракетно-космічної техніки

ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ
XXI Науково-технічної конференції
«СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ РАКЕТНО-КОСМІЧНОЇ ТЕХНІКИ
І ТЕХНОЛОГІЇ»

30 квітня 2025 р.

Харків «ХАІ» 2025

УДК 629.76

С 91

Рекомендовано до друку рішенням Вченої ради Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут» (протокол № 12 від 18.06.2025)

С 91 Сучасні проблеми ракетно-космічної техніки і технології :тези доп. XXI Науково-технічної конференції. 30 квіт. 2025.-Харків: Нац. аерокосм. ун-т «Харків. авіац. ін-т», 2025. – 80 с.

Матеріали секційних доповідей XXI Науково-технічної конференції факультету ракетно-космічної техніки «Сучасні проблеми ракетно-космічної техніки і технології» містять результати досліджень у цій галузі. Висвітлено проблеми розвитку конструювання та технологій створення ракетно-космічної техніки.

Для спеціалістів промисловості, науково-дослідних організацій та викладачів, аспірантів і здобувачів освіти вищих навчальних закладів.

Програмний комітет конференції

Голова:

Губін С. В. – канд. техн. наук, професор, декан факультету № 4 ХАІ.

Заступник голови:

Лазненко В. І. – заступник декана з наукової роботи факультету № 4 ХАІ.

Відповідальний секретар:

Українець Н. А. – ст. викладач кафедри 405.

Члени комітету:

Павліков В. В. – д-р техн. наук, с.н.с., проректор з наукової роботи ХАІ;

Колоскова Г. М. – канд. техн. наук, доцент, завідувач кафедри 401;

Шепетов Ю. О. – канд. техн. наук, доцент, в. о. завідувача кафедри 402;

Безручко К. В. – д-р техн. наук, професор кафедри 402;

Гагауз Ф. М. – канд. техн. наук, доцент, завідувач кафедри 403;

Савченко Н. В. – канд. фіз.-мат. наук, доцент, завідувач кафедри 405;

Бутенко О. С. – д-р техн. наук, професор кафедри 407;

Гребень О. С. – канд. техн. наук, доцент, завідувач кафедри 407;

Мсаллам К. П. – канд. техн. наук, доцент, завідувач кафедри 406.

УДК 629.76

© Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут», 2025

ЗМІСТ

Секція 1. Фізико-математичне моделювання процесів

створення аерокосмічної техніки.....	7
Алексєєнко В. Ю. Теоретичне та експериментальне визначення моментів інерції літального апарату.....	7
Алексєєнко В. Ю. Використання роторних двигунів в безпілотних літальних апаратах.....	8
Баранов М. В. Енергетично-рухова установка космічного буксиру на основі воднево-кисневої системи.....	9
Вараксін Б. А. Дослідження аеродинамічних характеристик аркових несучих поверхонь.....	10
Вінніченко Т. С. Детонаційний двигун як альтернатива рідинним ракетним двигунам.....	11
Данільченко В. В. Порівняння палив ракетно-прямоточних двигунів твердого палива.....	12
Кейгл Д. О. Космічне виробництво як інноваційний підхід до виготовлення виробів ракетно-космічної техніки.....	13
Косюга А. І. Еволюція ракетно-космічної техніки.....	14
Третьак В. В., Єпіфанов К. В., Ліненко Г. В. Програмні розрахунки енергетичних параметрів при штампуванні об'ємної деталі на пароповітряному молоті.....	15
Євдошенко Є. Ю. Датчик рівня палива з блоком пам'яті.....	17
Михайлов А. Г. . Моделювання роботи вимірювачів рівня палива при використанні нанофільтрів.....	18

Секція 2. Космічна і відновлювана енергетика, енергетичний

Менеджмент.....	19
Ареф'єв А. І. Динамічне моделювання енергонадходження сонячної батареї малого космічного апарату.....	19
Бажанов А. М. Аналіз працездатності фотоелектричного модуля за темною вольт-амперною характеристикою.....	21
Бугайов Р. В. Сучасний стан і перспективи розвитку фотоперетворювачів для космічного застосування.....	22
Гао Бейхан Перспективи застосування систем штучного інтелекту для керування режимом роботи сонячних батарей.....	23
Голуб В. А. Інтелектуальні системи управління сонячними батареями на борту космічних апаратів.....	24
Голубенко Г. Р. Функція Ламберта для визначення вольт-амперної характеристики багатоперехідного фотоелектричного перетворювача...	24
Дойч С. В. Сучасний стан і перспективи розвитку фотоперетворювачів на основі перовскітів.....	25

Запотоцький С. С. Сучасний стан і перспективи використання мережевих сонячних електростанцій в Україні.....	26
Козлович Є. С. Сучасні тенденції у розвитку сонячних енергетичних установок космічних апаратів для дистанційного зондування Земної поверхні.....	27
Мамонов Т. А. Перспективні напрями розвитку систем для накопичування енергії в умовах поширення використання мережевих сонячних електростанцій.....	28
Марченко О. П. Розумна енергетична мережа (Smart Grid) – сучасний напрямок розвитку енергетичних систем.....	29
Маслак Є. О. Композитні пружні елементи механізмів розкриття сонячних батарей.....	30
Пулькас С. С. Сучасний стан і перспективи розвитку сонячних фотоелектричних енергоустановок для фермерського господарства в умовах України.....	31
Струков О. Ю. Паливні комірки в автономній енергетиці.....	32
Шаповал І. Р. Сучасний стан і перспективи розвитку фотоперетворювачів для наземного застосування.....	33
Шаповал І. Р. Вуличні освітлювачі з сонячними батареями.....	34
Чумаченко Р. В. Альтернативна енергетика.....	35

Секція 3. Електрореактивні двигуни, іонно-плазмові ехнології.....37

Кундій Я. О. Сучасні тенденції у розвитку плазмових іонних двигунів для космічного застосування.....	37
Мачулін М. Л. Сучасні тенденції у розвитку нових класів електричних двигунів для космічного застосування.....	38
Розмариця Є. Ю. Застосування штучного інтелекту у системах автономної навігації на космічних апаратах.....	39
Шевченко К. С. Мікромеханізми орієнтації сонячних батарей для мікроспутників CubeSat.....	40

Секція 4. Аерокосмічні композитні конструкції42

Красівський Т. Р. Визначення коефіцієнтів концентрації напружень біля отвору в деталях із композиційних матеріалів.....	42
Коваленко С. Р. Актуальність переробки виробів з композиційних матеріалів на основі реактопластів.....	43
Ульянов О. Д. Дослідження несної здатності клейових з'єднань деталей із композиційних матеріалів.....	44
Подлесний Б. І. Сучасні тенденції у розвитку термоінтерфейсних композиційних полімерних матеріалах для космічного застосування....	46
Ягодзинський А. В. Базові ідеї застосування Smart-конструкцій	

в аерокосмічній галузі.....	47
Секція 5 Системний аналіз і математичне моделювання.....	48
Альбоша К. О., Яценко А. В., Драшпуль Н. В., Кузніченко В.М. Гібридні моделі прийняття рішень на основі методу Critic та енторпійного підходу з залученням методу аналізу ієрархій.....	48
Бовкун В. С. Розробка Crm-системи для невеликої компанії копірайтингу.....	50
Дедело Є. В., Прохорова О. М. Системний аналіз індустрії відеоігор....	51
Колпакчі Я. В., Прохорова В. М. Прогнозування ринку збуту відеопродукції.....	52
Сергієнко А. І., Савченко Н. В. Адаптивність супутникових систем орієнтації у випадку виходу з ладу їх компонентів.....	53
Титаренко В. О. Савченко Н. В. Моделювання акустичної емісії та аналіз закономірностей руйнування композитних матеріалів залежно від швидкості процесів їх руйнування.....	54
Секція 6. Космічний моніторинг землі і геоінформаційні технології.....	56
Пересада Д. Д. Методика створення інтерактивних карт на основі Big data з використанням інструментів Gis для підтримки та прийняття управлінських рішень.....	56
Сірик Д. Є. Методика планування ділянок для територіального розміщення продовольчих ресторанів за допомогою даних ДЗЗ.....	57
Стегайло А. А. Методика моніторингу втрат лісового покриву за допомогою ДЗЗ та ГІС внаслідок військових дій.....	58
Яковлев В. Д. Методика створення атласу дешифрувальних ознак на території лісогосподарства.....	60
Секція 7. Геометричне моделювання та дизайн.....	61
Герасимова М. В., Кузнєцова Ю. А. Вплив архетипу бренду на його візуальну айдентику від сенсу до кольору.....	61
Левічева М. О., Мсаллам К.П., Кузнєцова Ю. А. Графічна метафора як посередник між архетипом і естетикою бренду.....	64
Людвіченко К. С., Мурадян Т. К., Перехрест Н. В. Проблеми коректності штрихування деталей у нарізевому з'єднанні при створенні розрізів у Solidworks.....	66
Кудряшов К. А., Мсаллам К. П., Сучасні технології тривимірного друку.....	68
Кравченко Р. В., Саєнко С. Ю. Дослідження кривої Вівіані.....	70

Мачуленко Р. М., Саєнко С. Ю., Математичний опис графічних об'єктів комп'ютерної графіки.....	73
Некіпела Т. Г., Мурадян Т. К., Перехрест Н. В. Використання рознесеного вигляду та контролера анімації для створення технічних анімацій в Solidworks Motion.....	75
Рида О. С., Мсаллам К. П. Вплив типів екструдерів на точність 3D друку.....	77
Рилькова С.О., Кузнецова Ю. А., Мсаллам К. П. Метафоричне мислення як професійна навичка дизайнера FDM 3D принтерах.....	78

**ТЕОРЕТИЧНЕ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ
МОМЕНТІВ ІНЕРЦІЇ ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ**

*Алексєєнко В. Ю., здобувач освіти каф. 401
Національний аерокосмічний університет «ХАІ»*

При проектуванні безпілотних літальних апаратів (БПЛА) важливу роль відіграє точне визначення їхніх інерційних характеристик, зокрема моментів інерції відносно основних осей координат. Ці параметри визначають реакцію апарата на керуючі дії, впливають на його динаміку, маневреність, стійкість у повітрі та ефективність роботи систем автоматичного керування.

Одним з фундаментальних підходів теоретичного визначення моментів інерції є математичний розрахунок на основі спрощених геометричних форм. У цьому методі складний БПЛА умовно розбивається на ряд елементарних геометричних тіл, таких як прямокутники, циліндри, сфери або паралелепіпеди, для яких існують відомі аналітичні формули визначення моменту інерції відносно їхніх центрів мас. Після визначення маси та геометричних розмірів кожного такого елемента, а також положення його центру мас, застосовується теорема паралельних осей.

Експериментальні методи визначення моменту інерції поділяються на два типи: метод крутильних коливань та метод фізичного маятника.

Метод крутильних коливань доцільно використовувати для визначення центральних осьових моментів інерції БПЛА невеликих розмірів (при розмаху крила та довжині фюзеляжу не більше 4 м і масі до 300 кг). Даний метод не викликає труднощів при визначенні моменту інерції відносно нормальної осі БПЛА. Однак для визначення моментів інерції відносно поперечної та поздовжньої осей метод є менш зручним, оскільки потребує підвішування БПЛА боком і вертикально. Методом фізичного маятника доцільно визначати центральні осьові моменти інерції великогабаритних БПЛА. У таких випадках кріпильні елементи системи підвісу можуть мати значну масу та розміри, а отже — і власні, і приведені моменти інерції. Тому перед початком експериментальних і розрахункових робіт необхідно знати масу, положення центру мас (ЦМ) та власні моменти інерції кріпильного пристрою. Після цього визначають масу і положення ЦМ об'єднаної системи «БПЛА + кріпильне пристосування», а також приведені моменти інерції кріплення відносно геометричних осей, що проходять через ЦМ. Аналогічно визначаються приведені моменти інерції всієї системи «БПЛА + кріплення» відносно тих самих осей.

**Науковий керівник – к.т.н., доцент каф. 401 Бетін Д. О.*

УДК 629.78

**ВИКОРИСТАННЯ РОТОРНИХ ДВИГУНІВ В БЕЗПЛОТНИХ
ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТАХ**

*Алексєєнко В. Ю. , здобувач освіти каф. 401
Національний аерокосмічний університет «ХАІ»*

Безпілотні літальні апарати набувають все більшого поширення в різних сферах — від військового використання до цивільних завдань. Вибір силової установки для БПЛА є критично важливим для забезпечення необхідних характеристик, таких як ефективність, вага, економічність та надійність. Серед альтернативних варіантів роторні двигуни, що працюють за циклом Ванкеля, становлять особливий інтерес завдяки своїм конструктивним особливостям.

Двигун Ванкеля — це тип двигуна внутрішнього згорання, який використовує обертальний рух трикутного ротора, встановленого в еліптичній камері, для перетворення теплової енергії палива в обертальний рух. Цей тип двигуна не містить жодних поршневих компонентів. Також роторні двигуни Ванкеля мають невелику вагу і більш компактну конструкцію, ніж поршневі двигуни.

Роторний двигун Ванкеля виробляє менше вібрації і більше рівномірного крутного моменту, тому саме ці переваги є ключовими для використання даного типу двигуна в якості силових установок безпілотних літальних апаратів.

Роторний двигун працює за принципом отто-циклу. На відміну від зворотної дії поршневого двигуна, 4 такти стандартного двигуна за циклом Отто організовані послідовно навколо еліптичного ротора в двигуні Ванкеля.

Двигун Ванкеля має один ротор і одне еліптичне коробчасте коло до трикутного ротора (тристоронній від Реуле), який обертається і рухається в коробці. Бічна частина ущільнення ротора з'єднана з трьома камерами згорання з боку корпусу і кутами ущільнення ротора по периметру основної коробки.

З огляду на мініатюризацію систем, розвиток нових матеріалів і покращення систем охолодження, роторні двигуни мають потенціал для широкого впровадження в перспективні БПЛА нового покоління, особливо в поєднанні з гібридними силовими установками.

**Науковий керівник – к.т.н., доцент каф. 401 Бетіна О. Ю.*

УДК 629.78

**ЕНЕРГЕТИЧНО-РУХОВА УСТАНОВКА КОСМІЧНОГО БУКСИРУ
НА ОСНОВІ ВОДНЕВО-КИСНЕВОЇ СИСТЕМИ**

*Баранов М. В., інженер 1-ої категорії, каф.402
Національний аерокосмічний університет ім. «ХАІ»*

У роботі представлено інженерне рішення щодо енергетично-рухової системи для орбітального буксира, що базується на воднево-кисневій технології із використанням первинної сонячної енергетичної установки. Аргументовано вибір основних елементів, зокрема унітарного регенеративного паливного елемента (URFC), який здійснює процес електролізу води з подальшим розщепленням на водень і кисень за допомогою енергії сонячного випромінювання. Сформовані паливні компоненти накопичуються в спеціалізованих резервуарах і застосовуються у різних режимах функціонування буксира: у складі маршової силової установки, системи орбітальної корекції, а також як резервне джерело електроживлення.

Отримані реагенти — кисень і водень — використовуються для виконання основних траєкторних маневрів із залученням рідинного ракетного двигуна (РРД), у якому компоненти з'єднуються в заданому співвідношенні, формуючи паливну суміш для реалізації оптимізованого Гоманівського переходу. Це дозволяє здійснювати орбітальні переміщення буксира з мінімальними витратами енергії та часових ресурсів. Окрім основного рушія, система включає тепловий електроракетний двигун (ЕРД), що функціонує на водні та призначений для точної орбітальної корекції. ЕРД забезпечує поступове налаштування траєкторії руху буксира безпосередньо перед розгортанням пікосупутників, що сприяє підвищенню точності їх розміщення у визначених орбітальних координатах.

Окремий акцент у технічній концепції зроблено на компонованні енергетичної системи, зокрема розміщенні URFC, блоків зберігання водню та кисню, а також паливних трубопроводів і модулів регулювання подачі палива як для маневрових задач буксира, так і для утилізації залишкових компонентів із метою генерування електроенергії. Проведено оцінку автономності функціонування буксира в умовах тривалих космічних експедицій.

Запропонована архітектура розглядається як перспективне рішення для багаторазових орбітальних буксирів, що працюють у навколосемному просторі, забезпечуючи ефективне розгортання малих супутників, корекцію їхніх траєкторій та можливість їх подальшої утилізації.

**Науковий керівник – к.т.н., професор каф. 402 Губін С. В.*

УДК 629.7

**ДОСЛІДЖЕННЯ АЕРОДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК
АРКОВИХ НКСУЧИХ ПОВЕРХОНЬ**

*Вараксін Б. А., здобувач освіти каф. 401
Національний аерокосмічний університет «ХАІ»*

У 1954 р. Володимир Миколайович Челомей обґрунтував ідею розкриття несучих поверхонь ракет у повітрі, яка визначила цілий технічний напрямок та дозволила розміщувати ракети у контейнерах. Ракета розміщується в контейнері на заводі і все подальше її обслуговування здійснюється за допомогою пристроїв, розташованих на контейнері.

У контейнері несучі поверхні ракети перебувають у складеному стані. Крила і керма малого подовження складаються відносно вісі, яка паралельна бортовій хорді. В цьому випадку інколи використовують аркові несучі поверхні, що дає можливість зменшити діаметр контейнера.

У роботі поставлено завдання дослідження зміни аеродинамічних характеристик при переході від плоских несучих поверхонь до аркових.

Дослідження проводилися шляхом комп'ютерного моделювання обдува несучої поверхні. Геометрія плоского крила в плані відповідала геометрії проекції аркового крила на площину XOZ. Модель була побудована в системі SolidWorks, вирішення задачі було виконано в пакеті SolidWorks Flow Simulation.

В результаті дослідження аеродинамічних характеристик в надзвуковому потоці встановлено, що коефіцієнти підйомної сили і аеродинамічна якість плоского та аркового крил до кутів атаки менше 20° практично збігаються; при більших кутах атаки несуча здатність і аеродинамічна якість плоского крила приблизно на 8 % більші.

У дозвуковому потоці до кутів атаки менше 12° коефіцієнти підйомної сили і аеродинамічна якість плоского та аркового крил збігаються. При більших кутах атаки аркове крило має більшу несучу здатність. Його несуча здатність при великих кутах атаки збільшується приблизно на 20 %.

За результатами дослідження можна зробити такі висновки:

враховуючи те, що основний час польоту ракети проходить при кутах атаки менше 10° , при розрахунку аеродинамічних характеристик аркових крил їх можна моделювати плоскими крилами, що являють собою проекцію аркового крила на площину XOZ;

при старті з поверхні ракета з арковими крилами може швидше досягати еволютивної швидкості, що дозволяє використовувати коротші контейнери, а для ракет з крилами, що не складаються, коротші пускові установки.

**Науковий керівник – к.т.н., професор каф. 401 Цирюк О. А.*

УДК 629.78

**ДЕТОНАЦІЙНИЙ ДВИГУН ЯК АЛЬТЕРНАТИВА
РІДИННИМ РАКЕТНИМ ДВИГУНАМ**

Вінніченко Т.С., здобувач освіти каф 401

Національний аерокосмічний університет «ХАІ»

Однією з головних проблем сучасних ракетних технологій є підвищення ефективності виведення корисного навантаження на орбіту. Традиційні рідинні ракетні двигуни (РРД), які працюють на принципі дефлаграційного згоряння палива при постійному тиску вже наблизилися до межі своєї ефективності. Навіть за ідеальних умов такий процес менш ефективний, ніж ізохоричне горіння, що відбувається в детонаційному двигуні.

У детонаційних двигунів продукти згоряння розширюються з надзвуковою швидкістю, що теоретично підвищує питомий імпульс на 25-30%, ніж при звичайному дефлаграційному горінню. У детонації перехід енергії з хімічної в механічну відбувається з мінімальними витратами та дозволяє досягти ККД у 90%, що набагато більше традиційних меж РРД.

Особливо перспективними є обертові детонаційні двигуни (ОДД). Вони реалізують безперервне ізохоричне згоряння у кільцевій камері, де детонаційна хвиля рухається по колу. Така конструкція дозволяє забезпечити стабільну тягу без складних механізмів, зокрема без турбонасосних агрегатів. В результаті, за підрахунками тяга на кілограм маси двигуна може бути майже вдвічі більшою та може бути на 20-30% компактнішим за традиційний РРД.

Однак впровадження стримується технічними проблемами, такими як стабільність детонації та теплові навантаження. Основні проблеми детонаційних двигунів лежать у площині матеріалознавства, з розвитком композитних матеріалів та нових сплавів вони можуть бути подолані.

Детонаційні двигуни – це потенційна революція у ракетній техніці, що може призвести до надзвичайного зростання маси корисного навантаження виведеного на орбіту та надійності ракет. Завдяки високій ефективності, простоті та багатофункціональності детонаційні двигуни мають потенціал замінити повністю РРД у багатьох сферах ракетобудування – від виведення супутників до гіперзвукових бойових ракет.

**Науковий керівник – к.т.н., доцент каф. 401 Мельніков С. М.*

УДК 629.7.036

**ПОРІВНЯННЯ ПАЛИВ РАКЕТНО-ПРЯМОТОЧНИХ ДВИГУНІВ
ТВЕРДОГО ПАЛИВА**

*Данільченко В. В., здобувач освіти каф. 401
Національний аерокосмічний університет «ХАІ»*

Одним з головних напрямків підвищення дальності і швидкості польоту ракет з зоною експлуатації в атмосфері є використання ракетно-прямоточних двигунів твердого палива (РПДТП).

Горіння твердого палива у РПДТП відбувається у газогенераторі. Потім продукти первинного згоряння надходять у камеру допалювання, де відбувається їх догоряння у повітрі з високою повнотою.

Поки не існує єдиного енергетичного критерію, за допомогою якого можна було б вибрати паливо для РПДТП. Вибір палива залежить, головним чином, від умов використання та габаритно-масових обмежень.

