



РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи магістра має 53 сторінки, 14 рис., 2 табл., 18 літературних джерел.

Метою роботи є дослідження технічних засобів організації повітряних потоків навколо вантажного автопоїзда для зменшення його аеродинамічного опору.

Об'єкт дослідження – технічні засоби цілеспрямованої зміни напрямків повітряних потоків, що обтікають вантажний автопоїзд.

Предмет дослідження – способи управління повітряними потоками навколо вантажного автомобіля.

Проаналізовано літературні джерела, присвячені дослідженню аеродинаміки вантажних автомобілів.

Розроблено варіант модернізації аеродинамічної конфігурації вантажного автопоїзда, визначено економічний ефект.

ВАНТАЖНИЙ АВТОМОБІЛЬ, АЕРОДИНАМІКА, ДЕТУРБУЛЯТОР, ВДОСКОНАЛЕННЯ, ВАНТАЖНІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ.

ІНЖЕНЕРНО-
ТЕХНОЛОГІЧНИЙ
ФАКУЛЬТЕТ
СНАУ

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Розділ 1 Аналіз конструктивних та експлуатаційних особливостей вантажних автомобілів, задіяних в сільськогосподарських перевезеннях.....	7
1.1 Фактори, що впливають на ефективність автомобільних перевезень сільськогосподарської продукції.....	7
1.2 Особливості аеродинаміки вантажних автомобілів та автопоїздів	9
1.3 Вплив типу, форми та конструктивних параметрів кабіни та кузова на аеродинаміку автопоїзда.....	14
1.4 Вивчення ефективних методів дослідження для покращення аеродинаміки вантажівок	22
1.5. Інноваційні методи мінімізації аеродинамічного опору в конструкції вантажівок.....	24
1.6 Висновки по розділу 1	26
Розділ 2 МОДЕРНІЗАЦІЯ АЕРОДИНАМІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ ВАНТАЖНОГО АВТОМОБІЛЯ.....	27
2.1 Застосування середовища SolidWorks для створення тривимірної моделі вантажівки.....	27
2.2 Розробка варіанту модернізації аеродинамічних елементів вантажного автомобіля.....	33
2.4 Висновки по розділу 2.....	36
Розділ 3 Охорона праці.....	38
3.1 Аналіз небезпечних факторів в роботі водіїв вантажних автомобілів ..	38
3.2 Заходи забезпечення безпечних умов праці водіїв вантажних автомобілів ..	40
Розділ 4 Техніко-економічна оцінка технологічного процесу відновлення зношених роликів опор.....	44
ВИСНОВКИ.....	48
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	49
ДОДАТКИ.....	52

Вступ

Автомобільний транспорт відіграє невід'ємну роль у сільськогосподарському виробництві, виступаючи життєво важливою ланкою між фермерами, постачальниками та ринками. Ефективність систем автомобільного транспорту значною мірою впливає на сільськогосподарський сектор, впливаючи на все: від розподілу основних ресурсів, таких як насіння та добрива, до збуту зібраного врожаю. У багатьох регіонах, особливо тих, які характеризуються сільськими та віддаленими сільськогосподарськими ландшафтами, надійність і доступність дорожньої мережі може визначати успіх і сталість сільськогосподарських підприємств.

Важливість автомобільного транспорту для розподілу сільськогосподарських ресурсів важко переоцінити. Своєчасна доставка насіння, добрив і обладнання має вирішальне значення для фермерів, які залежать від цих ресурсів для максимізації врожайності та підтримки продуктивності. Наприклад, дослідження Продовольчої та сільськогосподарської організації (FAO) показало, що затримки з доставкою добрив можуть призвести до значних втрат урожаю, іноді понад 20%. Крім того, ефективні системи автомобільного транспорту зменшують псування та відходи під час транспортування, що особливо актуально для швидкопсувних товарів. Ефективна логістика може допомогти мінімізувати втрати, пов'язані з псуванням, гарантуючи, що фермери отримають повну вартість своїх інвестицій. Доступ до віддалених сільськогосподарських районів є ще одним важливим аспектом, оскільки багатьом фермерам у сільській місцевості часто важко отримати необхідні продукти через неадекватні транспортні мережі. Завдяки покращенню автомобільного транспорту сільськогосподарські ресурси можуть дістатися навіть до найбільш ізольованих ферм, що дасть змогу фермерам підвищити свою продуктивність і зробити внесок у продовольчу безпеку.

Окрім підтримки розподілу ресурсів, автомобільний транспорт відіграє вирішальну роль у збуті сільськогосподарської продукції. Це полегшує доступ

до місцевих і регіональних ринків, дозволяючи фермерам ефективно продавати свої товари. Наприклад, у регіонах із добре розвинуеною мережею доріг фермери мають більше шансів отримати доступ до більших ринків, що призводить до більших обсягів продажу та більш конкурентоспроможних цін. Цей доступ може суттєво вплинути на ціноутворення та прибутковість для фермерів, оскільки вони можуть домовитися про кращі ціни, коли можуть охопити кількох покупців. Крім того, надійні транспортні мережі є важливими на конкурентних ринках, оскільки вони дозволяють фермерам швидко реагувати на вимоги та тенденції ринку. Прикладом цього є зростання фермерських ринків, де виробники можуть продавати продукцію безпосередньо споживачам, що стало можливим завдяки ефективним системам автомобільного транспорту. Ці ринки не тільки дають фермерам більший прибуток, але й сприяють зв'язкам між громадами та заохочують до стійких практик.

Незважаючи на свою важливість, автомобільний транспорт у сільськогосподарському виробництві стикається з кількома проблемами, які перешкоджають ефективності та результативності. Однією з найгостріших проблем є погана дорожня інфраструктура, особливо в країнах, що розвиваються, де в багатьох сільських районах немає доріг з твердим покриттям. Ця неадекватність може призвести до затримок у транспортуванні, збільшення витрат на технічне обслуговування транспортних засобів і, зрештою, підвищення цін для споживачів. Сезонна погода також відіграє значну роль у транспортних операціях; наприклад, під час дощових сезонів стан доріг може швидко погіршуватися, спричиняючи перебої в ланцюгах постачання. Крім того, зростання вартості палива та технічного обслуговування може вплинути на доступність транспорту, змушуючи фермерів або покривати ці витрати, або перекладати їх на споживачів, що може ще більше погіршити прибутковість. Вирішення цих проблем вимагає інвестицій в інфраструктуру, стратегічне планування та політичні заходи, спрямовані на підвищення загальної ефективності систем автомобільного

транспорту в сільськогосподарському секторі.

Автомобільний транспорт є наріжним каменем сільськогосподарського виробництва, полегшуючи розподіл сировини та збут продукції, а також створюючи різноманітні проблеми, які необхідно вирішити. Своєчасне постачання насіння, добрив і обладнання має важливе значення для максимізації врожайності та мінімізації втрат, а доступ до місцевих і регіональних ринків визначає прибутковість фермерів. Однак такі проблеми, як погана дорожня інфраструктура, сезонні погодні умови та зростання транспортних витрат, створюють значні перешкоди, які необхідно подолати. Інвестуючи в мережі автомобільного транспорту та покращуючи їх, зацікавлені сторони можуть забезпечити більш ефективний і стійкий сільськогосподарський сектор, що зрештою сприятиме продовольчій безпеці та економічному розвитку сільських районів. Таким чином, роль автомобільного транспорту в сільському господарстві не є просто матеріально-технічною; це є основою стійкості та зростання сільськогосподарської економіки.

Інженерно- технологічний факультет СНАУ

Розділ 1

Аналіз конструктивних та експлуатаційних особливостей вантажних автомобілів, задіяних в сільськогосподарських перевезеннях

1.1 Фактори, що впливають на ефективність автомобільних перевезень сільськогосподарської продукції.

Вартість автомобільного транспорту – це багатогранна проблема, на яку впливають різноманітні фактори, які можуть суттєво коливатися. Розуміння цих факторів має важливе значення не лише для транспортних компаній, а й для політиків і споживачів. В основі витрат автомобільного транспорту лежать три основні категорії: економічні фактори, географічні фактори та регуляторні фактори. Кожна з цих категорій відіграє вирішальну роль у визначенні вартості переміщення товарів і людей з одного місця в інше.

Економічні чинники є, мабуть, найбільш суттєвим фактором вартості автомобільного транспорту, оскільки вони безпосередньо впливають на експлуатаційні витрати. Одним із найбільш мінливих елементів у цій категорії є ціни на паливо. Коливання цін на сирову нафту через геополітичну напруженість, стихійні лиха або зміни попиту та пропозиції можуть призвести до значних змін у транспортних витратах. Наприклад, коли у 2021 році ціни на паливо різко зросли, багато автотранспортних компаній повідомили про відповідне підвищення тарифів на фрахт, оскільки вони прагнули зберегти свою норму прибутку.

Транспортний сектор є значним джерелом викидів парникових газів і споживання палива, причому великовагові вантажівки є одними з найбільших порушників. Аеродинамічний опір відіграє вирішальну роль в ефективності вантажівок на шосе, безпосередньо впливаючи на економію палива та експлуатаційні витрати. Розуміння динаміки аеродинамічного опору та технологій, призначених для його зменшення, має важливе значення для підвищення ефективності цих транспортних засобів. У цьому есе оцінюються

причини та вплив аеродинамічного опору на рух вантажівки, розглядаються існуючі технології зменшення опору та обговорюються економічні наслідки впровадження цих технологій. Аналізуючи ці фактори, ми можемо отримати уявлення про ефективність аеродинамічних покращень у галузі вантажних перевезень.

Аеродинамічний опір — це сила, яка протидіє руху автомобіля в повітрі, і вона відповідає за значну частину споживання палива вантажівкою. Дослідження показують, що аеродинамічний опір може становити до 50% загальної сили опору, що діє на вантажівку під час руху, особливо на швидкості шосе [2]. Оскільки вантажівки призначені для перевезення важких вантажів на великі відстані, вплив аеродинамічного опору стає ще більш помітним. Мета цього дослідження полягає в тому, щоб краще зрозуміти, які технології або практики можна застосувати до автодорожніх тягачів і причепів, а також автотранспортних засобів для шосе, щоб зменшити цей опір [1]. Наприклад, покращуючи форму транспортного засобу для зменшення опору повітря, можна підвищити ефективність палива, що призведе до зниження експлуатаційних витрат і зменшення впливу на навколишнє середовище. Тому усунення аеродинамічного опору має вирішальне значення для переходу транспортної галузі до більш екологічних методів.

Було розроблено різні технології для зменшення аеродинамічного опору вантажівок, класифікованих як пасивні або активні системи. Пасивні пристрої змінюють форму транспортного засобу без необхідності введення енергії чи активного керування. Приклади включають ковпаки коліс і вихрові генератори, які допомагають упорядкувати повітряний потік і зменшити турбулентність навколо автомобіля [3]. Нещодавні дослідження також вивчали більш передові технології, такі як застосування блок-полі-1-октену, який показав багатообіцяючі результати в лабораторних оцінках щодо його ефекту зниження опору [4]. У той час як пасивні технології можуть запропонувати миттєві переваги з мінімальними витратами на встановлення, системи активного зниження опору, які вимагають витрат енергії для роботи,

набирають обертів у міру розвитку технологій. Ці системи дозволяють у режимі реального часу коригувати аеродинаміку автомобіля залежно від умов руху, потенційно забезпечуючи більшу економію палива. Отже, оцінка цих існуючих технологій має важливе значення для розуміння їхньої ролі у підвищенні ефективності вантажівки та зменшенні споживання палива.

Економічні наслідки впровадження технологій зменшення опору є значними, особливо в світлі зростаючих витрат на паливо та зростаючого тиску щодо зменшення викидів. У цьому документі розглядається критична роль технологій зменшення опору в еволюції дизайну дорожнього транспорту в умовах триваючої кліматичної кризи [3]. Інвестуючи в покращення аеродинаміки, автотранспортні компанії можуть досягти значної економії витрат на паливо, оскільки покращена паливна ефективність призводить до зниження експлуатаційних витрат. Крім того, початкові інвестиції в технології зниження опору можуть дати сприятливу окупність інвестицій (ROI) з огляду на довгострокову економію витрат на паливо та обслуговування [3]. Крім того, оскільки екологічні норми стають суворішими, компанії, які впроваджують ці технології, також можуть отримати вигоду від стимулів або податкових пільг, що ще більше підвищить їх економічну життєздатність. Таким чином, впровадження технологій зменшення аеродинамічного опору не тільки сприяє більш стійкому транспортному сектору, але й надає значні фінансові переваги операторам автопарків.

