

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ
МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ ІМЕНІ С.З. ГИЖИЦЬКОГО
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА АВТОМОБІЛІВ І ТРАКТОРІВ**

К В А Л І Ф І К А Ц І Й Н А Р О Б О Т А

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему: **«Оцінка ефективності роботи компресорних установок
автомобілів-рефрижераторів»**

Виконав: студент групи Ат-41

Спеціальності 274 „Автомобільний транспорт”

(шифр і назва)

Мар'ян ДУМЧАК

(ім'я та прізвище)

Керівник: _____

(ім'я та прізвище)

Дубляни 2025

УДК 629.4.048.3

Думчак Мар'ян Петрович. Оцінка ефективності роботи компресорних установок автомобілів-рефрижераторів. Кваліфікаційна робота. Львів: Львівський НУВМБ ім. Степана ГЖИЦЬКОГО, 2025. 72 с.

Табл. 6; рис. 18; бібліогр. джерел 26.

Встановлено, що для перевезення швидкопсувних вантажів необхідне забезпечення сталого і контрольованого мікроклімату: від глибокої заморозки ($-18\ldots-25^{\circ}\text{C}$ для м'яса, риби, напівфабрикатів) до помірного охолодження ($+2\ldots+8^{\circ}\text{C}$ для молочних продуктів, свіжих овочів і фруктів) чи підтримки вологості для квітів та зелені.

Підтримка температури -18°C для перевезення м'яса вимагає від компресорної установки 300–600 Вт, що відповідає 0,067–0,13 кг дизпалива на годину при різних температурах зовнішнього повітря.

Підтримка низьких температур (-18°C) значно підвищує навантаження на компресорну установку та двигун, що призводить до істотного (до 10–12%) зростання витрати пального. Вплив температури навколишнього середовища суттєвий: при підвищенні зовнішньої температури навіть на 10°C теплове навантаження зростає, відповідно зростає і витрата пального. Зниження тиску у системі дозволяє оптимізувати споживану потужність і знизити додаткові витрати пального.

Доведено, що вибір компресора та налаштування системи має враховувати не лише необхідний температурний режим, а й енергетичну ефективність для мінімізації експлуатаційних витрат.

ЗМІСТ

Таблиця 1

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1	
СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	10
1.1 Види швидкопсувних продуктів та особливості їх перевезень....	10
1.2 Законодавче регулювання перевезень швидкопсувних вантажів.....	13
1.3 Класифікація автомобілів для перевезення швидкопсувних вантажів.....	17
1.4. Класифікація автомобільних джерел холоду.....	24
1.5 Класифікація компресорних установок для автомобільного транспорту.....	29
Висновки за розділом.....	32
РОЗДІЛ 2	
РОЗРАХНУКОВА ЧАСТИНА.....	34
2.1 Розрахунок необхідної потужності для роботи компресора.....	34
2.2 Розрахунок витрати потужності під час перевезення м'ясопродуктів.....	38
Висновки за розділом.....	42
РОЗДІЛ 3	
ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	43
3.1 Методика діагностики системи охолодження.....	43
3.2 Випробування системи кондиціонування під час вибігу автомобіля.....	45
Висновки за розділом.....	50
РОЗДІЛ 4	
ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	51

4.1	Вимоги пожежної безпеки під час проведення електроналагоджувальних робіт.....	51
4.2	Правила техніки безпеки під час роботи з електроінструментом.....	54
4.3.	Розрахунок витяжної системи ремонтної ділянки.....	55
	Висновки за розділом.....	60
	РОЗДІЛ 5	
	ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	61
5.1	Розрахунок експлуатаційних затрат під час використання автомобілів-рефрижераторів.....	61
5.2	Розрахунок затрат на технічне обслуговування автомобілів.....	63
5.3	Розрахунок затрат на переоснащення ділянки	64
5.4	Обґрунтування економічної доцільності проєкту	65
	Висновки за розділом.....	66
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	67
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	69

ВСТУП

Перевезення швидкопсувних вантажів автомобільним транспортом має ряд специфічних вимог і особливостей, зумовлених властивостями самих вантажів. До цієї категорії належать продукти харчування, медичні препарати, квіти, живі рослини, біологічні матеріали тощо. Основна характеристика таких вантажів - їхня здатність швидко втрачати споживчі властивості під впливом температурних коливань, вологості, впливу мікроорганізмів або механічних пошкоджень. Саме тому для перевезення цієї групи продукції потрібне забезпечення особливих умов, які дозволяють зберегти якість товару протягом усього транспортного процесу.

Однією з ключових особливостей організації таких перевезень є вибір спеціалізованого транспорту. Найбільш поширеними є ізотермічні автомобілі, рефрижератори, а також автомобілі з системами контролю вологості чи газового середовища. Ізотермічні автомобілі призначені для підтримки певного температурного режиму завдяки утепленим стінкам, які перешкоджають проникненню тепла або холоду ззовні. Рефрижератори обладнані холодильними установками, що дозволяють активно знижувати температуру всередині кузова й утримувати її на необхідному рівні незалежно від погодних умов. У випадку перевезення живих квітів або рослин використовують транспорт із можливістю регулювання вологості, а для деяких біологічних матеріалів - автомобілі з контролем газового складу повітря.

Ще однією особливістю є необхідність дотримання чіткого графіка доставки. Час у дорозі для швидкопсувних вантажів часто відіграє вирішальну роль, оскільки навіть найкращі умови зберігання не здатні компенсувати затримку при транспортуванні. Для цього логістичні компанії розробляють оптимальні маршрути, окрім того, часто впроваджується система моніторингу, яка дозволяє відстежувати місцезнаходження вантажу в реальному часі та оперативно реагувати на позаштатні ситуації.

Окремої уваги заслуговує питання підготовки вантажу до транспортування. Продукція має бути правильно упакована, щоб запобігти її пошкодженню, забрудненню чи змішанню запахів. Для багатьох видів вантажів застосовуються спеціальні контейнери або термокоробки, які додатково забезпечують збереження потрібних умов. Важливою умовою є завантаження і розвантаження за мінімально короткий час, щоб уникнути перепаду температур і контакту продукції з навколишнім середовищем.

Ще один аспект - це дотримання санітарно-гігієнічних норм. Перед кожним завантаженням автомобіль має проходити ретельне очищення та дезінфекцію. Для перевезення продуктів харчування існують окремі вимоги щодо матеріалів внутрішньої обшивки кузова, щоб уникнути накопичення шкідливих мікроорганізмів і сторонніх запахів. Особливим є також необхідність оформлення супровідних документів, які підтверджують якість і походження товару, а також дотримання температурного режиму під час перевезення. У багатьох країнах контроль за дотриманням цих норм здійснюється спеціалізованими службами, і у разі виявлення порушень передбачено відповідальність для перевізника.

Таким чином, використання автомобілів для перевезення швидкопсувних вантажів вимагає дотримання комплексу технічних, організаційних та санітарних заходів, що дозволяють зберегти якість продукції до моменту її передачі споживачу. Від грамотної організації цього процесу залежить не лише фінансовий результат підприємства, а й безпека та здоров'я кінцевого споживача.

Однією з найгостріших проблем, що виникає у сфері експлуатації рефрижераторів, є енергозалежність холодильних установок. Більшість сучасних систем працює на базі дизельних чи електричних компресорів, споживання яких суттєво впливає на загальні витрати пального, збільшує експлуатаційні витрати, а інколи навіть обмежує дальність перевезень через потребу у підзарядці чи дозаправці. Особливо актуальною ця проблема стає у віддалених регіонах, де інфраструктура для обслуговування рефрижераторів

недостатньо розвинена. Крім того, високі енерговитрати ведуть до збільшення викидів парникових газів, що не відповідає сучасним екологічним стандартам. Ще одним аспектом є чутливість систем охолодження до збоїв у живленні, що може призвести до псування вантажу, а значить – фінансових втрат для перевізників та клієнтів.

Не менш серйозною проблемою є складність обслуговування і ремонту сучасних рефрижераторних установок. З розвитком технологій конструкції цих пристроїв стають дедалі складнішими, використовують електроніку, сенсорні системи контролю, автоматичне регулювання температури і вологості, що потребує високої кваліфікації технічного персоналу. У багатьох перевізників виникають труднощі з пошуком відповідних фахівців, а також з підбором оригінальних запчастин. Це призводить до затримок у ремонті, додаткових витрат і навіть до зниження загальної надійності перевезень.

У контексті глобальних екологічних змін значною проблемою є використання холодоагентів, які можуть завдавати шкоди навколишньому середовищу. Ряд традиційних холодильних агентів, що застосовуються в рефрижераторах, сприяють руйнуванню озонового шару та спричиняють парниковий ефект. Вимоги до їхнього поступового виведення з експлуатації підштовхують виробників шукати нові, більш безпечні альтернативи. Проте впровадження нових холодоагентів пов'язане із труднощами технічного та економічного характеру, оскільки це вимагає оновлення парку обладнання та додаткових інвестицій.

Одним із ключових напрямків розвитку є впровадження енергоощадних технологій. Зокрема, дедалі ширше застосовуються холодильні установки з інверторним керуванням, що дозволяють плавно регулювати потужність і знижувати споживання енергії. Крім того, сучасні виробники активно інтегрують у конструкцію рефрижераторів сонячні панелі, які можуть забезпечити додаткове живлення для допоміжних систем, особливо під час стоянки чи очікування на завантаження. Це не лише знижує навантаження на основний двигун, а й зменшує шкідливі викиди.

Важливим напрямом є вдосконалення систем автоматичного контролю температури та вологості. Новітні рефрижераторні установки обладнують багатозональними сенсорами, які дозволяють підтримувати різні параметри для окремих частин кузова або навіть для різних партій вантажу, якщо того вимагають умови зберігання. Одночасно впроваджуються сучасні телематичні системи, що забезпечують дистанційний контроль за станом вантажу в реальному часі. За допомогою мобільних додатків або через інтернет можна в будь-який момент перевірити температуру, вологість, місцезнаходження транспортного засобу, а також отримувати автоматичні повідомлення у разі відхилення параметрів від заданих.

Провідні виробники поступово переходять на використання природних агентів, таких як ізобутан, пропан або діоксид вуглецю, які мають низький потенціал глобального потепління і не руйнують озоновий шар. Це сприяє зменшенню впливу рефрижераторного транспорту на навколишнє середовище, хоча вимагає модернізації обладнання та зміни стандартів обслуговування.

Останніми роками зростає інтерес до використання електричних рефрижераторів, що працюють від автономних батарей або гібридних систем живлення. Такі автомобілі майже безшумні, не виробляють шкідливих викидів, і можуть використовуватися в міських умовах, особливо там, де діють суворі екологічні вимоги. Удосконалення акумуляторних батарей та електроприводів поступово робить цей вид транспорту більш доступним і економічно доцільним для перевізників. [1], [6], [8], [9].

РОЗДІЛ 1 СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Види швидкопсувних продуктів та особливості їх перевезень

Швидкопсувні продукти займають важливе місце серед вантажів, які потребують спеціальних умов зберігання і транспортування. До цієї категорії належать різні групи харчових продуктів, біологічні матеріали, медикаменти, деякі види рослинної продукції. Кожна з цих груп має свої особливості, які визначають специфіку організації перевезень.

Серед швидкопсувних продуктів перш за все виділяють м'ясо та м'ясопродукти. М'ясо після забою швидко втрачає свої споживчі властивості за умов підвищеної температури, тому його перевезення здійснюється при температурі не вище $+4^{\circ}\text{C}$. М'ясопродукти, такі як ковбаси, сосиски чи копченості, мають інші температурні режими, проте також потребують охолодження або навіть заморожування, щоб уникнути розвитку мікроорганізмів. Особливої уваги вимагає транспортування замороженого м'яса, для якого температурний режим має підтримуватися на рівні -18°C та нижче.

Молочні продукти є ще однією великою групою швидкопсувних товарів. Свіже молоко, сметана, йогурти, сири швидко піддаються бактеріальному псуванню, особливо в теплу пору року. Для таких вантажів оптимальною є температура $+2...+6^{\circ}\text{C}$, а у випадку деяких видів сиру – навіть нижча. Особливість перевезення молочних продуктів полягає в необхідності не лише підтримувати потрібну температуру, а й захищати вантаж від струшувань, потрапляння сонячного світла та сторонніх запахів, які здатні впливати на якість товару.

До категорії швидкопсувних належать також риба і морепродукти. Свіжа риба повинна транспортуватися за температури, близької до 0°C , а у випадку заморожених морепродуктів – не вище -18°C . У разі порушення температурного режиму відбувається інтенсивний розвиток бактерій і гниття, в результаті чого продукт стає небезпечним для споживання. Особливої уваги вимагає перевезення риби на далекі відстані, де до основної температурної

проблеми додається необхідність забезпечення високої герметичності тари й запобігання потраплянню вологи.

Овочі та фрукти, хоча й мають різну стійкість до зберігання, теж часто класифікують як швидкопсувні продукти. Для більшості овочів і фруктів рекомендовані температурні режими коливаються в межах від 0 до +8°C залежно від виду. Наприклад, яблука та груші зберігаються при більш низьких температурах, а банани чи цитрусові – при трохи вищих. Основними особливостями перевезення є підтримка постійної вологості, захист від механічних пошкоджень і вентиляція, яка запобігає накопиченню газів, що виділяються під час природного дозрівання.

Яйця та яйцепродукти також належать до швидкопсувних, хоча можуть зберігатися тривалий час у спеціальних умовах. Для їх перевезення важливо підтримувати температуру не вище +8°C, а також уникати сильних вібрацій і ударів, щоб не пошкодити оболонку.

Свіжі квіти, деякі види лікарських рослин та біологічні препарати мають короткий термін зберігання і теж відносяться до швидкопсувних. Для таких вантажів особливо важлива підтримка не лише температури, а й вологості повітря, що забезпечує збереження свіжості і зовнішнього вигляду.

Особливості перевезення швидкопсувних продуктів визначаються сукупністю факторів: необхідністю підтримки стабільної температури й вологості, застосуванням ізотермічного або холодильного транспорту, використанням спеціальної тари, дотриманням санітарних норм та правил гігієни. Навіть незначне відхилення від рекомендованих параметрів під час транспортування може призвести до втрати якості, зниження харчової цінності або повної непридатності продукції для споживання. З цієї причини транспортні засоби, призначені для перевезення швидкопсувних вантажів, обладнують сучасними холодильними установками, багатозональними сенсорами контролю температури, а маршрути перевезень ретельно плануються з урахуванням тривалості доставки та можливості швидкого розвантаження.