Залежно від призначення літального апарату (ЛА) РПДТП повинен мати або великий коефіцієнт тяги (якщо потрібна значна тяга) або питомий імпульс (значна економічність). Величина коефіцієнта тяги обумовлена величиною питомого імпульсу первинних продуктів згоряння, а величина питомого імпульсу двигуна обумовлена величиною теплотворної здатності палива.

Тверді палива мають три складові частини: окислювач, паливо-зв'язуюче, металеве пальне. У роботі проведено порівняння твердих палив з різними металевими складовими: магнієм, алюмінієм, бором та ін. Порівняльний аналіз дозволяє представити тенденції розвитку палив РПДТП і допомагає раціонально вибрати паливо залежно від призначення ЛА.

**Науковий керівник – старший викладач каф.401 Грищенко О.В.*

УДК 629.78

**КОСМІЧНЕ ВИРОБНИЦТВО ЯК ІННОВАЦІЙНИЙ ПІДХІД ДО
ВИГОТОВЛЕННЯ ВИРОБІВ РАКЕТНО-КОСМІЧНОЇ ТЕХНІКИ**

*Кейгл Д.О., здобувачка освіти каф. 401
Національний аерокосмічний університет «ХАІ»*

Новим напрямком у космічній інженерії є концепція космічного виробництва, коли матеріали, компоненти, конструкції або деталі виробляються безпосередньо в позаземному просторі. Цей інноваційний підхід має численні переваги перед традиційним виробництвом і вирішує проблеми, які постають перед космічними інженерами, зокрема:

Фізико-математичне моделювання процесів створення аерокосмічної техніки

- зменшення маси та об'єма на старті: при космічному виробництві зникає або зводиться до мінімуму необхідність транспортування громіздких предметів із Землі, що дозволяє значно економити кошти і зберігати цінні ресурси;
- покращення продуктивності: космічне виробництво використовує унікальні властивості мікрогравітації та вакууму в космосі для створення інноваційних високоефективних виробів, які перевершують те, що можна досягти в земних умовах;
- гнучкість технічних рішень: космічне виробництво відкриває потенціал для виготовлення та ремонту деталей у космосі за необхідності, таким чином зменшуючи залежність від наземних ланцюгів постачання та підвищуючи автономію місії.

Наразі активно розробляються декілька видів технологій, які можуть використовуватися в космічному виробництві. Це, зокрема, 3D-друк, який дозволяє створювати об'єкти шляхом послідовного накладання шарів матеріалу. Він відкриває можливості для виготовлення таких конструкцій, як супутники або житлові модулі, використовуючи різноманітні матеріали, серед яких метали, пластики, композити, а також місячний або марсіанський реголіт. 3D-друк вже успішно впроваджений на МКС і дав змогу виробляти інструменти, запчастини, медичні пристрої та навіть людські тканини.

Також перспективною є роботизація виробництва в космосі. Використовуючи роботів або автоматизовані руки, процес роботизованого складання передбачає створення компонентів або конструкцій у космосі. Цей метод є особливо перспективним для виготовлення таких структур, як ферми та модулі, із застосуванням балок або панелей.

Технології з використанням джерел випромінювання, таких як лазери чи мікрохвилі, виробництво на їхній основі дає можливість переміщати або обробляти матеріали в космосі. Цю техніку можна використовувати для створення таких конструкцій, як сонячні вітрила або антени, з використанням таких матеріалів, як тонка плівка або дріт.

**Науковий керівник – к.т.н., доцент каф. 401 Мельніков С. М.*

УДК 629:539.3

ЕВОЛЮЦІЯ РАКЕТНО-КОСМІЧНОЇ ТЕХНІКИ

*Косюга А.І., здобувач освіти каф. 401
Національний аерокосмічний університет «ХАІ»*

Людство завжди прагнуло до підкорення космосу, але реальні кроки стали можливими лише після розвитку ключової технології — ракетної

Фізико-математичне моделювання процесів створення аерокосмічної техніки

техніки. Зокрема, після появи ракет, здатних розвивати першу космічну швидкість і працювати у вакуумі.

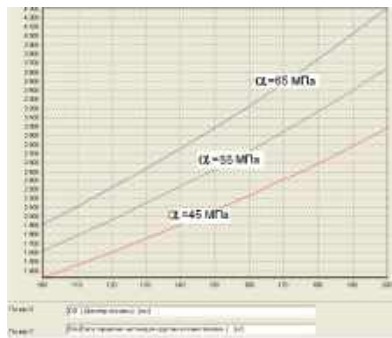
Китайські порохові стріли династії Хань були першими твердопаливними двигунами й показали принцип реактивного руху. Їхня проста конструкція стала прототипом сучасних твердопаливних ступенів. Ньютон сформулював теоретичну основу, Цюлковський – рівняння багаторазового ступеневого пуску, Годдард і Оберт довели перевагу рідкого палива, запропонувавши регенеративне охолодження та турбонасосну подачу компонентів. V-2 об'єднала турбонасос, гіроскопічне управління й графітові керма в струмені, задавши планку майбутнім носіям. Вперше застосовано регенеративне охолодження сопла етанолом та розділення паливних баків на окиснювач і пальне. Після 1945 р. інженери спрямували розвиток на багатоступеневі схеми, закриті цикли живлення та автономні системи наведення. З'явилися інерціальні платформи на гіроскопах із рідиною та азотні контролери положення.

У СРСР еволюції ракет від Р-1 до Р-7 запровадили відокремлювані головні частини й пакетну конфігурацію зі знімними прискорювачами, що дозволило вивести «Спутник-1». Двигуни РД-107/108 реалізували замкнутий цикл, а згодом – камери згоряння підвищеного тиску. Модифікації Р-7 («Супутник», «Восток», «Союз») отримали надійні камери, зварні баки з алюмінієвих сплавів 1XXX-7XXX і цифрові блоки управління «Малахіт»; «Союз» лишається еталоном безвідмовності (> 1900 запусків). У США родина Redstone-Saturn досягла піку в Saturn V: п'ять F-1 підняли 140 т на НОО, воднево-кисневі J-2 відкрили шлях верхнім ступеням. Вперше застосовано метод гідроформування панелей баків та багаторазовий пуск двигуна (2 рази) J-2. Space Shuttle уперше частково повертався (SSME + твердопаливні РТТТ), а радянський «Буран/Енергія» додав автоматичну посадку й двигуни РД-170 із закритим циклом. Long March, GSLV, Ariane 5, «Зеніт-2» та інші програми розвинули криогеніку, стійку радіаційну електроніку та екологічні палива типу.

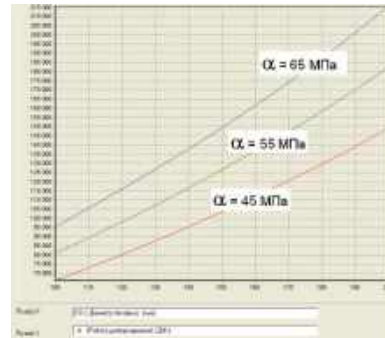
Сьогодні ключові тренди – багаторазові носії з силовою посадкою (Falcon 9, Starship), метанові двигуни з рідким киснем (Raptor, BE-4), електрореактивні системи, друковані двигуни (Aeon, Rutherford), композитні баки, а також ШІ для автономних космічних місій та можливість софтверної та хардверної реконфігурації супутникових платформ. Ракетно-космічна техніка й надалі визначатиме доступ людства до ресурсів і знань за межами Землі.

**Науковий керівник – к.т.н., доцент, доцент каф. 401 Бетіна О. Ю.*

Фізико-математичне моделювання процесів створення аерокосмічної техніки



а



б

Рис. 2. Графічна залежність маси падаючих частин (а) і роботи деформування (б) від діаметра поковки і опор деформування поковки α

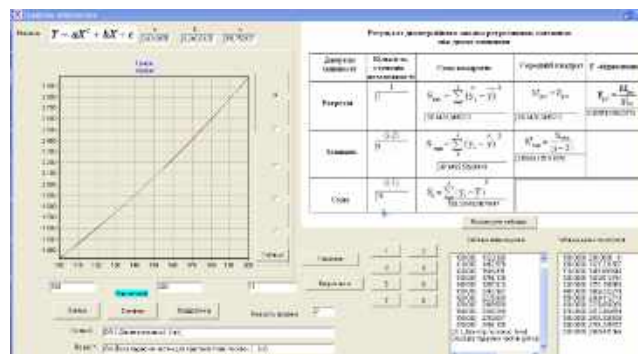


Рис. 3. Екранна форма з результатами дисперсного і регресивного аналізу даних (рис.2 а, $\alpha=45$ Мпа)

Література

1. Третяк В. В. Розрахунок параметрів технологічного процесу штампування об'ємних деталей на імпульсному пресі [Текст] : навч. посіб. до дипл. проектування / В. В. Третяк, В. Д. Сотников, Ю. О. Невешкін, А. В. Онопченко. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2018. – 52 с.

УДК 651.3

ДАТЧИК РІВНЯ ПАЛИВА З БЛОКОМ ПАМ'ЯТІ.

*Євдошенко Є.Ю., здобувач освіти каф. 303
Національний аерокосмічний університет «ХАІ»*

Одними із найважливіших елементів вимірювальних систем є датчики рівня палива, які забезпечують точний контроль за обсягом пального у резервуарах транспортних засобів, генераторів та інших паливних систем.

Фізико-математичне моделювання процесів створення аерокосмічної техніки

Актуальність цієї роботи зумовлена необхідністю підвищення точності вимірювань, автоматизації контролю та оптимізації витрат пального. Сучасні датчики рівня палива використовують різні методи вимірювання, зокрема ємкісний, ультразвуковий, оптичний та радарний, що дозволяє обирати оптимальне рішення залежно від умов експлуатації.

Пропонується доробка існуючих датчиків за допомогою використання додаткових блоків пам'яті, що може покращити параметри експлуатації датчиків. Присутність таких блоків дозволяє підвищити ефективність моніторингу витрати палива.

Існує декілька різних видів датчиків, кожен з яких має свої переваги та недоліки. Основні типи датчиків включають механічні, електричні, ультразвукові та ємкісні датчики. Але кожен з цих типів має свої обчислювальні прилади та використовується залежно від конкретних потреб і умов експлуатації, та можуть мати додаткові блоки пам'яті.

Так ультразвуковий датчик рівня палива визначає рівень, вимірюючи час, який необхідний для того, щоб ультразвуковий сигнал пройшов до рівня палива і відбився назад. Це дозволяє точно обчислити відстань до поверхні пального. Випромінювач може бути розміщений як вгорі, так і внизу бака, в залежності від конструкції датчика. Хоча датчики добре працюють у різних середовищах, вони все одно можуть давати неправильні показання, особливо в екстремальних умовах, коли може накопичуватися велика кількість пилу або води. Для виправлення отриманих значень виникає необхідність аналізування попередніх значень.

Таким чином, для вирішення задачі дослідження та коригування витрати палива пропонується доробка та монтування певних блоків пам'яті, які зможуть спростити обробку результатів поточних значень та виконати моделювання з урахуванням динаміки витрати палива.

**Науковий керівник – к.т.н., доц. каф. 303 А. Г Михайлов*

УДК 651.3

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ВИМІРЮВАЧІВ РІВНЯ ПАЛИВА ПРИ ВИКОРИСТАННІ НАНОФІЛЬТРІВ

А. Г Михайлов, доц., к.т.н., каф. 303

Національний аерокосмічний університет «ХАІ»

Проведений аналіз роботи вимірювачів рівня палива вказує на залежність точності від дисперсного забруднення. Найбільш чутливими для такого забруднення є ємкісні датчики.

Фізико-математичне моделювання процесів створення аерокосмічної техніки

Традиційні ємкісні датчики одні з найточніших, але є напрямки для їх подальшого вдосконалення. Принцип роботи датчиків полягає у використанні двох концентричних трубок, між якими знаходиться паливо. Трубки виконують функцію обкладок конденсатора, а паливо діелектриком. Додаткову точність можна отримати при використанні додаткових концентричних фільтруючих трубок з наноматеріалів. При зміні рівня палива можлива затримка у відображенні параметрів, яка пов'язана з швидкістю роботи такого нанофільтру.

Пропонується алгоритм моделювання роботи вимірювачів рівня палива з нанофільтрами з різними швидкостями фільтрації. Так, наприклад, один з популярних паливних фільтрів Renault Duter забезпечує середню потужність до 1,5 літрів за хвилину. Для проведення віртуального автоматизованого дослідження динамічних характеристик необхідне завдання послідовних значень швидкостей фільтрації, залежно від поверхні фільтруючого елемента, та рандомізованих значень витрати палива.

Таким чином, для вирішення задачі автоматизованого дослідження динамічних характеристик пропонується завдання певних значень швидкостей фільтрації при моделюванні роботи вимірювачів рівня палива з нанофільтрами та обробка результатів моделювання з урахуванням динамічних характеристик датчиків вибраного типу.

Результати цього дослідження сприятимуть підвищенню точності контролю рівня палива, що забезпечить економію ресурсів та покращення роботи паливних систем у різних сферах застосування.

Література

1. Михайлов А.Г. Моделювання коливань на поверхні рідин з різними значеннями в'язкості // XVIII Науково-технічна конференція факультету Ракетно-космічної техніки «Сучасні проблеми ракетно-космічної техніки і технології». Харків. 08.04.2019 – 10.04.2021 р.: Тези доповідей. – Харків : Національний аерокосмічний університет «Харківський авіаційний інститут», 2021. – С. 26-27.

УДК 621.383.51:621.316

ДИНАМІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ, ЕНЕРГОНАДХОДЖЕННЯ
СОНЯЧНОЇ БАТАРЕЇ МАЛОГО КОСМІЧНОГО АПАРАТУ

Ареф'єв А. І., здобувач освіти каф. 402

Національний аерокосмічний університет «ХАІ»

Для сучасних малих космічних апаратів однією з важливих складових є забезпечення енергонадходження до апаратури супутника. У найпростішому випадку воно складається з енергії батарей фотоелектричних, що накопичена в акумуляторі та споживаної навантаженням.

Щоб зрозуміти чи ефективно той чи інший елемент у цій системі виконує енергообмін, слід змоделювати таку електричну схему та дослідити її роботу у динаміці.

У роботі поставлено вирішення задачі динамічного моделювання такої системи за допомоги програмного середовища Multisim 14v.

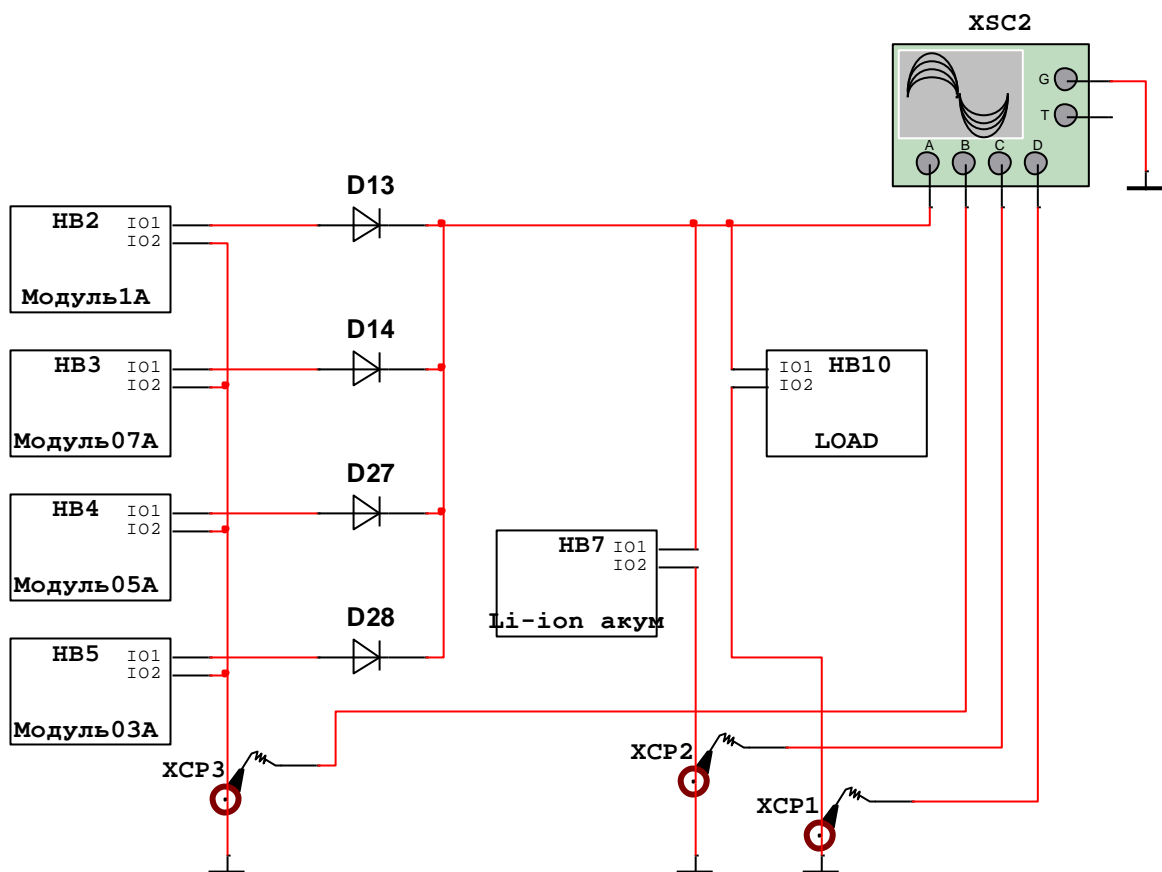


Рис.

1. Вигляд моделі енергонадходження сонячної батареї

Для моделювання даних компонентів була зроблена низка припущень та спрощень, таких як послідовність шести діодів розглядається як сонячний

Космічна і відновлювана енергетика, енергетичний менеджмент

елемент, джерело струму на кожному з них змінюється за гармонійним законом відповідно до освітленості, різний піковий струм є собою розміщення сонячний модулів під різним кутом до Сонця, акумулятор складається з двох під'єднаних C-R схем, а навантаження задається у вигляді джерела напруги, що керується напругою.

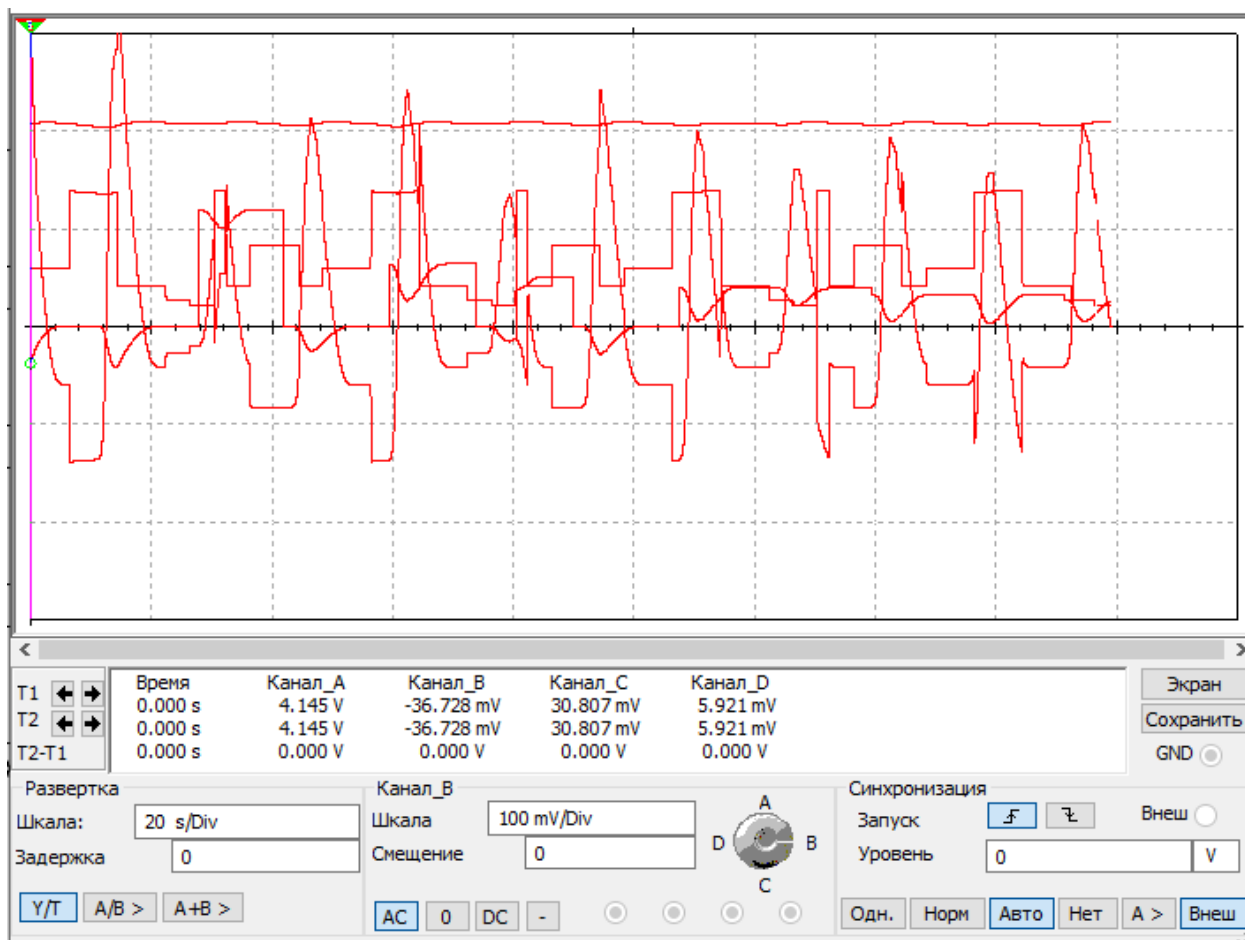


Рис. 2. Результат моделювання енергонадходження сонячної батареї

Дана модель дозволяє оцінити достатність отримання енергії до заданого навантаженням, її накопичення у інтервалах тіні та раціональність у виборі того, чи іншого компонента.