Оцінка аеродинамічного опору та технологій його зменшення розкриває складну взаємодію факторів, які значно впливають на ефективність вантажівки та економічні показники. Розуміння механізму аеродинамічного опору підкреслює потребу в інноваційних рішеннях для підвищення економії палива та зниження експлуатаційних витрат у галузі вантажних перевезень.

1.2 Особливості аеродинаміки вантажних автомобілів та автопоїздів

Вантажівки та автопоїзди не є оптимізованими транспортними

засобами. У той же час, якщо обтічна форма вантажівки через низьку швидкість практично не впливає на технічні та експлуатаційні характеристики, то при створенні високошвидкісних автопоїздів цей вплив буде вирішальним у боротьбі за підвищення паливної економічності. Безпека, динамічність, ергономічність і екологічність.

Характер і рівень раціоналізації магістрального автопоїзда визначається його формою, конструктивними особливостями і параметрами повітряного середовища. Поперечна і поздовжня прямокутна форма кузова сучасних магістральних поїздів в поєднанні з плоскими стінками забезпечує максимально корисний простір для розміщується на них вантажу, але з точки зору аеродинаміки цього недостатньо. При цьому, якщо на бортовій трасі основним компонентом фронтальної проекції є фронтальна площа салону, то на магістральному дорожньому поїзді з високим кузовом додається приблизно така ж площа передньої стінки кузова, що підноситься над салоном.

Як показує конструктивний аналіз, типовим для магістральних автопоїздів з високим кузовом є наявність значного, що досягає більше 1 м перевищення кузова над салоном, великого (1-2 м) зазору (між кузовами) між ними. У поєднанні з передньою частиною невеликого радіуса, яка не закруглена. Торцева частина кабіни і кузова.

Крім того, існує значна відстань від переднього бампера до дорожнього покриття, яке варіюється в межах 0,5~0,7 м в залежності від типу автопоїзда і ступеня завантаженості. Вплив цих факторів істотно знижує рівень раціоналізації автопоїздів, через появу великих зон високого і низького тиску, а також через руйнування прикордонного шару на передній кромці кабіни і кузова, енергоємного відривного течії з яскраво вираженою вихровою структурою відбувається. В результаті значно знижуються аеродинамічні характеристики автопоїзда, значно підвищується опір його руху, знижуються показники стійкості і керованості.

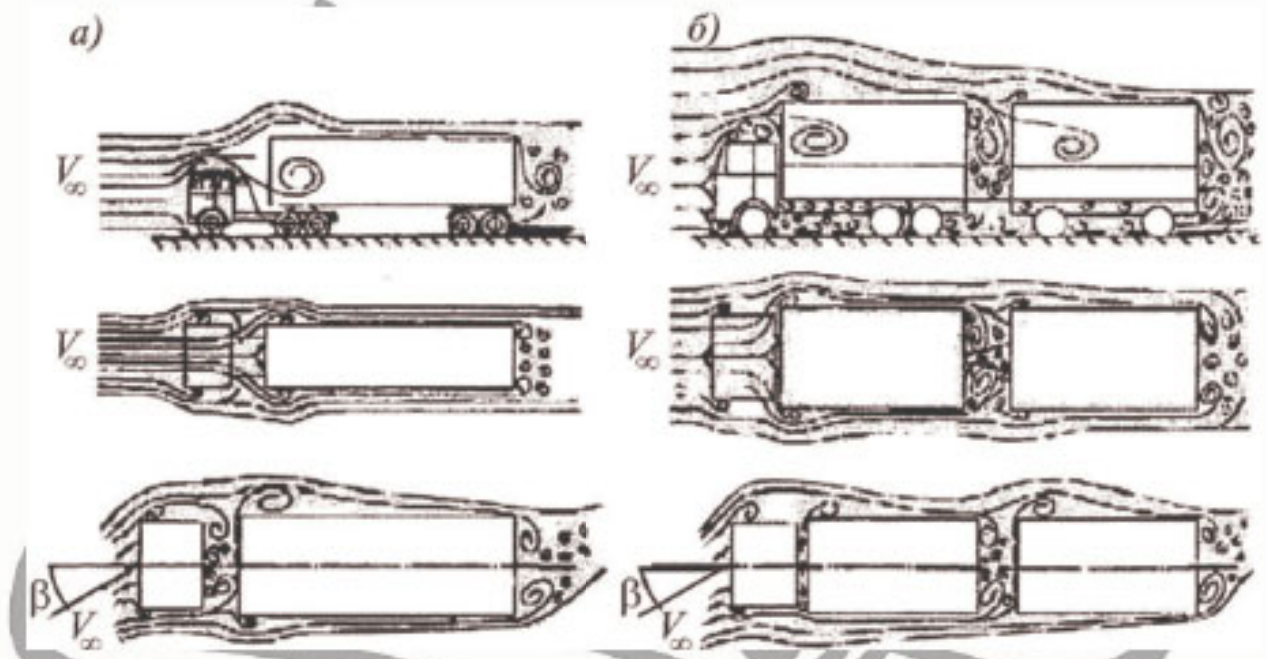


Рисунок 1.1 – Схема обтікання зустрічним потоком повітря магістральних автопоїздів: а – сідельного; б - причіпного

Рисунок 1.1 являє собою добре зарекомендувало себе уявлення про механізм обтікання автопоїзда безперервної магістралі зустрічним повітряним потоком, отримане на основі досліджень розподілу тиску, виконаних при русі автопоїзда з сідельною колією (рисунок 1). Як показано на рис. 9.1, а), потік повітря, що проходить над кабіною, спочатку взаємодіє з передньою стінкою кабіни трактора, що призводить до її перетягування. Як згадувалося вище, в більшості випадків при подальшому обтіканні лобового краю кабіни, яке виконується з невеликим радіусом заокруглення, повітряний потік стискається і розсікається по периметру її лобової частини, утворюючи зону завихрення і стисненого повітря, що виступає зверху і з боків, розриває до основи, що змушує його згинатися. Потік повітря. При цьому проходить повітряний потік мнеться, закручується за кабіною, стикається з бічними стінками кузова і під ним, де взаємодіє з елементами шасі і трансмісії.

Що залишився потік повітря надходить в автопоїзд і вдаряється об передню стінку кузова, яка виступає над кабіною. Створить опір тиску на цю деталь. При цьому в результаті взаємодії повітряного потоку з передньою

кромкою передньої стінки кузова по його периметру, а також по салону утворюються зони стисненого і закрученого повітря.

Такі повітряні зони дуже стійкі і переміщуються разом з автопоїздами. Згідно з результатами дослідження, довжина зони такої турбулентності і стисненого повітря становить від 0,2 до 0,3 довжини кабіни і кузова в залежності від швидкості руху автопоїзда. Наявність цих зон стисненого повітря збільшує лобову площу автопоїзда. На високих швидкостях (близько 100 км/год) фактична лобова площа рейкового поїзда зі злегка закругленою передньою кромкою кабіни і кузова збільшується на 2-3% в порівнянні з його геометричною лобовою площею. При русі уздовж тіла відокремився потік зв'язується з його поверхнею і відновлює структуру прикордонного шару. Крім того, у міру наближення повітряного потоку до задньої стінки кузова автомобіля він прискорюється і відривається від даху і бічних стінок, утворюючи на ній зону низького тиску і довгий вихровий слід за автопоїздом. Це збільшує аеродинамічний опір автопоїзда і рівень забруднення навколишнього середовища.

Взаємодія буксированих автопоїздів, особливо складів з декількома цистернами, з повітряним середовищем є більш складним (рис. 1.1).

На відміну від сідлових поїздів, які мають 1 зону пропуску між кабіною і кузовом, автопоїзд Towing Trail має 1 таку зону між кабіною і кузовом тягача і 2 такі зони між тягачем і кузовом причепа. Наявність 2 погано обладнаних кузовів, що працюють в зчепленні, доповнюється низькою і відносно короткою кабіною, кожна з яких окремо має меншу довжину, ніж напівпричіп, в поєднанні з 2 зонами розриву потоку, що скорочує кількість і енергоспоживання через високу вартість електроенергії для подолання аеродинамічних опір буксированого автопоїзда. Збільште витрату палива. У той же час зі збільшенням кількості причепів збільшується аеродинамічний опір буксированого автопоїзда.

Бічні вітри роблять значний вплив на величину аеродинамічного опору автопоїздів. Розбиті (між корпусами), вони виходять з підвітряного боку і

починають перемішатися уздовж бічних стінок корпусу, утворюючи зону значної ширини з закрученого і стисненого повітря.

Це значно збільшує лобовий опір кузова і аеродинамічний опір автопоїзда.

Боковий вітер особливо сильно впливає на автопоїзди-цистерни з великою відстанню між кузовами (1,5...2 м) і контейнерні поїзди з низькими харчовими кабінами.

Рух повітряного потоку під автопоїздом є складним - в нижній зоні. Коли потік потрапляє на передній бампер, його прямокутна форма і наявність нециркулюючого нижнього переднього краю руйнують прикордонний шар, що призводить до утворення вихорів. В цьому випадку повітряний потік закидається під крило, повертаючись і утворюючи зону стисненого повітря, яка буде потрапляти в потік повітря, що проходить під бампером. В результаті складної взаємодії між потоком, що викидається з бампера, і зустрічним повітряним потоком вони змішуються, і закручений турбулентний повітряний потік направляє під автопоїзд, де він стикається з балками передньої осі, такими як тягачі, елементи підвіски, гальма, рульове управління, приводи коліс, і так далі.

При цьому в нижній частині автопоїзда утворюється прикордонний шар, потовщується до його кормі. Це призводить до уповільнення течії в придонній зоні, утворення великої кількості локальних виносять течій, які збільшують аеродинамічний опір і підйомні сили, що діють на автопоїзд.

Така складна схема руху негативно позначається на аеродинамічних характеристиках автопоїзда. Збільшення опору тиску і струму відведення збільшує аеродинамічний опір і підйомну силу, що діють на автопоїзд, що негативно позначається на аеродинамічній стійкості і керованості автопоїзда і погіршує курсову стійкість. У той же час опір повітря інтенсивно зростає зі збільшенням кута нахилу повітряного потоку, що впливає на роботу автопоїзда.

1.3 Вплив типу, форми та конструктивних параметрів кабіни та кузова на аеродинаміку автопоїзда

Вплив типу, форми і розташування кабіни на обтічність головної частини автопоїзда. Кабіна є свого роду захисним елементом, що з'єднує кабіну і кузов, який в значній мірі впливає на аеродинамічні характеристики головної частини автопоїзда. У цьому випадку основним молдингом (який визначає характер потоку, що обтікає головну частину автопоїзда) є передня частина кабіни. Його форма і геометричні параметри в поздовжньому напрямку і поперечному перерізі формують структуру прикордонного шару, що утворюється на стінках і даху, при взаємодії з потоком повітря, при розгляді ступеня раціоналізації головної частини основного автопоїзда і впливу кабіни на аеродинамічні характеристики слід враховувати наявність високого тіла на деякій відстані позаду нього. Це впливає на характер руху пасажирів в салоні і пред'являються до нього вимоги. У зв'язку з цим оптимізація форми кабіни повинна проводитися при наявності кузова, оскільки він є частиною системи "голова вантажного поїзда".

На тягачі основної лінійки *loadtrain* зазвичай встановлюються кабіни двох типів: з капотом (спереду) і без капота (ззаду). Залежно від форми передньої панелі кабіни діляться на 3 групи.

Найбільш поширеними є призматичні кабіни (рис. 1.2, а). При попаданні в неї потоку повітря спостерігається його різке гальмування і підвищений тиск на лобове скло (коефіцієнт тиску $z > 0,9$). Кабіна з похилим верхом (рис. 1.2, б) має більш кращий потік в області даху, де знижується ступінь гальмування потоку і зменшується сила відриву. Однак в плоскій частині під такою кабіною зберігається високий тиск.

Кабіна клинового типу (рис. 1.2, г). Завдяки своїй формі вона створює сприятливі умови для проходження потоку вгору і вниз, при цьому значно знижуючи тиск на лобове скло, зменшуючи розриває струм на верхній і

нижній лобових крайках.

Відмінною особливістю капотної кабіни є наявність виступаючого капота у вигляді клина, який розсікає зустрічний потік повітря і знижує тиск на передню панель кабіни. У той же час створюються передумови для плавного обтікання даху і бічних стінок, що покращує раціоналізацію кабіни з капотом в порівнянні з безкапотною кабіною. Всі розглянуті вище кабіни мають злегка закруглений передній край, що призводить до виникнення струму на виході (рис. 1.2, д).