Таблиця 1.1 - Класифікації швидкопсувних вантажів

Категорія вантажу	Підкатегорія / Приклади	Температурний режим перевезення	Особливі умови
М'ясо та м'ясопродукти	Свіже м'ясо (яловичина, свинина, птиця), ковбаси, фарш	0...+4°C (охолоджене), -18°C (заморожене)	Захист від забруднення, відносна вологість 85-90%
Риба та морепродукти	Свіжа риба, морожена риба, креветки, молюски, ікра	0...+2°C (охолоджена), -18°C (заморожена)	Швидка доставка, не можна переривати холодовий ланцюг
Молочні продукти	Молоко, вершки, сир, масло, йогурт, кефір, сметана	+2...+6°C	Захист від сонця, обмеження терміну доставки
Яйця та похідні продукти	Свіжі яйця, пастеризовані яйця, порошок	0...+8°C	Захист від трясіння, уникати різких перепадів температур
Овочі та фрукти (охолоджені)	Яблука, груші, банани, ягоди, картопля, морква, салат	0...+8°C (залежно від виду)	Контроль вологості, для бананів +12...+14°C
Овочі та фрукти (заморожені)	Заморожена кукурудза, горох, полуниця, мікси овочів	-18...-20°C	Не можна повторно заморозувати
Кондитерські вироби з кремом	Торти, тістечка, еклери з вершковим кремом	+2...+6°C	Чутливі до температурних коливань
Хлібобулочні вироби	Свіжий хліб, булочки	+18...+25°C	Короткий термін зберігання
Квіти, лікарські рослини	Троянди, тюльпани, петрушка, базилік	+4...+8°C	Висока вологість, захист від протягів
Медикаменти, біопрепарати	Вакцини, інсулін, сироватки, пробіотики	+2...+8°C (або згідно інструкції)	Точний контроль температури, особлива тара
Продукти глибокої заморозки	Заморожене м'ясо, риба, напівфабрикати, овочі, фрукти, ягоди	-18...-25°C	Безперервність холодового ланцюга, не можна розморожувати під час перевезення

Додаткові вимоги особливі умови перевезення:

- глибока заморозка потребує використання спеціалізованих рефрижераторів із можливістю підтримки низьких температур навіть при високих температурах зовнішнього повітря;

- всі продукти повинні бути розміщені з урахуванням вентиляції повітря всередині кузова, щоб забезпечити рівномірне охолодження чи заморожування;

- категорично заборонено розморожування й повторне заморожування вантажу;
- дотримання “холодового ланцюга” - суворо обов’язково, особливо для фармацевтики, морепродуктів, дитячого харчування.

1.2. Законодавче регулювання перевезень швидкопсувних вантажів

Законодавче регулювання перевезень швидкопсувних вантажів в Україні та на міжнародному рівні ґрунтується на ряді нормативних актів, угод та стандартів, які забезпечують безпечне транспортування, збереження якості продукції та дотримання санітарно-гігієнічних норм.

В Україні основними нормативними документами, що регулюють перевезення швидкопсувних вантажів автомобільним транспортом, є Закони України «Про автомобільний транспорт», «Про безпечність та якість харчових продуктів», «Про основні принципи та вимоги до безпечності і якості харчових продуктів», а також Санітарні правила і норми щодо перевезення харчових продуктів. Важливе місце посідають також Національні стандарти України (ДСТУ), які містять вимоги до температурних режимів, умов пакування та транспортування різних груп швидкопсувних вантажів.

Міжнародне законодавче поле визначається, перш за все, Угодою про міжнародні дорожні перевезення швидкопсувних харчових продуктів та спеціалізованих транспортних засобів, призначених для цих перевезень (скорочено – Угода АТР). Ця угода є обов’язковою для більшості європейських країн і регламентує технічний стан і оснащення рефрижераторного транспорту, способи перевезення, вимоги до ізотермічності кузова та контроль температурних режимів під час доставки.

Згідно з АТР, транспортні засоби для перевезення швидкопсувних вантажів повинні проходити періодичну перевірку, мати сертифікати відповідності та забезпечувати підтримку температурного режиму, необхідного для конкретного типу вантажу. Крім того, для окремих категорій товарів (наприклад, м’яса, риби, молочних продуктів) діють додаткові

санітарні правила, які визначають допустимі строки доставки, рівень вологості, способи розміщення і пакування.

Важливе значення мають також вимоги до супровідної документації: при перевезенні швидкопсувних вантажів обов'язково повинні бути наявності документи, що підтверджують якість та безпеку продукції, ветеринарні сертифікати (для тваринної продукції), санітарні довідки, а також документи про температурний контроль під час транспортування.

Загалом, дотримання законодавчих вимог у сфері перевезення швидкопсувних вантажів гарантує не лише безпеку продуктів для споживача, а й мінімізує ризики перевізника, оскільки невідповідність умовам транспортування може призвести до штрафів, втрати товару або притягнення до відповідальності.

Окрім того, у сучасних умовах активно впроваджується система НАССР (Hazard Analysis and Critical Control Points – аналіз небезпечних факторів і контроль у критичних точках), що забезпечує простежуваність і контроль якості продукції на всіх етапах – від виробництва до кінцевого споживача, включаючи транспортування. Застосування цієї системи є обов'язковим для підприємств харчової галузі, які здійснюють експорт або міжнародні перевезення швидкопсувних товарів.

Організація міжнародних автомобільних перевезень швидкопсувних харчових продуктів передбачає суворе дотримання положень Угоди АТР документу, який став галузевим стандартом у Європі й далеко за її межами. Для перевізника це не просто дотримання формальностей, а щоденна робота з цілою низкою технічних, організаційних та документальних процедур. З огляду на вимоги Угоди, кожен етап має власну специфіку та детальні регламенти, що суттєво впливають на якість кінцевого результату.

На першому етапі компанія чи фізична особа, яка планує перевозити швидкопсувні продукти, зобов'язана підібрати відповідний транспортний засіб. Його конструкція має відповідати суворим технічним параметрам. Найбільшу увагу приділяють теплоізоляції вантажного відсіку. Сучасні

рефрижераторні кузови створюють із застосуванням спеціалізованих сендвіч-панелей, які дають змогу зменшити теплові втрати до мінімуму. Рівень ізоляції контролюється не на око, а за допомогою точних методик вимірювання коефіцієнта теплопередачі. Наприклад, класичний рефрижератор АТР-категорії FRC повинен мати значення цього коефіцієнта не більше $0,4 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$, і навіть найменші містки холоду як щілини або неправильне встановлення дверей можуть призвести до невідповідності.

Першим етапом для підприємства або перевізника, що планує здійснювати міжнародні перевезення швидкопсувних харчових продуктів, є визначення та комплектування транспортного засобу, який відповідає вимогам АТР. Відповідність включає наявність ізотермічного кузова із нормативною товщиною теплоізоляції, відсутністю містків холоду, щільно прилеглими дверима і люками. Обов'язковою є комплектація холодильним або морозильним агрегатом, здатним підтримувати визначений температурний режим у всіх точках об'єму кузова при зовнішніх температурах, що відповідають умовам експлуатації.

До технічних параметрів відносять коефіцієнт теплопередачі, що для категорії FRC не повинен перевищувати $0,4 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$, а для ізотермічних кузовів класу IN – не більше $0,7 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$. Перевізник має обрати тип агрегату (автономний або комбінований), визначити відповідність його потужності об'єму кузова, а також передбачити багатоточковий температурний контроль із застосуванням каліброваних датчиків.

Далі транспортний засіб підлягає процедурі атестації. Випробування проводять акредитовані організації відповідно до міжнародних стандартів і вимог Угоди АТР. Процедура включає:

- випробування теплоізоляції кузова методом стабілізованої різниці температур;
- перевірку герметичності, працездатності ущільнень дверей, люків, стиків;

- тестування холодильного устаткування на підтримку нормативних температур при різних режимах навантаження;
- калібрування температурних датчиків.

За підсумками атестації складається протокол, на підставі якого видається сертифікат АТР міжнародного зразка із зазначенням класу транспортного засобу (IN, IR, FNA, FRC тощо), строку дії та ідентифікаційних даних транспортного засобу. Сертифікація дійсна 6 років для нової техніки, після чого або після ремонту чи модернізації проводять повторну переатестацію кожні 3 роки.

Перед кожним рейсом транспортний засіб проходить процедуру санітарної обробки, про що складається відповідний акт. Перед завантаженням виконується передохолодження вантажного простору до необхідної температури, контроль проводиться штатними або додатковими датчиками.

Навантаження здійснюється з урахуванням розподілу вантажу для забезпечення рівномірної циркуляції повітря, уникнення затримки холоду або перегріву окремих зон. Продукти розміщують на піддонах або стелажах із повітряним зазором від підлоги та стін кузова. Операції вантаження, час, температурні показники і санітарний стан фіксуються в контрольних листах або електронних журналах.

Під час транспортування відповідальний за рейс здійснює постійний контроль температури згідно з регламентом: не рідше ніж кожні 3 години із внесенням даних у журнал температурного контролю. При виявленні відхилень виконується комплекс аварійних заходів згідно з інструкцією перевізника (зупинка, перевантаження, зв'язок із замовником).

Транспортний засіб супроводжується оригіналом свідоцтва АТР, комплектом товарно-транспортних накладних (у міжнародних перевезеннях – CMR), актами санітарної обробки, сертифікатами якості вантажу, ветеринарними та фітосанітарними документами. До пакету обов'язково додаються роздруківки або електронні копії термограм із реєстраторів температури за весь період транспортування. Зберігання документації

здійснюється відповідно до вимог АТР не менше 1 року після завершення перевезення.

Після доставки продукції одержувачу виконується контроль температурного режиму безпосередньо при вивантаженні, перевіряється цілісність упаковки, а також проводиться актування прийому-передачі вантажу. Всі супровідні документи та термограми додаються до пакету приймальної документації. У разі виявлення невідповідності вантажу чи температурного режиму складається акт із зазначенням причин та можливих наслідків для якості продукції.

1.3. Класифікація автомобілів для перевезення швидкопсувних вантажів

Автомобілі для транспортування швидкопсувних вантажів зазвичай поділяють за рівнем теплоізоляції, типом холодильного обладнання, способом підтримки температури, а також за вантажопідйомністю. Одна з головних ознак – наявність ізотермічного кузова, що суттєво зменшує теплообмін із зовнішнім середовищем. Для цього використовують багатошарові сендвіч-панелі з поліуретановим чи пінополістирольним утеплювачем, які з обох боків вкриті волого- і паронепроникним матеріалом, переважно алюмінієм або спеціальними композитами.

За призначенням автомобілі поділяють на ізотермічні (що лише ізолюють вантаж від зовнішньої температури), рефрижераторні (з активними холодильними установками) та морозильні автомобілі, здатні підтримувати наднизькі температури, необхідні для перевезення продуктів глибокої заморозки. Серед конструктивних рішень важливою є також герметичність дверей, наявність додаткових перегородок для розділення вантажу за температурними зонами, а також інтеграція систем вентиляції для рівномірного розподілу холодного повітря всередині кузова.

Ще одним принципом класифікації є відмінність між суцільнометалевими фургонами (монтуються на шасі малотонажних автомобілів або вантажівок), напівпричепами-рефрижераторами для

сідельних тягачів та спеціалізованими контейнерами, що застосовуються у мультимодальних перевезеннях.

Основу сучасних систем охолодження складають механічні (компресорні) холодильні установки. Їхня робота ґрунтується на стисканні і розширенні холодоагенту, що дозволяє відводити тепло з внутрішнього об'єму кузова. Для малотонажних автомобілів найчастіше використовують агрегати з приводом від двигуна авто, тоді як великовантажні напівпричепи оснащують автономними дизель-генераторними холодильними машинами. Перевагою компресорних систем є їхня універсальність, надійність, достатньо висока продуктивність і гнучкість у виборі температурних режимів. Важливий технічний аспект – здатність до швидкого виходу на потрібну температуру навіть за несприятливих зовнішніх умов, наприклад, при високій температурі навколишнього повітря.

Абсорбційні установки використовуються рідше і переважно у випадках, коли потрібна автономна робота від газу чи електроенергії у місцях без підключення до зовнішнього електроживлення. Принцип їхньої дії полягає у використанні суміші аміаку та води або розчинів бромистого літію для створення температурного перепаду. Їхня перевага – простота обслуговування, мінімальна кількість рухомих частин та можливість тривалої безшумної роботи, проте потужність і швидкість охолодження поступаються компресорним аналогам.

Кріогенні системи забезпечують охолодження за допомогою випаровування зріджених газів, найчастіше азоту або вуглекислого газу. У таких системах відсутні компресори, а охолодження відбувається миттєво, що є критично важливим для перевезення особливо чутливих до температури продуктів, наприклад, вакцин, біопрепаратів, морепродуктів. Основними перевагами є висока швидкість охолодження, відсутність вібрацій, низький рівень шуму, можливість точного підтримання температурного режиму навіть під час стоянки без доступу до електромережі.

Автономні електричні холодильні установки використовуються як у складі повністю електричних вантажівок, так і у вигляді автономних агрегатів для звичайних фургонів. Їхній розвиток пов'язаний із загальними тенденціями до декарбонізації транспорту, зменшенням викидів CO₂ і можливістю підтримувати температуру як у русі, так і під час стоянки шляхом підключення до зовнішнього живлення. Додатково такі системи забезпечують зниження рівня шуму, що важливо для міських доставок у нічний час.

Системи на основі сухого льоду або гелевих акумуляторів холоду застосовуються переважно для невеликих партій вантажу, при перевезенні фармацевтичної продукції, біологічних зразків, окремих харчових продуктів, які мають суворі вимоги до температурного режиму.

Важливою складовою міжнародної логістики швидкопсувних продуктів є дотримання вимог Угоди про міжнародні перевезення швидкопсувних харчових продуктів (АТР). Саме ця угода встановлює чіткі класи спеціалізованого транспорту. До них відносяться:

Ізотермічні транспортні засоби (IN) – це автомобілі з високоякісною теплоізоляцією, які дозволяють суттєво уповільнити теплообмін, але не оснащені власними холодильними агрегатами. Вони використовуються переважно для вантажів, що не потребують суворої підтримки температури, або у поєднанні із засобами пасивного охолодження.

Рефрижератори (FR), відповідно до поділу за АТР, мають власний холодильний агрегат та поділяються на підкласи залежно від підтримуваного температурного діапазону: FNA – для вантажів, які потребують підтримки температури від 0 до +12°C; FNB – для вантажів із температурою від -10 до 0°C; FRC – для підтримки температури до -20°C і нижче, що дозволяє перевозити глибоко заморожені продукти, такі як м'ясо, риба, морепродукти, морозиво.

Для особливих вантажів, які потребують не лише охолодження, а й підтримки підвищеної температури (наприклад, теплі страви чи напої у

зимовий період), застосовуються транспортні засоби класу RCA/RCB з можливістю обігріву або багатозонального температурного регулювання.