У подальшому планується покращити модель з уточненням роботи кожного компонента для досягнення більш точніших результатів.

**Науковий керівник – к.т.н., професор каф. 402 Губін С. В.*

УДК 629.78

**АНАЛІЗ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОГО МОДУЛЯ ЗА
ТЕМНОВОЮ ВОЛЬТ-АМПЕРНОЮ ХАРАКТЕРИСТИКОЮ**

Бажанов А.М., здобувач освіти каф. 402

Національний аерокосмічний університет «ХАІ»

У роботі досліджуються особливості вимірювання параметрів фотоелектричних модулів у системах енергозабезпечення мікросупутників шляхом аналізу вольт-амперної характеристики (ВАХ) під дією світла з використанням імітаторів сонячного випромінювання. Запропоновано альтернативний підхід — аналіз темної ВАХ, який базується на попередньо отриманих теоретичних або лабораторних даних про світлові характеристики. Обґрунтовано, що цей метод має переваги для передстартового контролю, зокрема знижує потребу в складному лабораторному обладнанні та підвищує ефективність оперативної діагностики енергоживлення супутників.

Проаналізовано, що вимірювання темної ВАХ дає повну інформацію про стан фотоелектричного модуля або сонячної батареї. З темної ВАХ отримують основні параметри модуля за рахунок покрокового сканування програмованим джерелом живлення у межах струму $0 \dots I_{sc}$. Метод дозволяє вивести безпосередньо з вимірювання інформацію про продуктивність та працездатність за певної температури: струм короткого замикання (I_{sc}), напругу холостого ходу (V_{oc}) і точку максимальної потужності (P_{max}) з відповідними струмом (I_{mp}) і напругою (V_{mp}). Темнові характеристики — це найпростіший спосіб оцінити якість переходу, а також опір елементів живлення і контактів, зробити висновок про стан первинного генератора.

Зазначено, що вимірювання темної ВАХ дозволяє отримати повну інформацію про технічний стан модуля або сонячної батареї. Метод дозволяє вивести безпосередньо з вимірювання інформацію про продуктивність та працездатність за певної температури: струм короткого замикання (I_{sc}), напругу холостого ходу (V_{oc}) і точку максимальної потужності (P_{max}) з відповідними струмом (I_{mp}) і напругою (V_{mp}). Темнові характеристики виступають простим засобом оцінки якості рп-переходу, контактного та серійного опору, а також загального стану первинного генератора.

У роботі також проведено комплементарний аналіз темної та світлової ВАХ для виявлення можливих відмов у роботі модуля, зокрема деградації або механічних пошкоджень. Показано можливість використання темної ВАХ для моніторингу змін енергетичних характеристик фотомодулів після термоцикування або механічних навантажень.

Космічна і відновлювана енергетика, енергетичний менеджмент

Дослідження охоплює аналіз малих кремнієвих модулів після впливу зворотного струму (як у випадку затінення). Темнова ВАХ вимірюється після подачі різних рівнів зворотного струму протягом різного часу. Для оцінки температурних впливів і виявлення структурних пошкоджень використовуються температурні сенсори й мікроскопія.

Узагальнюючи, аналіз темної ВАХ є перспективним інструментом для швидкої оцінки характеристик фотоелектричних модулів, який дозволяє суттєво знизити витрати та підвищити ефективність підготовки мікросупутників до запуску.

**Науковий керівник – к.т.н., професор каф. 402 Губін С. В.*

УДК 621.383.51

СУЧАСНИЙ СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ФОТОПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ДЛЯ КОСМІЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ

*Бугайов Р В., здобувач освіти. каф.402
Національний аерокосмічний університет «ХАІ»*

Фотоперетворювачі для космічного застосування — ключовий елемент забезпечення енергоживлення супутників, космічних станцій і міжпланетних місій. На відміну від наземних систем, космічні фотоперетворювачі повинні функціонувати в умовах вакууму, радіації, екстремальних температур та обмеженої площі для встановлення.

Найбільш розповсюдженими є арсенід-галієві (GaAs) елементи та багатоперехідні структури на їх основі. Вони демонструють високий ККД — понад 30% у промислових зразках та до 39% у лабораторних умовах. Також активно розвиваються технології на основі індій-фосфіду (InP), здатні краще витримувати радіаційні навантаження.

З 2019 року Європейське космічне агентство (ESA) та NASA інвестують у дослідження перовськітних структур, які мають потенціал зниження ваги і вартості космічних панелей, однак поки не відповідають вимогам до довговічності.

Космічна енергетика вимагає використання не лише фотоперетворювачів з високим ККД, але й адаптованих систем зберігання енергії, що працюють у тіні Землі або на великих відстанях від Сонця. Саме тому особливу увагу приділяють поєднанню фотоелементів з літійовими та іонно-плазмовими акумуляторами.

Космічна і відновлювана енергетика, енергетичний менеджмент

У перспективі — впровадження легких розгортуваних сонячних масивів, органічних фотоперетворювачів нового покоління та інтеграція джерел енергії безпосередньо у структуру космічного апарата (вітрила, обшивка тощо).

**Науковий керівник к: к. т. н., доцент Ю. О. Шепетов*

УДК 629.7.036.6

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ КЕРУВАННЯ РЕЖИМОМ РОБОТИ СОНЯЧНИХ БАТАРЕЙ

Гао Бейхан, аспірант каф. 402

Національний аерокосмічний університет «ХАІ»

Штучний інтелект (ШІ) дедалі активніше впроваджується в системи керування енергетичними установками, зокрема сонячними батареями. Інтелектуальні алгоритми дозволяють в режимі реального часу оптимізувати генерацію енергії, передбачати зміни погодних умов, зменшувати втрати та підвищувати ефективність роботи фотоелектричних систем.

Серед найперспективніших технологій — нейромережі, генетичні алгоритми та машинне навчання, які забезпечують адаптивне регулювання кута нахилу панелей, моніторинг тіньових зон та прогнозування вироблення енергії. Наприклад, системи на базі глибоких нейронних мереж демонструють точність прогнозу понад 95% на добу вперед.

ШІ також використовується для діагностики несправностей, виявлення деградації сонячних елементів, керування накопичувачами енергії та оптимізації роботи інверторів. Інтеграція ШІ з технологіями "розумної мережі" (smart grid) дозволяє координувати роботу сонячних установок у масштабах енергосистеми.

Особливо актуальним є застосування таких систем в умовах нестабільного енергопостачання та воєнного стану в Україні, де автономність і ефективність є критично важливими.

Таким чином, системи штучного інтелекту здатні забезпечити новий рівень ефективності та надійності сонячних батарей, наближаючи перехід до повністю автоматизованих енергоустановок майбутнього.

**Науковий керівник: к. т. н., доцент Ю. О. Шепетов*

УДК 004.8:621.311.243:629.78

**ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ СОНЯЧНИМИ
БАТАРЕЯМИ НА БОРТУ КОСМІЧНИХ АПАРАТІВ**

*Голуб Віталій Андрійович, аспірант каф. 402
Національний аерокосмічний університет «ХАІ»*

Сонячні батареї є основним джерелом енергії для більшості космічних апаратів. Для підвищення ефективності їх роботи у складних умовах космосу впроваджуються інтелектуальні системи управління (ІСУ), які базуються на алгоритмах штучного інтелекту. Такі системи дозволяють автоматично адаптувати режим роботи фотоелектричних модулів до змін орбітального положення, рівня освітлення та температури.

Серед сучасних підходів — нейронні мережі для оптимізації кута орієнтації панелей, fuzzy-логіка для адаптивного перемикання режимів генерації, а також системи прогнозування на основі даних з навігаційних та температурних сенсорів. Це дозволяє зменшити втрати енергії на 15–20% порівняно з класичними методами керування.

ІСУ забезпечують не лише регулювання вироблення енергії, але й контроль за станом накопичувачів, балансування споживання бортової апаратури, діагностику деградації сонячних елементів та оптимізацію циклів заряд/розряд. У складних місіях, як-от супутники Deep Space або автоматичні зонди, це є критичним чинником надійності.

Таким чином, інтелектуальні системи управління є ключовою технологією для енергоефективної експлуатації космічних апаратів і відкривають нові можливості для автономних місій тривалої дії.

**Науковий керівник к: к. т. н., доцент Ю. О. Шепетов*

УДК 621.383.51

**ФУНКЦІЯ ЛАМБЕРТА ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ВОЛЬТ-АМПЕРНОЇ
ХАРАКТЕРИСТИКИ БАГАТОПЕРЕХІДНОГО
ФОТОЕЛЕКТРИЧНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА**

*Голубенко Г.Р., аспірант каф. 402
Національний аерокосмічний університет «ХАІ»*

У роботі досліджено застосування функції Ламберта для аналітичного розв'язання математичної моделі багатоперехідного фотоелектричного перетворювача (БФП). Показано ефективність методу Ламберта у розв'язанні

Космічна і відновлювана енергетика, енергетичний менеджмент

нелінійних рівнянь, що описують процеси в БФП. Наведено приклади розрахунків, які демонструють високу точність методу порівняно з чисельними підходами, що є корисним для оптимізації параметрів БФП.

БФП є перспективними для підвищення ефективності сонячної енергії, але їх моделювання складне через нелінійність рівнянь. Запропоновано метод Ламберта, що базується на функції $W(z)e^{W(z)}=z$, для аналітичного розв'язання цих рівнянь. Наприклад, рівняння струму через перехід

$$I = I_0 \left(e^{\frac{V}{nV_T}} - 1 \right)$$

де I_0 — зворотний струм насичення, V — напруга, n — ідеальність переходу, V_T — теплова напруга. За допомогою функції Ламберта перетворюється до аналітичного вигляду.

$$V = nV_T \cdot W \left(\frac{I}{I_0} e^{\frac{I}{I_0}} \right)$$

Результати розрахунків підтвердили високу точність методу Ламберта для визначення ключових параметрів БФП (напруги, струму, ефективності) порівняно з чисельними методами.

Метод Ламберта є ефективним інструментом для аналітичного розв'язання моделей БФП, забезпечуючи точні результати з мінімальними обчислювальними витратами, що є перспективним для інженерної практики, зокрема для створення сонячних батарей космічного призначення.

**Науковий керівник – к.т.н., професор каф. 402 Губін С. В.*

УДК 621.383.51

СУЧАСНИЙ СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ФОТОПЕРЕТВОРЮВАЧІВ НА ОСНОВІ ПЕРОВСКІТІВ

Дойч Семен Володимирович, здобувач освіти каф. 402

Національний аерокосмічний університет «ХАІ»

Перовськітні фотоперетворювачі є одним з найперспективніших напрямів у розвитку сонячної енергетики завдяки високому коефіцієнту корисної дії (ККД), низькій вартості матеріалів та простоті виробництва. З 2009 року, коли ККД перовськітних елементів становив лише 3,8%, технологія зробила стрімкий прорив: станом на 2024 рік лабораторні зразки досягли ККД 26,1%, що вже наближається до показників традиційних кремнієвих елементів.

Ключова перевага — можливість нанесення перовськітного шару за допомогою недорогих методів, таких як спін-коутинг або струменеве

Космічна і відновлювана енергетика, енергетичний менеджмент

нанесення, що суттєво знижує собівартість. Орієнтовна вартість виробництва перовскітної сонячної панелі складає \$25–30 за м², що майже вдвічі дешевше за кремнієвий аналог.

Проте головною проблемою залишається стабільність і довговічність: середній строк ефективної роботи таких фотоперетворювачів поки що обмежений 1–2 роками в реальних умовах експлуатації. Над цим активно працюють у понад 30 науково-дослідних центрах по всьому світу, включаючи Україну.

У перспективі — розробка стабільних гібридних структур (типу «перо+кремній»), які можуть досягти комбінованого ККД понад 30%. Такі технології вже тестуються в рамках проєктів Horizon Europe та USAID у партнерстві з українськими вишами.

Таким чином, перовскітні фотоперетворювачі мають потенціал радикально змінити структуру ринку сонячної енергетики найближчими роками.

**Науковий керівник к. т. н., доцент Ю. О. Шепетов*

УДК 621.311.243

СУЧАСНИЙ СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ МЕРЕЖЕВИХ СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ В УКРАЇНІ

*Запотоцький С.С., здобувач освіти каф. 402
Національний аерокосмічний університет «ХАІ»*

Мережеві сонячні електростанції (СЕС) є важливою складовою розвитку відновлюваної енергетики в Україні. Станом на початок 2024 року загальна потужність сонячних електростанцій, підключених до енергомережі, становить близько 7,5 ГВт, що відповідає понад 8% усього обсягу електрогенерації країни. Значну частину цієї потужності забезпечують саме мережеві СЕС, що інтегруються до централізованої енергосистеми.

Головна перевага таких установок — можливість продажу надлишків електроенергії за "зеленим" тарифом. У 2024 році тариф для домогосподарств із мережею до 30 кВт становить 0,14 євро/кВт·год, що робить інвестиції в СЕС привабливими навіть на тлі воєнного стану.

Однак, виклики залишаються. Через руйнування енергетичної інфраструктури і коливання у роботі ОЕС України виникає потреба в системах зберігання енергії, які б доповнювали СЕС. Також обговорюється перегляд

Космічна і відновлювана енергетика, енергетичний менеджмент

політики "зелених" тарифів у бік їх зниження, що створює ризики для нових інвесторів.

Перспективи галузі пов'язані з децентралізацією енергетики, підтримкою локальних ініціатив, розвитком енергетичних кооперативів та використанням smart grid-технологій. Очікується, що до 2030 року Україна зможе наростити загальну потужність СЕС до 15 ГВт, половина з яких припадатиме саме на мережеві установки.

Таким чином, мережеві сонячні електростанції залишаються ефективним інструментом енергетичної стійкості країни в умовах воєнного часу та для відбудови після перемоги.

**Науковий керівник к. т. н., доцент Ю. О. Шепетов*

УДК 621.311.243:629.78

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ У РОЗВИТКУ СОНЯЧНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК КОСМІЧНИХ АПАРАТІВ ДЛЯ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ

*Козлович Є. С., здобувачка освіти каф. 402
Національний аерокосмічний університет «ХАІ»*

Дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) вимагає стабільного та ефективного енергоживлення космічних апаратів, зокрема супутників. Основним джерелом живлення є сонячні енергетичні установки, що забезпечують безперервну роботу апаратури для збирання, обробки та передавання даних.

Сучасні розробки орієнтовані на підвищення ефективності фотоперетворення, зменшення ваги та об'єму енергетичних систем. На сьогодні найпоширенішими є багатоперехідні сонячні елементи (GaInP/GaAs/Ge), ККД яких досягає 29–33% в умовах орбіти. Проводяться випробування нових матеріалів — зокрема перовськітних структур, які мають потенціал зниження маси установок на 40–50%.

Актуальними залишаються розгортвані панелі, які дозволяють суттєво збільшити площу генерації без збільшення габаритів космічного апарата під час запуску. Також активно впроваджуються трекінгові механізми орієнтації панелей до Сонця з метою підтримки максимальної потужності впродовж орбітального циклу.

Космічна і відновлювана енергетика, енергетичний менеджмент

Окрема увага приділяється питанням стійкості до космічної радіації, деградації елементів під дією ультрафіолетового випромінювання та високих перепадів температур. Нові технології включають захисні покриття, багатопарові структури й автоматичні системи управління енергопостачанням.

Отже, розвиток сонячних енергетичних установок є ключовим фактором ефективності супутників ДЗЗ і одним із пріоритетних напрямів сучасної аерокосмічної інженерії.

**Науковий керівник к: к. т. н., доцент Ю. О. Шепетов*

УДК 621.35.001.24

ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ СИСТЕМ ДЛЯ НАКОПИЧУВАННЯ ЕНЕГІЇ В УМОВАХ ПОШИРЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ МЕРЕЖЕВИХ СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

*Мамонов Т. А., здобувач освіти каф. 402
Національний аерокосмічний університет «ХАІ»*

Збільшення кількості мережових сонячних електростанцій (СЕС) в Україні супроводжується необхідністю розвитку систем накопичення енергії (СНЕ), які забезпечують стабільність енергопостачання в умовах нерівномірної генерації. У 2023 році частка енергії, яка виробляється з відновлюваних джерел, сягнула 12%, але відсутність ефективних акумуляторних рішень призводить до значних втрат.

Найпоширенішими в Україні є літій-іонні батареї, що забезпечують високу енергетичну щільність (до 250 Вт·год/кг) та тривалий ресурс (понад 5000 циклів). Водночас, світові тренди включають розвиток твердотілих акумуляторів, натрієво-іонних систем, а також гібридних рішень типу «сонце + водень».

Значний інтерес викликають проекти на основі гравітаційних систем та систем накопичення з використанням стислого повітря (CAES). Вони мають потенціал до використання в промислових масштабах і вже проходять пілотування в країнах ЄС та США.

В Україні впроваджуються проекти на рівні енергетичних кооперативів із використанням побутових та комерційних накопичувачів потужністю 5–50

Космічна і відновлювана енергетика, енергетичний менеджмент

кВт·год. Також активно обговорюється законодавче врегулювання питань інтеграції СНЕ до загальної енергосистеми.

У перспективі — масштабування локальних систем зберігання, підключення до smart grid (розумна енергетична мережа, сучасна енергосистема, яка використовує цифрові технології, сенсори, автоматизацію та інтелектуальні алгоритми для ефективного управління виробництвом, розподілом та споживанням електроенергії), а також зниження вартості акумуляторних технологій на 30–40% до 2030 року, що зробить їх доступнішими для побутових споживачів і фермерських господарств.

**Науковий керівник: к. т. н., доцент Ю. О. Шенетов*

УДК 621.316.93

РОЗУМНА ЕНЕРГЕТИЧНА МЕРЕЖА (SMART GRID) – СУЧАСНИЙ НАПРЯМОК РОЗВИТКУ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ

Марченко Олексій Павлович, здобувач освіти каф 402

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ»

Поняття «smart grid» означає інтегровану енергетичну мережу нового покоління, яка поєднує традиційну інфраструктуру з цифровими технологіями, автоматикою та аналітикою. Її головна мета — забезпечити гнучке, ефективне, надійне та стійке до збоїв енергопостачання. У світі вже понад 50 країн активно впроваджують smart grid-рішення, а глобальні інвестиції в цей напрям у 2023 році перевищили \$30 млрд.

Основні компоненти smart grid включають: інтелектуальні лічильники, системи прогнозування попиту, автоматизовані підстанції, двосторонній зв'язок між споживачем і енергокомпанією та засоби зберігання енергії. Наприклад, інтелектуальні лічильники дозволяють споживачам у режимі реального часу бачити обсяг спожитої електроенергії і відповідно керувати нею.

Розвиток smart grid тісно пов'язаний з поширенням відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), зокрема сонячної та вітрової генерації, які мають нестабільний характер. Завдяки smart grid енергосистема може ефективно адаптуватися до цих коливань і забезпечити баланс між генерацією та споживанням.

Космічна і відновлювана енергетика, енергетичний менеджмент

В Україні реалізація концепції smart grid є особливо актуальною у зв'язку з необхідністю модернізації електромереж, втратами енергії (які у 2022 році склали понад 11%) та необхідністю інтеграції численних СЕС, особливо в приватному секторі. Також smart grid сприяє енергетичній безпеці країни та є важливим кроком до децентралізованої енергетики.

Отже, smart grid — це не лише технологічний прорив, а й стратегічний напрям для сталого розвитку енергосистем як України, так і світу.

**Науковий керівник: к. т. н., доцент Ю. О. Шепетов*

УДК 629.78

КОМПОЗИТНІ ПРУЖНІ ЕЛЕМЕНТИ МЕХАНІЗМІВ РОЗКРИТТЯ СОНЯЧНИХ БАТАРЕЙ

Маслак Є. О., здобувачка освіти каф. 402.

Національний аерокосмічний університет «ХАІ»

Розгортання сонячних батарей є критично важливим етапом функціонування більшості сучасних супутників, забезпечуючи їхнім бортовим системам необхідне енергопостачання. Механізми, що відповідають за цей процес, повинні поєднувати в собі високу надійність, мінімальну масу та забезпечувати контрольований процес розкриття для запобігання пошкоджень. У цьому контексті композитні матеріали, завдяки своїм унікальним фізико-механічним властивостям, стають все більш привабливою альтернативою традиційним металевим сплавам для виготовлення пружних елементів механізмів розкриття.

Застосування композитних матеріалів для виготовлення пружних елементів механізмів розкриття сонячних батарей надає ряд значних переваг порівняно з традиційними металевими матеріалами висока питома жорсткість та міцність, висока пружна деформація, стійкість до впливу космічного середовища, застосування анізотропних властивостей, демпфуючі властивості.

У механізмах розкриття сонячних батарей для супутників знаходять застосування різні типи композитних пружних елементів: композитні пружини різноманітних конфігурацій, композитні стрічки, композитні шарніри з пружним накопичувачем енергії, композитні бістабільні елементи.

Космічна і відновлювана енергетика, енергетичний менеджмент

При виборі та проектуванні композитних пружних елементів для механізмів розкриття сонячних батарей необхідно враховувати ряд критичних факторів, пов'язаних як з функціональними вимогами механізму, так і з умовами експлуатації в космосі сила та момент, хід та кут розкриття, допустимі габарити та маса елемента, надійність та термін служби в умовах космосу.

Композитні пружні елементи є надзвичайно перспективним рішенням для механізмів розкриття сонячних батарей супутників, забезпечуючи значні переваги.