В даний час в поїздах на основних магістралях, як правило, використовуються обтічні високі кабіни (рис. 1.2, е), що значно підвищує рівень раціоналізації. Це пояснюється більш досконалою формою передньої панелі, в тому числі в плані (рис. 1.2, в), і великим радіусом заокруглення передньої кромки. В цьому випадку заокруглення нижньої передньої кромки досягається за рахунок установки нижнього обтічника під переднім бампером. Щоб компенсувати вплив невеликого виступу кузова на салон, на наступних крайках можна встановити низький дефлектор.

Це зменшує головну частину автопоїзда, зменшуючи аеродинамічний опір, що пояснюється зниженням тиску на передню панель салону, а також невеликим зменшенням струму відведення. При збільшенні висоти кабіни, принаймні, в передньому положенні, також спостерігається зменшення значення коефіцієнта C_x .

У той же час інтенсивність збільшення коефіцієнта C_x при збільшенні кута потоку P залежить від форми даху високої кабіни.

Найкраще обтікання головної частини автопоїзда з кососиметричним потоком забезпечується високою і широкою кабіною з похилим дахом, з сильно заокругленим (для забезпечення безперервного потоку) переднім краєм і мінімальним зазором між кабіною і кузовом. Встановивши таку кабіну замість першої низької кабіни, вдалося знизити коефіцієнт C_x моделі більш ніж в 9 разів при куті потоку $\beta = 2^\circ$. Наявність кабіни підвищеної висоти з плоскою, похилим дахом і злегка заокругленою передньою кромкою знижує

значення коефіцієнта C_x моделі при тому ж куті повороту на 29 і 39% відповідно.

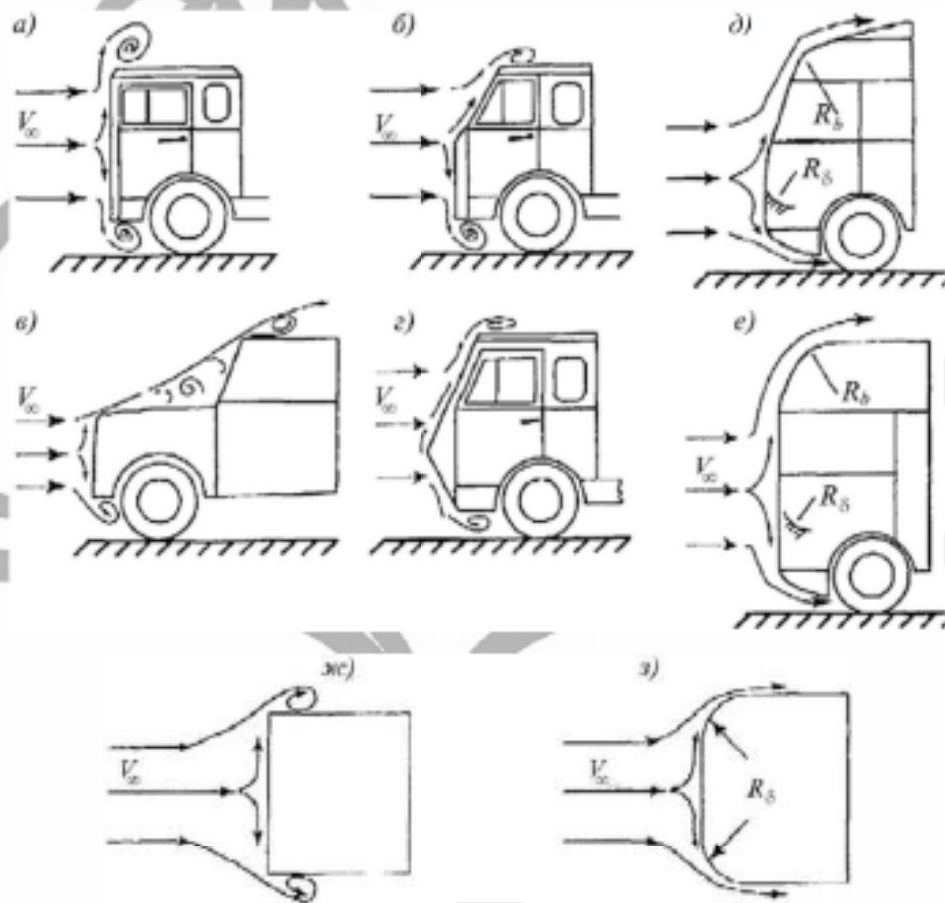


Рисунок 1.2 – Схеми обтікання кабін, що встановлюються на магістральних автопоїздах: а, б, в г- низьких безкапотних і капотних; ж - у плані; д - збільшеної висоти з нахиленим дахом; е - з високою обтічною дахом; з - у плані.

Використання високої кабіни дозволяє знизити негативний загальний інтегральний тиск, який практично дорівнює нулю.

Використання обтічної, високої і широкої кабіни, на відміну від низької і вузької, значно поліщило обтічність моделі *roadtrain*, зробивши її практично безперервною. Кут нахилу потоку практично не впливає на обтічність моделі. Таким чином, використання кабіни збільшеної висоти з похилим дахом і високою обтічною кабіною дозволяє значно поліщити обтічність головної частини автопоїзда і знизити її аеродинамічний опір, включаючи косий симетричний повітряний потік.

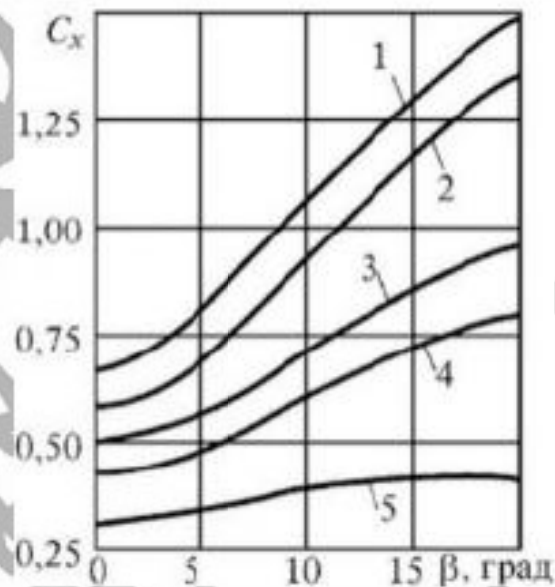


Рисунок 1.3 – Залежності коефіцієнта C_x моделі автопоїзда з кабінами різного типу від кута натікання потоку: 1 - низька серійна; 2 - по вар. I з капотом; 3 – збільшеної висоти; 4 – по вар. 3 з нахиленим дахом; 5 - висока обтічна кабіна

У таблиці 1.1 наведені дані, що характеризують аеродинамічний опір головної частини вантажного поїзда при установці різних типів кабіни.

$$C_{xч} = \sum C_p (\delta_k F_{nc}^{кб} + F_{тс}^{кб} + F_{nc}^{кз}) / F_a \quad (1.1).$$





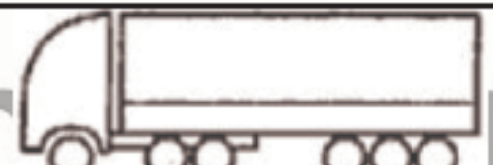
де $C_{xч}$ - процентна частка коефіцієнта C_x , який характеризує величину аеродинамічного опору головної частини автопоїзда. C_p - середній коефіцієнт тиску на стінки кабіни. C_p - це коефіцієнт, який враховує вплив кривизни передньої поверхні кабіни на розподіл тиску і приймається рівним. Для низьких серійних кабіни з плоскою передньою панеллю і невеликим радіусом заокруглення по передньому краю, $V_k=1$; для кают, заокруглених на висоті 5,- $= 0,7$; для кабіни обтічної форми, $V_a = 0,5$; F , F^{*o} - площа передньої і задньої стінок кабіни і передньої стінки кузова відповідно. F_n - передня частина автопоїзда.

При розрахунку значення коефіцієнта тиску передньої стінки кузова враховувалося перерозподіл тиску задньої стінки через вплив форми встановленої кабіни на схему руху головної частини автопоїзда.

Аналіз даних, наведених у таблиці 1.1, показує, що для більшої раціоналізації аеродинамічний опір головної частини дорожнього поїзда з капотним тягачем на 8% менше, ніж у безкапотного тягача тієї ж висоти.

У порівнянні з низьким навісом установка кабіни з великою висотою і похилим дахом знижує аеродинамічний опір головної частини автопоїзда на 22% і 32% відповідно.

Таблиця 1.1 - Вплив форми кабіни на опір головної частини автопоїзда.

Варі-ант	Конфігурація головної частини автопоїзда	Характеристика кабіна	Коефіцієнт C_x головної частини автопоїзда
1		низька безкапотна	0,45
2		капотна кабіна тієї ж висоти	0,40
3		безкапотна збільшеної висоти	0,35
4		збільшеної висоти з нахиленим дахом	0,30
5		висока обтічна	0,20

Використання високої обтічної кабіни в поєднанні з оптимізацією положення переднього бампера щодо дороги і мінімальним зазором між

кабіною і кузовом забезпечує кінематику повороту і знижує аеродинамічний опір голови більш ніж в 2 рази в порівнянні з автопоїздом з низьке енергоспоживання без використання кабелю.

Деталі капотної кабіни з вітровим склом відносно невеликої висоти істотно не впливають на її раціоналізацію за рахунок збільшення кута нахилу динаміків.

Тому, як правило, капотна кабіна забезпечує хороший бічний потік за рахунок використання вигнутих (в плані) вітрових стекол. Ця конструктивна міра компенсує невеликий кут нахилу лобового скла.

1. Ще однією особливістю кабіни з капотом в порівнянні з безкапотною кабіною є її невелика висота. Це пов'язано з особливостями їх компоновання і різним розташуванням щодо двигуна. При однаковому обсязі і висоті даху кабіни. Кабіни з капотом на 20% менше, ніж кабіни без капота. Це впливає на характер потоку в головній частині низькорамного транспортного поїзда. Покращена конструкція кабіни з капотом і її мала висота значно зменшують зустрічні потоки повітря. В результаті майже 3/1 передньої стінки кузова знаходиться під тиском повітря, що збільшує аеродинамічний опір таких автопоїздів. 20% і відповідає висоті кабіни без капота.

Раціоналізація конструкції кабіни багато в чому залежить від форми капота. При заданій довжині капота основними параметрами, що визначають характер його обтікання, є радіус заокруглення передньої кромки і кут нахилу верхньої і бічних панелей.

Загальне зниження коефіцієнта C_x за рахунок мініатюризації форми капота виглядає наступним чином:

$$\sum \Delta C_{x_{\text{кр}}} = \Delta C_{x_{\text{кр}}}^{\text{вб}} + \Delta C_{x_{\text{кр}}}^{\text{прм}} + \Delta C_{x_{\text{кр}}}^{\text{грл}} \quad (1.2)$$

де $\Delta C_{x_{\text{кр}}}^{\text{вб}}$, $\Delta C_{x_{\text{кр}}}^{\text{прм}}$, $\Delta C_{x_{\text{кр}}}^{\text{грл}}$ – збільшення коефіцієнта C_x автопоїзда за рахунок заокруглення фронтальних кромки і нахилу верхньої і бічних панелей капота.

Значення LS "H1 містить 2 складові: DS "W і $ds^\circ et$, які характеризують

збільшення коефіцієнта SL за рахунок заокруглення передньої кромки капота. Огляд нижньої частини бампера покращує характер розподілу тиску на поверхні передньої панелі салону, зменшує вихреброобразование при переході повітряного потоку на бічну панель і дах, що сприяє подальшому зниженню аеродинамічного опору автопоїзда.