Таблиця 1.1 – Класифікація транспортних засобів для перевезення швидкопсувних продуктів

Клас транспортного засобу	Тип конструкції	Температурний режим, що підтримується	Основне призначення	Типові вантажі
IN	Ізотермічний кузов	Пасивне утримання температури	Захист від зовнішнього нагріву або холоду, без активного охолодження	Фрукти, овочі, кондитерські вироби, яйця
IR	Ізотермічний з холодильником	До +12°C	Підтримка охолодженої температури для вантажів, чутливих до тепла	Молочні продукти, напої, свіже м'ясо, риба
FNA	Рефрижератор	0°C ... +12°C	Перевезення охолоджених продуктів, що потребують строго контрольованої позитивної температури	М'ясо, риба, молочні продукти, фрукти, овочі
FNB	Рефрижератор	0°C ... -10°C	Перевезення продуктів, що вимагають глибшого охолодження	Заморожені овочі, напівфабрикати, ковбаси
FRC	Рефрижератор	0°C ... -20°C і нижче	Транспортування глибоко заморожених вантажів, найсуворіші вимоги до ізоляції та підтримки температури	Морожене м'ясо, риба, морепродукти, морозиво
FRB	Рефрижератор	До -20°C	Заморожені продукти за менш суворих вимог до ізоляції	Заморожені продукти, морозиво, ягідні пюре
RCA/RCB	Рефрижератор з обігрівом	Може охолоджувати і нагрівати	Підтримка як низьких, так і позитивних температур (наприклад, для	Готові страви, випічка, напої, продукти, чутливі до переохолодження



Рисунок 1.2 – Напівпричепи Krone Cool Liner

Schmitz Cargobull (Німеччина) напівпричепи-рефрижератори, серії S.KO COOL, обладнані системами температурного моніторингу і багатоточковими датчиками.

Легкові та малотонажні моделі представлені Fiat Ducato Refrigerated Van (малотонажний фургон із холодильним агрегатом Carrier Pulsor 400) або аналогічним. Mercedes-Benz Sprinter Frigo різні модифікації, з можливістю вибору класу (FNA/FRC), використовується агрегат Thermo King V-500.



Рисунок 1.3 – Малотонажний автомобіль Mercedes-Benz Sprinter Frigo

Volvo FL Electric Reefer - середньотоннажний повністю електричний вантажний автомобіль, розроблений спеціально для міської та регіональної

дистрибуції швидкопсувних продуктів. Основою шасі є електрифікована модифікація Volvo FL, оснащена рефрижераторним (холодильним) кузовом.

Автомобіль має колісну формулу 4x2 з допустимою повною масою від 16 до 18 тонн. Корисний об'єм фургона до 35 м³, а вантажопідйомність до 7,5 тонн.

Електродвигун потужністю до 200 кВт, безшумний у роботі, з крутним моментом до 425 Н·м, що забезпечує високі тягові характеристики в міських умовах. Літій-іонна батарея ємністю 200–265 кВт·год (залежно від версії), що забезпечує запас ходу від 200 до 300 км без підзарядки (в умовах міського циклу).

Кузов оснащений багатошаровою теплоізоляцією, що відповідає класу FRC згідно з АТР – підтримання температури до -20°C і нижче для глибокої заморозки. У автомобілі використовуються сучасні електричні холодильні агрегати, наприклад, Thermo King E-200 або аналогічні Carrier, які не залежать від дизельного двигуна.



Рисунок 1.4 – Volvo FL Electric Reefer

1.4. Класифікація автомобільних джерел холоду

Сучасні автомобільні рефрижераторні системи охоплюють широкий спектр технологій, що дозволяє обирати оптимальне рішення залежно від типу вантажу, маршруту та умов експлуатації.

Основні типи джерел холоду для автомобільних рефрижераторів можуть різнитись за фізичним принципом та ралізацією технології охолодження.

Автомобільні холодильні установки за типом джерела холоду поділяють на такі основні групи: механічні (компресорні), абсорбційні, сорбційні (адсорбційні та хімічні), а також установки з використанням акумульованого холоду (акумуляційні) і термоелектричні системи.

Механічні системи є найбільш поширеними у сучасних рефрижераторних автомобілях. Принцип їхньої роботи базується на циклі стискання-парової компресії, що дозволяє здійснювати ефективне відведення тепла з ізольованого кузова назовні. Ключовим елементом такої системи є компресор, який забезпечує циркуляцію холодоагенту (найчастіше – R404A, R452A, R134a чи сучасні альтернативи із низьким GWP) у замкненому контурі. Компресорні установки поділяються за джерелом енергії на такі підтипи. Привід від двигуна автомобіля через механічний привід (наприклад, через ремінну передачу чи муфту), або ж автономні дизель-генераторні установки.





Рисунок 1.5 – Механічні (компресорні) холодильні установки

Компресор стискає пароподібний холодоагент, після чого останній надходить у конденсатор, де віддає тепло та переходить у рідкий стан. Далі рідина надходить через терморегулюючий вентиль (ТРВ) у випарник, де відбувається інтенсивне випаровування й поглинання тепла з вантажного відсіку. Таким чином забезпечується зниження температури у кузові. Системи мають герметичний контур, що включає компресор, конденсатор, випарник, ресивер-осушувач, фільтри та трубопроводи.

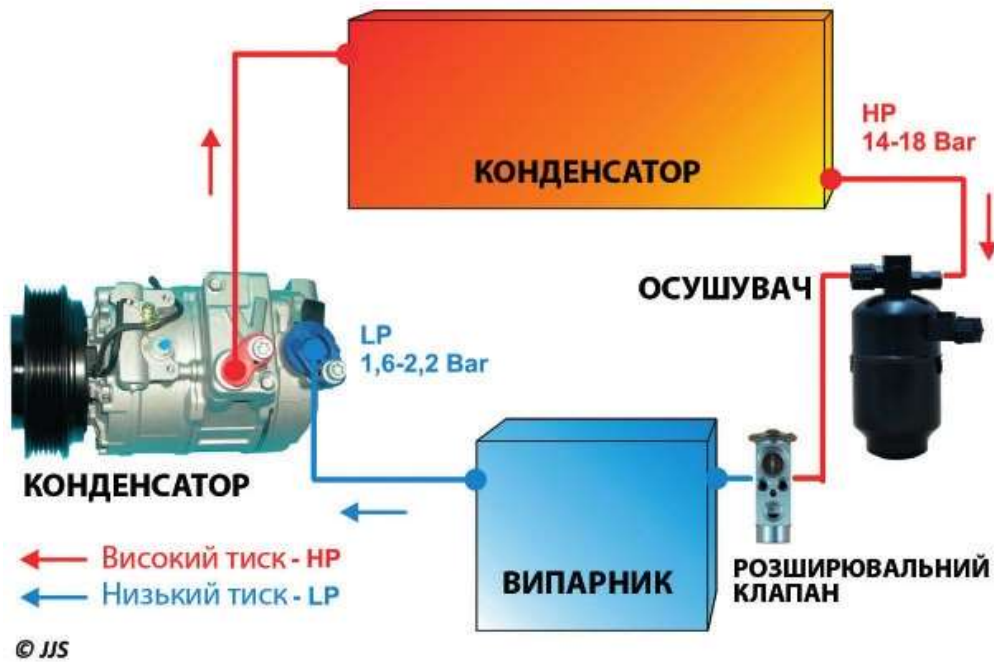


Рисунок 1.6 – Принцип роботи механічних (компресорних) холодильних установок

Абсорбційні системи працюють за принципом хімічної абсорбції парів холодоагенту рідким абсорбентом. Найчастіше застосовують пари аміаку, які абсорбуються водою або іншою рідиною. Відновлення робочого циклу здійснюється шляхом нагрівання суміші для випаровування холодоагенту.

Такі системи характеризуються відсутністю рухомих механічних частин, низьким рівнем шуму, можливістю роботи на різних джерелах енергії (тепло від двигуна, електрика, газ), однак поступаються компресорним установкам за коефіцієнтом корисної дії, швидкістю та точністю регулювання температури. Абсорбційні установки зазвичай застосовують для невеликих автомобілів, ізотермічних причепів або у випадках, коли потрібна автономність і простота обслуговування.

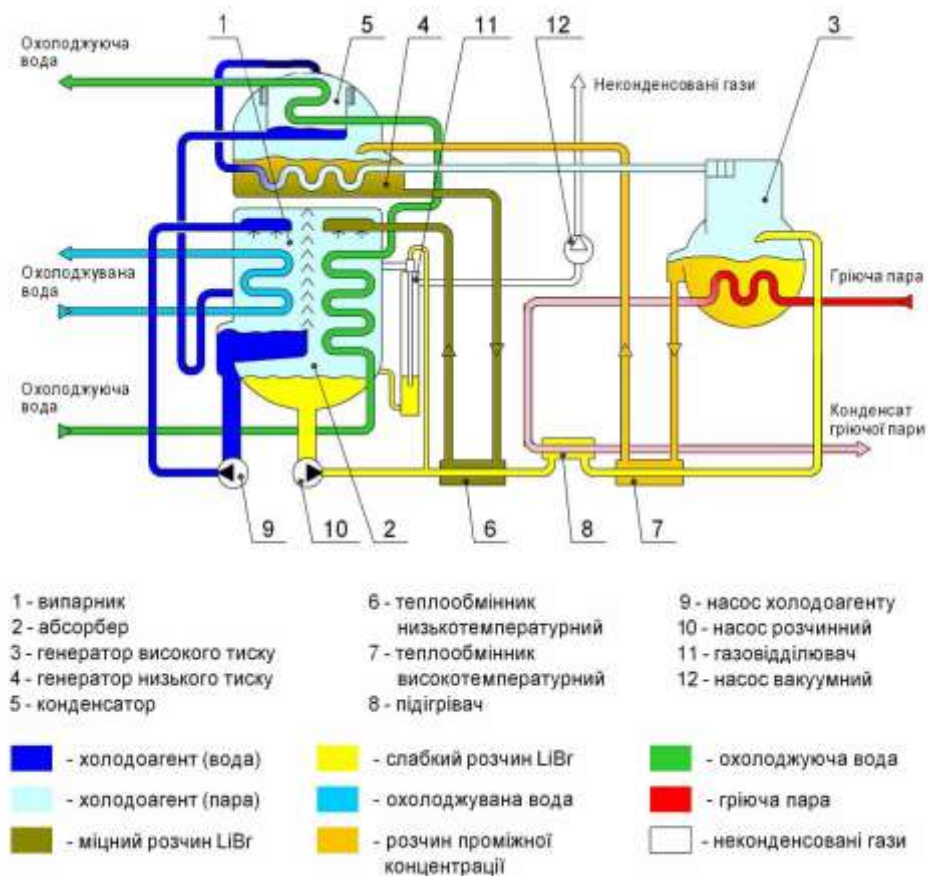


Рисунок 1.7 – Принцип роботи абсорбційних холодильних установок

До групи адсорбційних хімічних систем належать адсорбційні холодильники, які базуються на здатності деяких твердих речовин (наприклад, цеоліти чи активоване вугілля) поглинати й утримувати пари холодоагенту. Принцип роботи передбачає регенерацію адсорбенту шляхом підігріву, що призводить до десорбції та відновлення циклу.

Такі системи поки рідко використовуються у вантажному транспорті через обмежену потужність і складність забезпечення стабільної продуктивності при тривалих перевезеннях. Їхня головна перевага – екологічність, відсутність компресорів і, відповідно, менший ризик витоків холодоагенту.

Акумуляційні джерела холоду засновані на попередньому акумулюванні холоду у фазо-змінних матеріалах (PCM, наприклад, соляні розчини або спеціальні гелі), які заморожують на спеціалізованих базах, а потім використовують для пасивного охолодження під час перевезення.

Автомобіль обладнується контейнерами або пластинами з РСМ, які виділяють холод протягом усього рейсу. Основна перевага це повна автономність, відсутність необхідності у джерелі енергії під час руху, мінімальне технічне обслуговування. До недоліків відносять обмежену тривалість підтримки температури, залежність від температури навколишнього середовища, складність точної регуляції.

Термоелектричні холодильники працюють на основі ефекту Пельтьє перенесення тепла через напівпровідниковий модуль при подачі електричного струму. Такі системи застосовуються у невеликих автомобілях, ізотермічних контейнерах і для персональних перевезень.



Рисунок 1.8 – Принцип роботи холодильних установок типу Пельтьє

До переваг відносять компактність, відсутність рухомих частин, тиха робота, простота керування, здатність працювати як на охолодження, так і на нагрівання. Однак ефективність таких систем значно нижча за компресорні аналоги, тому вони малопридатні для транспортування великих об'ємів або при перевезенні вантажів, що вимагають суворого дотримання температурного режиму.

1.5. Класифікація компресорних установок для автомобільного транспорту

Компресорні холодильні установки поділяють за конструкцією компресора, типом приводу та особливостями холодоагенту.

Найбільш поширені поршневі компресори, відрізняються надійністю, простотою обслуговування, високою ефективністю при різних режимах роботи. В автомобільних рефрижераторах зазвичай застосовують компресори двох основних конфігурацій: одноциліндрові і двоциліндрові (для малих і середніх об'ємів кузова). Багатоциліндрові (4, 6 і навіть 8 циліндрів), які використовуються для магістральних рефрижераторних напівпричепів та великих фургонів.

В залежності від застосування, поршневі компресори можуть бути одноступеневими (стиснення відбувається в одному циліндрі, достатньо для температур до $-10...-15^{\circ}\text{C}$) та двоступеневими (мають два ступені стискання, дозволяють досягти температури до -30°C і нижче, що актуально для глибокої заморозки).

Поршневі компресори характеризуються високим коефіцієнтом продуктивності, механічною надійністю і відносною простотою обслуговування. Їх ККД у холодильних системах зазвичай складає 0,5–0,7. Параметри роботи підбираються з урахуванням теплового навантаження (Q), температури зовнішнього середовища, типу холодоагенту, необхідного тиску нагнітання та всмоктування.



Рисунок 1.9 – Поршневий компресор

Основні технічні параметри:

- Робочий тиск: від 8 до 25 бар (залежно від моделі та типу холодоагенту).
- Продуктивність: від 1,5 до 10 кВт (для автомобільних рефрижераторів середнього класу).
- Об'ємна подача: від 10 до 60 м³/год.
- Частота обертання валу: 1000–3000 об/хв.
- Температура конденсації: 35...55°C.
- Температура кипіння (у випарнику): від -25°C до +7°C.

Спиральні (спірально-обертальні) компресори – мають менше рухомих частин, менший рівень шуму, плавніший хід, вищий ККД у режимах часткового навантаження. Поширені у сучасних автономних та електричних установках. Основним елементом спірального компресора є два спіралідні диски (спіралі), які розташовані одна всередині іншої. Одна з цих спіралей закріплена нерухомо, а інша здійснює обертальні або орбітальні рухи без власної осі обертання. При роботі компресора рухома спіраль поступово

зміщується відносно нерухомої, внаслідок чого між стінками спіралей утворюються ізольовані порожнини.

