

УДК 532.526

А.В. Сохацький

Академія митної служби України

ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗРОБКИ НАЗЕМНИХ ШВИДКІСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА НОВИХ ФІЗИЧНИХ ПРИНЦИПАХ

В статті розглянуто проблеми та перспективи розвитку наземного швидкісного транспорту. Аналіз ефективності сучасних галузей транспорту показує, що існує гостра необхідність впровадження в перевізний процес швидкісних наземних транспортних апаратів, що працюють на нових фізичних принципах, а саме з використанням технологій магнітної левітації (Maglev).

1. Історія розвитку транспорту показує, що підвищення його ефективності відбувалося двома напрямками: шляхом збільшення вантажопід'ємності транспортних засобів та підвищенням швидкостей руху. Аналіз рівня розвитку класичних видів транспорту (авіаційного, автомобільного, залізничного, водного) показує, що на сьогодні досягнуті критичні швидкості їх руху, які обмежуються рядом причин. На залізничному та автомобільному транспорті перешкодою для підвищення швидкостей стоїть проблема зв'язку «коесо - шляхова структура», яка не може забезпечити необхідні параметри руху. Авіаційний транспорт зіткнувся з проблемою пропускнуої здатності аеропортів, збільшенням їх віддаленості від мегаполісів, що робить перевезення на невеликі відстані неефективними (рис. 1). Виникає запитання: наскільки конкурентоздатні класичні наземні транспортні системи? Які критерії оцінки досконалості транспортних апаратів приймати? Є різні пропозиції. Так, пропонується за оцінку досконалості транспортних систем приймати корисне навантаження на одиницю рухомого складу та питому потужність на одно пасажиро-місце.

2. Аналіз ефективності сучасних галузей транспорту показує, що існує гостра необхідність впровадження в перевізний процес швидкісних наземних транспортних апаратів. Останнім часом особлива увага приділяється створенню нових перспективних транспортних засобів [1-16], що працюють на нових фізичних принципах, а саме з використанням технологій магнітної левітації (Maglev).

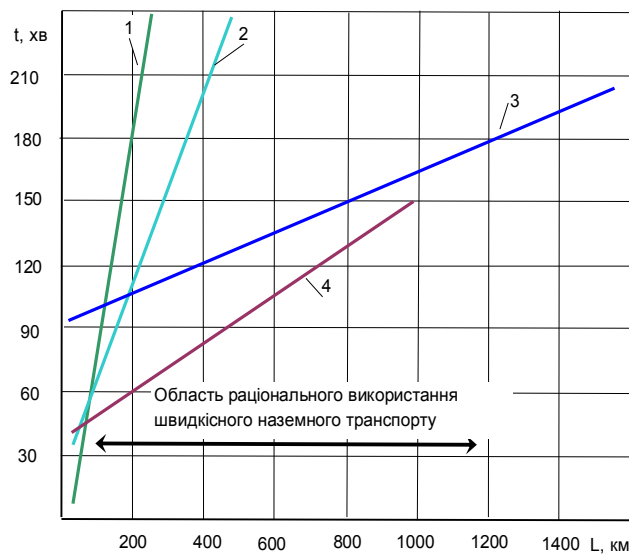


Рис. 1. Часові затрати на перевезення за видами транспорту:

1- автомобільний транспорт; 2- залізничний транспорт;

3- повітряний транспорт; 4- швидкісний наземний транспорт

На кінець 20 століття у найбільш розвинутих країнах світу розроблялося більше 200 проектів транспортних систем різноманітних конструкцій (рис.2). На сьогодні в світі побудовано більше 20 полігонів для випробування та наукових досліджень нових транспортних систем. Багатьма країнами фінансуються розробки, направленні на створення екологічно чистих, з

низьким рівнем шуму транспортних засобів. Вважається, що найбільш перспективними транспортними засобами є апарати, що використовують надпровідність. Відкриття надпровідності, коли при температурі $T=10\text{ K}$ електричний опір прямує до нуля, дає можливість створювати електромагнітні пристрої, які індують потужні електромагнітні поля.

Ключовим питанням створення нових транспортних систем є перш за все розробка транспортних засобів. Функціонально – структурна схема транспортного апарата на надпровідних магнітах в комплексі такої високошвидкісної транспортної системи наведена на рис. 3. Така специфіка транспортного засобу диктує необхідність застосування системного підходу до його проектування.