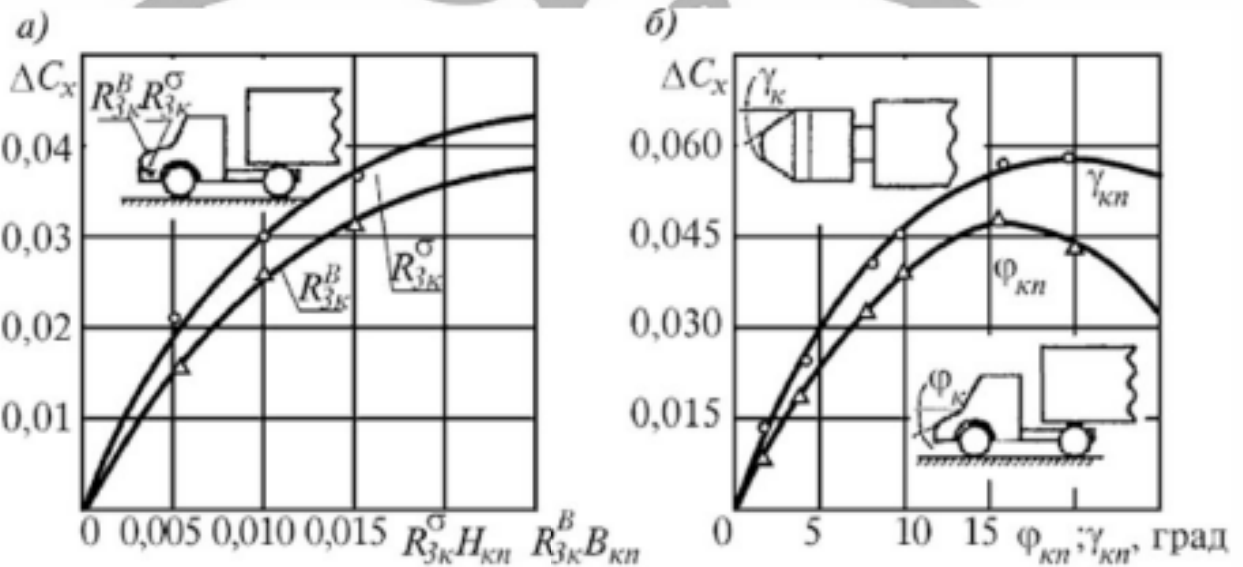


Рисунок 1.4 – Залежність збільшення коефіцієнта C_x моделі автопоїзда: а - від відносного радіуса заокруглення передньої кромки, б-від кута нахилу верхньої і бічних панелей капота. Бали-експериментальні дані

Для того щоб визначити ступінь зменшення коефіцієнта C_x автопоїзда при опусканні переднього бампера, отримана наступна формула шляхом апроксимації експериментальної залежності зменшення коефіцієнта C_x моделі автопоїзда до відносного зменшення відстані від бампера до дороги:

$$\Delta C_{x\delta} = 0,262 [(h_{\delta y}/h_{\delta u}) - 1,05(h_{\delta y}/h_{\delta u})^2],$$

де $C_{\delta i}$, $C_{\delta u}$ – вихідна потужність і наведена відстань від нижнього краю бампера до дороги відповідно.

Достовірність отриманої залежності підтверджується порівнянням розрахованої кривої з експериментальними даними, отриманими на її основі (показано на рисунку 1.5).

Вплив кута нахилу і висоти лобового скла на структуру потоку і

аеродинамічний опір головної частини вантажного поїзда неоднозначно. З одного боку, збільшення кута нахилу лобового скла зменшує аеродинамічний опір, з іншого боку, якщо кут нахилу занадто великий, може спостерігатися протилежний ефект. Це пов'язано з тим, що конструкція головної частини включає в себе корпус, розташований за кабіною, який при великому куті нахилу лобового скла різко збільшує тиск на його передню стінку і направляє значну масу потоку повітря, що набігає, що зводить нанівець факт поліпшеної раціоналізації завдяки цій конструктивній мірою.

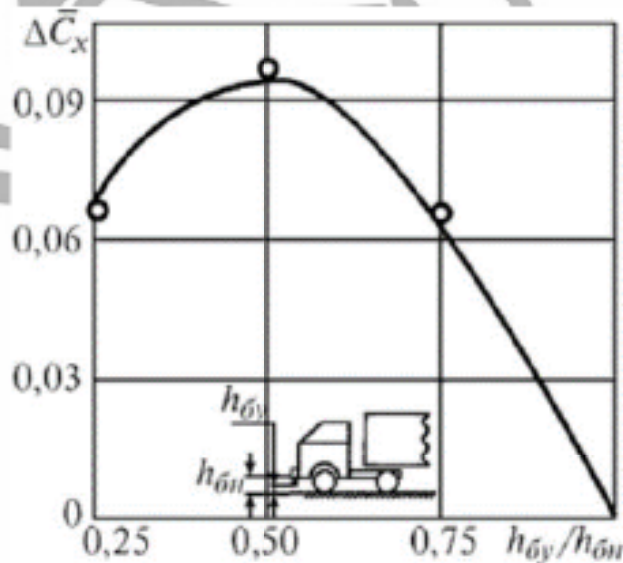


Рисунок 1.6 – Залежність зменшення коефіцієнта, модель автопоїзда, від зменшення відстані від бампера до дороги

Беручи до уваги складний характер обтікання верхньої частини низької сидловини в передній частині салону і взаємодія таких конструктивних факторів, як кут нахилу і висота лобового скла, перевищення висоти кузова над кабіною і зазор між ними, а також довжина салону, ми розробили наступну розрахункову залежність шляхом апроксимації експериментального критерію в) встановили зв'язок збільшення коефіцієнта аеродинамічного опору автопоїзда з кутом нахилу лобового скла:

1.4 Вивчення ефективних методів дослідження для покращення аеродинаміки вантажівок

Вивчення аеродинаміки, особливо в контексті важких транспортних засобів, таких як вантажівки, є важливою сферою досліджень, яка спрямована на підвищення паливної ефективності та продуктивності. Оскільки світовий попит на транспортні перевезення зростає, оптимізація аеродинаміки вантажівок стала необхідною не лише з економічних міркувань, але й з огляду на екологічну стійкість. У цьому аналітичному есе розглядатимуться ефективні методи дослідження, які сприяють розумінню та вдосконаленню аеродинаміки вантажівок. Він охоплюватиме огляд різних методологій дослідження, заглиблюватиметься в експериментальні методи, що використовуються в аеродинамічних випробуваннях вантажівок, і надасть приклади успішного застосування цих методів дослідження. Вивчаючи ці аспекти, ми можемо отримати уявлення про те, як прогрес у аеродинаміці може призвести до значного зниження опору та споживання палива.

Ретельний огляд методів дослідження в аеродинаміці показує еволюцію різних методів, які сформували наше розуміння динаміки рідин, особливо в контексті наземних транспортних засобів. Одним із помітних досягнень є лазерна велосиметрія, яка значно вплинула на дослідження низькошвидкісних аеродинамічних потоків, особливо тих, що менше 100 м/с. Ця техніка дозволяє проводити точні вимірювання полів швидкості, надаючи важливі дані для аеродинамічного аналізу [5]. Крім того, останні розробки в інтерферометрії масляної плівки стали потужними інструментами для вимірювання тертя шкіри в аеродинамічних потоках. Ці методи дозволяють дослідникам ефективно визначати зони опору тиску, що є життєво важливим для проектування транспортних засобів із покращеними аеродинамічними профілями [5]. Сучасні підходи в аеродинаміці зосереджені на підвищенні ефективності транспортних засобів, насамперед за рахунок зменшення опору тиску, тому важливо систематично переглядати ці методології [6].

Експериментальні методи відіграють ключову роль у вивченні аеродинаміки вантажівок, де емпіричні дані можуть підтвердити теоретичні моделі та моделювання. Випробування в аеродинамічній трубі є одними з найефективніших експериментальних методів, які використовуються в цій галузі. Наприклад, випробування, проведені на важкій вантажівці, оснащений передньо-заднім причепом, демонструють застосування обчислювальної гідродинаміки (CFD) для покращення аеродинамічних характеристик. Підхід CFD не тільки допомагає в процесі проектування, але також допомагає в прогнозуванні характеристик потоку навколо автомобіля [7]. Критичним аспектом цих тестів є точність; CFD, будучи чисельним методом розв'язання нелінійних диференціальних рівнянь, пов'язаних із потоком рідини, пропонує детальне розуміння аеродинамічної поведінки. Ця точність має вирішальне значення при оцінці невеликих коливань аеродинамічних характеристик, що вимагає високо повторюваної та чутливої методології вимірювання [8,9]. Таким чином, ці експериментальні методи є важливими для розуміння нюансів впливу модифікацій конструкції на аеродинаміку вантажівки.

Успішне застосування методів дослідження в аеродинаміці вантажних автомобілів можна проілюструвати різними тематичними дослідженнями, які підкреслюють ефективність аеродинамічного дизайну. Наприклад, проект дослідження різних аеродинамічних тягачів і причепів дав суттєве уявлення про динаміку потоку навколо вантажівок. Це дослідження підкреслило важливість оптимізації форми для зменшення опору та підвищення загальної ефективності автомобіля [10]. Крім того, дослідження зниження лобового опору та подальшого зменшення споживання палива внаслідок аеродинамічних модифікацій пропонує комплексний погляд на потенційні покращення продуктивності автомобіля. Поточні дослідження показують значне зниження опору, і прогнози припускають, що майбутні вдосконалення аеродинамічного дизайну дадуть ще більші переваги [11]. Крім того, дослідження, зосереджені на експериментальному та теоретичному впливі зміни аеродинамічної форми масштабованих моделей тракторних причепів,

демонструють відчутний вплив змін конструкції на зниження опору [12]. Ці приклади підкреслюють практичне значення методів дослідження для досягнення покращених аеродинамічних характеристик вантажівок.

Дослідження ефективних методів дослідження для покращення аеродинаміки вантажівок підкреслює важливість як історичних, так і сучасних підходів у цій галузі. Переглядаючи різні методології, аналізуючи експериментальні методи та представляючи успішні застосування, стає очевидним, що досягнення в аеродинамічних дослідженнях відіграють вирішальну роль у підвищенні продуктивності автомобіля. Поєднання теоретичних моделей і емпіричних даних сприяє глибшому розумінню динаміки рідин, що зрештою призводить до інноваційних конструкцій, які мінімізують опір і споживання палива. Оскільки потреба в ефективних транспортних рішеннях продовжує зростати, поточне вивчення аеродинаміки вантажівок залишається життєво важливою сферою досліджень із значними наслідками для майбутнього.

1.5. Інноваційні методи мінімізації аеродинамічного опору в конструкції вантажівок

Аеродинамічний опір відіграє вирішальну роль в ефективності вантажних автомобілів, особливо під час транспортування по шосе, де споживання палива є серйозною проблемою. Аеродинамічний опір, який відчувають вантажівки, виникає в основному через різницю тиску, що створюється між передньою та задньою частинами транспортного засобу, коли він рухається по повітря. Розуміння та мінімізація цього опору може призвести до зменшення витрат на паливо та викидів, що є критично важливим для сталого розвитку транспортної галузі. Порівняємо різні інноваційні методи, що використовуються для мінімізації аеродинамічного опору в конструкції вантажівок, зосереджуючись, зокрема, на методах зменшення аеродинамічного опору, інноваційних підходах до проектування та

технологічних досягненнях у моделюванні обчислювальної гідродинаміки (CFD).

Огляд аеродинамічного опору вантажівок показує, що одним із основних джерел опору є різниця тиску спереду назад, яка створюється під час руху автомобіля. Ця різниця є результатом того, що тиск повітря є вищим у передній частині вантажівки та нижчим у задній частині, що призводить до значної сили опору, яка перешкоджає руху вперед [1]. Збільшуючи базовий тиск у задній частині вантажівки, виробники можуть ефективно зменшити цю різницю тиску, тим самим мінімізуючи опір [1]. Постійні зусилля щодо розуміння та зменшення аеродинамічного опору призвели до дослідження різноманітних технологій і практик, які можна застосувати для підвищення ефективності поєднань тягача з причепом на шосе [1]. Ці фундаментальні дослідження встановлюють критичне розуміння того, як працює опір, і важливості вирішення цього питання при проектуванні вантажівок.

Інноваційні підходи до дизайну стали ключовим напрямком у пошуках покращення аеродинаміки вантажівок. Наприклад, використання обтічних елементів, розташованих на даху трактора, може значно підвищити загальну ефективність автомобіля [13]. Яскравим прикладом цієї інновації є сміливий модернізований дизайн аеродинамічних кабін Volvo Trucks, який являє собою зміну парадигми в бік підвищення ефективності палива [14]. Філософія дизайну часто наголошує на заокруглених кутах не лише з естетичних міркувань, а й тому, що вони вимагають менше когнітивного навантаження для обробки, сприяючи кращому обтоку автомобіля [15]. Ці дизайнерські інновації не тільки покращують аеродинамічний профіль вантажівок, але й демонструють, як естетичні міркування можуть перетинатися з функціональними характеристиками.

Технологічний прогрес революціонував підхід до мінімізації аеродинамічного опору в конструкції вантажівок. Останні розробки в обчислювальному моделюванні потоку дозволили інженерам моделювати та аналізувати динаміку рідини з безпрецедентною точністю [16].