Під час обертання рухомої спіралі ці порожнини переміщуються від периферії до центру, поступово зменшуючись у розмірі. За рахунок цього відбувається стискання газу (холодоагенту), який на вході потрапляє у крайові камери, а на виході у центрі спіралі подається у нагнітальний трубопровід під підвищеним тиском. Важливо, що спіральні компресори не мають зворотно-поступальних елементів, тому в них майже відсутнє динамічне навантаження і різкі зміни тиску, що значно знижує знос деталей.

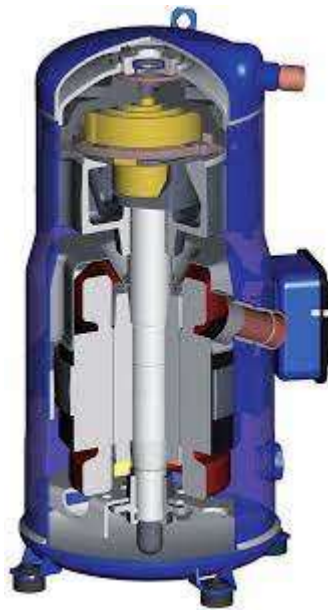


Рисунок 1.10 – Спіральний компресор

Поршневі компресори залишаються найпоширенішими в транспортній рефрижерації через універсальність і простоту обслуговування. Проте спіральні моделі мають перевагу у надійності, рівномірності роботи, компактності і меншій кількості рухомих деталей. Для сучасних електричних або гібридних рефрижераторних установок (особливо у міських умовах) спіральні компресори є оптимальним вибором завдяки низьким енерговитратам та високій ефективності при малих і середніх навантаженнях.

Роторні компресори – компактні, ефективні для малих об'ємів. Використовуються переважно у термоелектричних та невеликих мобільних

рефрижераторах. Найпоширенішою конструкцією є лопатковий роторний компресор, в якому ротор має кілька пазів, у які вставлені лопатки, виготовлені зі спеціальних композитних або металевих матеріалів.

Під час обертання ротора лопатки під дією відцентрової сили притискаються до внутрішньої поверхні циліндричного корпусу, утворюючи робочі камери. Об'єм цих камер поступово зменшується у міру обертання ротора, внаслідок чого відбувається стиснення холодоагенту. Вкінці циклу стиснутий холодоагент подається у нагнітальну магістраль.

Існують також інші типи роторних компресорів, наприклад, спіральнороторні або пластинчасто-роторні, проте в транспортних холодильних установках найчастіше застосовують саме лопаткові роторні компресори.

Гвинтові компресори застосовуються у великовантажних системах, де потрібна висока продуктивність і постійна підтримка низької температури. Мають стабільну роботу, менше зношуються, однак дорожчі в обслуговуванні.

За типом приводу поділяються на механічний привід від двигуна класичний варіант для вантажівок із ДВЗ через клинові ремені, муфти або кардан. Електричний привід, де компресор живиться від тягової батареї чи автономного генератора.

Висновки за розділом

1. Швидкопсувні продукти становлять особливу категорію вантажів, для якої порушення температурного або вологісного режиму під час перевезення майже завжди призводить до різкого зниження якості, втрати харчової цінності чи навіть повної непридатності до споживання. Це стосується як продуктів тваринного походження (м'ясо, риба, молочні продукти, яйця), так і овочів, фруктів, кондитерських виробів, біологічних препаратів, медикаментів, свіжих рослин тощо.

2. Основною вимогою для транспортних засобів, що використовуються для перевезення швидкопсувних вантажів, є забезпечення сталого і контрольованого мікроклімату у вантажному відсіку, Типовими є жорсткі

температурні обмеження: від глибокої заморозки ($-18\dots-25^{\circ}\text{C}$ для м'яса, риби, напівфабрикатів) до помірного охолодження ($+2\dots+8^{\circ}\text{C}$ для молочних продуктів, свіжих овочів і фруктів) чи підтримки вологості для квітів та зелені.

3. Під час транспортування швидкопсувних продуктів навіть короткочасне відхилення від встановлених умов може спровокувати незворотні біохімічні та мікробіологічні процеси, які суттєво впливають на безпеку і придатність продукції до споживання. Для підтримки необхідного температурного режиму застосовуються спеціалізовані ізотермічні кузови, холодильні та морозильні установки, багатозональні системи.

РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

2.1 Розрахунок необхідної потужності для роботи компресора

Двигун OM 613 L6 – це 6-циліндровий дизельний двигун, широко використовуваний у вантажних автомобілях і комерційному транспорті. Основними характеристиками є робочий об'єм 3,2 л, номінальна потужність близько 160-190 кВт (залежно від модифікації), номінальні оберти 4600 об/хв, питома витрата палива на рівні 210–220 г/кВт·год.

Під час роботи компресорної холодильної установки, частина потужності двигуна передається безпосередньо на компресор через механічний привід (наприклад, через ремінну передачу або муфту). Відбір потужності від колінчастого валу зменшує ефективну потужність, доступну для руху автомобіля, і збільшує сумарну витрату палива.

Розрахунок необхідної потужності для компресора:

Потрібна холодильна потужність ($Q_{хол}$) для підтримки температури в кузові -18°C визначається за формулою:

$$Q_{хол} = q_{теплонад} \times V_{кузова} \quad (2.1)$$

де: $q_{теплонад}$ - теплове навантаження на 1 м³ кузова (Вт/м³);

$V_{кузова}$ - об'єм кузова (м³).

Для стандартного рефрижераторного кузова об'ємом 30 м³, теплове навантаження залежить від різниці температур усередині кузова та навколишнього середовища, ізоляції кузова, площі теплообміну.

Загальне теплове навантаження визначається як:

$$Q_{теплонад} = K \times S \times (T_{зовн} - T_{внут}) \quad (2.2)$$

де: K – коефіцієнт теплопередачі кузова (Вт/м²·К);

S – площа поверхні кузова (м²);

$T_{зовн}$ – температура зовнішнього повітря ($^{\circ}\text{C}$);

$T_{внут}$ – температура всередині кузова ($^{\circ}\text{C}$, для заморозки = -18°C);

Для розрахунку беремо типовий коефіцієнт теплопередачі для рефрижераторів класу FRC: $K = 0,4 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$, площа кузова $S = 60 \text{ м}^2$ (типовий напівпричіп).

Розрахунок теплового навантаження для трьох температур: $T_{\text{зовн}} = +5^\circ\text{C}$, $T_{\text{зовн}} = +15^\circ\text{C}$, $T_{\text{зовн}} = +25^\circ\text{C}$.

$$Q_{\text{теплонад}} = 0,4 \times 60 \times (T_{\text{зовн}} - (-18)). \quad (2.3)$$

Для $+5^\circ\text{C}$: $Q_{\text{теплонад}} = 0,4 \times 60 \times (5 + 18) = 0,4 \times 60 \times 23 = 552 \text{ Вт}$.

Для $+15^\circ\text{C}$: $Q_{\text{теплонад}} = 0,4 \times 60 \times (15 + 18) = 0,4 \times 60 \times 33 = 792 \text{ Вт}$.

Для $+25^\circ\text{C}$: $Q_{\text{теплонад}} = 0,4 \times 60 \times (25 + 18) = 0,4 \times 60 \times 43 = 1032 \text{ Вт}$.

У реальних умовах теплове навантаження може бути вищим, тому для розрахунків беремо із запасом, наприклад, $+30\%$.

Холодильний коефіцієнт (COP, EER) компресора залежить від тиску в системі та різниці температур (температури кипіння у випарнику та конденсації в конденсаторі). При нижчому тиску (10 bar) COP вищий (ефективність вища).

При вищому тиску (18 bar) COP нижчий (ефективність нижча, зростає споживання потужності).

Типові значення COP для компресорів:

- 18 bar (високий тиск): COP = 1,5–1,8.

- 10 bar (нижчий тиск): COP = 2,0–2,4.

Потужність, споживана компресором:

$$N_{\text{компр}} = Q_{\text{хол}} / \text{COP} \quad (2.4)$$

Для кожного температурного режиму (використаємо COP = 1,7 для 18 bar і COP = 2,2 для 10 bar):

Для $+5^\circ\text{C}$, 18 bar: $N_{\text{компр}} = 552 / 1,7 = 325 \text{ Вт}$.

Для $+5^\circ\text{C}$, 10 bar: $N_{\text{компр}} = 552 / 2,2 = 251 \text{ Вт}$.

Для $+15^\circ\text{C}$, 18 bar: $N_{\text{компр}} = 792 / 1,7 = 466 \text{ Вт}$.

Для $+15^\circ\text{C}$, 10 bar: $N_{\text{компр}} = 792 / 2,2 = 360 \text{ Вт}$.

Для $+25^\circ\text{C}$, 18 bar: $N_{\text{компр}} = 1032 / 1,7 = 607 \text{ Вт}$.

Для $+25^\circ\text{C}$, 10 bar: $N_{\text{компр}} = 1032 / 2,2 = 469 \text{ Вт}$.

Питома витрата палива дизельного двигуна OM 603 складає приблизно 0,22 кг/кВт·год (або 220 г/кВт·год).

Таблиця 2.1- Розрахунок необхідної потужності для компресора

Температура зовн., °C	Тиск у системі, bar	COP	Теплове навантаження, Вт	Потужність компресора, Вт	Витрата палива, кг/год
+5	18	1,7	552	325	0,072
+5	10	2,2	552	251	0,055
+15	18	1,7	792	466	0,103
+15	10	2,2	792	360	0,079
+25	18	1,7	1032	607	0,134
+25	10	2,2	1032	469	0,103

Холодильний коефіцієнт (COP, EER) компресора залежить від тиску в системі та різниці температур (температури кипіння у випарнику та конденсації в конденсаторі).

При нижчому тиску (10 bar) COP вищий (ефективність вища). При вищому тиску (18 bar) COP нижчий (ефективність нижча, зростає споживання потужності). Типові значення COP для компресорів:

8 bar (високий тиск): COP = 1,5–1,8

10 bar (нижчий тиск): COP = 2,0–2,4

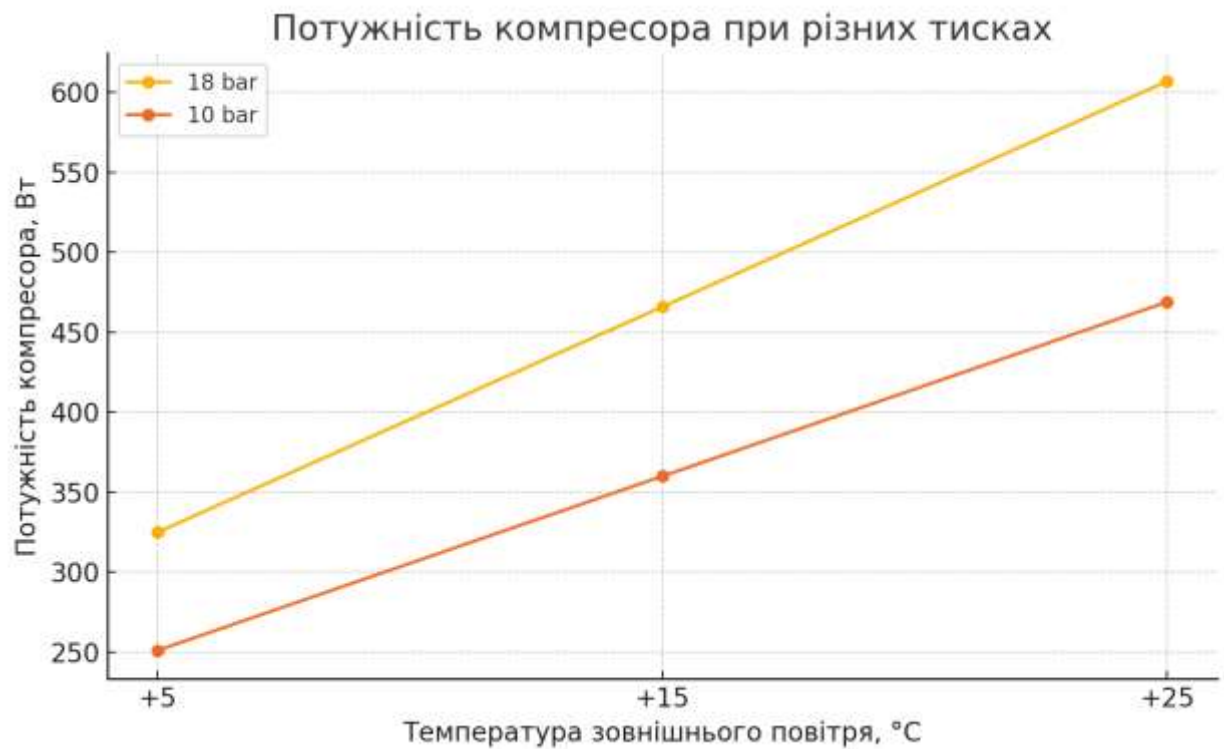


Рисунок 2.1 - Розрахунок необхідної потужності для компресора

Загальна витрата палива на роботу компресора:

$$G_{\text{палива}} = N_{\text{компр}} \times g_{\text{пит}} \quad (2.5)$$

де: $G_{\text{палива}}$ – витрата палива, кг/год.

$N_{\text{компр}}$ – потужність компресора, кВт.

$g_{\text{пит}}$ – питома витрата палива, кг/кВт·год.

Тоді:

Для +5°C, 18 bar: $G_{\text{палива}} = 0,325 \times 0,22 = 0,072$ кг/год.

Для +5°C, 10 bar: $G_{\text{палива}} = 0,251 \times 0,22 = 0,055$ кг/год.

Для +15°C, 18 bar: $G_{\text{палива}} = 0,466 \times 0,22 = 0,103$ кг/год.

Для +15°C, 10 bar: $G_{\text{палива}} = 0,360 \times 0,22 = 0,079$ кг/год.

Для +25°C, 18 bar: $G_{\text{палива}} = 0,607 \times 0,22 = 0,134$ кг/год.

Для +25°C, 10 bar: $G_{\text{палива}} = 0,469 \times 0,22 = 0,103$ кг/год.