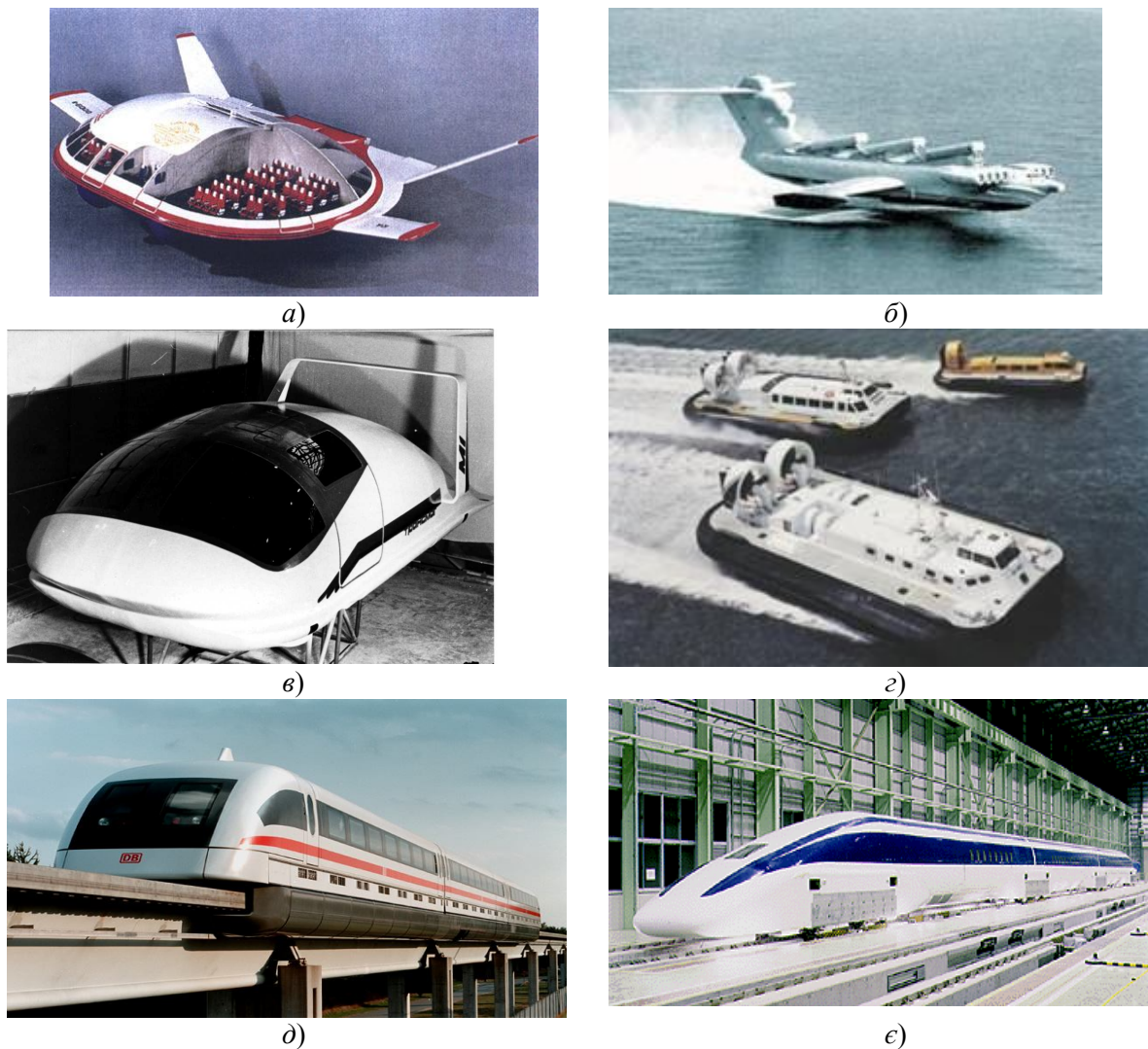


Рис. 2. Перспективні транспортні засоби:

- а- літальний апарат “ЭКИР” з гібридною системою динамічної підтримки;
- б- екраноплан; в- дослідний зразок магнітолевітуючого транспортного засобу (Інститут транспортних систем та технологій НАН України);
- г- судно на повітряній подушці, д- магнітолевітуючий транспортний засіб Transrapid-08; е- магнітолевітуючий транспортний засіб MLX-01

3. Теоретичною базою проектування транспортних апаратів є системний підхід, метою якого є створення найбільш раціональних методів опису законів функціонування великих систем. Після формалізації на основі математичного моделювання задача проектування системи зводиться до знаходження глобального екстремуму функції багатьох змінних при обмеженнях на параметри у вигляді функціональних рівностей та нерівностей.