**Науковий керівник – к.т.н., професор каф. 402 Губін С. В.*

УДК 621.311.243

СУЧАСНИЙ СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СОНЯЧНИХ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ ЕНЕРГОУСТАНОВОК ДЛЯ ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА В УМОВАХ УКРАЇНИ

Пулькас С. С., здобувач освіти каф.402.

Національний аерокосмічний університет «ХАІ»

Аграрний сектор України дедалі частіше звертає увагу на альтернативні джерела енергії, серед яких сонячні фотоелектричні енергоустановки займають провідне місце. У 2023 році частка сільськогосподарських підприємств, які використовують сонячну енергію, склала приблизно 8%, проте спостерігається стабільне зростання цього показника.

Фотоелектричні системи дозволяють забезпечити автономне енергопостачання для потреб поливу, зберігання врожаю, охолодження продукції та освітлення виробничих приміщень. Для прикладу, установка потужністю 10 кВт може забезпечити близько 14 000 кВт·год на рік, чого достатньо для покриття базових потреб середнього фермерського господарства.

Згідно з оцінками Держенергоефективності, потенціал сонячної генерації в аграрному секторі України становить понад 2,5 ГВт. Основними бар'єрами залишаються висока вартість стартового обладнання (від 10 до 15 тис. доларів США за установку 10–15 кВт) та недостатня поінформованість фермерів. Проте існують державні програми підтримки «зелених» ініціатив, як-от компенсація до 30% вартості обладнання.

У перспективі — розвиток мобільних фотоелектричних систем, адаптованих до аграрних потреб, та інтеграція енергоустановок із системами

Космічна і відновлювана енергетика, енергетичний менеджмент

автоматизації сільськогосподарських процесів. Таким чином, сонячні енергоустановки стають важливою складовою сталого розвитку агросектору України.

**Науковий керівник: к. т. н., доцент Ю. О. Шенетов*

УДК 621.315.592.2

ПАЛИВНІ КОМІРКИ В АВТОНОМНІЙ ЕНЕРГЕТИЦІ

О. Ю. Струков, аспірант каф. 402.

Національний аерокосмічний університет «ХАІ»

Паливні комірки набувають популярності як екологічно чисті джерела енергії. Ці електрохімічні пристрої, на відміну від теплових двигунів, безпосередньо перетворюють водень (або багате на нього паливо) та кисень в електрику й тепло, виділяючи лише воду. Цей прямий процес усуває термодинамічні обмеження теплових машин.

Концепція паливних комірок сягає винаходу Гроува. Існують різні типи цих пристроїв, але їхня базова конструкція включає послідовно з'єднані комірки з мембранним електродним вузлом (МЕВ), що визначає їхню продуктивність. МЕВ складається з пористих електродів (анода та катода з каталізаторами), електроліту та газодифузійних шарів. Електроліт забезпечує проходження певних іонів між електродами.

Конструкція та принцип дії паливних комірок є основою для розуміння їхньої різноманітності та можливостей. У цій роботі аналізуються основні типи: лужні (ЛПК), протонно-обмінні мембранні (ПОМ), фосфорні (ПКФК), розплавлені карбонатні (РКПК), твердо-оксидні (ТОПК) та паливні комірки з прямим метанолом (МПК), кожен з яких має свої переваги, недоліки та застосування.

Паливні комірки є перспективною технологією для сталого енергозабезпечення, демонструючи високу ефективність і мінімальний екологічний вплив. Завдяки різним типам, вони можуть застосовуватися в багатьох галузях, від транспорту до портативної електроніки. Вибір конкретного типу залежить від палива, умов роботи, потреби в енергії та довговічності. Подальший розвиток цієї технології сприятиме її оптимізації та ширшому впровадженню для екологічно безпечних та енергоефективних енергосистем майбутнього.

**Науковий керівник – к.т.н., професор каф. 402 Губін С. В.*

УДК 621.383.51

СУЧАСНИЙ СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ФОТОПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ДЛЯ НАЗЕМНОГО ЗАСТОСУВАННЯ

*Шаповал І. Р. здобувач освіти каф. 402
Національний аерокосмічний університет «ХАІ»*

Фотоперетворювачі відіграють ключову роль у сучасних технологіях отримання електроенергії з поновлюваних джерел. Найбільш поширеними є кремнієві сонячні елементи, які забезпечують стабільне перетворення сонячної енергії в електричну з коефіцієнтом корисної дії (ККД) до 22%. Разом із тим, триває активна розробка нових типів фотоперетворювачів: на основі перовскітів, органічних матеріалів, телуриду кадмію та ін.

Станом на 2025 рік спостерігається суттєвий прогрес у сфері стабільності та довговічності нових фотоперетворювачів, що відкриває перспективи їх масового впровадження в системи наземного енергозабезпечення. Перспективні технології дозволяють досягати ККД понад 25% за лабораторних умов, а подальше вдосконалення процесів інкапсуляції та захисту дозволяє покращити стійкість до атмосферних впливів.

Особливу увагу приділяють гібридним системам, які поєднують різні типи фотоперетворювачів для підвищення ефективності в умовах змінної інсоляції. Важливим залишається і питання екологічності та утилізації матеріалів, які застосовуються у нових типах сонячних елементів.

Отже, сучасні тенденції розвитку фотоперетворювачів свідчать про високу науково-технічну активність у цій сфері. Майбутнє належить високоефективним, екологічно безпечним та доступним технологіям, здатним забезпечити енергетичну незалежність за допомогою сонячної енергії.

**Науковий керівник: к. т. н., доцент Ю. О. Шепетов*

ВУЛИЧНІ ОСВІТЛЮВАЧІ З СОНЯЧНИМИ БАТАРЕЯМИ

Шаповал І. Р., здобувач освіти каф 402

Національний аерокосмічний університет «ХАІ»

Питання сталого розвитку та переходу до екологічно чистих джерел енергії набувають особливої актуальності. Вуличне освітлення, будучи невід'ємною частиною інфраструктури населених пунктів, є значним споживачем електроенергії, що зумовлює необхідність пошуку та впровадження енергоефективних та екологічно безпечних рішень.

Вуличні освітлювачі з сонячними батареями (ВОСБ) представляють собою інноваційну альтернативу традиційним системам, що живляться від централізованих електромереж. Завдяки своїй автономності, здатності використовувати відновлюване джерело енергії та потенційній економічній вигідності, ВОСБ привертають все більшу увагу науковців, інженерів та представників муніципальної влади.

Впровадження ВОСБ супроводжується низкою вагомих переваг, які роблять їх привабливим вибором для організації вуличного освітлення: екологічна чистота, енергетична автономія, економічна доцільність, простота монтажу та обслуговування, автоматизована робота.

Незважаючи на значні переваги, впровадження ВОСБ також пов'язане з певними недоліками та обмеженнями, які необхідно враховувати при прийнятті рішень щодо їхнього використання: вартість, вплив кліматичних умов, необхідність акумуляування енергії.

Галузь сонячної енергетики та технологій акумуляування енергії стрімко розвивається, відкриваючи нові перспективи для вдосконалення та розширення сфери застосування ВОСБ.

Вуличні освітлювачі з сонячними батареями мають значний потенціал для забезпечення сталого, екологічно чистого та економічно вигідного вуличного освітлення. Постійний розвиток технологій у галузі сонячної енергетики, акумуляування енергії та інтелектуальних систем керування створює сприятливі передумови для їхнього ширшого впровадження у різних сферах.

**Науковий керівник – к.т.н., професор каф. 402 Губін С. В.*

УДК 620.91:621.311.243

АЛЬТЕРНАТИВНА ЕНЕРГЕТИКА

*Чумаченко Р. В. здобувач освіти каф. 402
Національний аерокосмічний університет «ХАІ»*

Альтернативна енергетика — це стратегічний напрямок розвитку енергетичного комплексу, який базується на використанні відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), таких як сонячна, вітрова, біомаса, гідро- та геотермальна енергія. У глобальному масштабі частка ВДЕ у виробництві електроенергії стабільно зростає і в 2023 році сягнула понад 30%, що є свідченням ефективності державних та інвестиційних програм з енергетичного переходу.

В Україні потенціал розвитку альтернативної енергетики залишається значним, попри виклики, пов'язані з воєнними діями та нестабільністю енергетичного ринку. Зокрема, сонячна енергетика демонструє позитивну динаміку — на кінець 2022 року загальна встановлена потужність сонячних електростанцій (СЕС) перевищувала 7,5 ГВт, а їхній внесок у загальний баланс електроенергії серед ВДЕ становив близько 8%. Вітрова енергетика поки реалізована лише на рівні 2 ГВт, хоча технічний потенціал цієї галузі оцінюється Укренерго на рівні понад 16 ГВт. Це свідчить про великі резерви подальшого розширення за умови покращення інвестиційного клімату та модернізації енергетичних мереж.

Біоенергетика є ще одним перспективним напрямом, який не лише дозволяє генерувати енергію, але й вирішує екологічні проблеми утилізації органічних відходів. Щороку в Україні генерується понад 1,5 млн т н.е. енергії з біомаси, і цей обсяг може бути подвоєний за рахунок впровадження сучасних технологій газифікації та піролізу.

Космічна і відновлювана енергетика, енергетичний менеджмент

Гідроенергетика традиційно відіграє стабілізуючу роль у національній енергосистемі, забезпечуючи до 5% електроенергії. Разом з тим, геотермальна енергетика в Україні досі не має значного розвитку, хоча її потенціал оцінюється на рівні 4 ГВт — особливо в регіонах з глибокими артезіанськими водами.

У 2023 році, попри війну, в Україні було введено в експлуатацію понад 550 МВт нових потужностей ВДЕ. Це свідчить про стійкість галузі, здатність до адаптації та високий рівень зацікавленості з боку приватних інвесторів. Для досягнення енергетичної незалежності та зниження викидів парникових газів, розвиток альтернативної енергетики є не лише бажаним, а й стратегічно необхідним.

Таким чином, альтернативна енергетика в Україні є ключовим елементом енергетичного переходу та інтеграції до загальноєвропейського енергетичного ринку. Вона сприяє зміцненню енергетичної безпеки, зменшенню залежності від викопного палива та формуванню сталої економіки.

**Науковий керівник: к. т. н., доцент Ю. О. Шепетов*

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ У РОЗВИТКУ ПЛАЗМОВИХ ІОННИХ ДВИГУНІВ ДЛЯ КОСМІЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ

*Кундій Я. О., здобувач освіти каф. 402
Національний аерокосмічний університет «ХАІ»*

Плазмові іонні двигуни є перспективним напрямом розвитку електрореактивної тяги, яка забезпечує високу ефективність і тривалу роботу космічних апаратів. На відміну від традиційних хімічних двигунів, іонні установки здатні забезпечити питому імпульсність понад 3000–6000 с, що у 5–10 разів перевищує параметри рідинно-реактивних систем.

Сучасні розробки зосереджуються на удосконаленні джерел іонізації, систем керування плазмою, матеріалів електродів та оптимізації енергоспоживання. Однією з найпоширеніших технологій є Hall-трастер (двигун з поперечним електромагнітним полем), який активно використовується у супутниках формату CubeSat, а також у великих геостаціонарних апаратах для корекції орбіти та стабілізації положення.

Відомі міжнародні програми, такі як NASA NEXT та ESA GIESEPP, демонструють зростаючу тенденцію до використання електрореактивної тяги у міжпланетних місіях, включаючи політ на Марс та супровід автоматичних зондів. У новітніх експериментальних системах використовується ксенон, криптон та навіть йод як робоче тіло, що дозволяє знизити вартість місії.

Зростає інтерес і до гібридних схем, які поєднують різні типи іонізації, а також до інтеграції двигунів з автономними джерелами живлення, зокрема сонячними батареями та ядерними міні-реакторами. Особлива увага приділяється мініатюризації установок для наносупутників.

Таким чином, плазмові іонні двигуни є ключовим елементом у розвитку майбутніх космічних систем, забезпечуючи довготривалість, точність та енергоефективність польотів у глибокий космос.

**Науковий керівник к: к. т. н., доцент Ю. О. Шепетов*

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ У РОЗВИТКУ НОВИХ КЛАСІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ ДВИГУНІВ ДЛЯ КОСМІЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ

Мачулін М. Л., здобувач освіти каф 402

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ»

Зростаюча потреба у компактних, надійних та енергоефективних засобах переміщення в умовах космосу стимулює розвиток нових класів електричних двигунів для космічного призначення. Серед них особливої уваги набувають іонні, плазмові, колоїдні, резонансно-електростатичні та магнітоплазмодинамічні двигуни.

Іонні двигуни забезпечують високий питомий імпульс (до 6000 с) і використовуються для міжпланетних місій та корекції орбіт. Плазмові двигуни, зокрема Hall-трасери, активно впроваджуються у супутникові платформи. Колоїдні двигуни, які базуються на електричному прискоренні заряджених крапель робочого тіла, стали реальним варіантом для nanosat'ів.

У новітніх системах досліджуються інноваційні матеріали для електродів, покриття, що знижують ерозію, а також нові способи іонізації — радіочастотна, мікрохвильова та лазерна. Також триває пошук альтернативних робочих тіл (йод, криптон, біметалеві пари), що зменшують вартість запуску і експлуатації.

Інтеграція електричних двигунів з потужними сонячними батареями та мініатюрними ядерними джерелами живлення відкриває шлях до автономних космічних місій тривалістю до 10 років. Актуальним напрямком є створення систем тяги для маневрених супутників, БПЛА у стратосфері та супутників спостереження нового покоління.

Отже, сучасні електричні двигуни у поєднанні з новими джерелами енергії формують технологічну базу для сталого розвитку аерокосмічної галузі.

**Науковий керівник: к. т. н., доцент Ю. О. Шенетов*

ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У СИСТЕМАХ АВТОНОМНОЇ НАВІГАЦІЇ НА КОСМІЧНИХ АПАРАТАХ

*Розмариця Є. Ю., здобувач освіти каф. 402
Національний аерокосмічний університет «ХАІ»*

На сьогоднішній день з розвитком нових технологій, зокрема розробка і удосконалення можливостей штучного інтелекту (ШІ), перед інженерами і конструкторами постають нові технологічні виклики. Це стосується й космічної техніки: як досягти більшої ефективності, автономності, вирішення нестандартних і «негайних» задач. Саме тому, технологія ШІ представляє собою перспективну віху розвитку космічної техніки.

Першою «пробою пера» стала місія Earth Observing-1 (EO-1) супутником спостереження за Землею NASA, запуск якого відбувся 21 листопада 2000 року. EO-1 також для тестування нового програмного забезпечення, наприклад, Autonomous Sciencecraft Experiment. Це давало змогу космічному апарату самостійно вирішувати, як найкраще створити бажане зображення, до того ж апарат автономно слідував за супутником Landsat 7. Сучасні технології стали більш розвиненими, що дозволило: розпізнавати зоряні конфігурації при перекритті (згорткові нейронні мережі CNN), об'єднання даних із різних датчиків (IMU, GPS, тощо) із застосуванням методу sensor fusion з використанням байєсівських фільтрів та рекурентних мереж, а також розпізнавання об'єктів на поверхнях планет для візуальної навігації.

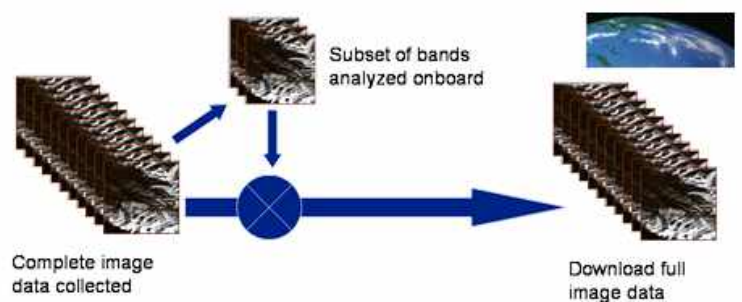


Fig. 3 Onboard science processing.

Рисунок 1 – Застосування ШІ для визначення поверхні

Електрореактивні двигуни, іонно-плазмові технології

До того ж, впровадження ШІ дозволяє вирішити ще низку інших питань: оптимізація маневрів з урахуванням палива і планування подальшого маршруту (reinforcement learning), а також самоаналіз і самодіагностика для виявлення аномалій чи похибок у телеметрії і визначення залишку власного ресурсу, за допомогою чого досягається висока автономність і відпадає потреба у втручанні людини.

Однак дана технологія не позбавлена вад: обмежені розрахункові ресурси, високі вимоги до надійності, відсутність широких навчальних вибірок для моделювання різноманітних ситуацій, а також вплив космічного середовища, радіації зокрема, на космічний апарат. Саме тому, розробка нових апаратних платформ, впровадження оптимізованих розрахункових рішень, а також різноманітні новаторські і гібридні рішення відкриє ширше застосування ШІ для розв'язання поставлених космічних задач.

**Науковий керівник – доц. каф. 402, к.т.н. С.О. Лобов*

УДК 629.78

МІКРОМЕХАНІЗМИ ОРІЄНТАЦІЇ СОНЯЧНИХ БАТАРЕЙ ДЛЯ МІКРОСУПУТНИКІВ CubeSat

*Шевченко К. С., студентка каф. 402
Національний аерокосмічний університет «ХАІ»*

Мікросупутники, включаючи платформи CubeSats набули значної популярності в якості економічно ефективного засобу для реалізації широкого спектра космічних місій, від наукових досліджень до комерційних застосувань. Ефективне енергозабезпечення є фундаментальною вимогою для успішного виконання завдань. Одним з ключових аспектів енергетичного менеджменту мікросупутників є оптимізація поглинання сонячної енергії за допомогою систем орієнтації сонячних батарей. Умови експлуатації мікросупутників характеризуються жорсткими обмеженнями за масою, об'ємом та доступною потужністю, що зумовлює необхідність розробки мініатюрних та високоефективних мікромеханізмів орієнтації.

На мікросупутниках часто використовують фіксовані сонячні панелі, інтегровані в структуру. Однак, оскільки кут між площиною сонячних батарей та вектором напрямку на Сонце постійно змінюється в залежності від

Електрореактивні двигуни, іонно-плазмові технології

орбітального положення та орієнтації супутника, ефективність генерації електроенергії значно знижується. Застосування механізмів орієнтації дозволяє значно покращити енергетичний баланс мікросупутника, забезпечуючи ряд важливих переваг: збільшення середньої виробленої енергії, підвищення стабільності енергопостачання, можливість виконання енергоємних операцій, подовження терміну служби акумуляторних батарей

Для мікросупутників розроблено та застосовуються різні типи мікромеханізмів орієнтації сонячних батарей. Сучасні розробки в галузі мікромеханізмів орієнтації сонячних батарей для мікросупутників активно використовують передові технології та матеріали: легкі та міцні композитні матеріали, мініатюрні приводи, компактні сенсори положення, інтелектуальні алгоритми керування.

Незважаючи на значний прогрес у розробці мікромеханізмів орієнтації сонячних батарей, залишаються певні проблеми, які потребують подальших досліджень та інноваційних рішень.

Мікромеханізми орієнтації сонячних батарей є ключовим елементом енергетичної підсистеми сучасних мікросупутників. Їхнє застосування дозволяє значно підвищити ефективність енергозабезпечення, розширити функціональні можливості та збільшити тривалість місій малих космічних апаратів.

**Науковий керівник – к.т.н., професор каф. 402 Губін С. В.*

ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ КОНЦЕНТРАЦІЇ НАПРУЖЕНЬ БІЛЯ ОТВОРУ В ДЕТАЛЯХ ІЗ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Красівський Т. Р., здобувач освіти каф. 403

Національний аерокосмічний університет «ХАІ»

Одним із суттєвих недоліків композиційних матеріалів (КМ), що стримує зростання темпів їх впровадження в конструкціях літальних апаратів, є підвищена чутливість до концентраторів напружень, яка в свою чергу залежить від ступеня анізотропії властивостей композиту. Крім цього, розподіл напружень біля отвору, що є типовим прикладом концентратора напружень, залежатиме так само і від діаметра отвору, тоді як для металевих виробів цей вплив проявляється меншою мірою. Існуючі методи прогнозування коефіцієнта концентрації напружень в зоні отвору дозволяють врахувати характер анізотропії пружних властивостей КМ, але не враховують вплив діаметра отвору та відстані до краю деталі.

Метою даного дослідження було експериментальне визначення коефіцієнта концентрації напружень в деталях з вуглепластику з різною структурою (схемою укладання шарів) та різними діаметрами отвору. Для вирішення поставленого завдання були проведені випробування зразків зі структурами $[0^\circ]$, $[\pm 45^\circ]$ та $[\pm 60^\circ]$ з отворами діаметром 2,3; 3,0; 4,0; 5,0 мм. (рис. 1).

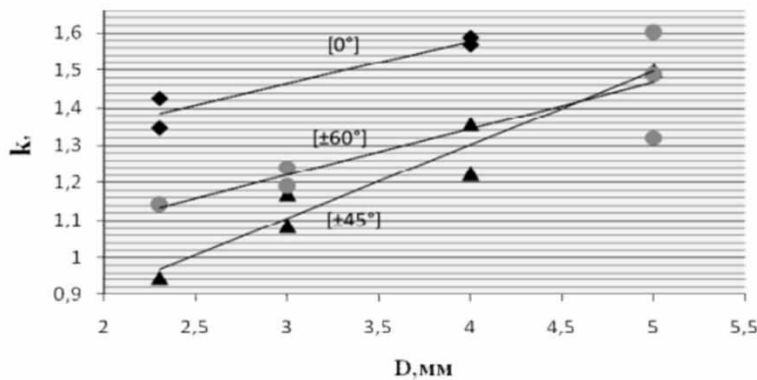


Рис. 1. Залежність коефіцієнта концентрації напружень від структури КМ та діаметра отвору

деталях із КМ забезпечує консервативну оцінку і запас міцності при проектуванні механічних з'єднань деталей композитних конструкцій.