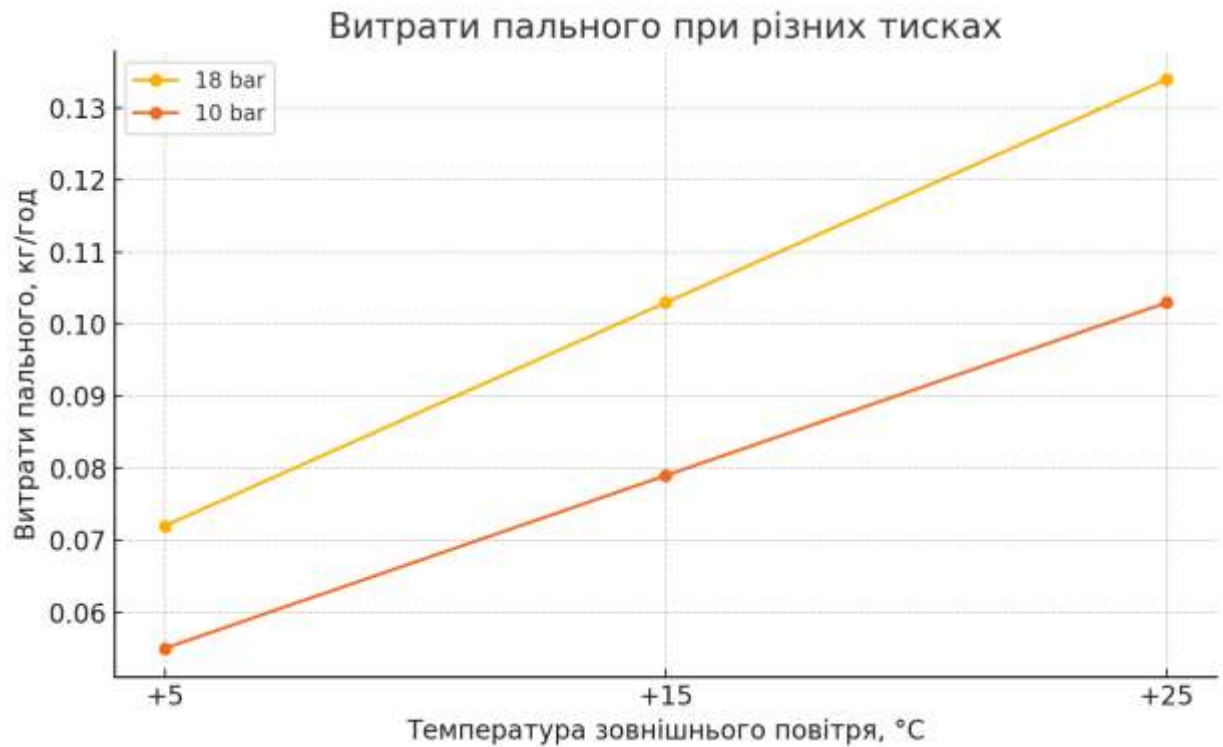


Рисунок 2.2 - Розрахунок витрати палива

Проведені розрахунки засвідчують, що зниження тиску в системі компресора рефрижератора з 18 до 10 бар за незмінної температури в кузові – 18°C суттєво підвищує енергетичну ефективність роботи установки. При зменшенні тиску зростає COP, а, відповідно, зменшуються затрати потужності та витрати дизельного палива двигуном OM 613 на роботу холодильного агрегату. З підвищенням температури зовнішнього повітря пропорційно зростають теплові втрати, що вимагає збільшення відбору потужності та витрат палива. Економічний ефект від експлуатації компресора на зниженому тиску особливо відчутний при високих температурах довкілля.

2.2. Розрахунок витрати потужності під час перевезення м'ясопродуктів

- Вихідні дані для розрахунків:
- Температура в кузові ($T_{вн}$): -18°C.
- Об'єм кузова (V): 30 м³.
- Площа теплообміну (S): 60 м².

- Коефіцієнт теплопередачі (K): 0,4 Вт/м²·К (для FRC).
- Температура зовнішнього повітря ($T_{зовн}$): +5°C, +15°C, +25°C.
- Тиск в установці (високий): 16 бар (відповідно до Thermo King, режим –18°C).
- Тиск низької сторони: 1,6 бар.
- COP компресора при 16 бар: ~1,8 (для сучасних агрегатів).
- Питома витрата палива дизеля: 0,22 кг/кВт·год.
- Двигун OM 613: номінальна потужність 110 – 190 кВт.
- Маса продукту: 1,5 т м'яса (для підрахунку додаткового теплового навантаження при охолодженні).

Розрахунок теплового навантаження ($Q_{теплонад}$)

$$Q_{теплонад} = K \times S \times (T_{зовн} - T_{вн}) \quad (2.6)$$

Розрахунок для кожної температури:

$$T_{зовн} = +5^\circ\text{C}: Q_{теплонад} = 0,4 \times 60 \times (5 - (-18)) = 0,4 \times 60 \times 23 = 552 \text{ Вт.}$$

$$T_{зовн} = +15^\circ\text{C}: Q_{теплонад} = 0,4 \times 60 \times (15 - (-18)) = 0,4 \times 60 \times 33 = 792 \text{ Вт.}$$

$$T_{зовн} = +25^\circ\text{C}: Q_{теплонад} = 0,4 \times 60 \times (25 - (-18)) = 0,4 \times 60 \times 43 = 1032 \text{ Вт.}$$

Додаткове навантаження: охолодження 1,5 т м'яса з –5°C до –18°C.

Теплоємність м'яса: $c = 2,3$ кДж/кг.

$$K \Delta T = -18 - (-5) = -13^\circ\text{C.}$$

$$m = 1\,500 \text{ кг.}$$

Кількість теплоти необхідної для охолодження:

$$Q_{охол} = m \times c \times |\Delta T| \quad (2.7)$$

$$Q_{охол} = 1\,500 \times 2\,300 \times 13 = 44\,850\,000 \text{ Дж (або 44,85 МДж).}$$

Щоб знайти потужність для охолодження за 4 години (14 400 с):

$$N_{охол} = Q_{охол} / t = 44\,850\,000 / 14\,400 = 3\,116 \text{ Вт.}$$

Додаємо цю потужність до поточних втрат тільки на період активного охолодження (завантаження).

Підсумкова холодильна потужність ($Q_{охол}$):

Для підтримки температури: $Q_{теплонад}$ (розраховано вище).

Для активного охолодження після завантаження: $Q_{теплонад} + N_{охол}$

Далі рахуємо окремо підтримку температури (стабільний режим) і активне охолодження (період після завантаження).

Розрахунок споживаної потужності компресора:

$$N_{\text{компр}} = Q_{\text{хол}} / CO \quad (2.8)$$

Підтримка температури (-18°C):

$$T_{\text{зовн}} = +5^{\circ}\text{C}: N_{\text{компр}} = 552 / 1,8 = 307 \text{ Вт.}$$

$$T_{\text{зовн}} = +15^{\circ}\text{C}: N_{\text{компр}} = 792 / 1,8 = 440 \text{ Вт.}$$

$$T_{\text{зовн}} = +25^{\circ}\text{C}: N_{\text{компр}} = 1\,032 / 1,8 = 573 \text{ Вт.}$$

Активне охолодження (додаємо $N_{\text{охол}}$):

$$T_{\text{зовн}} = +5^{\circ}\text{C}:$$

$$Q_{\text{сум}} = 552 + 3\,116 = 3\,668 \text{ Вт.}$$

$$N_{\text{компр}} = 3\,668 / 1,8 = 2\,038 \text{ Вт.}$$

$$T_{\text{зовн}} = +15^{\circ}\text{C}:$$

$$Q_{\text{сум}} = 792 + 3\,116 = 3\,908 \text{ Вт.}$$

$$N_{\text{компр}} = 3\,908 / 1,8 = 2\,171 \text{ Вт.}$$

$$T_{\text{зовн}} = +25^{\circ}\text{C}:$$

$$Q_{\text{сум}} = 1\,032 + 3\,116 = 4\,148 \text{ Вт.}$$

$$N_{\text{компр}} = 4\,148 / 1,8 = 2\,304 \text{ Вт.}$$

Розрахунок витрати палива $G_{\text{палива}} = N_{\text{компр}} \times g_{\text{тит}}$ (де $N_{\text{компр}}$ – у кВт)

Підтримка температури:

$$T_{\text{зовн}} = +5^{\circ}\text{C}: G_{\text{палива}} = 0,307 \times 0,22 = 0,067 \text{ кг/год.}$$

$$T_{\text{зовн}} = +15^{\circ}\text{C}: G_{\text{палива}} = 0,440 \times 0,22 = 0,097 \text{ кг/год.}$$

$$T_{\text{зовн}} = +25^{\circ}\text{C}: G_{\text{палива}} = 0,573 \times 0,22 = 0,126 \text{ кг/год.}$$

Активне охолодження (після завантаження):

$$T_{\text{зовн}} = +5^{\circ}\text{C}: G_{\text{палива}} = 2,038 \times 0,22 = 0,449 \text{ кг/год.}$$

$$T_{\text{зовн}} = +15^{\circ}\text{C}: G_{\text{палива}} = 2,171 \times 0,22 = 0,478 \text{ кг/год.}$$

$$T_{\text{зовн}} = +25^{\circ}\text{C}: G_{\text{палива}} = 2,304 \times 0,22 = 0,507 \text{ кг/год.}$$

Таблиця 2.2 - Підтримка температури -18°C

Темп. зовн., $^{\circ}\text{C}$	$Q_{\text{теплонад}}, \text{Вт}$	$N_{\text{компр}}, \text{Вт}$	Витрата палива, кг/год
+5	552	307	0,067
+15	792	440	0,097
+25	1032	573	0,126

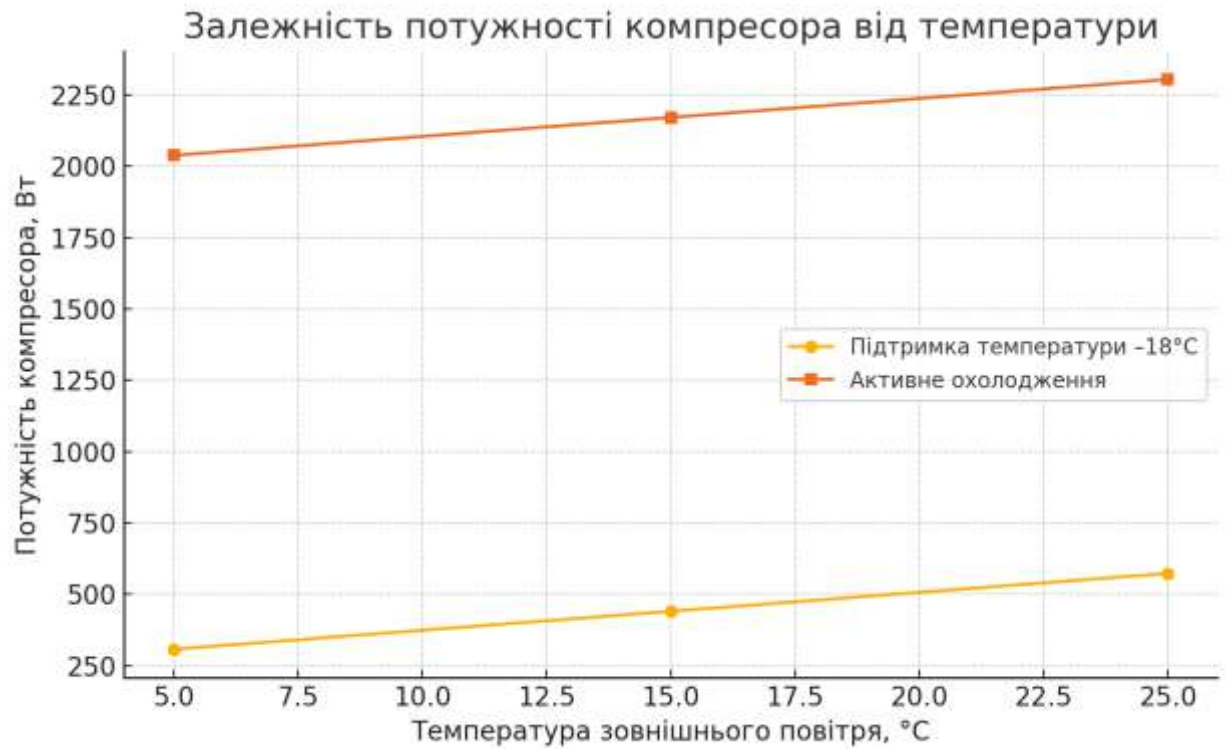


Рисунок 2.3 – Споживана потужність для заданих умов

Таблиця 2.3 - Активне охолодження (з -5°C до -18°C , 1,5 т м'яса, 4 години)

Темп. зовн., $^{\circ}\text{C}$	$Q_{\text{сум}}, \text{Вт}$	$N_{\text{компр}}, \text{Вт}$	Витрата палива, кг/год
+5	3 668	2 038	0,449
+15	3 908	2 171	0,478
+25	4 148	2 304	0,507

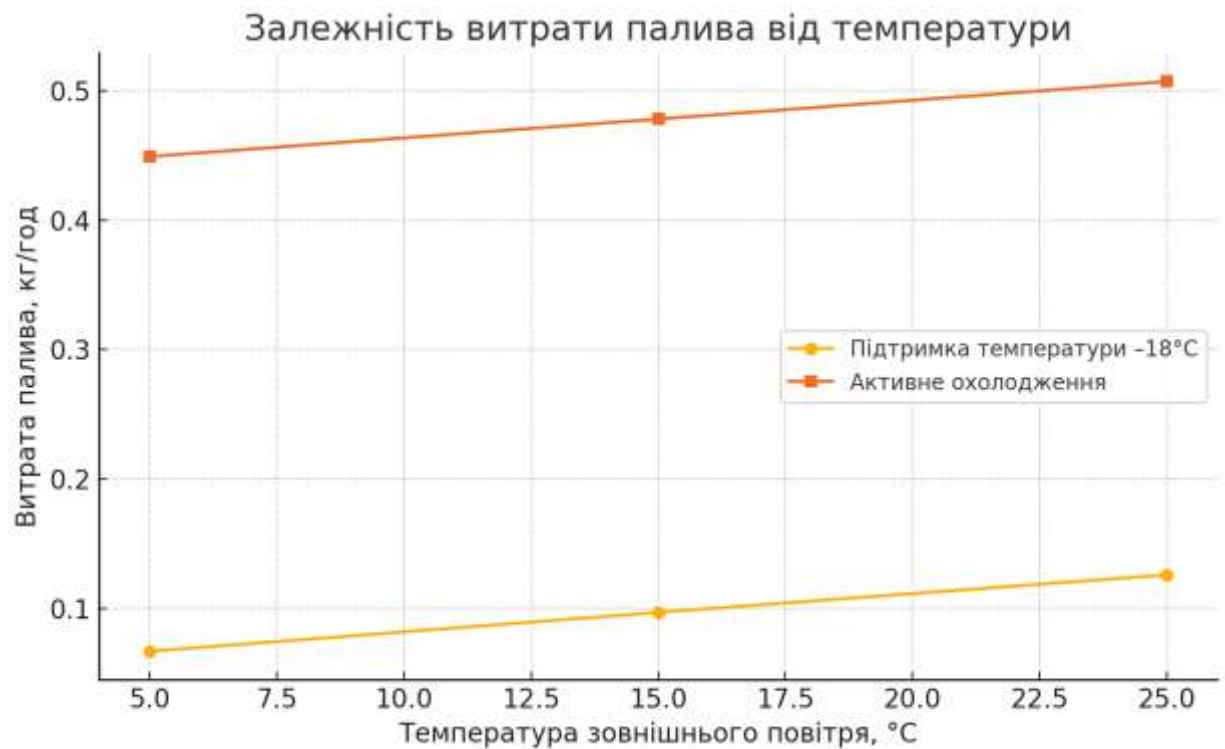


Рисунок 2.4 - Розрахунок витрати палива для заданих умов

Висновки за розділом

1. Підтримка температури -18°C для перевезення м'яса вимагає від компресорної установки 300–600 Вт (підтримка), що відповідає 0,067–0,13 кг дизпалива на годину при різних температурах зовнішнього повітря.