Перспективним є використання обчислювальних методів для визначення спряженого мінімуму (максимуму) функції багатьох змінних до задачі вибору параметрів математичної моделі транспортного апарата для одержання найкращого варіанту у відповідності з заданими критеріями.

Аналіз структури транспортного апарата та ієрархії задач проектування дозволяють обґрунтовано підійти до проблеми декомпозиції апарата на підсистеми, а процес проектування - на ряд взаємозв'язаних задач.



Рис. 3. Структурно – функціональна схема транспортного апарата на надпровідних магнітах в комплексі високошвидкісної транспортної системи

4. Методологія системного проектування повинна базуватися на основаних положеннях про оптимальність систем:

1. Система, що складається із оптимальних елементів, не обов'язково буде оптимальною і повинна оптимізуватися як єдиний об'єкт з заданим цільовим призначенням.
2. Система повинна оптимізуватися по кількісно визначеному та єдиному критерію, що відображає в математичній формі мету оптимізації.
3. Система оптимізується в умовах кількісно визначених обмежень на оптимізаційні параметри і тому її оптимальність завжди умовна.

Вибір ряду критеріїв оцінки є важливою проблемою для кожного рівня задач. Для кожного елемента підсистеми вибираються такі параметри, які б забезпечили високу ефективність роботи системи в цілому. Згідно принципу оптимальності: якщо об'єкти елементів і підсистем усіх рівнів оптимальні по критеріям, відповідним системам більш високого рівня, то вся система оптимальна. Тобто, на кожному етапі проектування може бути свій критерій оцінки, але усі вони не повинні мати протиріччя один одному:

1. При виборі критеріїв оцінки підсистем необхідно, щоб ці ж критерії були показниками якості системи більш високого рівня.
2. У випадку оптимізації об'єктів, що мають прямий функціональний зв'язок, необхідно, щоб ці об'єкти були оптимальні за критеріями оцінки системи, функції якої вони виконують.
3. При виборі оптимальних параметрів об'єкта, що визначають ієрархічні функціональні зв'язки, як критерії необхідно приймати показники якості системи більш високого рівня.

У залежності від того, враховується фактор часу, чи ні, математичні моделі класифікують на нестационарні (динамічні) і стаціонарні. Останні є більш простими і використовуються частіше. У відповідності з блочним принципом моделювання окремі групи відношень між параметрами і характеристиками транспортного апарата, що відображають різноманітні сторони його структури і функціонування, об'єднуються в ряд субмоделей (рис.4).

Геометричні моделі описують співвідношення між параметрами апарата і характеристиками його форми та розмірів. За їх допомогою за вибраною компонуальною схемою та деякими узагальнюючими параметрами визначається геометрія апарата: його обрис, площі перетинів, об'єми, профілі аеродинамічних поверхонь. Дані цієї моделі використовуються для

масових, аеродинамічних, міцнісних розрахунків аеродинамічного компонування, графічного відображення, виготовлення технологічної оснастки.



Рис.4. Структура моделей транспортного апарату

Вагові моделі об'єднують систему співвідношень між геометрією та особливостями конструктивно-силової схеми апарату, структурою і розміщенням обладнання і спорядження, умовами динамічного навантаження окремих силових елементів, їх розподіленою та сумарною масою.

Аеродинамічні моделі зв'язують геометрію апарату та його аеродинамічні характеристики: коефіцієнти сил та моментів.

Моделі силової установки характеризують співвідношення між габаритами, робочими параметрами, тягою двигуна та витратами палива для різних режимів руху.

Динамічна модель апарату описує його льотні та маневрові характеристики як функцію його аеродинамічних, вагових характеристик та параметрів силової установки.

Моделі стійкості та керованості зв'язують характеристики статичної та динамічної стійкості і керованості апарату відносно осей зв'язаної системи координат з його аеродинамічними і геометричними характеристиками.

Міцнісні моделі дозволяють встановити зв'язок між аеродинамічними, ваговими, геометричними характеристиками і характером навантажень силових елементів конструкції, а також рівнем напружень в них і величинами деформацій.

Моделі компонування та центрування дозволяють виконати просторове розміщення складових компонентів апарату. Вони відображають складні зв'язки характеристик стійкості і керованості, аеродинамічних і вагових характеристик, що диктуються експлуатаційними і іншими вимогами.