Встановлено, що теоретично обчислене значення коефіцієнта концентрації напружень в досліджуваних композитних пластинках у 2...3 рази більше порівняно з експериментально отриманими величинами. Таким чином, використання аналітичних залежностей для прогнозування коефіцієнтів концентрації напружень біля отвору в

*Науковий керівник – к.т.н., доцент каф. 403 Гагауз Ф. М.

**АКТУАЛЬНІСТЬ ПЕРЕРОБКИ ВИРОБІВ З КОМПОЗИЦІЙНИХ
МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ РЕАКТОПЛАСТІВ**

Коваленко С. Р., здобувач освіти каф. 403

Національний аерокосмічний університет «ХАІ»

Щороку композиційні матеріали здобувають все більшу значущість у промисловості, причому особливу популярність отримують композити на основі полімерів-реактопластів. Споживання цих матеріалів у Європі перевищує одну мегатонну на рік, і тенденція до зростання продовжується, що, зокрема, пов'язано з їх широким застосуванням у різних галузях, таких як авіація, автомобілебудування, будівництво та електроніка.

Основними джерелами композитних відходів є препреги з закінченим терміном придатності, виробничі відходи, тестові матеріали, інструменти, а також вироби, що вичерпали свій експлуатаційний ресурс. Ці відходи, як правило, містять складні комбінації матеріалів, що ускладнює їх переробку та утилізацію. У зв'язку з цим, Європейський Союз ухвалив ряд директив, які суттєво змінюють підходи до використання, переробки та утилізації відпрацьованих конструкційних матеріалів. Проте, незважаючи на ці ініціативи, реалії показують, що переробка композитів, особливо на основі реактопластів, залишається складним завданням.

Переваги реактопластів, які полягають у їхній міцності та легкості, водночас є й недоліком, оскільки їх міжмолекулярні зв'язки майже неможливо термічно зруйнувати. У разі, якщо матрицю-реактопласт не вдається переробити, повторне використання армуючого матеріалу також стає неможливим, що призводить до значних енергетичних витрат і утворення нових відходів.

Переробка композитів та повторне використання відновлених волокон є життєво важливими, оскільки це дозволяє замкнути цикл використання армуючого матеріалу. Дослідження вказують, що вартість відновлення волокон у деяких випадках може бути нижчою за їх виробничу вартість, наприклад, для вуглеволокон, що відкриває нові можливості для їх використання.

Отже, проблема переробки композитів на основі реактопластів є надзвичайно актуальною та перспективною. Зараз на ринку ще недостатньо продуктів із перероблених композиційних матеріалів, що зумовлено недосконалістю існуючих технологій переробки та обмеженою кількістю експериментальних даних щодо поведінки вторинних матеріалів. Подальші дослідження в цій галузі можуть призвести до розробки ефективних технологій, які забезпечать стійкий розвиток промисловості та зменшать негативний вплив на навколишнє середовище.

**Науковий керівник – к.т.н., доцент каф. 403 Вамболь О.О.*

ДОСЛІДЖЕННЯ НЕСНОЇ ЗДАТНОСТІ КЛЕЙОВИХ З'ЄДНАНЬ
ДЕТАЛЕЙ ІЗ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Ульянов О. Д., здобувач освіти каф. 403

Національний аерокосмічний університет «ХАІ»

Клейові з'єднання є найбільш природними для утворення з'єднань деталей із композиційних матеріалів (КМ), оскільки сам принцип створення КМ як конструктивного матеріалу полягає в утворенні адгезійних в'язів між волокнами або шарами тканини (стрічки) за допомогою сполучного або матриці. Крім того, клейові з'єднання є найбільш технологічними порівняно з традиційними болтовими або заклепочними з'єднаннями. Цим пояснюються той факт, що клейові з'єднання (або адгезійні) широко застосовуються у конструкції літальних апаратів. Разом з тим, клейовим з'єднанням притаманний ціла низка недоліків, які викликають недовіру у конструкторів при виборі типу з'єднання будь-яких деталей між собою, особливо це стосується основних відповідальних елементів конструкції. До основних таких недоліків відносяться низька гранична несна здатність та технологічна ненадійність клейових з'єднань.

Зазначені обставини спонукають дослідників до розробки нових конструктивно-технологічних рішень клейових з'єднань, що забезпечують підвищення несної здатності. Загальновідомо, що клейове з'єднання деталей однакової жорсткості має більшу міцність, ніж з'єднання деталей різних жорсткостей, так само як і з'єднання на «вус» (або скошене з'єднання) більш ефективно, ніж звичайне одностороннє склеювання внапуск.

Ця робота відображає результати теоретичного та експериментального дослідження, спрямованого на кількісну оцінку ефективності різних конструктивно-технологічних рішень клейових з'єднань з використанням одновимірних розрахункових схем та стандартних тестових процедур (рис. 1, 2).

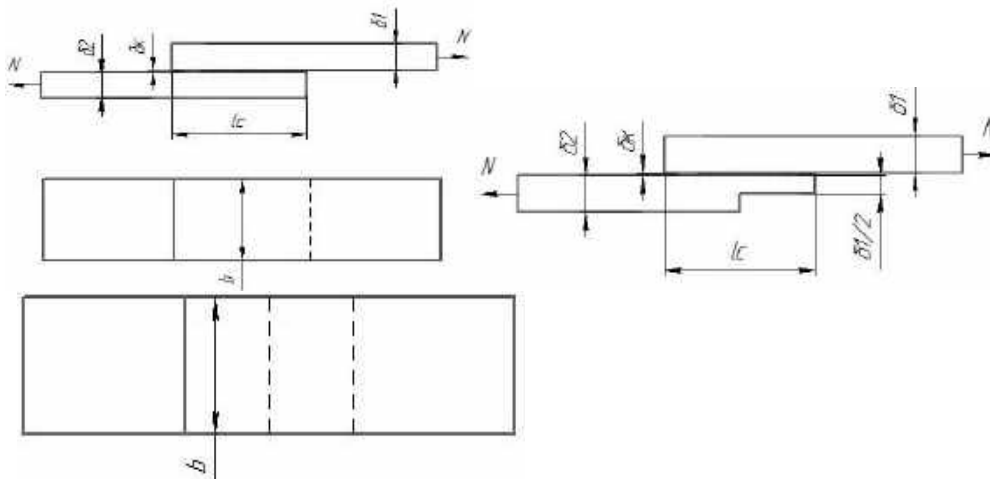


Рис. 1. Типи досліджуваних клейових з'єднань вуглепластикових смужок

Аерокосмічні композитні конструкції



Рис. 2. Виготовленні й випробуванні зразки клейових з'єднань

В результаті проведених досліджень отримані експериментальні значення руйнівного навантаження для зразків зі змінними та постійними параметрами клейового з'єднання по його довжині (табл. 1).

Табл.1. Результати випробувань зразків клейових з'єднань

№	Тип клейового з'єднання			
	Зі ступеневою товщиною		З постійною товщиною	
	$P_{max}, Н$	Характер руйнування	$P_{max}, Н$	Характер руйнування
1	8900	Руйнування по клею	3750	Руйнування по клею
2	10400	Руйнування по клею	2400	Руйнування по клею
3	11700	Міжшарове руйнування	2750	Руйнування по клею
4	9600	Руйнування по клею	3500	Руйнування по клею
5	6800	Руйнування по клею	3410	Руйнування по клею
$N_{осеред}, кН/м$	441.92		147.31	

Побудовано аналітичні залежності, що відображають розподіл дотичних напружень по довжині зразків із змінними та постійними по довжині параметрами (рис. 3) та проведено порівняльний аналіз результатів експериментальної та аналітичної оцінки несної здатності клейових з'єднань.

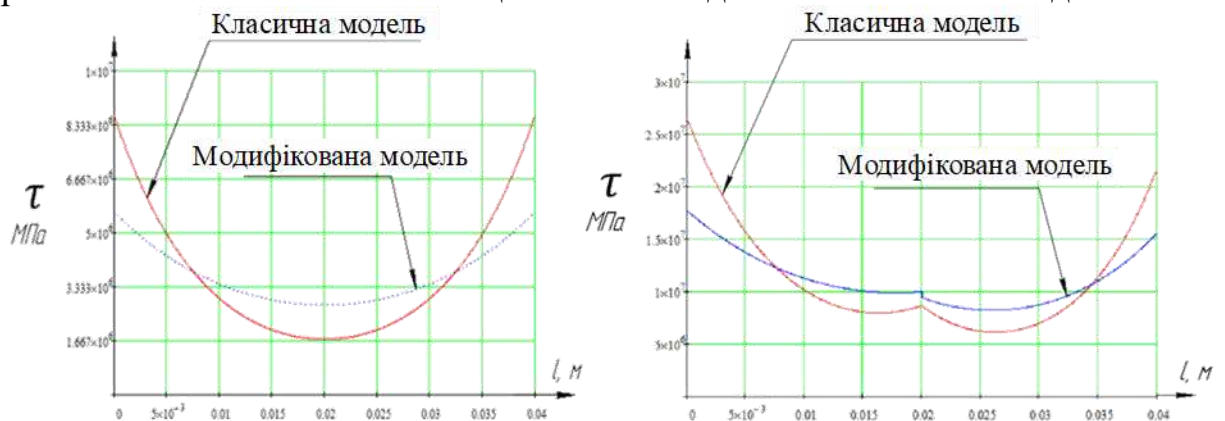


Рис. 3. Розподіл дотичних напружень по довжині з'єднання

**Науковий керівник – к.т.н., доцент каф. 403 Гагауз Ф. М.*

**СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ У РОЗВИТКУ ТЕРМОІНТЕРФЕЙСНИХ
КОМПОЗИЦІЙНИХ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛАХ ДЛЯ
КОСМІЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ**

Подлесний Б. І., аспірант каф.402

Національний аерокосмічний університет «ХАІ»

Сучасна космічна техніка потребує ефективного теплового керування для стабільної роботи бортової апаратури. Одним з перспективних рішень є використання термоінтерфейсних композиційних полімерних матеріалів (ТІКПМ) з підвищеною теплопровідністю. Такі матеріали виконують роль теплопровідних прошарків між елементами електроніки, забезпечуючи ефективне тепловідведення при збереженні гнучкості, малої ваги та діелектричних властивостей.

Найбільш ефективними виявились композити на основі поліімідів та силіконових матриць з мікронаповнювачами з нітриду алюмінію (AlN), який має теплопровідність до 200 Вт/(м·К). Результати чисельного моделювання і лабораторних досліджень показали, що введення AlN у концентрації 30–50 об.% дозволяє досягти теплопровідності до 1,09 Вт/(м·К), що підтверджує ефективність таких матеріалів у космічних умовах.

ТІКПМ застосовуються у гнучких плівкових електронагрівачах, терморегулюючих системах, тонких сонячних модулях на поліімідно-металевих основах для CubeSat, БПЛА та супутників нового покоління. Завдяки модифікації структури, покращенню адгезії наповнювачів та оптимізації технології виробництва відкриваються нові можливості для інтеграції таких матеріалів у космічні системи енергозабезпечення і термостабілізації.

Таким чином, розвиток термоінтерфейсних полімерних композитів є важливим напрямом для забезпечення надійної роботи космічних апаратів у широкому температурному діапазоні.

**Науковий керівник к: к. т. н., доцент Ю. О. Шепетов*

**БАЗОВІ ІДЕЇ ЗАСТОСУВАННЯ SMART-КОНСТРУКЦІЙ В
АЕРОКОСМІЧНІЙ ГАЛУЗІ**

*Ягодзінський А. В. , здобувач освіти каф. 403
Національний аерокосмічний університет «ХАІ»*

Застосування SMART-конструкцій, які також відомі в літературі як інтелектуальні, в аерокосмічній техніці є актуальним завданням, оскільки цей вид конструкцій дозволяє проводити діагностику в режимі «on-line», не вимагає складного обладнання і при цьому не призводить до значного збільшення маси конструкції літального апарата. SMART-конструкції – це система або матеріал, який має вбудований або власний датчик, виконавчий механізм (актуатор) і механізм управління, завдяки якому він здатен сприймати збуджувальний фактор, реагуючи на нього у визначеному порядку та в межах короткого проміжку часу, і повертатися в початковий стан після зникнення фактора.

Існують різні комбінації сенсор-актуатор-контролер, які можуть бути реалізовані як на макрорівні, так і на мікрорівні. Відповідно, можуть бути як SMART-конструкції, так і SMART-матеріали.

Датчики і актуатори в конструкціях в значній мірі копіюють природу. Відповідно до наших п'яти почуттів (зір, слух, нюх, смак і дотик) досліджуються оптичні, акустичні/ультразвукові, електричні, хімічні та теплові/магнітні датчики. Відгуки від цих первинних датчиків перетворюються на сигнали, які передаються в центр обробки інформації та блок управління (мозок) для подальшої обробки. Крім обробки інформації, цей центр виконує роль процесора, щоб прийняти рішення, основане на вхідних даних.

SMART-системи можуть виконувати наступні функціональні завдання: контроль профілю об'єкта, виявлення пошкоджень, зокрема на ранній стадії, контроль і управління динамічними процесами, мікропозиціонування, управління геометрією, перетворення паразитних шумів у корисну енергію. Прикладом практичних застосувань SMART-матеріалів можуть слугувати роботи з їх використання в авіації для протидії аеропружним і вібраційним ефектам, для гасіння вібрацій кабіни літака, для самодіагностики порушень структури конструкції, виявлення пошкоджень, в космічній техніці для управління динамічною поведінкою супутникових конструкцій тощо.

**Науковий керівник – к.т.н., доцент каф. 403 Вамболь О.О.*

**ГІБРИДНІ МОДЕЛІ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ НА ОСНОВІ
МЕТОДУ CRITIC ТА ЕНТРОПІЙНОГО ПІДХОДУ
З ЗАЛУЧЕННЯМ МЕТОДУ АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ**

*Альбоща К. О., здобувачка освіти каф. 405, Яценко А.В., здобувачка освіти
каф. 405 Драшпуль Н.В., старший викладач каф. 405 Кузніченко В.М.,
к.ф.-м.н, доцент каф. 405*

Національний аерокосмічний університет «ХАІ»

У сучасних умовах прийняття управлінських рішень дедалі частіше постає складна задача, що охоплює широкий спектр різноманітних, іноді суперечливих факторів, які необхідно враховувати одночасно. З розвитком цифрових технологій, підвищенням обсягу доступної інформації та зростанням вимог до точності стратегічних рішень традиційні однофакторні підходи більше не відповідають реаліям бізнесу, технологій чи державного управління. У зв'язку з цим зростає потреба у багатокритеріальних методах оцінювання, які дозволяють системно аналізувати альтернативи з урахуванням великої кількості критеріїв, що різняться за природою, масштабами, важливістю та взаємозв'язками.

У межах цієї роботи пропонується порівняння двох гібридних моделей багатокритеріального прийняття рішень, які поєднують у собі як об'єктивні методи визначення ваг критеріїв – CRITIC та ентропійний підхід – так і методи оцінювання альтернатив, зокрема прямий метод та метод аналізу ієрархій (MAI). Такий інтегрований підхід дозволяє поєднати точність математичного аналізу з гнучкістю експертних оцінок, створюючи збалансовану методіку, що охоплює як аналітичний вимір даних, так і логіко-семантичне розуміння потреб користувача або керівника. Це особливо важливо в умовах нестабільності та високої динаміки змін, коли управлінські рішення мають бути як обґрунтованими, так і гнучкими до адаптації.

Метод CRITIC ґрунтується на обчисленні коефіцієнтів варіативності показників і кореляцій між ними, що дозволяє зменшити вплив суб'єктивізму в процесі визначення важливості критеріїв. Завдяки своїй аналітичній природі, цей підхід особливо ефективний у тих випадках, коли доступні достатні статистичні дані та є потреба мінімізувати вплив людського фактору. Натомість ентропійний метод базується на аналізі ступеня упорядкованості або невизначеності в розподілі значень кожного критерію. Чим більша варіативність значень, тим більший обсяг корисної інформації несе критерій,

Системний аналіз і математичне моделювання

а отже – тим вищою є його вага. Такий підхід є надзвичайно корисним у ситуаціях, де складно або недоцільно залучати експертів, адже він дозволяє об'єктивно сформувати структуру пріоритетів на основі наявних даних.

У межах оцінювання альтернатив обидві моделі використовують комбінований підхід – поєднання прямого методу ранжування з побудовою матриць парних порівнянь за методикою аналізу ієрархій. Така комбінація дозволяє одночасно враховувати як глобальні оцінки альтернатив, так і їхню взаємну відносну перевагу за кожним критерієм. Завдяки цьому забезпечується висока точність результатів, а також можливість глибокого аналізу взаємозв'язків між факторами, що впливають на прийняття рішень.

Для реалізації моделей було розроблено програмне забезпечення на мові програмування Python із використанням бібліотек NumPy і SciPy, яке автоматизує розрахунок ваг за методами CRITIC або ентропії, формування матриць парних порівнянь, обчислення власних векторів пріоритетів, перевірку узгодженості рішень (при $CR < 0.1$) та створення фінального ранжування альтернатив.

Застосування розроблених моделей продемонстровано на прикладах вибору рекламної платформи та сонячних панелей. У першому випадку було оцінено платформи Google Ads, Facebook Ads і TikTok Ads за такими критеріями, як аудиторія, вартість, ефективність і точність таргетингу, що дозволило за допомогою методу CRITIC та MAI встановити оптимальний вибір – Google Ads. У другому прикладі, де порівнювалися сонячні панелі CanadianSolar HiKu6 Mono PERC 410W, Risen 590W Bifacial і CanadianSolar HiKu CS3W-P Poly 415W за критеріями ККД, габарити, ціна, потужність і гарантійний строк, ентропійний підхід дозволив об'єктивно проаналізувати технічні параметри без участі експертів і забезпечив логічне ранжування, де найкращою виявилася панель CanadianSolar HiKu6 Mono PERC 410W.

Отримані результати підтверджують, що обидві гібридні моделі є ефективними інструментами для прийняття рішень у багатокритеріальних задачах, де метод CRITIC краще підходить для випадків із високою варіативністю даних та низькою кореляцією між критеріями, а ентропійна модель є придатною в умовах відсутності експертного оцінювання. Обидві підходи мають високу адаптивність і здатні масштабуватися для більш складних проблемних ситуацій, а також можуть бути інтегровані з іншими методами, такими як MEREC, TOPSIS або VIKOR, з подальшим удосконаленням за рахунок адаптивного вибору оптимальної моделі відповідно до типу даних і управлінського контексту.

РОЗРОБКА CRM-СИСТЕМИ ДЛЯ НЕВЕЛИКОЇ КОМПАНІЇ КОПРАЙТИНГУ

Бовкун В.С. здобувачка освіти каф. 405

Національний аерокосмічний університет «ХАІ»

У сучасному бізнес-середовищі комунікація з клієнтами є однією з ключових умов успішного функціонування підприємства. Саме тому на ефективність розвитку компанії істотно впливають комплексні рішення, що дозволяють автоматизувати бізнес-процеси, підвищити якість обслуговування та аналізувати ефективність взаємодії з клієнтами. Одним із таких рішень є впровадження CRM-систем в підприємство, особливо в умовах динамічного розвитку цифрових технологій та зростання попиту на персоналізований підхід до клієнта.

З часом CRM-системи значно вдосконалювались і стали невід'ємною частиною бізнес-інфраструктури. Зокрема, для малих та середніх підприємств CRM-системи допомагають зменшити витрати на управління даними, оптимізувати робочі процеси та забезпечити ефективне використання ресурсів. Вони дозволяють інтегрувати різні функціональні напрями: продажі, облік замовлень, підтримку клієнтів, контроль виконання завдань. Це істотно підвищує загальну продуктивність, прозорість процесів і конкурентоспроможність компанії на ринку, дозволяючи швидко адаптуватися до змін попиту та впроваджувати нові послуги.

У межах цієї роботи розглядається проектування CRM-системи для невеликої копірайтингової компанії з урахуванням галузевої специфіки. Така компанія зазвичай працює з великою кількістю короткострокових проектів, залучає різних виконавців та координаторів, має потребу в чіткому трекінгу дедлайнів і зручному формуванні звітів для клієнтів і керівництва. У зв'язку з цим критично важливою є побудова системи, яка не лише спрощує комунікацію між командами, але й дозволяє оперативно відстежувати статуси проектів, фінансові потоки, ефективність співробітників та рівень задоволеності клієнтів.

До основних функціональних вимог належать: швидкий доступ до інформації про проекти, автоматизація рутинних операцій (створення завдань, нагадування, підрахунок гонорарів), генерація аналітики для оцінки ефективності роботи персоналу та виявлення можливостей для зростання. Особлива увага приділяється кастомізації — можливості адаптації системи

Системний аналіз і математичне моделювання

під конкретні потреби замовника, включаючи розділення ролей користувачів, логіку оплати, шаблони звітів тощо.

У процесі розробки реалізовано модель бази даних із використанням MongoDB, що забезпечує гнучке зберігання структурованої інформації про користувачів, проекти, завдання, звіти та оплати. Вибір цієї технології обґрунтований її масштабованістю, швидкодією при обробці великих обсягів інформації та можливістю легкої інтеграції з веб-інтерфейсами. Окрему увагу приділено зручності інтерфейсу, який спрощує навчання персоналу, безпеці даних (включно з резервним копіюванням та шифруванням), а також можливості масштабування системи відповідно до зростання кількості клієнтів або співробітників.

Крім того, виконано порівняльний аналіз із наявними CRM-рішеннями на ринку, зокрема такими як Bitrix24, Zoho CRM, HubSpot, який дозволяє обґрунтувати доцільність власної розробки з точки зору вартості, гнучкості та адаптації під специфічні потреби компанії. Результати аналізу свідчать про те, що індивідуальна CRM-система може забезпечити не лише економію витрат у довгостроковій перспективі, але й підвищену ефективність за рахунок точного врахування бізнес-логіки компанії.