2. Активне охолодження 1,5 т м'яса з -5°C до -18°C протягом 4 годин вимагає у 6–7 разів більше потужності (2–2,3 кВт), і витрата дизпалива в цей період досягає 0,45–0,5 кг/год.

3. Витрати компресорної установки тісно залежать від COP (ефективності), яка визначається тиском у системі, різницею температур та якістю ізоляції кузова.

РОЗДІЛ 3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Методика діагностики системи охолодження

Таблиця 3.1 - Технологічно-операційна карта технічного обслуговування рефрижератора Thermo King

№	Операція	Інструменти, матеріали	Перелік технічних дій	Контрольовані параметри	Норматив / оцінка
1	Зовнішній огляд агрегата, корпусу, панелей	Ліхтар, рукавички, дзеркало	Огляд корпусу, перевірка цілісності ізоляції, стану дверей, ущільнювачів, відсутності іржі, тріщин	Відсутність дефектів, цілісність, стан замків та ущільнень	Відсутність пошкоджень, відхилень
2	Перевірка рівня та стану холодоагенту	Манометричний колектор, термометр, індикатор	Підключити колектор, виміряти тиск у високому/низькому контурах, оцінити індикатор	Тиск у системі (бар), температура конденсації, кипіння	Норма для R404A: всмоктування 1,5–2,5; нагнітання 15–18 бар
3	Очищення конденсатора, випарника	Щітка, компресор повітря, пилосос	Очистити поверхню від забруднень, продуть повітрям, перевірити відсутність сторонніх предметів	Температура на вході/виході теплообмінників, різниця ΔT	ΔT не менше 10–15°C, чисті поверхні
4	Перевірка приводного ремня компресора	Ключ, штангенциркуль, лінійка	Оцінити знос ремня, виміряти натяг і профіль, при потребі відрегулювати чи замінити	Натяг (мм), знос (візуально), наявність тріщин	Натяг ремня згідно інструкції (зазв. 10–15 мм), відсутність тріщин
5	Перевірка електричних з'єднань	Мультиметр, викрутка	Огляд контактів, перевірка ізоляції, опір, напруга живлення	Опір, напруга на вузлах (В), відсутність корозії	Відхилення $\leq 5\%$ від номіналу, контакти чисті

6	Очищення та перевірка дренажу	Гнучка трубка, вода, щітка	Перевірити прохідність дренажу, видалити засмічення, промити	Пропускна здатність, відсутність води під випарником	Вода не накопичується, дренаж вільний
7	Перевірка теплоізоляції кузова	Тепловізор, рулетка, вологомір	Огляд панелей, вимір тепловтрат, визначення місць втрати	Температура поверхонь, товщина, вологість утеплювача	Відсутність містків холоду, товщина ≥ 60 мм
8	Перевірка паливної системи	Ключ, паливний фільтр, шприц	Огляд трубопроводів, фільтрів, усунення протікань, заміна фільтра	Відсутність протікань, стан фільтра	Паливо чисте, фільтр замінено згідно графіка
9	Огляд і долив масла в компресорі	Масломір, олива	Вимір рівня масла, долив за потреби	Рівень оливи (по щупу/склу)	Межа відповідно до інструкції
10	Огляд системи вентиляції	Фільтри, пілосос, запасні фільтри	Перевірка стану, заміна/очищення фільтрів, перевірка вентканалів	Чистота фільтрів, потік повітря	Повітряний потік не зменшений, фільтр чистий
11	Перевірка автоматики та датчиків	Сканер Thermo King, ноутбук	Перевірка роботи датчиків, калібрування, тест автоматики	Покази датчиків ($^{\circ}\text{C}$), помилки контролера	Відхилення $\leq 0,5^{\circ}\text{C}$, немає кодів помилок
12	Перевірка реле і захисту	Мультиметр, ключ	Огляд реле, автоматів, тестування захисту від перевантаження	Справність реле, відсутність підгорянь	Захист спрацьовує, реле в нормі
13	Контрольна робота під навантаженням	Термометр, секундомір, тест-продукт	Запуск агрегата, контроль виходу на режим, фіксація часу охолодження	Час виходу на температуру, шум, вібрації	Вихід у режим ≤ 30 хв, шум нормальний
14	Оформлення результатів ТО	Сервісний журнал, планшет	Внесення даних у документацію, формування акта ТО	Заповнений журнал, електронний акт	Дані внесені, акти зберігаються

3.2 Оцінка ефективності роботи системи охолодження вибігом автомобіля

Автомобіль Mercedes-Benz Sprinter із рефрижераторним кузовом на довгій базі є однією з найбільш популярних платформ для транспортування швидкопсувних продуктів у міських і регіональних логістичних ланцюгах. Його головними перевагами є місткість, економічність, маневреність і висока адаптивність до різних умов експлуатації (рис. 3.1).



Рисунок 3.1 – Автомобіль Mercedes-Benz Sprinter із рефрижераторним кузовом

Довга база автомобіля Sprinter дозволяє облаштувати ізоtermічний кузов корисним об'ємом до 15–17 м³, що дає змогу перевозити вантаж масою до 1200–1500 кг з підтримкою необхідного температурного режиму.

У стандартній комплектації двигун Sprinter розвиває потужність до 190 кВт, частина потужності постійно відбирається через привід агрегату (близько 1,5–3,5 кВт у середньому режимі, залежно від потужності установки та температурних умов). Внаслідок цього спостерігається незначне зниження динамічних показників, особливо при розгоні й русі на підйомах.

Робота холодильного агрегата суттєво впливає на загальну витрату дизельного палива. Залежно від температурного навантаження, різниці між зовнішньою і внутрішньою температурою, а також класу теплоізоляції кузова, додаткові витрати пального можуть становити 0,3–0,7 л/100 км у міському циклі й до 1,0 л/100 км у літній період при перевезенні заморожених продуктів. Зростання навантаження на двигун спричиняє також підвищення температури охолоджуючої рідини та збільшує частоту вмикання вентилятора.

Сучасні спринтери-рефрижератори обладнані багатоточковими температурними датчиками, що дозволяє вести моніторинг у реальному часі. Однак при перевантаженні кузова чи високій температурі навколишнього середовища (понад +30°C) компресор працює з підвищеним навантаженням, що може викликати короткочасні відхилення від заданого режиму.

У реальних умовах експлуатації найбільший вплив роботи компресора спостерігається у міському циклі, коли часті зупинки й розвантаження призводять до втрати холоду, а установка працює у піковому режимі. У таких випадках загальна витрата палива може зрости до 12–14 л/100 км, у порівнянні з 10–11 л/100 км без холодильного агрегата.

Для проведення розрахунків споживаної потужності дизельного двигуна Mercedes-Benz Sprinter, оснащеного рефрижераторною установкою, застосовано програмний інструмент Torque Pro. Цей мобільний додаток широко використовується для комплексної діагностики транспортних засобів та отримання актуальних даних із електронного блоку керування двигуном (ECU) через стандартний OBD-II інтерфейс.

На початковому етапі дослідження необхідно забезпечити надійний зв'язок між електронним діагностичним адаптером (типу ELM327) і

мобільним пристроєм із встановленим додатком Torque Pro. Для цього адаптер підключають до стандартного діагностичного роз'єму OBD-II, після чого здійснюють з'єднання зі смартфоном або планшетом за допомогою протоколів Bluetooth або Wi-Fi. Для цілей дослідження доцільно активувати індикатори, які відповідають за відображення величини споживаної потужності двигуна — це можуть бути параметри «Engine Power», «Calculated Power», а також «Engine Load», що відображає ступінь завантаження двигуна під час руху.

У процесі експлуатації автомобіля з активною компресорною установкою рефрижератора здійснюється фіксація змін значень цих параметрів у різних дорожніх та температурних умовах. Зібрані дані дозволяють кількісно оцінити вплив роботи рефрижераторної системи на загальну витрату потужності та подальшу витрату пального під час виконання транспортної задачі. Усі результати реєструються для подальшого аналізу (див. рис. 3.2).

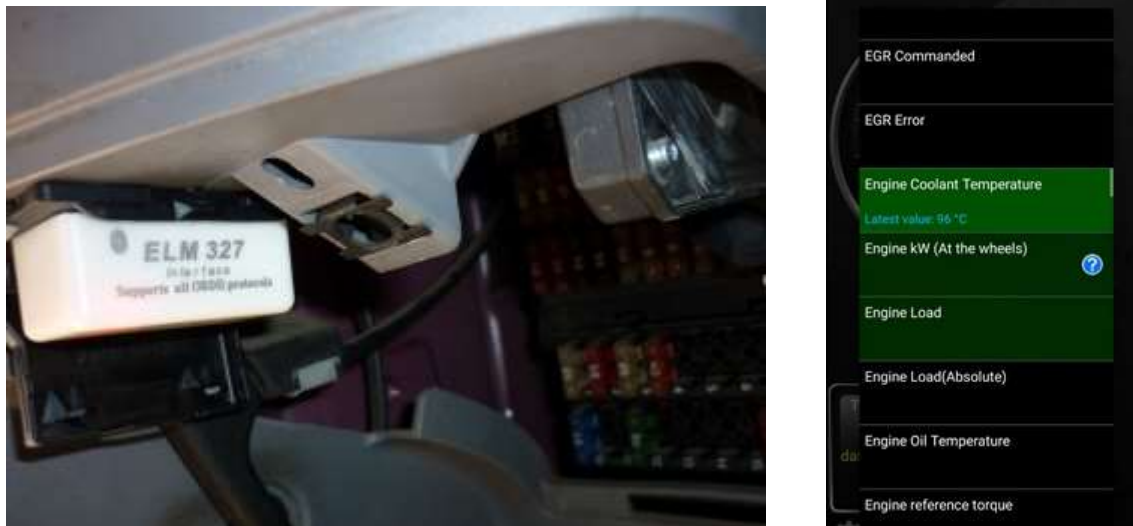


Рисунок 3.2 – Запис параметрів роботи двигуна автомобіля
Mercedes-Benz Sprinter

Згідно отриманих даних встановлено, що додаткове споживання через компресор:

- для режиму охолодження (+2...+8°C) збільшиться на 0,4...0,7 л/100 км;

для заморожування (-18°C) зростає на $0,7 \dots 1,1$ л/100 км

Через відбір потужності на компресор витрачається механічна енергія двигуна для приводу компресора. для кожного кВт спожитої компресором потужності ДВЗ витрачає приблизно $0,22\text{--}0,26$ кг дизпального за годину (залежно від режиму та навантаження).

Лінія росту потужності компресора практично лінійна від $1,6$ кВт при 13 бар (охладження) до $2,3$ кВт при 18 бар (заморожування). При переході з охолодження на заморожування споживана потужність зростає до $30\text{--}35\%$.

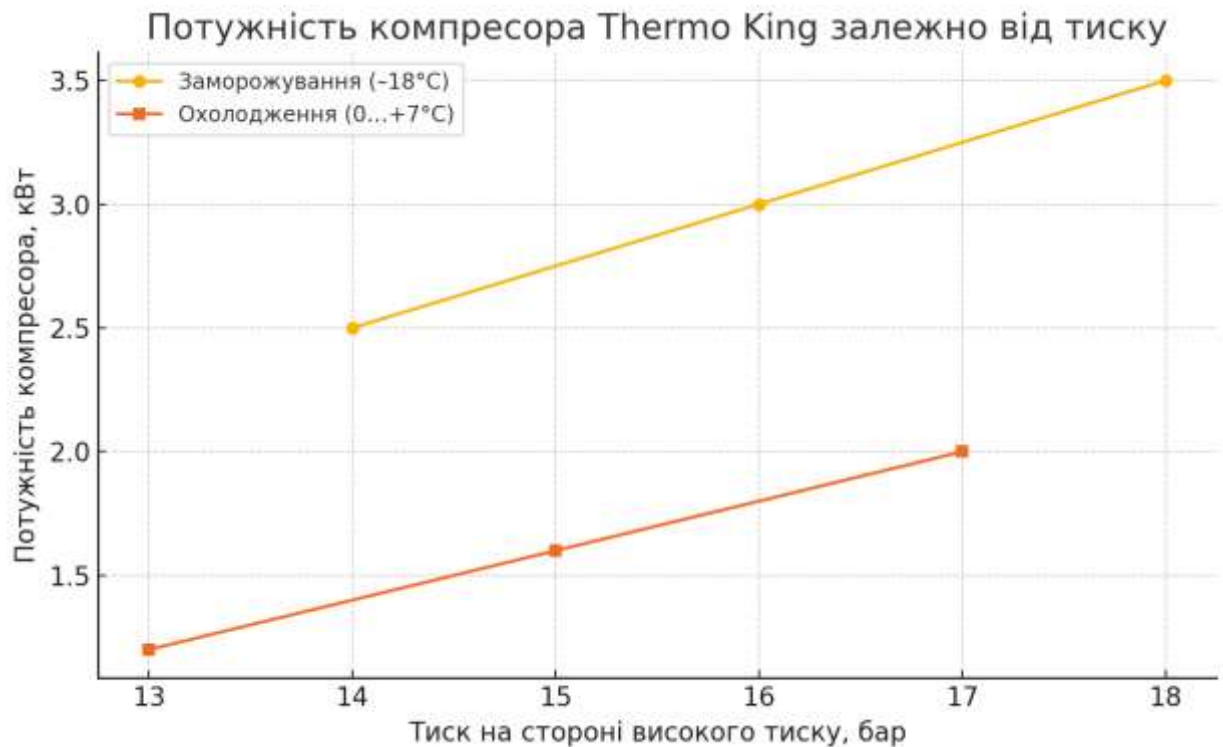


Рисунок 3.3 – Зміна споживаної потужності компресора Thermo King залежно від тиску в системі