Економічні моделі відображають зв'язок технічних параметрів з затратами на його проектування, виготовлення та експлуатацію

На рис. 5 наведено алгоритм розробки транспортного апарату, який використовується в сучасних автоматизованих системах проектування. Як видно з алгоритму, визначення аеродинамічних характеристик, розрахунок параметрів стійкості та динаміки руху розв'язуються як окремі задачі. Такий підхід оправданий з точки мінімальних часових затрат, але не рівня досягнення проектних характеристик.

Однією із фундаментальних проблем при розробці транспортних апаратів на надпровідних магнітах є вибір оптимального аеродинамічного компонування. На сьогодні в аеродинамічному проектуванні розвинутий еволюційний підхід, коли систематично досліджуються можливі зміни і малими кроками удосконалюють аеродинамічне компонування транспортного апарату. Так розвиваються аеродинамічні компонування в авіації, кораблебудуванні, автомобілебудуванні та інших галузях [2,5,6,7]. Сюди відноситься і дослідження систематичних серій геометричних форм. Накопичення даних статистичного характеру в аеродинамічних тубах та теоретичним аналізом з використанням обчислювальних машин домагає вибрати раціональне аеродинамічне компонування транспортного засобу [9, 14,15,16].

Використання обчислювальних методів дозволяє підвищити ефективність розв'язування задачі вибору параметрів математичної моделі транспортного апарату для одержання найкращого варіанту у відповідності з заданими критеріями.

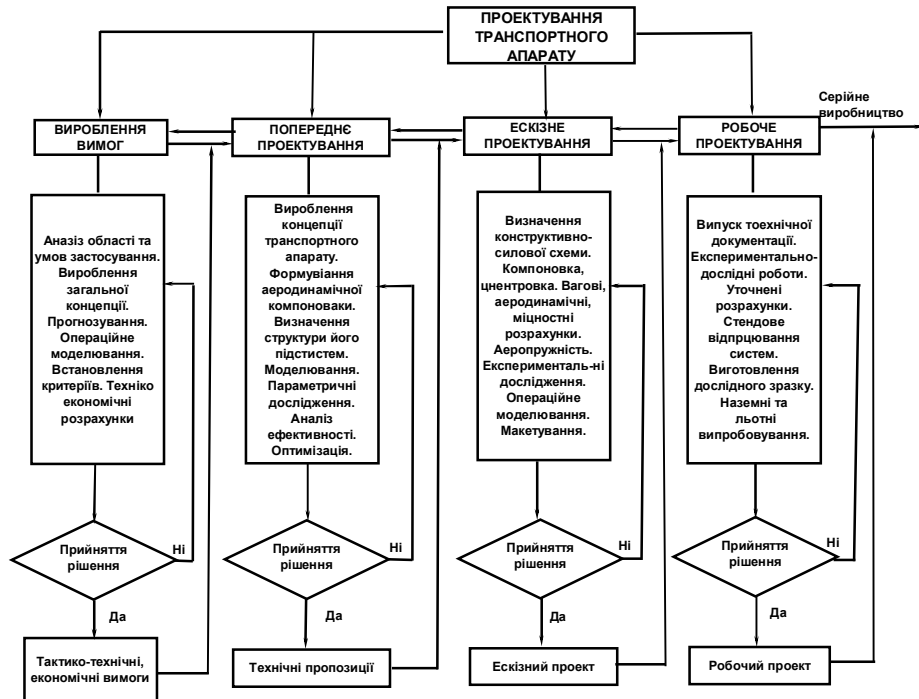


Рис. 5. Основні етапи розробки транспортного апарата

Необхідність розв'язування складних задач вимагає розробки математичних моделей різного рівня складності, які б описували закономірності досліджуваних явищ з потрібною точністю. Динаміка зростання продуктивності ЕОМ (рис. 6) говорить про те, що необхідні якісно нові математичні моделі, які б дозволяли не просто моделювати явище, а виступали б експертною системою для прийняття рішення. Так, наприклад, для проведення досліджень властивостей води в малорозмірних системах в Аргонській Національній Лабораторії (США) використовується суперкомп'ютер продуктивністю – 557 трильйонів операцій в секунду (терафлопс).