Використовуючи математичні принципи, рівняння та чисельне моделювання, інженери можуть оптимізувати конструкції вантажівок, щоб значно мінімізувати опір і підвищити паливну ефективність [17]. Крім того, тематичні дослідження, отримані з моделювання обчислювальної гідродинаміки (CFD) у різних галузях промисловості, включаючи аерокосмічну та машинобудівну, надають цінну інформацію про ефективні стратегії аеродинамічного проектування [18]. Інтеграція передових технологій у процеси проектування є прикладом прагнення постійно вдосконалюватись у сфері транспортування та логістики.

Підсумовуючи, інноваційні методи мінімізації аеродинамічного опору в конструкціях вантажівок відображають багатогранний підхід, який охоплює глибоке розуміння аеродинамічного опору, творчі дизайнерські рішення та передові технологічні застосування. Переглядаючи механізми опору, досліджуючи інноваційні елементи дизайну та використовуючи найсучасніші методи обчислювального моделювання, галузь вантажних перевезень готова підвищити ефективність і стійкість. Постійний розвиток у цих областях не тільки обіцяє скоротити споживання палива, але також сприяє досягненню ширших цілей збереження навколишнього середовища та економічної життєздатності транспорту.

1.6 Висновки по розділу 1

Метою роботи є дослідження технічних засобів організації повітряних потоків навколо вантажного автопоїзда для зменшення його аеродинамічного опору.

Об'єкт дослідження – технічні засоби цілеспрямованої зміни напрямків повітряних потоків, що обтікають вантажний автопоїзд.

Предмет дослідження – способи управління повітряними потоками навколо вантажного автомобіля.

Розділ 2

МОДЕРНІЗАЦІЯ АЕРОДИНАМІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ ВАНТАЖНОГО АВТОМОБІЛЯ

2.1 Застосування середовища SolidWorks для створення тривимірної моделі вантажівки

Створення детальної 3D-моделі в може бути корисним досвідом як для початківців, так і для досвідчених дизайнерів. SolidWorks, потужне програмне забезпечення CAD (Computer-Aided Design), пропонує широкі інструменти та функції, які полегшують процес проектування та моделювання в різних галузях промисловості. Цей експозиційний нарис має на меті надати покроковий посібник зі створення детальної 3D-моделі вантажівки в SolidWorks. Він розпочнеться з охоплення важливих аспектів програмного забезпечення, далі буде вичерпний огляд процесу моделювання, і, нарешті, буде обговорено, як завершити та візуалізувати модель вантажівки. Виконуючи ці кроки, користувачі отримають глибше розуміння SolidWorks і покращать свої навички моделювання.

Розуміння основ SolidWorks має вирішальне значення для успішного створення 3D-моделі. SolidWorks має зручний інтерфейс, який забезпечує ефективну навігацію безліччю інструментів. Ключові компоненти включають Диспетчер функцій, який організовує дерево проектування, і Менеджер властивостей, який надає параметри для зміни функцій. Крім того, розуміння ескізів є фундаментальним; користувачі створюють 2D ескізи, які служать основою для 3D елементів. SolidWorks використовує параметричне проектування, тобто розміри та зв'язки можна змінювати динамічно, відповідно оновлюючи всю модель. Знайомство з основними командами, такими як Extrude, Revolve і Fillet, є життєво важливим для ефективного формування моделі. Вивчення цих основ дає користувачам необхідні навички для вивчення більш складних завдань моделювання, таких як деталізація

моделі вантажівки.

Покроковий процес створення 3D-моделі вантажівки починається з ескізу профілю вантажівки. Спочатку користувачі повинні відкрити SolidWorks і створити новий документ деталі. Виберіть площину, щоб почати ескіз виду вантажівки збоку, використовуючи такі інструменти, як лінія, дуга та коло, щоб окреслити основну форму вантажівки. Після завершення створення 2D-ескізу можна використовувати функцію «Витягнути», щоб додати моделі глибини, перетворюючи 2D-ескіз у 3D-об'єкт. Після встановлення базової форми можна реалізувати подальші деталі, додавши такі елементи, як колеса, кабіна та вантажне відділення. Кожен компонент можна намалювати та видавити або обертати окремо для більш складних конструкцій. Використання функцій складання дозволяє користувачам комбінувати різні деталі, забезпечуючи ідеальне поєднання компонентів вантажівки. Нарешті, застосування матеріалів і текстур посилить реалістичність моделі, зробивши її візуально привабливішою.

Доопрацювання та рендеринг моделі вантажівки вимагає кількох важливих міркувань. Коли модель вантажівки буде готова, користувачі повинні переконатися, що всі компоненти належним чином поєднані в середовищі складання. Це забезпечує точне розташування частин вантажівки відносно одна одної. Потім користувачі можуть використовувати інструмент SolidWorks Rendering для створення високоякісних зображень моделі. Цей процес передбачає вибір реалістичних матеріалів, налаштування параметрів освітлення та застосування фону для покращення презентації моделі. Відтворені зображення можна використовувати для маркетингових цілей або презентацій, демонструючи докладну роботу, вкладену в модель. Крім того, користувачі можуть експортувати модель у різні формати файлів для подальшого використання в різних програмах або для 3D-друку. За допомогою візуалізації користувачі оживляють свої 3D-моделі, демонструючи свої дизайнерські можливості та увагу до деталей.

Включення розширених функцій і методів може значно підвищити

якість і функціональність тривимірної моделі вантажівки в SolidWorks. Одним із таких прийомів є використання конфігурацій, які дозволяють дизайнерам створювати кілька варіантів частини або вузла в одному файлі. Це особливо корисно для моделей вантажівок, де різні конфігурації можуть представляти різні розміри або характеристики (наприклад, різні довжини кузова або типи двигунів). Конфігурації дозволяють користувачам швидко перемикатися між цими варіантами без дублювання файлів, що спрощує процес проектування. Ще одна розширена функція — використання Toolbox, який надає стандартні компоненти, такі як кріплення, шестерні та підшипники, які можна легко інтегрувати в модель вантажівки. Використання цих стандартних деталей не тільки економить час, але й гарантує, що модель відповідає галузевим стандартам, підвищуючи довіру до неї.

Важливість моделювання в процесі проектування не можна не помітити. SolidWorks пропонує інструменти моделювання, які дозволяють користувачам перевірити продуктивність моделі вантажівки за різних умов. Наприклад, застосування аналізу кінцевих елементів (FEA) може допомогти оцінити структурну цілісність вантажівки, гарантуючи, що вона може витримувати навантаження, з якими вона зіткнеться під час експлуатації. Користувачі можуть симулювати навантаження, сили та обмеження, щоб визначити потенційні слабкі місця або області, які потрібно вдосконалити в конструкції. Крім того, Motion Analysis можна використовувати для оцінки рухомих частин вантажівки, гарантуючи їх безперебійну та ефективну роботу. Використовуючи ці функції моделювання, дизайнери можуть приймати рішення на основі даних для оптимізації своїх моделей перед тим, як перейти до виробництва, зрештою зменшуючи помилки та витрати, пов'язані з фізичними прототипами.

Співпраця та документування є критично важливими аспектами процесу моделювання в SolidWorks, особливо коли задіяно кілька зацікавлених сторін. SolidWorks надає різні інструменти, які полегшують співпрацю, наприклад систему PDM (Product Data Management), яка допомагає керувати переглядами

та відстежувати зміни, внесені до моделі. Це гарантує, що всі члени команди працюють із найновішою версією дизайну, зменшуючи ризик помилок, спричинених застарілою інформацією. Крім того, програмне забезпечення дозволяє користувачам створювати детальні креслення та документацію безпосередньо з 3D-моделі. Ці креслення містять важливу інформацію, таку як розміри, допуски та інструкції зі складання, що є цінним ресурсом для виробників та інженерів. Комплексна документація не тільки допомагає у виробничому процесі, але й підтримує відповідність галузевим стандартам.

Роль спільноти та ресурсів в освоєнні SolidWorks є важливим фактором для постійного навчання та вдосконалення. Численні онлайн-платформи, форуми та групи в соціальних мережах присвячені SolidWorks, де користувачі можуть ділитися порадами, ставити запитання та демонструвати свою роботу. Спільнота SolidWorks є особливо активною, пропонуючи велику кількість ресурсів, таких як навчальні посібники, вебінари та створений користувачами вміст. Взаємодія з цією спільнотою може надати безцінні знання та методи, які покращують навички моделювання. Крім того, такі ресурси, як офіційний веб-сайт SolidWorks і канал YouTube, пропонують структуровані навчальні шляхи для користувачів усіх рівнів. Використовуючи ці ресурси, люди можуть бути в курсі останніх функцій і найкращих практик, зрештою вдосконалюючи свої здібності для створення складних моделей, таких як детальна 3D-вантажівка.

Щоб покращити роботу з 3D-моделюванням у SolidWorks, важливо використовувати комбінації клавіш і настроювані налаштування. Ці функції дозволяють користувачам оптимізувати свій робочий процес і підвищити ефективність. SolidWorks пропонує різноманітні вбудовані комбінації клавіш для часто використовуваних команд, які можуть значно скоротити час, витрачений на навігацію по меню. Вивчаючи та практикуючи ці комбінації клавіш, користувачі можуть швидше виконувати команди та зосередитися на творчих аспектах свого процесу проектування. Крім того, SolidWorks дозволяє налаштовувати панелі інструментів та інтерфейс користувача, дозволяючи користувачам розташовувати інструменти у спосіб, який найкраще відповідає

їх стилю роботи. Персоналізація робочого простору може сприяти підвищенню продуктивності, оскільки користувачі можуть легко отримати доступ до найбільш використовуваних функцій без непотрібних затримок.

Інтеграція SolidWorks з іншими програмними засобами може значно розширити можливості проектів 3D-моделювання. Наприклад, користувачі можуть експортувати свої моделі в програмне забезпечення для моделювання для розширеного аналізу або в програми візуалізації для високоякісної візуалізації. Ця сумісність дозволяє використовувати більш комплексний підхід до проектування, оскільки користувачі можуть використовувати спеціалізоване програмне забезпечення для вдосконалення конкретних аспектів своєї моделі вантажівки. Крім того, імпорт та експорт файлів у різних форматах, таких як STEP або IGES, полегшує співпрацю з членами команди, які можуть використовувати різні системи САПР. Розуміння того, як ефективно використовувати ці інтеграції, має важливе значення для сучасних дизайнерів, оскільки це дозволяє їм працювати ефективніше та створювати результати вищої якості.

Навчання на прикладах реального світу та практичних прикладах може дати безцінне розуміння практичного використання SolidWorks у різних галузях промисловості. Багато організацій використовують SolidWorks для проектування складних машин, автомобільних компонентів і навіть споживчих товарів. Вивчаючи ці програми, дизайнери-початківці можуть зрозуміти, як застосувати свої знання в професійному контексті. Тематичні дослідження часто висвітлюють проблеми, з якими стикаються під час процесу проектування, і інноваційні рішення, застосовані для їх подолання. Робота з такими ресурсами не тільки надихає на творчість, але й надає користувачам практичні навички вирішення проблем, які є життєво важливими у сфері дизайну САПР. Дослідження реальних прикладів спонукає користувачів критично думати про свій вибір дизайну та сприяє глибшому розумінню потенціалу програмного забезпечення.



Рисунок 2.1 – Твердотільна 3d-модель вантажівки

Нарешті, слідкувати за останніми оновленнями та тенденціями в SolidWorks є вирішальним для підтримки конкурентної переваги в галузі дизайну. SolidWorks регулярно випускає нові функції та вдосконалення, які можуть значно покращити процес моделювання. Взаємодія зі спільнотою, відвідування вебінарів і участь у навчальних сесіях можуть допомогти користувачам бути в курсі цих оновлень. Слідкуючи за лідерами галузі та впливовими особами на платформах соціальних мереж, ви також можете отримати уявлення про нові тенденції та найкращі практики. Активно шукаючи знання та адаптуючись до нових інструментів і методологій, дизайнери можуть удосконалювати свої навички та гарантувати, що їх робота залишається актуальною в технологічному ландшафті, що постійно розвивається.