**Науковий керівник: Ярецько Д. І., старший викладач кафедри вищої математики та системного аналізу.*

УДК 519.711:339.13

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ІНДУСТРІЇ ВІДЕОІГОР

Дедело Є.В., здобувачка освіти каф. 405

Прохорова О.М. к. ф.-м., доцент, доцент каф. 405

Національний аерокосмічний університет «ХАІ»

Актуальність теми роботи полягає в необхідності систематизації знань про сучасний стан та тенденції розвитку відеоігрової індустрії, що сприятиме прийняттю зважених управлінських рішень як для українських виробників, так і для інвесторів, маркетологів та інших учасників ринку. Індустрія відеоігор є однією з найдинамічніших галузей цифрової економіки, яка демонструє стабільне зростання обсягів ринку, високий рівень конкуренції та значний потенціал для інноваційного розвитку. В умовах цифровізації суспільства, відеоігри стають не лише формою розваги, але й інструментом соціальної взаємодії, навчання та культурного впливу.

Системний аналіз і математичне моделювання

Науковою новизною роботи є поєднання системного аналізу відеоігрової індустрії із вивченням взаємозв'язку між технологічними, соціальними та економічними чинниками, що дозволяє формувати комплексне бачення перспектив розвитку галузі. Такий підхід забезпечує можливість виявлення ключових трендів, оцінки ефективності існуючих бізнес-моделей, а також визначення стратегічних напрямів для подальшого зростання індустрії в умовах глобальних викликів та швидких технологічних змін.

З метою проведення комплексного системного аналізу індустрії відеоігор та дослідження сучасного стану ринку, визначення ключових факторів, що впливають на розвиток цієї індустрії, та виявлення перспективних напрямків подальшого розвитку було проаналізовано теоретичні основи класифікації відеоігор та побудови бізнес-моделей, проведено аналіз залежностей між характеристиками відеоігор та їхньою популярністю, виявлено відмінності між регіональними ринками та визначено їхні специфічні особливості. Досліджено також вплив таких чинників, як розвиток штучного інтелекту, віртуальної та доповненої реальності, а також роль стрімінгових сервісів і соціальних платформ у формуванні нових форматів споживання відеоігрового контенту.

Результати роботи можуть бути використані при розробці стратегій розвитку українських ігрових студій, оцінці інвестиційної привабливості галузі, а також при підготовці аналітичних оглядів щодо стану та перспектив відеоігрової продукції. Окрему увагу приділено рекомендаціям для українських компаній щодо адаптації до глобальних тенденцій та пошуку конкурентних переваг у світовому ринку.

УДК 519.711:339.146

ПРОГНОЗУВАННЯ РИНКУ ЗБУТУ ВІДЕОПРОДУКЦІЇ

Колпакчі Я.В., здобувач освіти каф.405,

Прохорова О. М., к. ф.-м.н., доцент, доцент каф. 405

Національний аерокосмічний університет «ХАІ»

Одним з завдань системного аналізу є розробка методів прогнозування систем. Перші платформи для стрімінгу відео в інтернеті стали з'являтися не так давно, приблизно 15 років тому. Значну популярність вони отримали близько 5 років тому через всесвітню пандемію COVID-19, коли велика кількість людей була змушена знаходитися вдома. Це й побудило користувачів доєднуватися до таких сервісів як Netflix, Appl TV, Disney+ та багатьох інших.

Системний аналіз і математичне моделювання

Прогнозування ринку збуту відеопродукції є актуальним завданням, оскільки адже навіть після такого стрімкого росту рейтингів усіх компаній, що спеціалізуються на трансляванні відео, не настала велика рецесія, як це часто буває. Натомість кількість користувачів з усього світу зараз з кожним днем збільшується. З'являється все більше нових сервісів, тому дуже важливо проводити аналіз можливих майбутніх змін у цій сфері онлайн відпочинку.

Дослідження допоможе чіткіше зрозуміти тенденції розвитку у сфері стрімінгу та можливі зміни у світовому використанні стрімінгових сервісів у сучасних обставинах, зокрема світової економічної кризи, що наближується.

Не зважаючи на те, що метод лінійної регресії, який використовується в дослідженні не є новим методом прогнозування ринку збуту відеопродукції, він все ще залишається дуже привабливим своєю легкістю у використанні та наочністю. У формулі немає ускладнень, всі показники прості та напрямку впливають на результат дослідження.

На відміну від загального застосування цього методу, дана робота зосереджена не тільки на використанні однієї моделі, а й на порівнянні результатів з вже існуючими способами прогнозування. До того ж, дослідження включає практичне використання моделі на реальному прикладі та аналіз попередніх показників для отримання більш точних даних.

З огляду на стрімкий розвиток цифрових технологій та зростання популярності стрімінгових сервісів, подібне дослідження може стати основою для створення більш складних аналітичних систем, що допоможуть бізнесу адаптуватися до майбутніх змін ринку. Отже, робота має не лише теоретичну цінність, а й може мати реальний вплив у сфері системного аналізу, зокрема цифрового маркетингу та планування.

УДК 629.78.065.4

АДАПТИВНІСТЬ СУПУТНИКОВИХ СИСТЕМ ОРІЄНТАЦІЇ У ВИПАДКУ ВИХОДУ З ЛАДУ ЇХ КОМПОНЕНТІВ

Сергієнко А.І., інженер каф. 405

Савченко Н.В. к. ф.-м., доцент, завідувачка каф. 405

Національний аерокосмічний університет «ХАІ»

Супутникові системи орієнтації є критично важливими для виконання таких завдань, як радіолокація чи астрономічні спостереження, а космічне середовище створює серйозні виклики: екстремальні температури, сонячна радіація та понад сотня мільйонів мікрометеоритів, що перебувають у межах

Системний аналіз і математичне моделювання

низької навколоземної орбіти, становлять небезпеку для космічних апаратів. Проте адаптивність цих систем забезпечує надійність навіть у разі часткової втрати компонентів, що є ключовим для довготривалої роботи супутників.

Мета дослідження – розробити адаптивну систему орієнтації для 3U CubeSat XA11-КА, яка буде стійкою до відмов, шляхом створення алгоритму керування.

Для досягнення мети було розширено функціонал програмного забезпечення бортового обчислювача що дозволяє керувати орієнтацією за допомогою реакційного колеса. Триває збірка системи та розробка адаптивного алгоритму на основі Фільтра Калмана, який дозволить обробляти дані від сенсорів, і прогнозувати поведінку системи при відмовах.

Досвід телескопа Hubble підкреслює важливість адаптивності. Він успішно перейшов на роботу з меншою кількістю гіроскопів, заощаджуючи ресурси й майже не втративши ефективності, завдяки компенсації за допомогою зоряних датчиків, магнітометрів і сонячних сенсорів. Резервні механізми, такі як додаткові реакційні колеса або надлишкове модульне групування гіроскопів, дозволяють компенсувати втрату окремих компонентів, а Фільтр Калмана ефективно перерозподілить вагу даних від доступних сенсорів, підтримуючи працездатність усієї системи.

Для XA11-КА розробляється алгоритм, який забезпечить стійкість системи до фізичного впливу, часткової втрати механізмів орієнтації чи сенсорів та програмних збоїв. Результати цієї роботи можуть бути використані для вдосконалення систем орієнтації інших космічних апаратів, підвищуючи їхню стійкість до відмов у суворих умовах космосу.

УДК 620.179.1:620.1+539.3

МОДЕЛЮВАННЯ АКУСТИЧНОЇ ЕМІСІЇ ТА АНАЛІЗ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ РУЙНУВАННЯ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ ЗАЛЕЖНО ВІД ШВИДКОСТІ ПРОЦЕСІВ ЇХ РУЙНУВАННЯ

Титаренко В.О., здобувач освіти каф. 405

Савченко Н.В. к. ф.-м., доцент, завідувачка каф. 405

Національний аерокосмічний університет «ХАІ»

Композитні матеріали широко застосовуються в авіаційній, автомобільній та енергетичній галузях завдяки високому співвідношенню міцності до ваги. Однак їхня складна внутрішня структура ускладнює

Системний аналіз і математичне моделювання

діагностику пошкоджень. Акустична емісія (АЕ) є ефективним методом неруйнівного контролю, що дозволяє виявляти мікротріщини та інші дефекти в реальному часі. Моделювання сигналів АЕ з урахуванням швидкості руйнування та дисперсності властивостей матеріалу є актуальним завданням для підвищення надійності конструкцій.

Мета дослідження – розробити модель, що описує зміну параметрів сигналів АЕ під час механічного руйнування композитного матеріалу, враховуючи швидкість процесів руйнування та дисперсність властивостей матеріалу, з подальшим аналізом статистичних характеристик отриманих сигналів.

Для досягнення поставленої мети було проведено числове моделювання процесу руйнування композитного матеріалу з використанням методу скінченних елементів. Моделювання включало варіацію швидкості навантаження та дисперсності механічних властивостей елементів матеріалу. Зібрані сигнали АЕ аналізувалися з використанням статистичних методів для виявлення закономірностей.

Результати моделювання показали, що зі збільшенням швидкості руйнування зростає частота та амплітуда сигналів АЕ, а інтервали між подіями зменшуються. При підвищенні дисперсності властивостей матеріалу спостерігається збільшення варіативності параметрів сигналів АЕ. Статистичний аналіз виявив, що розподіл інтервалів між подіями та енергії сигналів підкоряється степеневим законам.

Розроблена модель дозволяє ефективно прогнозувати стадії руйнування композитного матеріалу на основі аналізу сигналів АЕ. Отримані результати можуть бути використані для вдосконалення систем моніторингу технічного стану композитних конструкцій.

МЕТОДИКА СТВОРЕННЯ ІНТЕРАКТИВНИХ КАРТ НА ОСНОВІ BIG DATA З ВИКОРИСТАННЯМ ІНСТРУМЕНТІВ GIS ДЛЯ ПІДТРИМКИ ТА ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ

*Пересада Д.Д., здобувачка освіти каф. 407
Національний аерокосмічний університет «ХАІ»*

У сучасних умовах стрімкого зростання обсягів просторових даних та потреби в оперативному прийнятті управлінських рішень важливу роль відіграють методики візуалізації великих даних у форматі інтерактивних карт. Поєднання можливостей Big Data та геоінформаційних систем (GIS) дозволяє створювати гнучкі інструменти для аналізу, прогнозування та моделювання ситуацій у різних сферах — від містобудування й логістики до екологічного моніторингу та кризового управління.

Метою дослідження є розробка методики створення інтерактивних карт на основі Big Data з використанням інструментів ГІС для підтримки прийняття ефективних управлінських рішень. У рамках дослідження аналізуються основні етапи процесу: від збору та обробки великих обсягів даних до їх візуалізації у вигляді зрозумілих і доступних для користувача картографічних сервісів.

Застосування Big Data охоплює різноманітні джерела: супутникові знімки, дані мобільних операторів, IoT-сенсори, краудсорсинг, соціальні мережі та відкриті бази даних. Обробка таких даних вимагає використання хмарних обчислень, потокової аналітики та інструментів машинного навчання для виявлення закономірностей, трендів та аномалій.

GIS-інструменти — такі як ArcGIS Online, QGIS, Mapbox, Kepler.gl, Leaflet, Google Maps API — забезпечують можливості інтерактивної візуалізації, просторового аналізу, фільтрації даних за різними критеріями, а також інтеграції з інформаційними системами управління. Однією з ключових вимог до таких карт є зручність інтерфейсу, адаптивність до різних пристроїв та можливість взаємодії з користувачем у режимі реального часу.

У рамках дослідження формується узагальнена методика створення інтерактивних карт, що передбачає:

1. визначення потреб цільової аудиторії;
2. підбір релевантних джерел даних;
3. обробку, нормалізацію та агрегацію даних;
4. побудову аналітичної моделі;
5. розробку картографічного інтерфейсу;
6. тестування та впровадження системи в управлінські процеси.

Космічний моніторинг землі і геоінформаційні

Важливим компонентом є сценарне моделювання, що дозволяє оцінити можливі наслідки управлінських рішень на основі поточних тенденцій. Крім того, інтерактивні карти сприяють прозорості, відкритості даних і залученню громадськості до прийняття рішень, що особливо актуально у сфері публічного управління.

Зазначається, що поєднання Big Data з інструментами ГІС відкриває нові горизонти для аналітичної підтримки рішень, дозволяє скоротити час на аналіз, підвищити точність прогнозування і забезпечити гнучкість у реагуванні на змінні умови. Запропонована методика може бути адаптована до різних сфер — як у державному, так і в приватному секторі.

**Науковий керівник – к.т.н., доц., зав. каф. 407 Гребень О.С.*

УДК 528.9:004.9:711.4+642.5

МЕТОДИКА ПЛАНУВАННЯ ДІЛЯНОК ДЛЯ ТЕРИТОРІАЛЬНОГО РОЗМІЩЕННЯ ПРОДОВОЛЬЧИХ РЕСТОРАНІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ДАНИХ ДЗЗ

Сірик Д.Є. , здобувач освіти каф. 407

Національний аерокосмічний університет «ХАІ»

У сучасному урбаністичному середовищі стратегічне розміщення закладів громадського харчування є важливою складовою ефективного просторового планування та задоволення потреб населення. Особливу цінність у цьому контексті становить використання дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) як джерела об'єктивних, актуальних та масштабних просторових даних. Використання супутникових знімків і методів геоінформаційного аналізу дозволяє значно підвищити якість прийняття рішень щодо розміщення об'єктів ресторанного типу.

Метою дослідження є розробка методики, що поєднує можливості ДЗЗ та ГІС для оптимального планування ділянок під продовольчі ресторани з урахуванням рельєфу, транспортної доступності, густоти населення, конкурентного середовища та інших територіальних факторів. У роботі розглядаються сучасні джерела супутникових зображень (Sentinel-2, Landsat-8, комерційні сервіси), методи попередньої обробки даних (атмосферна корекція, класифікація покриву, векторизація) та подальша інтеграція в геоінформаційні системи.

Методика охоплює побудову теплових карт та індексів придатності територій, які дозволяють швидко виявляти ділянки з найвищим потенціалом. У рамках дослідження також розглядається варіант автоматизованого

Космічний моніторинг землі і геоінформаційні

сценарного моделювання — з урахуванням різних типів ресторанів (швидкого обслуговування, сімейного типу, мережевих брендів тощо).

Результатом впровадження методики має стати інтерактивна карта із запропонованими локаціями, яка може використовуватись девелоперами, аналітиками, представниками муніципальної влади та власниками бізнесу як інструмент для ухвалення стратегічних рішень. Такий підхід сприяє мінімізації ризиків, підвищенню рентабельності та більш раціональному використанню міського простору.

Інтеграція ДЗЗ та ГІС у процес планування місць розміщення закладів громадського харчування дозволяє не лише підвищити точність аналізу, але й адаптувати рішення до динамічних змін у міському середовищі. Запропонована методика може бути масштабована й адаптована до різних регіонів та типів комерційних об'єктів.

**Науковий керівник – к.т.н., доц., зав. каф. 407 Гребень О.С.*

УДК 528.9:004.9:502.3+630*23+355.48

МЕТОДИКА МОНІТОРИНГУ ВТРАТ ЛІСОВОГО ПОКРИВУ ЗА ДОПОМОГОЮ ДЗЗ ТА ГІС ВНАСЛІДОК ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ

Стегайло А.А., здобувач освіти каф. 407

Національний аерокосмічний університет «ХАІ»

В умовах збройних конфліктів лісові екосистеми зазнають суттєвих втрат через вибухи, пожежі, переміщення військової техніки, інженерні роботи та інші види антропогенного впливу. У зв'язку з цим особливо актуальним стає завдання оперативного моніторингу стану лісового покриву, виявлення та оцінки втрат природного середовища. Сучасні методи дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) у поєднанні з геоінформаційними системами (ГІС) надають потужний інструментарій для вирішення цієї проблеми.

Метою дослідження є розробка ефективної методики виявлення, картографування та кількісної оцінки втрат лісового покриву, спричинених військовими діями, із застосуванням супутникових даних та ГІС-аналізу. Це дозволяє не лише зафіксувати факт деградації екосистем, але й відстежувати динаміку змін у часі та просторі.

Для реалізації методики використовуються супутникові знімки високої та середньої просторової роздільної здатності — Sentinel-2, Landsat 8/9, PlanetScope тощо. Джерелами даних є відкриті платформи, такі як Google Earth

Космічний моніторинг землі і геоінформаційні

Engine, Copernicus Open Access Hub та інші. Обробка здійснюється за допомогою спеціалізованих ГІС- та ДЗЗ-програм: QGIS, ArcGIS, ENVI, SNAP.

Методика включає кілька основних етапів: попередню обробку знімків (виправлення атмосферних викривлень, нормалізація), обчислення вегетаційних індексів, таких як NDVI, NBR, dNDVI, які дозволяють виявити зниження біомаси та деградацію зеленого покриву. Застосовується класифікація типів покриву, виявлення змін між знімками до і після початку бойових дій, а також просторовий аналіз для визначення найуразливіших ділянок.

Особлива увага приділяється ідентифікації впливу саме військових дій, а не інших антропогенних чи природних чинників. Для цього враховуються дані про інтенсивність бойових дій, типові прояви військових впливів (пожежі, траншеї, вирви від снарядів), а також кореляція між картами бойових дій і зонами втрат лісу.

У межах практичної реалізації методики здійснюється аналіз територій Східної та Південної України, де спостерігалися активні бойові дії. Результати демонструються у вигляді карт змін, статистичних оцінок площ втрат, теплових карт (heatmap), що показують інтенсивність впливу на лісові масиви.

Серед основних переваг підходу — оперативність, велике охоплення територій, можливість моніторингу в умовах обмеженого доступу до місцевості, а також об'єктивність і повторюваність результатів. Проте є й певні обмеження: вплив хмарності, сезонних змін, різна якість знімків, необхідність перевірки результатів за допомогою польових даних або альтернативних джерел.

Поєднання ДЗЗ і ГІС — це потужний інструмент для виявлення екологічних наслідків війни, зокрема втрат лісового покриву. Отримані дані можуть бути використані для екологічної оцінки, планування заходів з відновлення довкілля, а також для підготовки доказової бази щодо шкоди, завданої природі внаслідок бойових дій.

У перспективі доцільно продовжити дослідження у напрямку автоматизації аналізу супутникових даних, інтеграції методики з оцінкою біорізноманіття та екосистемних послуг, а також створення національної платформи моніторингу екологічних втрат у воєнний час.

**Науковий керівник – к.т.н., доц., зав. каф. 407 Гребень О.С.*

МЕТОДИКА СТВОРЕННЯ АТЛАСУ ДЕШИФРУВАЛЬНИХ ОЗНАК НА ТЕРИТОРІЇ ЛІСОГОСПОДАРСТВА

Яковлев В.Д., здобувач освіти каф. 407

Національний аерокосмічний університет «ХАІ»

Сучасне лісове господарство вимагає високоточних інструментів для моніторингу, інвентаризації та охорони лісових ресурсів. Одним із таких інструментів є дистанційне зондування Землі (ДЗЗ), яке дозволяє отримувати об'єктивну інформацію про стан лісового покриву. Для ефективного використання ДЗЗ у лісовому господарстві важливе значення має дешифрування зображень — процес виявлення й інтерпретації об'єктів та явищ на основі характерних ознак. З метою систематизації таких ознак та підвищення точності дешифрування актуальним є створення спеціалізованого атласу дешифрувальних ознак для лісогосподарських територій.

Метою дослідження є розробка методики створення такого атласу, який міститиме візуалізовані приклади характерних ознак лісових об'єктів, що піддаються дешифруванню на супутникових або аерофотознімках. Атлас передбачається як довідковий і практичний інструмент для спеціалістів лісової галузі, екологів, геоінформатиків, студентів та дослідників.

Методика створення атласу передбачає кілька ключових етапів. Перший — підбір джерел зображень (супутникові знімки високої роздільної здатності, аерофотозйомка), актуальних для досліджуваної території. Другий — класифікація типових лісогосподарських об'єктів: лісові насадження різного віку та складу, вирубки, лісові дороги, вирви, пожежні сліди, заболочені ділянки, межі кварталів тощо. Третій етап — опис дешифрувальних ознак: морфологічні, спектральні, текстурні, контекстуальні характеристики об'єктів. Четвертий — візуалізація результатів у форматі тематичних карт, таблиць, зразків зображень з поясненнями.

Особлива увага приділяється адаптації методики до реалій конкретного лісогосподарства, з урахуванням типів лісу, порід, рельєфу та сезонних змін. Крім того, розглядається можливість інтеграції атласу в геоінформаційні системи для подальшого використання у цифровому форматі — з можливістю швидкого пошуку, фільтрації та оновлення даних.

Створення атласу дешифрувальних ознак є важливим кроком до стандартизації та уніфікації процесів дешифрування в лісовому господарстві. Така методика має потенціал до масштабування та використання в інших природних регіонах, а також до інтеграції з мобільними та веб-додатками на основі ГІС.

**Науковий керівник – к.т.н., доц., зав. каф. 407 Гребень О.С.*

ВПЛИВ АРХЕТИПУ БРЕНДУ НА ЙОГО ВІЗУАЛЬНУ АЙДЕНТИКУ: ВІД СЕНСУ ДО КОЛЬОРУ

Герасимова М. В., здобувачка освіти гр. 539а

Кузнєцова Ю. А., ст. викладач каф. 406

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ»

Актуальність цієї теми полягає в тому, що у сучасному світі, де брендів стає все більше, важливо не лише виділятися зовнішньо, але й мати глибший зміст. Архетип бренду допомагає будувати емоційний зв'язок з аудиторією — не просто через продукт, а через образ, настрій і цінності. Коли візуальні елементи бренду відповідають його архетипу, бренд сприймається більш цілісно й викликає довіру.