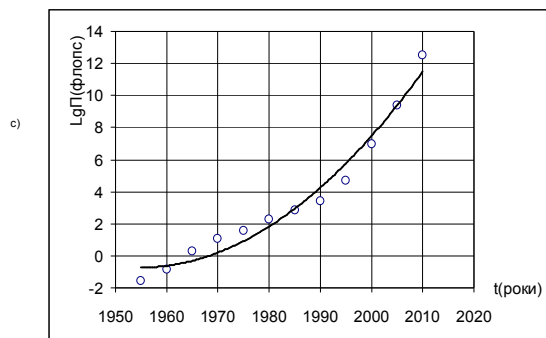


Рис. 6. Динаміка зростання продуктивності обчислювальної техніки

5. Аналіз сучасного стану транспортних систем та проблеми створення перспективних швидкісних транспортних засобів показує:

В традиційних галузях транспорту створення нових швидкісних транспортних засобів виконується еволюційним шляхом, коли систематично досліджуються можливі зміни і малими кроками просуваються по шляху удосконалення існуючих об'єктів.

Теоретичною базою проектування транспортних апаратів є системний підхід, метою якого є створення найбільш раціональних методів опису законів функціонування великих систем.

Відсутня фундаментальна теорія швидкісних наземних транспортних апаратів з динамічними системами підтримки.

1. Высокоскоростной наземный транспорт с линейным приводом и магнитным подвесом // В.И. Бочаров, В.А. Винокуров, В.А. Нагорский и др. – М. : Транспорт, 1985. – 279 с.
2. Гухо В.Г. Аэродинамика автомобиля / Гухо В.Г.–М.: Машиностроение, 1987. – 420 с.
3. Дзензерский В.А. Динамика транспорта на сверхпроводящих магнитах / В.А.Дзензерский, Н.А.Радченко. – Днепропетровск: АРТ–ПРЕС, 2003. – 232 с.
4. Зевин А.А. Электродинамическая транспортная система с плоской путевой структурой / Зевин А.А., Радченко Н.А., Кузнецова Т.И., Филоненко Л.А // Техническая механика. –2004. –№ 2. –С.120–122.
5. Злобин Г.П., Симонов Ю.П. Суда на воздушной подушке. – Л.: Судостроение, 1971.
6. Качур П. Экранопланы. Прошлое, настоящее, будущее / Качур П. // Техника и вооружение вчера, сегодня, завтра. – 2007.–Ноябрь.–С.2-9.
7. Маскалик А.И., др. Экранопланы. Особенности теории и проектирования/ Маскалик А.И. – С-Пб. Судостроение. – 2000.
8. Приходько А.А. Компьютерные технологии в аэрогидродинамике и тепломассобмене / Приходько А.А.– Киев: Наукова думка, 2003.–380 с.
9. Приходько А.А. Сохацкий А.В. Математическое и экспериментальное моделирование аэродинамики транспортных систем вблизи земли. - Днепропетровск: Наука и образование, 1998. - 154с.
10. Tsai T. Aerodynamic effects high-speed trains / Tsai T. // U.S. Department of transportation. Research results. RR03. -2003. – June – 4p.
11. Tsuruga H. The aerodynamic characteristics of the “MLX01” Yamanashi maglev test line vehicle/ H. Tsuruga, M. Terai, S. Hosaka // STEC Japan. - 2003.- P.309-314.
12. Prykhodko O., Sokhatsky A. On the aerodynamic calculation of high-speed ground transport vehicles // 17th international conference on magnetically levitated systems and linear drives. Swiss Federal Institute of technology.- Lausanne, 2002. N PP05201. - 11 pp.
13. . Prykhodko O.A., Sohatsky A.B., Polevoy O.B., Mendriy A.V. Computational and wind tunnel experiment in high-speed ground vehicle aerodynamics // Proceedings of 19th International Conference on Magnetically Levitated Systems and Linear Drives. 2006. N 118. - 10 pp.
14. Сохацкий А.В. Математичне моделювання динаміки та аеродинаміки транспортного засобу на надпровідних магнітах// Вісник Харківського національного університету Серія «Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи Випуск 5, № 703, Харків: В-во ХНУ , 2005.- С.207-213.
15. Davenport A.G. Some aspects of wind loading / Davenport A.G. // Transactions of the institute of Canada. –1963. – N EIC’63–CIV–3.
16. Eriksson L.E. Generation of boundary-conforming grids around wing-body configurations using transfinite interpolation / L.E Eriksson// AIAA J. - 1995. – vol.20, N10, P.1313–1320.