Створення детальної 3D-моделі вантажівки в SolidWorks передбачає повне розуміння основ програмного забезпечення, покроковий процес моделювання, а також ретельний етап фіналізації та візуалізації. Ознайомившись з основами, користувачі зможуть ефективно орієнтуватися в інтерфейсі SolidWorks і використовувати його потужні функції. Процес моделювання охоплює ескізи, екструдкування та деталізацію кожного компонента вантажівки, що в кінцевому підсумку призводить до цілісного та функціонального дизайну. Доопрацювання моделі шляхом належного складання та візуалізації покращує її візуальну привабливість і готує до презентації чи виробництва. Крім того, використання передових методів, інструментів моделювання та ресурсів для спільної роботи збагачує досвід

моделювання, а постійне оновлення галузевих тенденцій забезпечує постійне вдосконалення. Зрештою, SolidWorks пропонує дизайнерам універсальну платформу для вираження своєї творчості та технічних навичок, що робить її безцінним інструментом у світі 3D-моделювання та дизайну.

2.2 Розробка варіанту модернізації аеродинамічних елементів вантажного автомобіля

Оцінка поточних аеродинамічних елементів конструкцій вантажівок має важливе значення для визначення областей для вдосконалення. Існуючі вантажівки зазвичай демонструють різні аеродинамічні особливості, такі як обтічні форми кабіни, обтічники та бічні пороги, які розроблені для мінімізації опору повітря. Однак багато з цих конструкцій застаріли і не повністю використовують доступні аеродинамічні принципи. Ретельний аналіз виявляє неефективність, наприклад погану структуру повітряного потоку, що призводить до підвищення коефіцієнтів лобового опору, який часто перевищує 0,6 для звичайних вантажівок. Ця неефективність прямо корелює зі споживанням палива, оскільки дослідження показують, що зменшення опору всього на 10% може призвести до економії палива до 5%. Таким чином, такі показники продуктивності, як паливна ефективність і коефіцієнт лобового опору, повинні бути ретельно проаналізовані, щоб закласти основу для майбутніх удосконалень аеродинамічного дизайну.

Дослідження сучасних аеродинамічних технологій є життєво важливим для визначення інноваційних рішень, які можна інтегрувати в конструкції вантажівок. Сучасні матеріали, такі як вуглецеве волокно та легкі композити, пропонують значний потенціал для зменшення ваги без шкоди для структурної цілісності, що може покращити загальну продуктивність автомобіля. Крім того, такі методи, як обчислювальна гідродинаміка (CFD), дозволяють інженерам моделювати та візуалізувати повітряний потік навколо конструкцій вантажівок, надаючи розуміння, яке раніше було неможливо

отримати традиційними методами. Тематичні дослідження, наприклад аеродинамічні модифікації, зроблені такими компаніями, як Volvo та Tesla, демонструють, як впровадження інноваційних конструкцій може призвести до покращення паливної ефективності та зменшення викидів. Наприклад, вантажівка Tesla Semi має низькопрофільну конструкцію та оптимізований повітряний потік, який, як повідомляється, забезпечує низький коефіцієнт лобового опору 0,36, що покращує його продуктивність та екологічність.

Наступним кроком у цьому процесі є розробка нових аеродинамічних елементів на основі результатів досліджень. Цей етап починається з концептуалізації вдосконалень, які можуть включати такі функції, як активна аеродинаміка, яка регулюється в режимі реального часу залежно від умов руху. Для визначення розмірів, матеріалів і функціональних можливостей нових елементів створюються детальні специфікації та технічні креслення. Крім того, програмні засоби, такі як ANSYS Fluent, використовуються для моделювання аеродинамічних характеристик, що дозволяє дизайнерам візуалізувати вплив змін до створення фізичних прототипів. Цей ітеративний процес проектування не тільки підвищує ефективність етапу проектування, але й гарантує, що кінцевий продукт базується на емпіричних даних, що значно підвищує ймовірність успішного впровадження.

Для зниження аеродинамічного опору пропонується встановити детурбулятори – пластини, які направляють повітря повз проміжок між кабіною і кузовом та запобігають утворенню зон турбулентності. Принципова схема встановлення детурбуляторів та їх вплив на обтікання автопоїзда повітрям представлено на рисунку 2.3.

Створення прототипу та випробування нових аеродинамічних елементів є критичним кроком у перевірці вибору дизайну. Ця фаза передбачає розробку фізичних прототипів, які втілюють запропоновані аеродинамічні вдосконалення, які потім піддаються суворим випробуванням у аеродинамічній трубі.

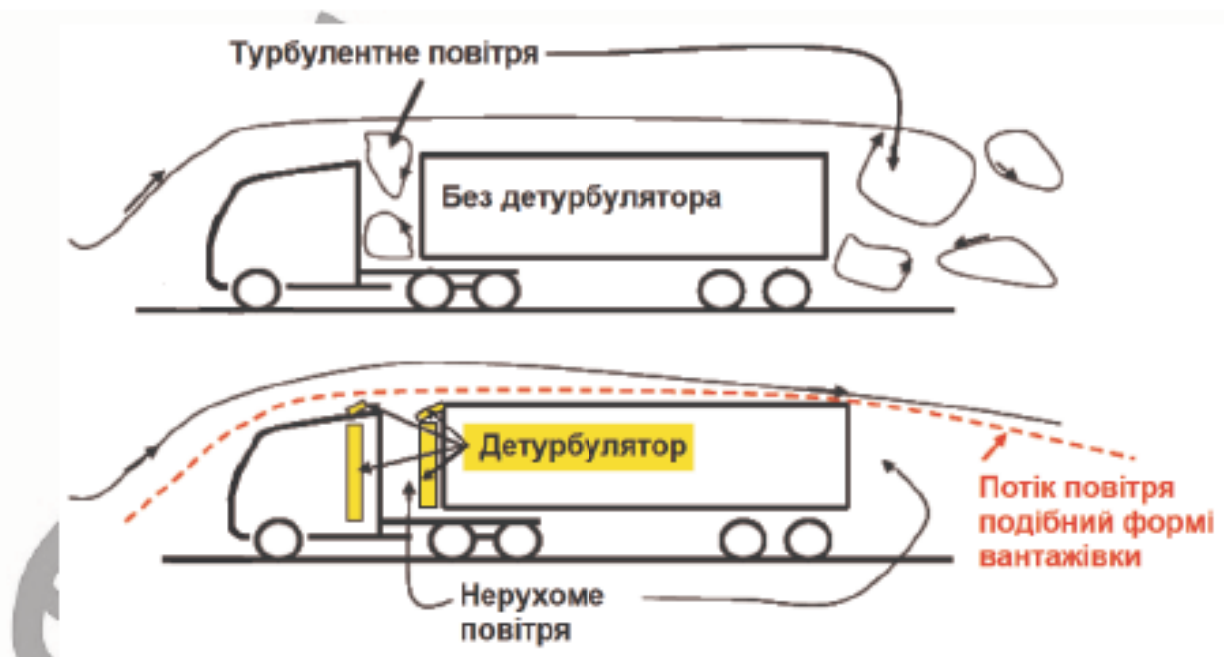


Рисунок 2.3 – Принципова схема встановлення детурбуляторів та їх вплив на обтікання автопоїзда повітрям

Ці випробування дозволяють інженерам аналізувати ефективність конструкцій у контрольованих умовах, надаючи кількісні дані щодо зменшення опору та паливної ефективності. Наприклад, випробування в аеродинамічній трубі прототипу зі зміненими бічними порогами може виявити зниження опору на 12%, що спонукає до подальшого вдосконалення конструкції. Дані, зібрані під час цих тестів, направляють ітераційні коригування, гарантуючи, що кінцеві аеродинамічні елементи оптимізовані для реального застосування. Приклади встановлення детурбуляторів представлено на рисунку 2.4.

Останній етап процесу включає в себе впровадження та оцінку модернізованих аеродинамічних елементів у існуючих моделях вантажівок. Стратегії інтеграції повинні враховувати сумісність з різними конструкціями вантажівок і потенційну потребу в модернізації. Встановлення контрольних показників продуктивності на основі початкового тестування та порівняльного аналізу дозволяє виробникам вимірювати успіх і вносити обґрунтовані коригування.

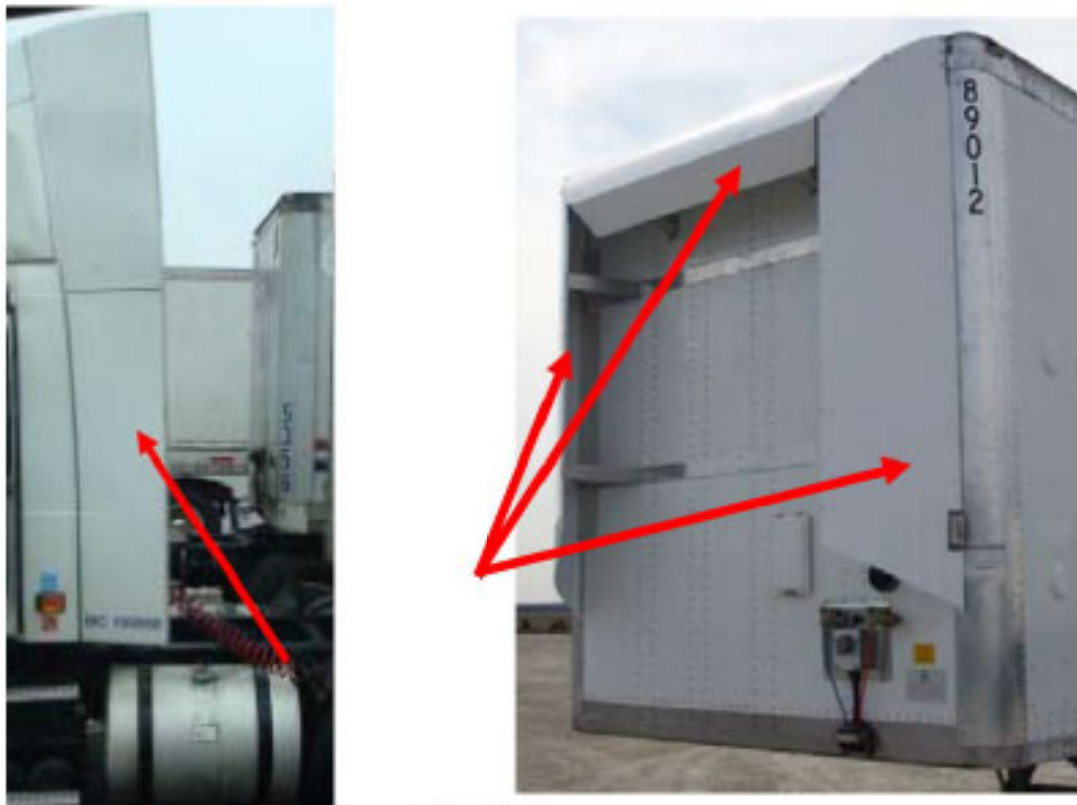


Рисунок 2.4 – Приклади встановлення детурбуляторів

Довгострокові плани оцінки, включаючи моніторинг паливної ефективності та викидів у часі, мають вирішальне значення для оцінки ефективності нових конструкцій у реальних умовах. Зворотній зв'язок від зацікавлених сторін, у тому числі водіїв і менеджерів автопарків, буде необхідним для визначення областей подальшого вдосконалення та забезпечення того, щоб модернізовані елементи відповідали експлуатаційним потребам, одночасно сприяючи стійкості.

2.4 Висновки по розділу 2.

1. Проведено аналіз факторів, що впливають на аеродинамічний опір автомобіля.
2. Значний вплив на погіршення аеродинамічних характеристик автопоїзда та збільшення витрат палива роблять гострі кути кабіни та кузова, різкі перепади поперечного перетину автопоїзда.

3. Під час підготовки до відправлення в рейс необхідно вживати заходів для забезпечення плавного обтікання повітрям автопоїзда, наприклад, відкритий кузов закривати брезентом.

4. Запропоновано встановити в задній частині кабіни та на передній стінці причепа детурбулятори.



Інженерно-
технологічний
факультет
СНАУ

Розділ 3

Охорона праці

3.1 Аналіз небезпечних факторів в роботі водіїв вантажних автомобілів

Транспортна галузь є життєво важливою складовою глобальної торгівлі, де водії вантажівок відіграють вирішальну роль у переміщенні товарів на величезні відстані. Проте забезпечення безпечних умов праці для цих водіїв залишається серйозною проблемою. Складність нормативно-правової бази, невід'ємні професійні ризики, пов'язані з автомобілем на далекі відстані, і мінливість галузевих практик – усе це сприяє нестабільному робочому середовищу для водіїв вантажівок. У цьому есе буде проаналізовано проблеми, пов'язані з цими факторами, підкреслюючи необхідність комплексного підходу до покращення стандартів безпеки у галузі вантажних перевезень.