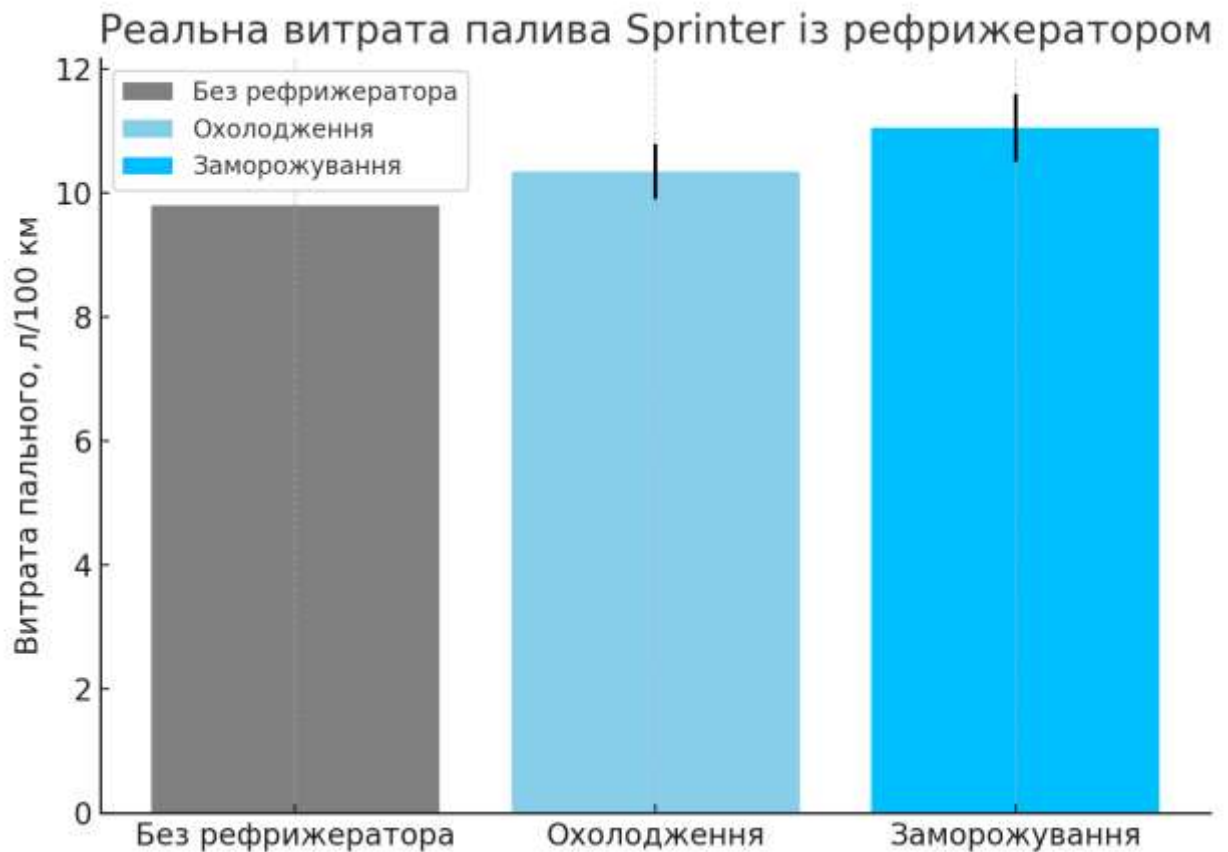


Рисунок 3.4 – Зміна споживання пального залежно від режиму
охолодження

Як видно із графіку, лінія витрати пального автомобіля Sprinter з рефрижератором за умови базової витрати (без компресора) становить 9 л/100 км.

З урахуванням роботи компресора у режимі охолодження: 9,7–10,2 л/100 км. Тоді як з урахуванням компресора у режимі заморожування: 10,2–10,8 л/100 км.

Висновки за розділом

1. Підтримка низьких температур (-18°C) значно підвищує навантаження на компресорну установку та двигун, що призводить до істотного (до 10–12%) зростання витрати пального.

2. Вплив температури навколишнього середовища суттєвий: при підвищенні зовнішньої температури навіть на 10°C теплове навантаження зростає, відповідно зростає і витрата пального. Зниження тиску у системі дозволяє оптимізувати споживану потужність і знизити додаткові витрати пального.

3. Вибір компресора та налаштування системи має враховувати не лише необхідний температурний режим, а й енергетичну ефективність для мінімізації експлуатаційних витрат.

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Вимоги пожежної безпеки під час проведення електроналагоджувальних робіт

Пожежна безпека підприємств забезпечується шляхом проведення організаційно-технічних та інших заходів з попередження пожеж, забезпечення безпеки людей, зниження можливих матеріальних збитків, зменшення негативних екологічних наслідків, створення умов для швидкого виклику пожежних підрозділів та успішного гасіння пожеж, а також евакуації з зони виникнення та можливого розповсюдження пожежі людей, документів і матеріальних цінностей [10], [25].

Для забезпечення безпеки персоналу та пожежників, які беруть участь у гасінні пожежі електроустановок під напругою, застосовуються індивідуальні ізолюючі електрозахисні засоби (діелектричні рукавиці, боти).

Кількість заземлень та індивідуальних ізолюючих захисних засобів і місця їх зберігання визначаються керівниками енергетичних об'єктів з розрахунку подачі вогнегасних засобів на електроустановки, які знаходяться під напругою.

Випробування електрозахисних засобів виконується енергетичним об'єктом в установленому порядку.

Забороняється використання заземлюючих пристосувань і електрозахисних засобів для інших цілей, крім випадків пожеж або проведення спільних з пожежними підрозділами ДПО тренувань (навчань) на об'єкті.

При виникненні пожежі на енергетичному об'єкті особа, яка першою виявила займання, зобов'язана негайно повідомити начальника зміни електростанції (диспетчера або чергового підстанції, підприємства електромереж), старшого зміни та приступити до гасіння пожежі засобами пожежогасіння, дотримуючись при цьому правил техніки безпеки.

Начальник зміни електростанції (диспетчер підстанції або підприємства електромережі) під час гасіння пожежі повинен забезпечити посилення охорони території об'єкта і не допускати до місця пожежі сторонніх осіб.

Старший у зміні особисто або за допомогою чергового персоналу зобов'язаний визначити місце осередку пожежі, можливі шляхи її поширення, загрозу діючому електрообладнанню, яке опинилося в зоні пожежі, можливість виникнення нових осередків горіння на іншому електрообладнанні, а також до прибуття пожежних підрозділів виконати такі роботи:

- особисто або з допомогою чергового персоналу перевірити ввімкнення автоматичної установки пожежогасіння (при її наявності), а у випадку відмови задіяти її в ручному режимі;

- вжити заходів із створення безпечних умов для персоналу і пожежних підрозділів для ліквідації пожежі;

- провести можливі операції на технологічних установках (вимкнення або перемикання на обладнанні, витіснення водню з генератора, зняття напруги з електроустановок, зливання мастила з мастилобаків турбогенераторів тощо);

- приступити до гасіння пожежі силами та засобами енергетичного об'єкта;

- виділити для зустрічі пожежних підрозділів особу, яка добре знає місця заземлення технічних засобів і розташування під'їзних шляхів та вододжерел;

- при необхідності вжити заходів для охолодження водою металевих ферм, колон будівлі за допомогою пожежних кранів або стаціонарно встановлених лафетних пожежних стволів з урахуванням дотримання заходів техніки безпеки;

- проінформувати керівника гасіння пожежі (КГП) про безпечні маршрути руху пожежних на бойові позиції.

Під час гасіння пожежі робота пожежних підрозділів (розміщення сил і засобів пожежогасіння, зміна позицій, перехід від одних засобів пожежогасіння до інших тощо) проводиться з урахуванням вказівок старшої

особи з присутніх інженерно-технічних працівників енергетичного об'єкта або ОВБ [10], [25].

В свою чергу, старший з присутніх інженерно-технічних працівників або ОВБ погоджує з КГП свою роботу і розпорядження, а також інформує під час гасіння пожежі про зміни в стані роботи електроустановок та іншого обладнання.

Займання в електроустановках під напругою ліквідуються персоналом енергетичного об'єкта за допомогою ручних і пересувних вогнегасників. Гасіння пожежі ручними засобами в дуже задимлених приміщеннях енергетичних об'єктів (з видимістю до 10 метрів), з проникненням в них без зняття напруги з електроустановок і кабельних ліній не допускається.

Під час гасіння пожежі компактними та розпиленими струменями без зняття напруги з електроустановок ствол повинен бути заземлений, а ствольник має працювати в діелектричних ботах, діелектричних рукавицях і знаходитись на відстані від вогнища пожежі не меншій ніж 4–10 м залежно від рівня напруги.

Гасіння пожежі в приміщеннях з електроустановками під напругою всіма видами піни, а також водою зі змочувачами за допомогою ручних засобів забороняється. Особовому складу пожежних підрозділів категорично забороняється проводити будь-які переключення та інші операції з електротехнічним обладнанням на електростанції та підстанції.

Заходити до розподільчих улаштування та інших приміщень електротехнічних улаштувань з метою гасіння пожежі особовий склад пожежних підрозділів має право лише після одержання допуску та інструктажу персоналу, який обслуговує цей пристрій.

Основою безпечного гасіння пожежі електроустановок під напругою є суворе дотримання організаційно-технічних заходів, а також усвідомлена дисципліна пожежників, які зобов'язані суворо виконувати всі заходи із забезпечення безпеки гасіння.

Гасіння пожежі електроустановки під напругою КГП має право розпочати тільки після одержання відповідного письмового допуску та інструктажу персоналом, який обслуговує цю установку.

Гасіння пожежі електроустановок під напругою здійснюється за виконання таких обов'язкових умов:

не допускається наближення пожежних до струмопровідних частин електроустановок на відстань менше 4 метрів;

маршрути руху пожежних на бойові позиції КГП повинен погоджувати з черговим персоналом енергооб'єкта і конкретно вказувати кожному пожежнику під час інструктажу;

- пожежні і водії пожежних автомобілів, які забезпечують подачу вогнегасних речовин, повинні працювати в діелектричних рукавицях і взутті; подавання вогнегасних речовин необхідно проводити після заземлення ручних пожежних стволів і пожежних автомобілів;

- перестановку сил і засобів, зміну бойових позицій тощо КГП повинен виконувати після узгодження зі старшою посадовою особою з присутнього інженерно-технічного персоналу енергетичного об'єкта.

Правила техніки безпеки під час роботи з електроінструментом

Робота з абразивними інструментами представляє підвищену небезпеку унаслідок високих швидкостей різання, можливості розриву круга, утворення абразивного пилу і наявності аерозолів СОЖ. Перед початком роботи кожен круг до установки на верстат має бути перевірений на відсутність тріщин, вибоїн і інших дефектів. Круг без тріщин, підвішений на дерев'яний або металевий стрижень, при легкому простукуванні по торцю дерев'яним молоточком повинен видавати чистий звук. Круг із звуком, що деренчить, бракується. Перед установкою на шліфувальний або заточний верстат круг має бути випробуваний на міцність на спеціальних верстатах з швидкістю в 1,3–

разу більше робочої швидкості протягом 3–5 *мін* залежності від діаметру круга.

Після закріплення у фланцях круг необхідно балансувати. Статичне балансування виробляється на спеціальних верстатах, простих по своїй конструкції. Вони мають два паралельних сталевих, загартованих, чисто і точно прошліфованих валика, посередині яких встановлюється круг на облямовуванні. У фланцях є важки балансувань, які переміщуються в кільці пазу в потрібне положення до тих пір, поки круг з облямовуванням рівноважно не стоятиме на валиках стійко в будь-якому положенні. Зазор між периферією круга і передньою кромкою запобіжного козирка або кожуха має бути не більше 6 мм.

На робочому місці не повинно бути нічого зайвого. Бруд, пил, масло мають бути прибрані і на підлогу покладений дерев'яний настил. Необхідно надіти запобіжні окуляри; халат повинен мати вузькі манжети і бути застебнутий. Перед початком роботи перевірити справність верстата і місцевого освітлення.

При правці кругів дотримуються ті ж правила безпеки, що і при шліфуванні і заточуванні. Правлячий інструмент має бути жорстко закріплений на верстаті. Ручні правлячі інструменти повинні мати майданчики для опори їх на станину і упор, що оберігає від виривання інструменту з рук під час правки. Правлячий інструмент слід підводити до поверхні круга дуже обережно, плавно.

.3 Розрахунок витяжної системи ремонтної дільниці

Для нормальної роботи працівників в дільниці ремонту рульових рейок розраховуємо витяжну вентиляцію.

Схема витяжної мережі показана на рис. 4.1.

де K_3 – коефіцієнт запасу; $K_3 = 1,3 \dots 2$. Приймаємо $K_3 = 1,5$.

Для приміщень з нормальним мікрокліматом і при вмісті шкідливих речовин в межах норми повітрообмін визначаємо за формулою:

$$W = n \cdot W_0$$

Згідно пояснювальної записки дипломного проекту $n = 3$ чол. ,

У зв'язку з тим, що на одного працюючого припадає більше 20 м^3 об'єму приміщення приймаємо $W_0 = 20 \text{ м}^3/\text{год}$ [6]. м

Отже: /

$$W = 3 \cdot 20 = 60, \text{ м}^3/\text{год.}, \quad \Gamma$$

$$W_B = 1,5 \cdot 60 = 90, \text{ м}^3/\text{год.} \quad \text{О}$$

Враховуючи кратність повітрообміну $m = 12$, тоді Д

$$W = m \cdot W_B$$

$$W = 12 \cdot 90 = 1080, \text{ м}^3/\text{год.}$$

Визначаємо втрати тиску на прямих ділянках труб

$$H_{\text{вп}} = \frac{\varphi_T \cdot l_T \cdot \rho_B \cdot v_{cp}^2}{2d_T}$$

де φ_T – коефіцієнт, який враховує опір сталевих труб (для сталевих труб – 0,02)

v_{cp} – середня швидкість повітря на ділянці повітряної сітки, $v_{cp} = 8 \dots 12 \text{ м/с}$.