Мета дослідження — показати, як архетип бренду впливає на його візуальну айдентику, включаючи логотип, кольорову палітру, стиль оформлення та характер комунікації бренду з клієнтами.

Завдання:

- Ознайомитися з теорією архетипів у брендингу;
- Розглянути приклади трьох українських брендів — CHER'17, Геруп і VOVK;
- Проаналізувати, який архетип відповідає кожному з них;
- Дослідити, як цей архетип проявляється у візуальних елементах бренду.

Архетипи — це певні образи або моделі поведінки, які впливають на сприйняття бренду і допомагають формувати його характер. У сучасному брендингу ця концепція була адаптована та детально розроблена Маргарет Марк і Керол С. Пірсон у книзі «Герой і бунтівник. Створення бренду за допомогою архетипів». Авторки запропонували систему з 12 архетипів, кожен з яких має свої риси: характерну емоцію, стиль поведінки, кольорову гаму та візуальні коди. Такий підхід дозволяє брендам бути більш впізнаваними, емоційно виразними та близькими до своєї аудиторії.

CHER'17 — архетип «Славний малий» (Everyman). Це приклад бренду, який максимально наближений до своїх клієнтів. Їхній стиль простий і зрозумілий. Логотип — це звичайний напис CHER'17 без зайвого декору. Колірна палітра сайту — чорний, білий, сірий, а також електрик синій, який

Геометричне моделювання та дизайн

часто використовується як акцент. Це поєднання створює відчуття, що бренд свій, простий, але водночас сучасний і помітний. У текстах на сайті вони говорять на «ти», часто використовують теплі слова, наголошують, що їхній одяг — для щоденного життя. Це все дуже характерно для архетипу «Славний малий», який хоче бути частиною спільноти і не виділятися, але бути надійним.



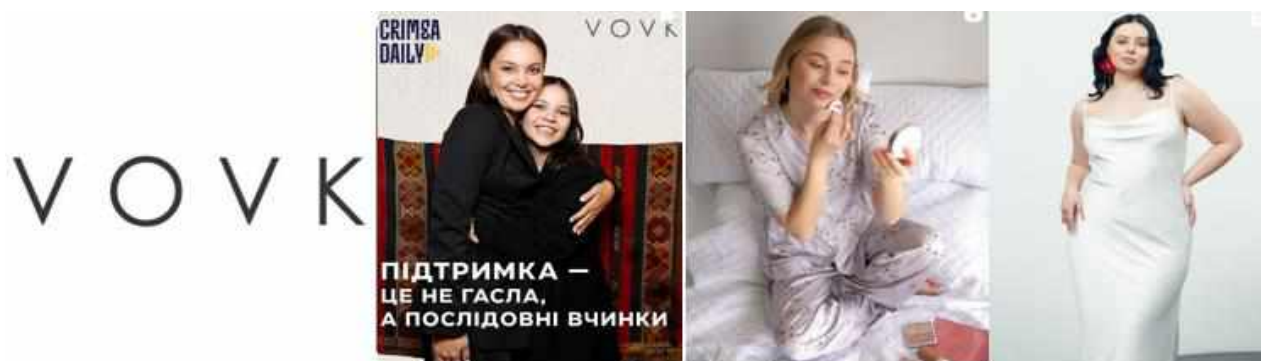
Герур — архетип «Коханка» (Lover). Цей бренд передає емоції, жіночність і красу. Їхні колекції часто мають рожеві, червоні, пастельні кольори. Логотип бренду простий: білий напис великими літерами на ніжно-рожевому фоні, що підкреслює легкість і жіночність. У своїх текстах вони говорять про сестринство, натхнення, любов до себе. Це дуже підходить до архетипу «Коханка», який прагне дарувати любов, подобатися, створювати чуттєві емоції. Герур працює не просто з одягом, а з емоціями — це дуже помітно в їх візуальному стилі.



VOVK — архетип «Опікун» (Caregiver). Це бренд, який приділяє багато уваги турботі про своїх клієнок. Вони не просто створюють одяг, а намагаються зробити так, щоб жінка почувалась комфортно, красиво та

Геометричне моделювання та дизайн

впевнено. Їхні колекції часто передають атмосферу затишку й ніжності. Логотип — стриманий і елегантний, а візуальний стиль — витриманий, іноді з м'якими пастельними кольорами або теплими акцентами. У своїх меседжах бренд часто наголошує, що жінка — це натхнення, і все, що вони створюють — для неї. Це дуже відповідає архетипу Опікуна, який говорить: “Ми дбаємо про тебе”.



Висновки: у результаті проведеного дослідження можна стверджувати, що архетипи бренду відіграють важливу роль у формуванні візуальної айдентики. Вони допомагають зробити образ бренду більш структурованим, змістовним і зрозумілим для цільової аудиторії. Коли візуальні елементи — такі як логотип, кольори чи загальний стиль — узгоджуються з архетипом, це сприяє створенню цілісного і впізнаваного бренду.

Крім того, архетипи впливають на емоційне сприйняття бренду. Вони дозволяють передати певні цінності, настрої і характер компанії. Такий підхід робить бренд не лише впізнаваним, а й більш близьким до споживача.

Література

1. Марк, М., Пірсон, К. Герой і бунтівник: Створення бренду за допомогою архетипів / пер. з англ. — К.: Вид. група «Наш Формат», 2020. — 312 с.
2. 12 архетипів брендів: які вони і для чого потрібні в маркетингу [Електронний ресурс] // Bazilik Media. — Режим доступу: <https://bazilik.media/12-arkhetyriv-brendiv-iaki-vony-i-dlia-choho-potribni-v-marketynhu/> (дата звернення: 17.04.2025).

**Науковий керівник – ст. викладач каф. 406 Кузнєцова Ю. А.*

ГРАФІЧНА МЕТАФОРА ЯК ПОСЕРЕДНИК МІЖ АРХЕТИПОМ І ЕСТЕТИКОЮ БРЕНДУ

Левічева М. О., здобувачка освіти каф. 406,

Мсаллам К. П., к.т.н. доц. каф. 406, Кузнєцова Ю. А. ст. викладач каф.406

Національний аерокосмічний університет «ХАІ»

Графічна метафора — це один з найпотужніших інструментів дизайнера, що дозволяє перетворити абстрактні архетипи на конкретні, візуально зрозумілі образи. Архетипи, запропоновані Карлом Юнгом і адаптовані до брендингу Маргарет Марк і Керол Пірсон («Герой та Бунтівник»), є основою емоційної комунікації бренду. Однак, щоб ці абстрактні концепції стали зрозумілими аудиторії, дизайнеру необхідна графічна мова, яка ґрунтується саме на метафорах.

Чому архетипи потребують метафоричного втілення?

Архетип бренду (наприклад, «Герой», «Творець», «Бунтівник») описує його внутрішню сутність, емоційну цінність і характер взаємодії з аудиторією. Проте без якісної графічної реалізації ці архетипи залишаються теоретичними конструкціями. Саме метафора виступає в ролі посередника, перетворюючи абстрактні цінності бренду у конкретну, привабливу і зрозумілу форму.

Приклади реалізації архетипів через графічні метафори:

1. Архетип «Герой» (Hero)

- Бренд: **Nike**
- Графічна метафора: рух уперед, динаміка, прагнення до перемоги
- Візуалізація: Знак Nike (свуш) — це метафора руху і швидкості, він передає ідею перемоги, сили, подолання перешкод. Свуш стає не просто графічною формою, а символом героїзму, енергії та драйву.

2. Архетип «Мудрець» (Sage)

- Бренд: **Googl**
- Графічна метафора: знання, систематизація інформації
- Візуалізація: простий, мінімалістичний логотип Google з кольоровими літерами символізує різноманітність інформації, яку легко знайти й систематизувати. Він стає графічною метафорою мудрості, простоти й доступності знань для кожного.

3. Архетип «Творець» (Creator)

- Бренд: **Adobe**
- Графічна метафора: творчість, гнучкість, інновації
- Візуалізація: логотип Adobe — стилізована літера «А», яка передає ідею новаторства та творчого підходу.
- Графічна чіткість і простота форм символізують безмежні можливості та гнучкість для творчості.

Дослідження ефективності графічних метафор

Дослідники Бьорквалл та Енгстрем (2018) у праці «*Visual Metaphor and Brand Meaning*» підтвердили, що графічні метафори значно посилюють емоційну взаємодію споживача з брендом. Вони виявили, що метафори, пов'язані з архетипами, формують сильнішу емоційну прихильність аудиторії, ніж просто «гарні» або естетично вдалі рішення.

Подібні висновки отримано й у дослідженні Скотта та Варгаса (2007), які довели, що бренди, що використовують архетипічні метафори у своїй айдентиці, легше сприймаються споживачем, краще запам'ятовуються і створюють більш глибокий зв'язок.

Як створити графічну метафору архетипу?

- **Вибір архетипу:** почніть з аналізу бренду — визначте його ключові риси та емоції, які він транслює.
- **Створення метафоричного поля:** знайдіть конкретні візуальні асоціації, що відповідають архетипу (наприклад, «герой» = рух, стріла, підйом; «мудрець» = книга, лупа, око).
- **Візуалізація метафори:** перетворіть ці асоціації в просту, лаконічну графічну форму, яка добре читається у різних масштабах та середовищах.
- **Перевірка на відповідність архетипу:** тестуйте результат на різних фокус-групах, аби переконатися, що графічна метафора сприймається саме так, як задумано.

Висновок:

Графічна метафора виступає важливим посередником між глибокою, внутрішньою сутністю бренду (його архетипом) та зовнішньою візуальною естетикою. Дизайнер повинен свідомо використовувати цей інструмент, оскільки саме через влучні графічні метафори можна створити емоційно потужну, зрозумілу і привабливу бренд-айдентику.

Таким чином, графічна метафора не лише візуально прикрашає бренд, але й закріплює його сенс у свідомості аудиторії, роблячи взаємодію з ним більш осмисленою і глибокою.

- Mark, M., Pearson, C. S. (2001). *The Hero and the Outlaw: Building Extraordinary Brands Through the Power of Archetypes*. McGraw-Hill Education.
- Björkvall, A., & Engström, H. (2018). Visual Metaphor and Brand Meaning. *Journal of Visual Communication*, 17(4), 355–373.
- Scott, L. M., & Vargas, P. (2007). Writing With Pictures: Toward a Unifying Theory of Consumer Response to Images. *Journal of Consumer Research*, 34(3), 341–356.

УДК 004.92(063)

ПРОБЛЕМИ КОРЕКТНОСТІ ШТРИХУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ У НАРІЗЕВОМУ З'ЄДНАННІ ПРИ СТВОРЕННІ РОЗРІЗІВ У SOLIDWORKS

Людвиченко К. С., здобувач освіти кафедри 406

*Мурадян Т. К. ст. викладач каф. 406, Перехрест Н. В. ст. викладач каф.
406*

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ»

Розглядається поширена проблема коректності створення креслеників деталей у CAD-системі **SolidWorks**, що стосується автоматичного формування розрізів нарізевих з'єднань. Зокрема, увагу зосереджено на:

1. **Автоматичне штрихування деталей у нарізевому складанні** часто виконується з **помилками**: SolidWorks не завжди коректно інтерпретує межі штрихування при формуванні розрізів нарізевих з'єднань.

Програма **не завжди враховує стандартні вимоги до оформлення креслеників**, згідно з правилами виконання розрізів нарізевих з'єднань – наприклад, **неправильно штрихуються частини кріпильних елементів** с внутрішньої нарізю (рис. 1).

Це створює **неузгодженість з ДСТУ/ГОСТ/ISO стандартами**, що вимагає ручної корекції або часткового відключення автоматичних функцій оформлення креслень.

2. Згідно зі стандартом при штрихуванні нарізевих з'єднань перевага надається компонентам з зовнішньою нарізю, тобто контури саме цих елементів мають бути межами розділу штрихувань елементів в з'єднанні.

Геометричне моделювання та дизайн

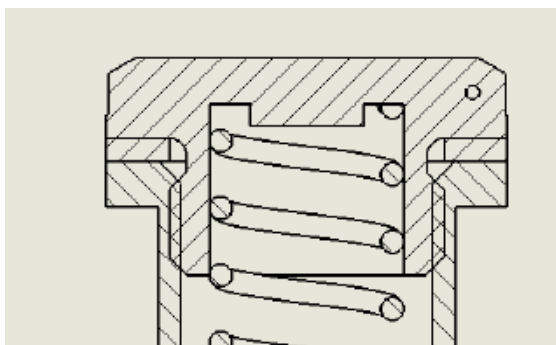


Рис. 1

Для вирішення даної проблеми існують **можливі способи обхідних рішень**, зокрема:

- редагування штрихування вручну (рис. 2);
- створення спеціальних конфігурацій для розрізів у нарізевих вузлах.

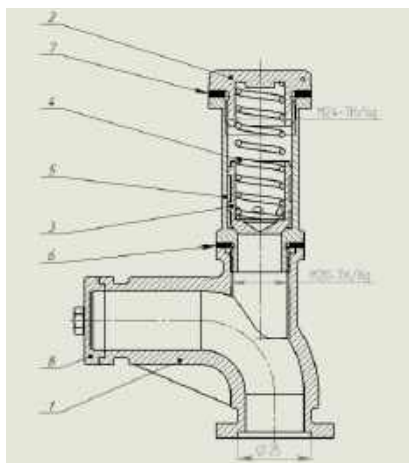


Рис. 2

Висновки: автоматизація креслення у SolidWorks не завжди гарантує правильне оформлення нарізевих з'єднань. Тому інженеру-конструктору важливо знати **обмеження програмного забезпечення** та мати навички ручного редагування креслеників згідно зі стандартами.

УДК 004.92:004.9+658.56(063)

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТРИВИМІРНОГО ДРУКУ

Кудряшов К. А., здобувач освіти кафедри 406

Мсаллам К. П., к т н, доцент каф. 406

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ»

Одним з прогресивних напрямків розвитку сучасної техніки є тривимірний друк, або так зване пошарове вирощування матеріалу. Цей процес дозволяє створювати об'ємні предмети без необхідності використання традиційних методів обробки, таких як фрезерування або лиття. Тривимірний

Геометричне моделювання та дизайн

друк на сьогоднішній день знайшов широке застосування у різних галузях промисловості, від виробництва прототипів до створення кінцевих виробів. Ця технологія забезпечує високий рівень точності, економію матеріалів та можливість виготовлення складних геометричних форм, що важко реалізувати за допомогою традиційних методів.

Існує кілька технологій тривимірного друку, що дозволяють отримувати об'єкти різної складності та з різних матеріалів. Одним з основних типів принтерів є FDM (Fused Deposition Modeling), що переводиться як моделювання із плавленням матеріалу. Ці принтери працюють за принципом поступового видавлювання матеріалу через сопло-дозатор, який наносить на поверхню виробу, створюючи один шар за іншим. Матеріалом для друку може бути різного роду пластик, такий як ABS (акрилонітрил-бутадієн-стирол) або PLA (полілактид), що після охолодження стає твердим і зберігає свою форму. Технологія FDM є найбільш доступною і популярною серед аматорів і для невеликих виробничих партій.

Іншою технологією, яка стає все більш популярною, є **Polyjet**. Вона полягає в тому, що матеріал у вигляді фотополімеру дозовано вистрілюється через дуже тонкі сопла, подібно до струменевого друку, і одразу полімеризується під впливом ультрафіолетового (УФ) випромінювання. Ця технологія дозволяє створювати дуже точні і детальні об'єкти з великими можливостями для досягнення високої якості поверхні. Оскільки матеріал затверджується миттєво після нанесення, можна отримувати дуже тонкі шари і складні геометричні форми, а також комбінувати різні матеріали в одному виробі для досягнення різних властивостей.

LENS (Laser Engineered Net Shaping) - це ще одна технологія, що використовує лазер для виготовлення тривимірних об'єктів. Вона базується на використанні порошку, який подається через сопло і потрапляє на сфокусований промінь лазера. Частина порошку не спікається, а та його частина, яка потрапляє у фокус лазера, миттєво спікається, утворюючи тверде тіло. Поступово, шар за шаром, формується готова деталь. LENS дозволяє виготовляти деталі з металу та інших матеріалів, що мають високі механічні властивості та можуть використовуватися в складних інженерних задачах.

Інша технологія **LOM (Laminated Object Manufacturing)** передбачає використання тонких ламінованих листів матеріалу, які вирізаються за допомогою лазера або ножа і потім склеюються або спікаються для утворення тривимірного об'єкта. Цей метод дозволяє використовувати різноманітні матеріали, такі як папір, пластик або металеві листи, і є хорошим варіантом для виробництва великих об'єктів або прототипів з відносно простими формами.

Геометричне моделювання та дизайн

Один з найбільш відомих методів тривимірного друку — це **SL (Stereolithography)**, або стереолітографія. Цей процес базується на використанні рідкого фотополімеру, який під впливом лазера полімеризується у певних точках поверхні. Стереолітографія дозволяє створювати дуже точні і детальні моделі, оскільки лазер може точно управлятися, і об'єкт формується дуже акуратно, шар за шаром. Ця технологія є однією з найбільш точних і використовується в різних галузях, від ювелірної справи до авіаційної промисловості.

LS (Laser Sintering) або лазерне спікання — це ще один метод, що схожий на стереолітографію, але замість рідкого фотополімеру використовує порошок, який спікається лазером. В результаті утворюється тверде тіло. Лазерне спікання дозволяє виготовляти об'єкти з широкого спектра матеріалів, таких як метали, пластики, кераміка і навіть біоматеріали. Цей метод дозволяє створювати об'єкти з високоміцних матеріалів, що робить його популярним у промисловості для виготовлення функціональних деталей.

Останньою згаданою технологією є **3DP (Three Dimensional Printing)**, або тривимірний друк. Цей метод працює за принципом нанесення клею на матеріал у порошковій формі, що з'єднує гранули, після чого на отриманий шар наноситься новий порошок. Цей процес повторюється, поки не формується готовий об'єкт. Перевагою цього методу є можливість використовувати різноманітні порошкові матеріали, в тому числі метали, пластику і кераміки, а також його відносно низька вартість у порівнянні з іншими методами.

Матеріали для формування деталей можуть бути різноманітними: від різних видів пластику (PLA, ABS) до металу, скла та кераміки. Сучасні технології тривимірного друку дозволяють використовувати багато різних видів матеріалів, що відкриває широкі можливості для створення як простих, так і складних конструкцій.

Тривимірний друк знаходить своє застосування в багатьох сферах, включаючи швидке прототипування, тобто швидке виготовлення прототипів моделей і об'єктів для подальшого вдосконалення. Окрім того, технологія використовується для виготовлення моделей і форм для ливарного виробництва, виготовлення макетів для архітектурного проектування, а також у медичних, автомобільних та аерокосмічних галузях. Наприклад, у медицині тривимірний друк дозволяє створювати індивідуальні протези або органи, що значно покращує точність та ефективність лікування пацієнтів.

Завдяки своїм унікальним можливостям і перевагам, таким як зниження витрат на виробництво, можливість виготовлення складних конструкцій і швидкість виготовлення прототипів, тривимірний друк продовжує

Геометричне моделювання та дизайн

розвиватися і знаходить нові сфери застосування, змінюючи різні галузі промисловості та технології виробництва.

**Науковий керівник – канд. техн. наук, доцент каф. 406 Мсалам К.П.*

УДК 514.74(063)

ДОСЛІДЖЕННЯ КРИВОЇ ВІВІАНІ

Кравченко Р. В., здобувач освіти кафедри 406

Саєнко С. Ю., канд. техн. наук, доцент каф. 406

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ»

Відомо багато цікавих випадків перетину поверхонь, які знаходять широке застосування в різних галузях життєдіяльності людини. Одним із таких випадків є перетин прямого кругового циліндра радіусу r і сфери радіусу $2r$, центр якої лежить на одній з твірних циліндра. Лінією перетину цих поверхонь при заданому взаємному положенні є просторова крива четвертого порядку, названа на честь італійського архітектора Вівіані, який вперше застосував її при виконанні віконних прорізів куполоподібних ділянок будівлі у вигляді зазначеної лінії. Крива Вівіані має особливе значення в геометрії, оскільки її можна використовувати для проектування складних форм в архітектурі та інженерії.

Історично крива Вівіані була описана в архітектурі та інженерії, зокрема в проектуванні куполів і вікон, де точні геометричні властивості цієї кривої необхідні для ефективного виконання структурних елементів. Так, крива стала широко використовуваною для створення різних конструкцій в архітектурі та інженерії, де важливу роль відіграє правильний перетин поверхонь другого порядку для забезпечення стабільності та естетичної привабливості проектів. Оскільки її застосування дозволяє досягти гармонії між функціональністю та естетикою конструкцій, ця крива стала основою для багатьох інженерних рішень, які зберігають стабільність та естетичний вигляд будівель.

Згідно з однією з теорем нарисної геометрії про перетин поверхонь другого порядку, при заданому на рис. 1 розташуванні поверхонь щодо площин проєкцій проєкціями кривої Вівіані на фронтальну і горизонтальну площини проєкцій будуть криві другого порядку, оскільки обидві поверхні мають площини симетрії, паралельні вказаним площинам проєкцій. Це означає, що за допомогою простих геометричних побудов можна отримати чітке уявлення про форму перетину цих поверхонь, що важливо для точного моделювання та конструювання. Окрім того, це дає можливість здійснювати точні розрахунки та перевіряти міцність та стабільність конструкцій, що спираються на цю криву.