Основною проблемою, яка впливає на безпеку водіїв вантажівок, є нормативні проблеми, які виникають через неузгодженість правил у різних регіонах. Індустрія вантажних перевезень регулюється безліччю правил, які можуть суттєво відрізнятися між штатами та федеральними юрисдикціями. Наприклад, Федеральна адміністрація безпеки автомобільних перевізників (FMCSA) встановлює національні правила, такі як правила робочого часу (HOS), розроблені для запобігання втоми. Однак окремі штати можуть запроваджувати додаткові правила або не застосовувати певні федеральні стандарти, що призводить до розбіжностей, які можуть ускладнити відповідність для автотранспортних компаній. Ця невідповідність не тільки створює плутанину для водіїв, але також може призвести до нерівного захисту безпеки залежно від географічної зони. Крім того, відмінності в юрисдикції можуть призвести до проблем із правозастосуванням, коли компанії, що працюють за кордоном, можуть опинитися під дію суперечливих законів. Як наслідок, відсутність узгодженої нормативно-правової бази підриває зусилля щодо забезпечення безпечних умов праці для водіїв вантажівок і сприяє

створенню середовища, в якому дотримання вимог стає складним завданням.

Окрім нормативних проблем, водії вантажівок стикаються з численними професійними ризиками, які суттєво впливають на їх безпеку та благополуччя. Водіння на далекі відстані за своєю природою є фізично важким, наражаючи водіїв на такі ризики, як травми опорно-рухового апарату внаслідок тривалого сидіння та повторюваних рухів. Втома постає як особливо підступна загроза, оскільки тривалі години в дорозі можуть погіршити пильність водія та час реакції, значно підвищуючи ймовірність аварій. Національне управління безпеки дорожнього руху (NHTSA) підрахувало, що водіння в стані сонливості є причиною приблизно 20% усіх автоаварій, що підкреслює серйозність цієї проблеми. Крім того, тиск дотримуватись жорстких графіків доставки часто змушує водіїв перевищувати безпечні години водіння, що посилює втому та ставить під загрозу їхню здатність безпечно керувати транспортними засобами. Така культура перевтоми не тільки створює ризик для водіїв, але й ставить під загрозу інших учасників дорожнього руху, підкреслюючи нагальну потребу в заходах для пом'якшення цих ризиків і пріоритетності здоров'я та безпеки водія.

Третім критичним аспектом, що впливає на безпеку водіїв вантажівок, є різноманітність галузевих практик, зокрема політики компанії щодо безпеки. У той час як деякі транспортні фірми надають перевагу безпеці через комплексні програми навчання та суворе дотримання правил, інші можуть прийняти більш м'який підхід. Наприклад, компанії, які інвестують у регулярні тренінги з безпеки та пропагують культуру безпеки на першому місці, швидше за все, сприятимуть створенню середовища, у якому водії відчуватимуть себе уповноваженими приділяти пріоритет своєму добробуту. Навпаки, організації, які не запроваджують послідовне навчання з питань безпеки або не дотримуються протоколів безпеки, можуть створити на робочому місці культуру, яка недооцінює важливість безпеки водія. Ця невідповідність може призвести до прогалин у знаннях щодо безпечного водіння та розпізнавання небезпек серед водіїв, збільшуючи ймовірність

аварій. Прихильність до культури безпеки на першому місці в автотранспортних компаніях не тільки покращує відповідність нормам, але й захищає здоров'я та безпеку водіїв, що зрештою сприяє безпечнішому транспорту дорогами в цілому.

Проблеми забезпечення безпечних умов праці для водіїв вантажівок є багатограними, що виникають через нормативні проблеми, властиві професійні ризики та мінливість галузевої практики. Вирішення цих проблем вимагає узгоджених зусиль регуляторів, зацікавлених сторін галузі та автотранспортних компаній для створення єдиної нормативної бази, мінімізації професійних ризиків і виховання культури безпеки в галузі. Завдяки пріоритетності цих елементів сектор вантажних перевезень може підвищити безпеку та добробут водіїв, а також зробити внесок у загальну безпеку автомобільного транспорту, приносячи користь водіям, компаніям і суспільству в цілому

3.2 Заходи забезпечення безпечних умов праці водіїв вантажних автомобілів

Професія водія вантажівки є фундаментальною для економіки, полегшуючи транспортування вантажів на великі відстані. Однак це також пов'язане з ризиками, які можуть загрожувати безпеці та здоров'ю водіїв.

Безпека праці для водіїв вантажівок стає все більш актуальною проблемою, оскільки галузь бореться з високим рівнем нещасних випадків, довгим робочим часом і недостатніми умовами праці. Надання пріоритету безпеці праці є не просто юридичним зобов'язанням, а моральним імперативом, який сприяє добробуту водіїв і безпеці суспільства в цілому.

Важливість безпеки праці для водіїв вантажівок важко переоцінити, враховуючи невід'ємні ризики, пов'язані з професією. Водії вантажівок часто стикаються з довгими годинами в дорозі, що призводить до втоми, що є суттєвим фактором багатьох аварій на вантажівках. За даними Федерального

управління безпеки автомобільних перевізників (FMCSA), втома є причиною приблизно 13% усіх аварій вантажівок. Фізичні навантаження, пов'язані з водінням, у поєднанні з нерегулярним режимом сну та стресом через щільний графік доставки можуть негативно позначитися на здоров'ї та самопочутті водіїв. Крім того, погані умови праці, такі як неадекватні зупинки для відпочинку та відсутність доступу до здорової їжі, посилюють ці проблеми. Наслідки нехтування безпекою праці поширюються не тільки на окремого водія, вони також становлять ризик для громадської безпеки. Небезпечна практика вантажного транспорту може призвести до аварій, які загрожують іншим учасникам дорожнього руху, і фінансовий тягар цих інцидентів часто лягає на суспільство через збільшення витрат на охорону здоров'я та пошкодження громадського майна. Тому забезпечення безпеки праці водіїв вантажівок має важливе значення не лише для самих водіїв, а й для суспільства, якому вони служать.

Регуляторні заходи відіграють вирішальну роль у підвищенні безпеки водіїв вантажівок і покликані зменшити ризики, пов'язані з професією. Існуючі нормативні акти, такі як правила щодо годин роботи (HOS), встановлені FMCSA, обмежують кількість годин, протягом яких водій може керувати комерційним транспортним засобом без перерви. Ці правила підтверджуються даними, які свідчать про те, що сонливість за кермом призводить до більшої кількості аварій. Крім того, стандарти технічного обслуговування транспортних засобів мають вирішальне значення для забезпечення безпечної експлуатації вантажівок; регулярні перевірки можуть запобігти механічним несправностям, які можуть призвести до катастрофічних наслідків. Урядові установи, включаючи FMCSA та транспортні департаменти штату, мають забезпечити дотримання цих правил і проводити вибіркові перевірки для забезпечення відповідності. Однак ефективність цих регуляторних заходів залежить від ретельного моніторингу та виконання. Відсутність відповідності може підірвати зусилля з безпеки, підкреслюючи важливість надійної системи як для освіти, так і для

забезпечення виконання транспортними компаніями протоколів безпеки. Дотримуючись цих правил, агентства можуть допомогти створити безпечніше середовище для водіїв та всіх учасників дорожнього руху.

Щоб ще більше підвищити безпеку праці, транспортні компанії можуть застосувати найкращі практики, які надають пріоритет здоров'ю та добробуту своїх водіїв. Одним з ефективних підходів є впровадження комплексних програм навчання, які зосереджуються на техніках безпечного водіння та процедурах реагування на надзвичайні ситуації. Наприклад, такі компанії, як Schneider National, розробили обширні навчальні модулі, які не лише охоплюють безпечне водіння, але й підкреслюють важливість психічного здоров'я та управління стресом. Крім того, впровадження таких технологій, як відстеження GPS і пристрої електронної реєстрації (ELD), може значно підвищити безпеку водія. Ці інструменти дозволяють у режимі реального часу відстежувати поведінку за кермом, допомагаючи виявляти ризиковані практики, такі як перевищення швидкості або нерівне водіння. Крім того, сприяння підтримці культури на робочому місці, яка акцентує увагу на безпеці, може призвести до підвищення морального духу та продуктивності серед водіїв. Заохочення відкритого спілкування щодо проблем безпеки та визнання безпечної поведінки водіння може створити середовище, де безпека є колективним пріоритетом. Впроваджуючи ці найкращі практики, автотранспортні компанії можуть створити культуру безпеки, яка зрештою принесе користь як водіям, так і громадськості.

Забезпечення безпеки праці водіїв вантажівок є багатогранним завданням, яке потребує узгоджених зусиль різних зацікавлених сторін, включаючи державні установи, автотранспортні компанії та самих водіїв. Ризики, пов'язані з професією вантажівки, вимагають сильного акценту на безпеці не лише для захисту водіїв, але й для охорони здоров'я населення. Регуляторні заходи забезпечують основу для безпеки, але їхня ефективність залежить від відповідності та моніторингу. Крім того, автотранспортні компанії, які застосовують найкращі практики, такі як програми навчання та

технологічні інновації, можуть сприяти розвитку культури безпеки, яка покращує самопочуття водіїв. Зрештою, надання пріоритету безпеці праці має важливе значення для побудови стійкої та безпечної галузі вантажних перевезень, яка життєво важлива для економіки та суспільства в цілому.



Інженерно-
технологічний
факультет
СНАУ

Розділ 4

Техніко-економічна оцінка технологічного процесу відновлення зношених роликів опор

Оцінка існуючих технологій зменшення опору демонструє потенційні переваги як пасивних, так і активних систем, підкреслюючи їх важливість у поточній еволюції конструкції вантажівок. Нарешті, економічні наслідки впровадження цих технологій підкреслюють їхню роль у створенні більш сталого та економічно ефективного транспортного сектору. Оскільки галузь продовжує адаптуватися до проблем споживання палива та впливу на навколишнє середовище, інтеграція аеродинамічних покращень буде мати вирішальне значення у формуванні майбутнього вантажних перевезень.

Економічні наслідки зменшення аеродинамічного опору вантажівок значні та багатогранні. Хоча початкові інвестиційні витрати на покращення аеродинаміки можуть бути значними — починаючи від модернізації існуючих вантажівок і закінчуючи придбанням нових моделей, оснащених вдосконаленими аеродинамічними функціями — довгострокова економія часто переважає ці початкові витрати. Наприклад, дослідження показали, що зменшення лобового опору на 10% може призвести до економії палива приблизно на 5-10% протягом усього терміну служби вантажівки, а потенційна окупність інвестицій (ROI) може перевищити 100% протягом кількох років. Тематичні дослідження, наприклад, проведені Агентством з охорони навколишнього середовища (EPA) і різними транспортними компаніями, демонструють економічні переваги аеродинамічних покращень.

Одним із яскравих прикладів є великий вантажний перевізник, який повідомив про річну економію понад 1 мільйон доларів після впровадження аеродинамічних модифікацій у своєму флоті. Такі докази підкреслюють фінансову життєздатність інвестування в аеродинамічні технології та позиціонують їх як важливий фактор для операторів, які прагнуть підвищити прибутковість.

Крім економічних міркувань, важливим аспектом цієї дискусії є вплив зменшення аеродинамічного опору на навколишнє середовище. Підвищення паливної ефективності безпосередньо пов'язане зі зниженням викидів парникових газів, що робить аеродинамічні покращення не лише економічно вигідними, але й екологічно відповідальними. Індустрія вантажних перевезень вносить значний внесок у викиди вуглекислого газу, і в міру посилення законодавства прагнення до сталого розвитку стає все більш необхідним. Інвестуючи в аеродинамічні рішення, компанії можуть зменшити свій вуглецевий слід, тим самим узгоджуючи глобальні зусилля з боротьби зі зміною клімату. Крім того, державні постанови та стимули, такі як податкові пільги для паливноефективних транспортних засобів і фінансування досліджень аеродинамічних технологій, відіграють ключову роль у просуванні цих досягнень. У міру того, як правила розвиваються, галузь вантажних перевезень повинна адаптуватися, а аеродинамічні вдосконалення служать проактивним підходом до досягнення цих нових стандартів і водночас отримують фінансові винагороди.