Геометричне моделювання та дизайн

У роботі проведено графоаналітичне дослідження кривої Вівіані, що включає дослідження п'яти різних поверхонь, які утворюють при перетині цю криву. Визначено ключові математичні залежності для побудови цих поверхонь та для отримання параметричних рівнянь, які описують криву Вівіані. Такі рівняння дозволяють визначати точні координати точок кривої в просторі, що є основою для подальших досліджень і застосувань у різних галузях. Крім того, було розглянуто можливість побудови різноманітних варіантів перетину цих поверхонь, що дозволяє досягти більш точного прогнозування результатів та оптимізації конструкцій.

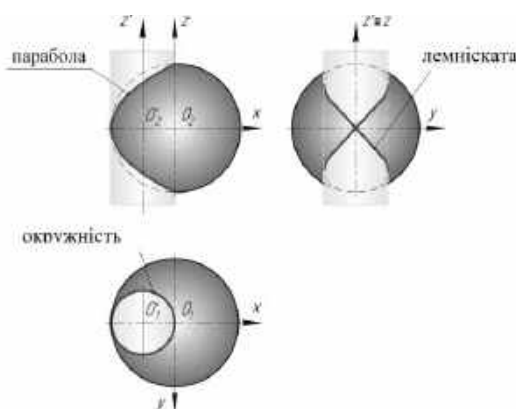


Рис. 1 – Перетин сфери і циліндра з утворенням кривої Вівіані

Зокрема, на основі параметричних рівнянь кривої Вівіані було розроблено математичний апарат, що дозволяє конструювати конічні поверхні, які утворюються сімейством кривих Вівіані. Ці поверхні мають широкий спектр застосувань у техніці та архітектурі, зокрема в проектуванні об'ємних і просторових конструкцій, де важлива точність та естетика геометричних форм. Враховуючи здатність цієї кривої створювати геометричні поверхні з різними характеристиками, вона може бути використана в складних технічних задачах, де потрібно оптимізувати використання матеріалів і забезпечити рівновагу конструкцій.

Крім того, у роботі запропоновано нові методи побудови просторових кривих, що схожі за формою з кривою Вівіані. Це відкриває нові можливості для створення складних геометричних конструкцій, які можна застосовувати у різних технічних і художніх проектах. Наприклад, такі криві можуть бути використані для створення інноваційних конструкцій в авіації, суднобудуванні, а також у дизайні складних механізмів. Це дає змогу розширити застосування кривої Вівіані в різних галузях, таких як транспорт, машино- і суднобудування, а також у проектуванні об'єктів культурної спадщини.

Геометричне моделювання та дизайн

Таким чином, проведене дослідження кривої Вівіані не лише розширює знання про її математичні та геометричні властивості, але й створює основу для її подальшого використання в проектуванні та конструюванні у різних сферах людської діяльності. Розроблені методи дозволяють глибше зрозуміти потенціал цієї кривої і використовувати її для створення нових, більш складних і ефективних геометричних конструкцій, що згодом можуть стати основою для нових інженерних рішень та технологій.

**Науковий керівник – канд. техн. наук, доцент каф. 406 Саєнко С.Ю.*

УДК 004:681.3 + 514.8(063)

МАТЕМАТИЧНИЙ ОПИС ГРАФІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІКИ

*Мачуленко Р. М., здобувач освіти каф. 406
Саєнко С. Ю., канд. техн. наук, доцент каф. 406
Національний аерокосмічний університет «ХАІ»*

В основі сучасного розвитку комп'ютерної графіки лежать фундаментальні дисципліни – аналітична геометрія, фізика, програмування. Виникнувши з потреб ринку, розвитку інформатики та обчислювальної техніки, комп'ютерна графіка вивчає методи побудови зображень різних геометричних об'єктів і сцен, що є невід'ємною частиною багатьох технологій, зокрема у сфері дизайну, віртуальної реальності, кінематографії, відеоігор і численних інженерних програм.

З розвитком обчислювальних потужностей з'явилася можливість не лише відображати статичні зображення, але й створювати інтерактивні візуалізації та моделювання складних тривимірних сцен, що дозволяє створювати реалістичні симуляції фізичних явищ, таких як освітлення, відображення, поглинання та багато інших. У цьому контексті комп'ютерна графіка не тільки забезпечує ефективне представлення інформації, але й стає потужним інструментом для вирішення різноманітних наукових та інженерних задач.

У двовимірній графіці всі геометричні об'єкти задаються у вигляді параметричних рівнянь, що описують фігуру. Задача побудови складних геометричних об'єктів вимагає використання математичних моделей, здатних описувати не тільки прості форми, але й більш складні, такі як криві та поверхні. Одними з основних методів побудови двовимірних об'єктів є рівняння Еміта, Безьє та В-сплайни. Рівняння Еміта (рис. 1) широко використовуються в графічних додатках для створення складних кривих, що можуть бути використані в анімаціях і графічних інтерфейсах. Безьє та В-сплайни (рис. 2), у свою чергу, є потужними інструментами для побудови гладких кривих та поверхонь, які використовуються в дизайні та моделюванні об'єктів з високою точністю.

Геометричне моделювання та дизайн

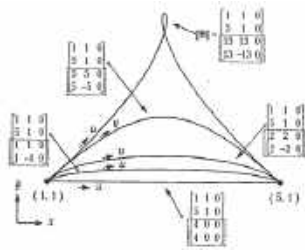


Рис. 1 Ермітова крива

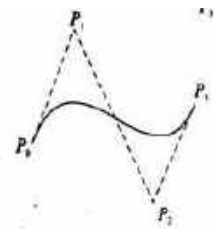


Рис. 2 Крива Безьє

Тривимірні об'єкти задаються більш складними рівняннями, оскільки описати форму в тривимірному просторі вимагає більш детальної та точної математичної моделі. Для опису поверхневих моделей найбільш поширеними є такі: білінійна поверхня, лоскут Куна, бікубічний лоскут, поверхня Безьє, В-сплайнова поверхня. Кожен з цих методів має свої переваги, залежно від вимог до точності, плавності та складності розрахунків.

Твердотільні моделі представлені, у вигляді поверхонь, доповнених внутрішньою структурою, що дозволяє отримати більш точну та реалістичну модель об'єкта в порівнянні з поверхневими моделями. Твердотільні моделі є незамінними для таких галузей, як промисловий дизайн, архітектура та інженерія, де необхідно враховувати фізичні властивості об'єктів, такі як об'єм, маса, щільність, теплоємність і інші характеристики. Завдання внутрішньої структури моделей виконується кількома методами: декомпозиційним, воксельним, октановим деревом, комірковим.



Рис. 3 Воксельна модель

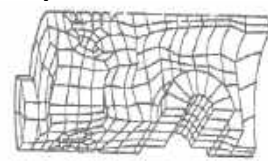


Рис. 4 Коміркова модель

Метод декомпозиції передбачає розбиття складних об'єктів на простіші частини, що дозволяє легко маніпулювати ними та здійснювати необхідні перетворення. Воксельний метод використовує тривимірну сітку, що складається з маленьких елементів об'єму (вокселів), що дозволяє ефективно описувати складні об'єкти і працювати з ними в контексті чисельного моделювання. Октанове дерево є методом, що використовується для поділу простору на підпростори для забезпечення швидкого доступу до даних про об'єкти в 3D-просторі. Комірковий метод передбачає використання об'ємних клітинок для точного опису структури об'єкта.

Головними перевагами твердотільних моделей є спроможність задавати їм реальні фізичні властивості, що дозволяє враховувати матеріальні характеристики об'єкта, а також забезпечує можливість його подальшого моделювання, таких як виконання механічних, теплових, електричних та інших фізичних розрахунків. Це особливо важливо для інженерних завдань, де точність моделі може бути критичною для забезпечення надійності та безпеки конструкцій.

Геометричне моделювання та дизайн

Таким чином, комп'ютерна графіка є потужним інструментом для створення, моделювання та візуалізації геометричних об'єктів, а математичні моделі, які застосовуються для цього, дозволяють значно розширити можливості для вирішення практичних задач у різних галузях науки і техніки.

**Науковий керівник – канд. техн. наук, доцент каф. 406 Саєнко С.Ю.*

УДК 004.928(063)

ВИКОРИСТАННЯ РОЗНЕСЕНОГО ВИГЛЯДУ ТА КОНТРОЛЕРА АНІМАЦІЇ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ТЕХНІЧНИХ АНІМАЦІЙ В SOLIDWORKS MOTION

*Некіпела Т. Г., здобувачка освіти каф.406, Мурадян Т. К., ст. викладач
каф. 406, Перехрест Н. В., ст. викладач каф. 406*

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ»

У сучасному машинобудуванні, інженерному проектуванні та технічній освіті дедалі більшу роль відіграє візуалізація. SolidWorks як один із провідних CAD-інструментів пропонує потужні засоби не лише для створення моделей, а й для наочного представлення принципів роботи механізмів через анімацію. Особливе місце серед них посідає комбінація рознесеного вигляду та контролера анімації в середовищі Motion.

Рознесений вигляд (Exploded View) у SolidWorks є потужним інструментом для створення інформативних технічних ілюстрацій, що демонструють складові частини механізмів у розібраному стані.

Рознесений вигляд у SolidWorks дозволяє показати модель у розібраному стані, демонструючи розташування кожного компонента. Це особливо корисно при створенні інструкцій із складання, технічних презентацій та в навчальному процесі. Користувач задає траєкторії та величини зміщення деталей, створюючи логічну і зрозумілу композицію.

Контролер анімації (Animation Controller) дозволяє анімувати **переміщення компонентів між складеним і рознесеним виглядом**. Цей інструмент з'являється автоматично, коли користувач клацає правою кнопкою миші на рознесеному вигляді (Exploded View) та обирає **Animate Collapse** або **Animate Explode**. Контролер анімації надає прості засоби для створення візуально ефективних демонстрацій розбирання та складання.

Інтеграція **рознесеного вигляду з SolidWorks Motion** забезпечує гнучкість при демонстрації складних технічних процесів, зокрема механізмів взаємодії частин під час роботи. У цьому випадку можна не лише показати розташування компонентів, а й проілюструвати їхній рух у просторі. Використання таймлайну дозволяє чітко задавати послідовність дій: спочатку елемент переміщується в рознесене положення, потім виконує потрібну анімацію (обертання, поступальний рух, взаємодія з іншими частинами тощо).

Геометричне моделювання та дизайн

Переваги такого підходу:

1. **Наочність** — глядач легко сприймає складні механізми.
2. **Динаміка** — модель демонструє функціонування в реальному часі.
3. **Навчальність** — зручно для викладання принципів роботи.
4. **Ефективність презентацій** — анімації значно покращують технічні демонстрації.

При використанні інструментів рознесеного вигляду можуть виникати низка труднощів, які впливають на якість анімації та керованість компонентами:

1. **Auto-space components on drag (Автоматичний інтервал після перетягування)** — ця функція створює автоматичне вирівнювання деталей під час перетягування, що може спричинити неконтрольовані зміщення або створення неочікуваних інтервалів між частинами. У результаті, анімація виглядає неприродно, а повернення деталей у вихідне положення стає складнішим.

2. **Select subassembly parts (Виділити деталі вузла)** — при створенні рознесеного вигляду в межах підвузлів ця функція дозволяє вибирати окремі компоненти. Проблема полягає в тому, що SolidWorks може неправильно інтерпретувати відносне положення частин у складних вкладених вузлах, що ускладнює їхнє анімування або призводить до порушення структури складання в анімації.

3. **Складність у повторному редагуванні** — після генерації автоматизованого рознесення вручну змінювати траєкторії або порядок стає складніше, оскільки система прив'язується до початкових параметрів автоматичної побудови.

4. **Порушення співвідношення рухів** — особливо при роботі з великими підвузлами або симетричними компонентами, анімація може стати неузгодженою, що вимагатиме додаткового часу на точне налаштування таймлайну.

5. **Некоректне відтворення** спільного обертального і поступального руху для групи об'єктів (гвинтова пара).

Висновки. Використання SolidWorks Motion у поєднанні з рознесеним виглядом дозволяє створювати **наочно зрозумілі анімації**, які полегшують сприйняття складних технічних процесів.

Інженери використовують такий підхід для створення монтажних інструкцій, технічної документації, а також відео для клієнтів чи внутрішніх презентацій. Від правильно побудованого рознесеного вигляду до ретельно налаштованого контролера анімації — кожен етап формує зрозумілий, динамічний і вражаючий результат.

SolidWorks Motion у поєднанні з рознесеним виглядом та контролером анімації відкриває широкі можливості для технічної візуалізації. Це не лише засіб для демонстрації, а й ефективний інструмент навчання, комунікації та технічного переконання. У світі, де все більше значення має не лише що, а й як ми це показуємо, анімації стають мовою інженерів нового покоління.

ВПЛИВ ТИПІВ ЕКСТРУДЕРІВ НА ТОЧНІСТЬ 3D ДРУКУ У FDM 3D ПРИНТЕРАХ

*Рида О. С., здобувачка освіти кафедри 406, Мсаллам К. П., к т н, доцент
каф. 406*

Національний аерокосмічний університет «ХАІ»

Точність друку в 3D-друці безпосередньо пов'язана з типом екструдеру, оскільки екструдер є основним елементом, що відповідає за подачу матеріалу до сопла, а його конструкція та розташування можуть впливати на стабільність подачі, швидкість руху осей та загальну точність виготовлення деталей.

Як тип екструдеру впливає на точність друку:

1. Direct Drive екструдер

- **Більш точна подача матеріалу:** Оскільки екструдер знаходиться безпосередньо на головці принтера і має менше посередніх механізмів (таких як трубка для подачі філаменту), це дозволяє більш точно контролювати подачу матеріалу. Це важливо для досягнення високої точності, оскільки філамент подається безпосередньо до сопла.

- **Менше втрат матеріалу:** Через коротший шлях подачі, зменшується ймовірність виникнення затримок або застрягань філаменту, що підвищує точність.

- **Зменшення коливань:** У Direct Drive екструдері відсутня додаткова довга трубка, що зменшує ймовірність виникнення вібрацій чи затримок при подачі, що може вплинути на точність.

Переваги для точності:

- Краща стабільність подачі матеріалу.
- Збільшена точність при друці деталей з малими характеристиками та складними геометріями.

- Легше коригувати подачу матеріалу під час друку.

2. Bowden екструдер

- **Більше вібрацій і затримок:** Оскільки екструдер і мотор подачі матеріалу знаходяться на відстані від сопла, філамент повинен пройти через довгу трубку (Bowden tube), що може створити додаткові вібрації і затримки в подачі матеріалу, особливо при швидких рухах.

- **Менший контроль над подачею:** Завдяки відстані між екструдером і соплом, можуть виникати проблеми з точністю подачі матеріалу, особливо для м'яких і гнучких матеріалів (TPU, TPE), які можуть застрягати або мати проблему з рівномірною подачею.

- **Проблеми при високих швидкостях друку:** На високих швидкостях руху принтера, навіть незначні вібрації чи нерівності в подачі філаменту можуть призвести до зменшення точності деталей. Це особливо помітно на більш важких або деталізованих об'єктах.

Геометричне моделювання та дизайн

Недоліки для точності:

- Погіршення контролю над подачею матеріалу.
- Можливість виникнення помилок у форму та розміри деталей через втрати в точності подачі.
- Може бути складніше працювати з еластичними матеріалами (TPU, TPE).

Взаємозв'язок між типом екструдера та точністю:

- **Direct Drive екструдер** забезпечує вищу точність, оскільки він дає більше контролю над подачею матеріалу, зменшує вібрації і дозволяє більш точно виконувати рухи екструдера, особливо при друці з гнучкими матеріалами.

- **Bowden екструдер** може бути менш точним при швидких рухах і при використанні м'яких матеріалів, через додаткову довгу трубку для подачі філамента, яка може спричиняти вібрації, затримки та нерівномірну подачу.

Висновок.

- Для гнучких матеріалів (TPU, TPE, NinjaFlex) і високої точності **Direct Drive екструдер** буде кращим вибором.

- Для твердих матеріалів (PLA, ABS, PETG) **Bowden екструдер** може бути ефективнішим, особливо при високих швидкостях друку, але для досягнення максимальної точності потрібно точно налаштувати параметри подачі та ретракції.

Таким чином, тип екструдера має значний вплив на точність друку, і правильний вибір залежить від матеріалу і вимог до деталізованості та швидкості друку.

**Науковий керівник – канд. техн. наук, доцент каф. 406 Мсалам К.П.*

УДК721.012(063)

МЕТАФОРИЧНЕ МИСЛЕННЯ ЯК ПРОФЕСІЙНА НАВИЧКА ДИЗАЙНЕРА

Рилькова С. О., здобувачка освіти каф. 406 Кузнєцова Ю. А.,

ст. викладач каф.406, Мсалам К. П., к.т.н., доц. каф. 406

Національний аерокосмічний університет «ХАІ»

Метафоричне мислення для дизайнера — це не просто художній прийом або стилістична прикраса, це важлива професійна компетенція, яка визначає,

Геометричне моделювання та дизайн

наскільки глибоким та переконливим буде створений бренд чи дизайн-продукт.

Якщо говорити мовою науки, то метафора — це спосіб мислення, який дозволяє передати складні ідеї простими й зрозумілими образами, залучаючи емоційні й асоціативні ресурси аудиторії.

Чому метафоричне мислення таке важливе?

Відомі дослідники Джордж Лакофф та Марк Джонсон ще у 1980 році у своїй книзі «*Metaphors We Live By*» довели, що метафора є не просто літературним засобом, а базовим когнітивним інструментом, який формує наші повсякденні рішення, переконання та навіть поведінку. Їхні дослідження показують, що ми, не помічаючи того, постійно мислимо та спілкуємося через метафори. Саме тому дизайн, побудований на сильній метафорі, має значно більше шансів досягти своєї цільової аудиторії.

Наприклад, всесвітньо відомий бренд **Nike** використовує метафору руху і швидкості у вигляді простого знака — «свушу». Здавалось би, один абстрактний штрих, але він інтуїтивно асоціюється з динамікою, рухом, швидкістю. Це і є приклад глибокого метафоричного мислення, коли простий образ передає цілу філософію бренду.

Інший приклад — логотип бренду **Apple**. Його сила не лише у візуальній простоті, а й у потужній метафорі знання, відкриття, інноваційності (яблуко Ньютона, яблуко пізнання). Відомий дизайнер Пол Ренд говорив, що логотип Apple став ідеальним прикладом того, як проста метафора може сформувати надзвичайно сильний бренд.

Дослідження ефективності метафор у дизайні:

Підтвердження цьому знаходимо у дослідженнях Ван Ромпея та Ван ден Хувеля (2008), які довели, що використання метафор у дизайні продуктів значно покращує їх емоційне сприйняття та підвищує споживацьку цінність. У своєму експерименті вони пропонували учасникам взаємодіяти з двома варіантами упаковки кави: нейтральним і тим, що мав виразну метафору сили і тепла. Виявилось, що споживачі значно позитивніше оцінювали та запам'ятовували саме той продукт, в якому була метафора.

Інше цікаве дослідження (Zaltman & Zaltman, 2008) показує, що бренди, в основі яких лежить метафора, легше формують емоційний зв'язок зі своєю аудиторією, що суттєво збільшує лояльність.

Наприклад, бренд **Harley-Davidson** використовує архетипічну метафору свободи та бунтарства, створюючи потужну емоційну комунікацію, яка формує справжню спільноту фанатів бренду.

Як дизайнеру навчитися метафоричному мисленню?

Геометричне моделювання та дизайн

- Використовувати методи асоціативних карт (**Mind Mapping**), щоб розширити діапазон мислення.
- Застосовувати аналогії і порівняння — ставити питання на зразок: «Якби цей бренд був твариною, будівлею або видом транспорту, то яким саме?»
- Працювати з мудбордами, візуалізуючи абстрактні концепції через конкретні образи.
- Вчитися шукати глибокі смисли, а не лише естетичні рішення. Бренд, побудований на глибокій метафорі, — це завжди сильніше, ніж просто красива картинка.

Висновок:

Таким чином, метафоричне мислення є фундаментальною навичкою дизайнера, яка дозволяє створювати бренди, що легко запам'ятовуються і впливають на глибокому емоційному рівні. В умовах сучасного ринку, коли емоції відіграють ключову роль у сприйнятті бренду, здатність дизайнера бачити, створювати й інтерпретувати метафори стає не просто корисною, а життєво необхідною компетенцією.

Тому сьогоdnішній дизайнер — це не лише людина, яка добре малює або володіє графічними програмами, а той, хто глибоко розуміє сутність бренду і вміє передати її через яскраві та змістовні метафори.

З огляду на це, формування метафоричного мислення має стати невід'ємною частиною професійної освіти і практики кожного дизайнера.

Література

- Lakoff, G., Johnson, M. (1980). *Metaphors We Live By*. University of Chicago Press.
- Van Rompay, T. J. L., Van den Hoven, E. (2008). Design aesthetics and metaphors: The impact on product appreciation. *International Journal of Design*, 2(3), 19–28.
- Zaltman, G., Zaltman, L. H. (2008). *Marketing Metaphoria*. Harvard Business Review Press.

Наукове видання

**ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ
ДВАДЦЯТЬ ПЕРШОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
«СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ РАКЕТНО-КОСМІЧНОЇ ТЕХНІКИ
І ТЕХНОЛОГІЇ»**

30 квітня 2025 р.

Відповідальний за випуск В. І. Лазненко

Підписано до друку 14.05.2025
Формат 60x84^{1/16}. Папір офс. Офс. друк
Ум. друк. арк. 4. Обл.-вид. арк. 4,5. Наклад 40 пр.
Замовлення 152 Ціна вільна

Видавець і виготовлювач
Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут»
61070, Харків-70, вул. Вадима Манька, 17
<http://www.khai.edu>
Видавничий центр «ХАІ»
61070, Харків-70, вул. Вадима Манька, 17
izdat@khai.edu

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготовлювачів, розповсюджувачів
видавничої продукції сер. ДК № 391 від 30.03.2001