Незважаючи на очевидні переваги зменшення аеродинамічного опору, у впровадженні цих рішень у галузі вантажних перевезень зберігаються деякі проблеми та обмеження. Одним із суттєвих перешкод є технічна складність модернізації існуючих вантажівок аеродинамічними функціями, оскільки багато старих моделей можуть вимагати значних модифікацій, які є нерентабельними. Крім того, опір ринку може виникати через скептицизм щодо ефективності аеродинамічних технологій; деякі оператори можуть сприймати ці інвестиції як непотрібні або надто складні. Крім того, збалансувати економічну ефективність із покращенням продуктивності може бути складно, оскільки компанії повинні зважити початкові витрати з потенційною економією та операційною ефективністю. Для подолання цих проблем важливо, щоб зацікавлені сторони галузі сприяли освіті та обізнаності про довгострокові переваги аеродинамічних модифікацій, зміцнювали партнерство між виробниками та транспортними компаніями та виступали за

політику підтримки, яка стимулює інновації в цій сфері.

Майбутнє аеродинамічного дизайну для вантажівок готове до значних досягнень завдяки інноваціям, які узгоджуються з переходом промисловості на електричні та гібридні транспортні засоби. Оскільки ці альтернативи набирають тяги, аеродинамічні міркування стануть ще більш критичними, оскільки електричні вантажівки часто вимагають оптимізованих конструкцій, щоб максимізувати свій запас ходу та ефективність. Інновації на горизонті включають інтеграцію легких матеріалів, вдосконалену аеродинаміку, спеціально розроблену для електричних трансмісії, і нові форми, які мінімізують опір, використовуючи акумуляторну батарею. Крім того, роль аналізу даних і комп'ютерного моделювання стає першорядною в процесі оптимізації дизайну. За допомогою складних інструментів моделювання виробники можуть симулювати повітряний потік і стратегії зменшення опору до створення фізичних прототипів, що призводить до більш ефективних і результативних конструкцій. Прогнози щодо майбутньої ефективності вантажних перевезень свідчать про те, що в міру того, як технології продовжують розвиватися, галузь може очікувати сплеск ініціатив у сфері сталого розвитку, включаючи посилення співпраці в аеродинамічних дослідженнях, посилення правил, що сприяють ефективності використання палива, і розробку нових стандартів, які надають пріоритет як продуктивності, так і екології управління. Ці тенденції вказують на багатообіцяючу траєкторію для зменшення аеродинамічного опору та підвищення загальної ефективності вантажних перевезень.

Економічний ефект від впровадження детурбуляторів буде отримано за рахунок зниження витрат палива, яке складає для подібних рішень близько 4%.

Визначимо розмір необхідних капіталовкладень та період їх окупності.

Вартість виготовлення та встановлення детурбуляторів – $K=9000$ грн

При поточній середній витраті палива 28 л на 100 км пробігу економія складе:

$$E=28 \cdot 4 / 100 = 1,12 \text{ (л/100 км)}$$

Визначаємо термін окупності:

$$T = \frac{K \cdot 100}{E \cdot B} = \frac{9000 \cdot 100}{1,12 \cdot 50} = 16072 \text{ (км)}$$

Отриманий період окупності капіталовкладень підтверджує доцільність реалізації даного проекту



Інженерно-
технологічний
факультет
СНАУ

ВИСНОВКИ

1. В результаті проведених досліджень, виконано аналіз умов обтікання повітрям вантажного автопоїзда.
2. Значний вплив на погіршення аеродинамічних характеристик автопоїзда та збільшення витрат палива роблять гострі кути кабіни та кузова, різкі перепади поперечного перетину автопоїзда.
3. Під час підготовки до відправлення в рейс необхідно вживати заходів для забезпечення плавного обтікання повітрям автопоїзда, наприклад, відкритий кузов закривати брезентом.
4. Запропоновано встановити в задній частині кабіни та на передній стінці причепа детурбулятори.
5. Термін окупності встановлених детурбуляторів за рахунок зниження витрат палива становить близько 16 тис.км.
6. За матеріалами магістерської роботи опубліковано дві тези доповіді на міжнародній конференції.

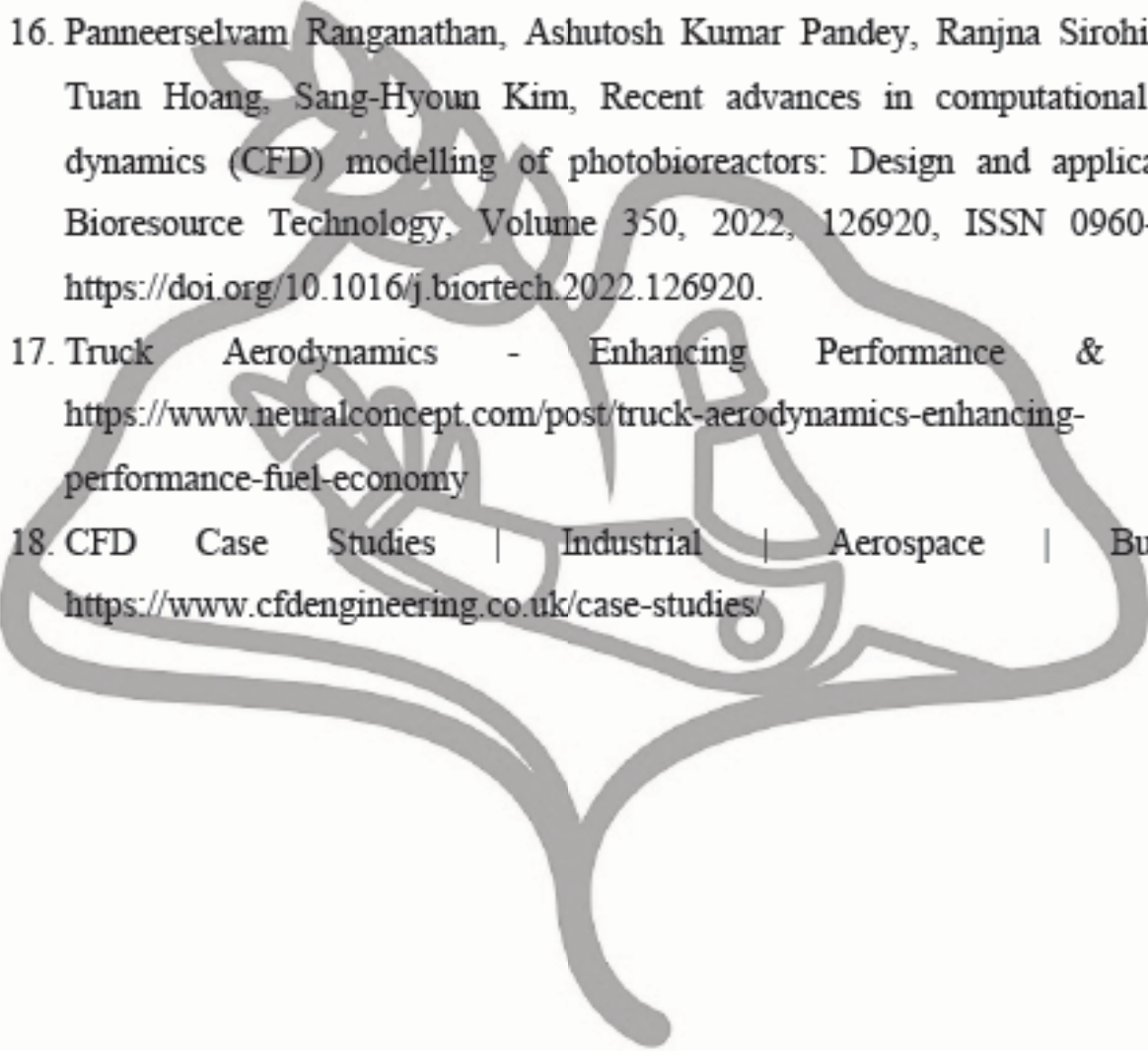
Інженерно-
технологічний
факультет
СНАУ

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Patten, Jeff & Mcauliffe, Brian & Mayda, William & Tanguay, Bernard. (2012). Review of Aerodynamic Drag Reduction Devices for Heavy Trucks and Buses. https://www.researchgate.net/publication/280688532_Review_of_Aerodynamic_Drag_Reduction_Devices_for_Heavy_Trucks_and_Buses
2. Sudin, M.N. & Abdullah, Mohd & Shamsudin, Shamsul & Ramli, Faiz & Tahir, Musthafah. (2014). Review of research on vehicles aerodynamic drag reduction methods. International Journal of Mechanical and Mechatronics Engineering. 14. 35-47. https://www.researchgate.net/publication/286228642_Review_of_research_on_vehicles_aerodynamic_drag_reduction_methods
3. Michael Gerard Connolly, Alojz Ivankovic, Malachy J. O'Rourke, Drag reduction technology and devices for road vehicles - A comprehensive review, Heliyon, Volume 10, Issue 13, 2024, e33757, ISSN 2405-8440, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e33757>.
4. Sudin, M.N. & Abdullah, Mohd & Shamsudin, Shamsul & Ramli, Faiz & Tahir, Musthafah. (2014). Review of research on vehicles aerodynamic drag reduction methods. International Journal of Mechanical and Mechatronics Engineering. 14. 35-47. https://www.researchgate.net/publication/286228642_Review_of_research_on_vehicles_aerodynamic_drag_reduction_methods
5. Madnia, Cyrus. (2010). Review of "Fundamentals of Aerodynamics". AIAA Journal. 48. 2983-2983. <https://doi.org/10.2514/1.52157>.
6. Sudin, M.N.. (2014). Review of Research on Vehicles Aerodynamic Drag Reduction Methods. IJMME. 14. https://www.researchgate.net/publication/261760568_Review_of_Research_on_Vehicles_Aerodynamic_Drag_Reduction_Methods
7. L. Salati, P. Schito, F. Cheli, Wind tunnel experiment on a heavy truck equipped with front-rear trailer device, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Volume 171, 2017, Pages 101-109, ISSN 0167-6105,

<https://doi.org/10.1016/j.jweia.2017.09.016>.

8. Advantages of Computational Fluid Dynamics (CFD). (n.d.) від www.quora.com
9. Fontaras, Georgios & Dilara, P. & Berner, Michael & Volkers, Theo & Kies, Antonius & Rexeis, Martin & Hausberger, Stefan. (2014). An Experimental Methodology for Measuring of Aerodynamic Resistances of Heavy Duty Vehicles in the Framework of European CO2 Emissions Monitoring Scheme. SAE International Journal of Commercial Vehicles. 7. 102-110. <https://doi.org/10.4271/2014-01-0595>.
10. Monica, Twesiime & Kamalakar, K. & Girish, S. & Sai, B.L.N.. (2017). Design and analysis of heavy trucks using cfd. International Journal of Mechanical Engineering and Technology. 8. 379-387. https://www.researchgate.net/publication/319040273_Design_and_analysis_of_heavy_trucks_using_cfd
11. Cooper, K. R. (1982). The Wind Tunnel Testing of Heavy Trucks to Reduce Fuel Consumption. SAE Transactions, 91, 4118–4130. <http://www.jstor.org/stable/44634415>
12. Al-Akam, Aws & Ali, Imad. (2013). Improvement of Aerodynamics Characteristic of Heavy Trucks. https://www.researchgate.net/publication/280551662_Improvement_of_Aerodynamics_Characteristic_of_Heavy_Trucks.
13. Virchenko Viktor Теоретичне дослідження впливу обтічності на експлуатаційні властивості магістральних автопоїздів із встановленим рухомих даховим обтічником / Viktor Virchenko, Махум Skoryk, Anatolii Kryvorot, Oleksandr Meshko // Збірник наукових праць. Галузеве машинобудування, бідівництво. – Полтава: ПНТУ, 2018. – Т. 2 (51). – С. 187-195. – doi:<https://doi.org/10.26906/znp.2018.51.1314>.
14. Designing a truck for the future. // <https://www.volvotrucks.com>
15. Why do we use rounded edges in UI?. (<https://www.quora.com/Why-do-we-use-rounded-edges-in-UI>)

- 
16. Panneerselvam Ranganathan, Ashutosh Kumar Pandey, Ranjna Sirohi, Anh Tuan Hoang, Sang-Hyoun Kim, Recent advances in computational fluid dynamics (CFD) modelling of photobioreactors: Design and applications, *Bioresource Technology*, Volume 350, 2022, 126920, ISSN 0960-8524, <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.126920>.
17. Truck Aerodynamics - Enhancing Performance & Fuel
<https://www.neuralconcept.com/post/truck-aerodynamics-enhancing-performance-fuel-economy>
18. CFD Case Studies | Industrial | Aerospace | Building
<https://www.cfdengineering.co.uk/case-studies/>

Інженерно-
технологічний
факультет
СНАУ

ДОДАТКИ



Інженерно-
технологічний
факультет
СНАУ



Інженерно-
технологічний
факультет
СНАУ