– довжина ділянки труби;

– діаметр труби;

ρ_B – густина повітря, для даних кліматичних умов $1,2 \text{ кг/м}^3$.

$$H_{\text{впI}} = \frac{0,02 \cdot 1,5 \cdot 1,2 \cdot 10^2}{2 \cdot 0,6} = 3 \text{ Па;}$$

$$H_{\text{впII}} = \frac{0,02 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 12^2}{2 \cdot 0,6} = 3,5 \text{ Па;}$$

$$H_{\text{впIII}} = \frac{0,02 \cdot 0,5 \cdot 1,2 \cdot 11^2}{2 \cdot 0,6} = 1,25 \text{ Па;}$$

$$H_{\text{впIV}} = \frac{0,02 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 10^2}{2 \cdot 0,6} = 2$$

Па;

$$H_{BIV} = \frac{0,02 \cdot 3 \cdot 1,2 \cdot 8^2}{2 \cdot 0,6} = 3,84 \text{ Па};$$

$$H_{BIVI} = \frac{0,02 \cdot 3 \cdot 1,2 \cdot 8^2}{2 \cdot 0,6} = 3,84 \text{ Па};$$

$$H_{BIVII} = \frac{0,02 \cdot 3 \cdot 1,2 \cdot 4^2}{2 \cdot 0,6} = 1,15 \text{ Па};$$

$$H_{BIVIII} = \frac{0,02 \cdot 6 \cdot 1,2 \cdot 2^2}{2 \cdot 0,6} = 0,48 \text{ Па};$$

$$H_{BPIX} = \frac{0,02 \cdot 3 \cdot 1,2 \cdot 1^2}{2 \cdot 0,6} = 0,06 \text{ Па};$$

$$H_{BPIX} = \frac{0,02 \cdot 6 \cdot 1,2 \cdot 1,21^2}{2 \cdot 0,6} = 0,2 \text{ Па};$$

$$H_{BPIXI} = \frac{0,02 \cdot 2 \cdot 1,2 \cdot 4^2}{2 \cdot 0,1} = 3,86 \text{ Па};$$

$$H_{BPIXII} = \frac{0,02 \cdot 2 \cdot 1,2 \cdot 2^2}{2 \cdot 0,1} = 0,96 \text{ Па};$$

$$H_{BPIXIII} = \frac{0,02 \cdot 3 \cdot 1,2 \cdot 1^2}{2 \cdot 0,1} = 0,36 \text{ Па};$$

$$H_{BPIXIV} = \frac{0,02 \cdot 3 \cdot 1,2 \cdot 1^2}{2 \cdot 0,25} = 0,36 \text{ Па}.$$

Розраховуємо місцеві втрати тиску в переходах та жалюзі

$$H_M = 0,5 \cdot \psi_M \cdot V_{CP}^2 \cdot \rho_B$$

$$H_{M1} = 0,5 \cdot 1,1 \cdot 11^2 \cdot 1,2 = 80 \text{ Па};$$

$$H_{M2} = 0,5 \cdot 1,1 \cdot 10^2 \cdot 1,2 = 65,8 \text{ Па};$$

$$H_{M3} = 0,5 \cdot 1,1 \cdot 9^2 \cdot 1,2 = 53,5 \text{ Па};$$

$$H_{M4} = 0,5 \cdot 1,1 \cdot 9^2 \cdot 1,2 = 53,46$$

$$H_{M5} = 0,5 \cdot 1,1 \cdot 8^2 \cdot 1,2 = 42,2 \text{ Па};$$

$$H_{M6} = 0,5 \cdot 1,1 \cdot 8^2 \cdot 1,2 = 42,24 \text{ Па};$$

$$H_{M7} = 0,5 \cdot 1,1 \cdot 4^2 \cdot 1,2 = 10,6 \text{ Па};$$

$$H_{M8} = 0,5 \cdot 1,1 \cdot 2^2 \cdot 1,2 = 2,6 \text{ Па};$$

$$H_{M9} = 0,5 \cdot 1,1 \cdot 2^2 \cdot 1,2 = 2,64 \text{ Па};$$

$$H_{M10} = 0,5 \cdot 1,1 \cdot 1^2 \cdot 1,2 = 0,7 \text{ Па}.$$

Визначаємо втрати в переході

$$H_{MA} = 0,5 \cdot \psi_M \cdot V_{CP}^2 \cdot \rho_B$$

$$H_{MA} = 0,5 \cdot 1,1 \cdot 11^2 \cdot 1,2 = 79,9 \text{ Па}.$$

Визначаємо втрати в жалюзях:

$$H_{MXI} = 0,5 \cdot 1,1 \cdot 5^2 \cdot 1,2 = 16,5 \text{ Па};$$

$$H_{MXII} = 0,5 \cdot 1,1 \cdot 1^2 \cdot 1,2 = 0,7 \text{ Па};$$

$$H_{MXIII} = 0,5 \cdot 1,1 \cdot 6^2 \cdot 1,2 = 23,8 \text{ Па};$$

$$H_{MXIV} = 0,5 \cdot 1,1 \cdot 7^2 \cdot 1,2 = 32 \text{ Па}.$$

Визначаємо сумарні втрати тиску

$$H_{BII} = H_{BII I} + H_{BII II} + H_{BII III} + \dots + H_{BII XIV}$$

$$H_{BII} = 3 + 3,5 + 1,25 + 2 + 2 \cdot 3,84 + 1,15 + 0,45 + 0,06 + 0,2 + 3,86 + 0,96 + 2 \cdot 0,36 = 24,86$$

$$\text{Па.} \quad H_{BM} = H_{BM1} + H_{BM2} + H_{BM3} + \dots + H_{BM10} + H_{MA} + H_{MXI} + H_{MXII}$$

Н

В

Визначаємо загальні втрати: М

$$H = H_{BII} + H_{BM}$$

$$H = 24,86 + 450,76 = 475,62 \text{ Па}.$$

Тому, приймаємо вентилятор № 3,2, з електродвигуном 4А80А4, частотою обертання $n = 1420 \text{ хв}^{-1}$, $N = 1,1 \text{ кВт}$, вентилятор серії В-ц14-46.

Отже, достатню кількість свіжого повітря на ділянці по ремонту кондиціонера забезпечено.

Висновки за розділом

У розділі розглянуто заходи з підвищення безпеки праці, проаналізовано небезпечні та шкідливі виробничі чинники під час робіт з електрообладнанням автомобілів.

РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Розрахунок експлуатаційних затрат під час використання автомобілів-рефрижераторів

Розрахунок проводиться по марках автомобілів [11], [19].

Для автомобілів Mercedes BENZ Sprinter потреба в пальному розраховується по формулі:

$$B_{\text{заг.}} = 1,005 \cdot \left(H_1 \cdot \frac{L_{\text{зр.}}}{100} \right) \cdot \left(1 + H_4 \cdot \frac{M_{\text{зим.}}}{12} \cdot 100 \right) \quad (5.1)$$

де H_1 - норма витрат пального на 100 км пробігу, л;

H_4 - надбавка на зимовий період (5%);

$M_{\text{зим.}}$ - кількість зимових місяців (при $t < 0^\circ\text{C}$).

$$B_{\text{заг.}} = 1,005 \cdot 2656500 \cdot \frac{9,5}{100} \cdot \left(1 + 5 \cdot \frac{4}{12 \cdot 100} \right) = 257856 \text{ л.}$$

Витрати на пальне складають:

$$З_{\text{п.}} = B_{\text{заг.}} \cdot Ц_{\text{п.}} \cdot \frac{K_{\text{тр-з}}}{1,2} \quad (5.2)$$

де $Ц_{\text{п.}}$ - ціна придбання пального, грн./л на 1 км (приймається оптова ціна пального);

$K_{\text{тр-з}}$ - коефіцієнт транспортно-заготівельних витрат (2...10%).

$$З_{\text{п.}} = 257856 \cdot 3,1 \cdot \frac{1,02}{1,2} = 679451 \text{ грн.}$$

Потрібна кількість мастильних матеріалів розраховується на основі витрат мастил, які встановлені на 100 л витраченого пального у перерахунку на 1 км пробігу [11], [19]:

- витрати на моторне мастило:

$$З_{\text{мм}} = H_{\text{мм}} \cdot B_{\text{заг.}} \cdot Ц_{\text{мм}} \cdot \frac{K_{\text{тр-з}}}{100 \cdot 1,2}$$

$$З_{\text{мм}} = 1,5 \cdot 257856 \cdot 1,87 \cdot \frac{1,04}{100 \cdot 1,2} = 6268 \text{ грн.}$$

- витрати на трансмісійне мастило:

$$З_{тр.м} = H_{тр.м} \cdot B_{заг.} \cdot Ц_{тр.м} \cdot \frac{K_{тр-3}}{100 \cdot 1,2} \quad (5.3)$$

$$З_{тр.м} = 0,15 \cdot 257856 \cdot 4,4 \cdot \frac{1,04}{100 \cdot 1,2} = 1475 \text{ грн.}$$

-Витрати на пластичні мастила:

$$З_{пм} = H_{пм} \cdot B_{заг.} \cdot Ц_{пм} \cdot \frac{K_{тр-3}}{100 \cdot 1,2}$$

$$З_{пм} = 0,1 \cdot 257856 \cdot 4,03 \cdot \frac{1,04}{100 \cdot 1,2} = 901 \text{ грн.}$$

-витрати на спеціальні мастила:

$$З_{см} = H_{см} \cdot B_{заг.} \cdot Ц_{см} \cdot \frac{K_{тр-3}}{100 \cdot 1,2} \quad (5.4)$$

$$З_{см} = 0,05 \cdot 257856 \cdot 4,32 \cdot \frac{1,04}{100 \cdot 1,2} = 483 \text{ грн.}$$

де $H_{мм}, H_{тр.м}, H_{пм}, H_{см}$ - норми витрат мастила на 100 л пального;

$Ц_{мм}, Ц_{тр.м}, Ц_{пм}, Ц_{см}$ - ціна придбання мастил на 1 км пробігу.

-витрати на гас:

$$З_{г} = H_{г} \cdot B_{заг.} \cdot Ц_{г} \cdot \frac{K_{тр-3}}{100 \cdot 1,2} \quad (5.5)$$

$$З_{г} = 0,5 \cdot 257856 \cdot 2,05 \cdot \frac{1,04}{100 \cdot 1,2} = 2291 \text{ грн.}$$

-витрати на обтиральні матеріали:

$$З_{об.} = H_{об.} \cdot A_{с} \cdot Ц_{об.} \cdot K_{тр-3} \quad (5.6)$$

де $Ц_{об.}$ - ціна обтиральних матеріалів, грн. /кг;

$H_{об.}$ - норма витрат обтиральних матеріалів, кг (приймається 24...45кг на один автомобіль в рік).

$$З_{об.} = 10 \cdot 40 \cdot 1 \cdot 1,04 = 416 \text{ грн.}$$

-витрати на інші експлуатаційні матеріали:

$$З_{ін.} = H_{ін.} \cdot A_{с} \quad (5.7)$$

де $H_{in.}$ - норма витрат інших експлуатаційних матеріалів, грн. /авт.

$$Z_{in.} = 150 \cdot 40 = 6000 \text{ грн.}$$

Всього витрат:

$$Z_{n-мас1} = Z_n + Z_{mm} + Z_{тр.м} + Z_{лм} + Z_{см} + Z_z + Z_{об.} + Z_{in.} \quad (5.8)$$

$$Z_{n-мас1} = 679451 + 6268 + 1475 + 901 + 483 + 2291 + 416 + 6000 = 697285 \text{ грн.}$$

5.2 Розрахунок затрат на технічне обслуговування автомобілів

Витрати на запчастини і матеріали для рухомого складу [26], [27]:

$$Z_{зч.мат.} = 0,05 \cdot \Phi_a \quad (5.9)$$

де Φ_a - балансова вартість автомобілів.

Для автомобілів Mercedes BENZ Sprinter :

$$Z_{зч.мат.1} = 0,05 \cdot 842800 = 42140 \text{ грн.}$$

Потреба в автомобільних шинах:

$$A_{ш} = L_{зр.} \cdot n_{ш} \cdot \frac{K_{ш}}{L_n} \quad (5.10)$$

де $n_{ш}$ - число шин на кожному автомобілі без врахування запасного колеса, шт.;

$K_{ш}$ - коефіцієнт, який враховує перепробіг шин понад встановлених норм пробігу;

L_n - нормативний пробіг шин даної марки, км.

Витрати на шини:

$$Z_{ш} = A_{ш} \cdot C_{ш} \cdot \frac{K_{тр-1}}{1,2} \quad (5.11)$$

де $C_{ш}$ - ціна комплексу (покришка, обвідна стрічка, камера) без врахування ПДВ.

Для автомобіля Mercedes BENZ Sprinter використовуються шини:

$$A_{ш1} = 2656500 \cdot 4 \cdot \frac{1}{55000} = 193 \text{ шт.}$$

$$З_{\text{м1}} = 193 \cdot 180 \cdot \frac{1,04}{1,2} = 30108 \text{ грн.}$$

5.3 Розрахунок затрат на переоснащення ділянки

Вартість основних фондів оцінюється по структурі основних фондів АТП. Балансова вартість автомобілів розраховується в залежності від пробігу з початку експлуатації [11], [19].

Балансова вартість автомобілів Mercedes BENZ Sprinter :

$$\hat{O}_{\text{а1}} = 140 \cdot 450000 = 6300000 \text{ грн.}$$

Вартість основних фондів визначаємо за формулою:

$$\Phi_{\text{осн.}} = \frac{\Phi_{\text{а}} \cdot 100}{a}, \quad (5.11)$$

де a - доля вартості транспортних засобів від вартості основних фондів АТП, %.

$$\hat{O}_{\text{іп.}} = \frac{6300000 \cdot 100}{50} = 12600000 \text{ грн.}$$

Амортизаційні відрахування транспортних засобів визначаємо за формулою:

$$A_{\text{в}} = \frac{H_{\text{ав}} \cdot \Phi_{\text{бал.}}}{100} \quad (5.12)$$

де $H_{\text{ав}}$ - норма амортизаційних відрахувань;

$\Phi_{\text{бал.}}$ - балансова вартість автомобілів, грн.

$$\hat{A} = \frac{20 \cdot 6300000}{100} = 1260000 \text{ грн.}$$

Фонд заробітної плати дану статтю витрат розраховуємо за формулою:

$$\begin{aligned} \Phi_{\text{ЗП}_{\text{заг}}} &= 0,25 \cdot (\Phi_{\text{сн}} + З_{\text{н-мас}} + З_{\text{и}} + З_{\text{ТОіПР}} + AB_{\text{мз}} + \Phi_{\text{ін.в}}) \\ \Phi_{\text{ЗП}_{\text{заг}}} &= 0,25 \cdot (0,3864 \cdot \Phi_{\text{ЗП}_{\text{заг}}} + З_{\text{н-мас}} + З_{\text{и}} + З_{\text{ТОіПР}} + AB_{\text{ТЗ}} + 0,15 \times \\ &\times (\Phi_{\text{ЗП}_{\text{заг}}} + 0,3864 \cdot \Phi_{\text{ЗП}_{\text{заг}}} + З_{\text{н-мас}} + З_{\text{и}} + З_{\text{ТОіПР}} + AB_{\text{ТЗ}})) \\ \Phi_{\text{ЗП}_{\text{заг.}}} &= 0,3377 \cdot (2275379 + 80089 + 156065 + 1248520) = 1269770 \text{ грн.} \end{aligned} \quad (5.13)$$

Розрахунок відрахувань в фонд соціального страхування, пенсійний, зайнятості. Величина відрахувань складає 38,64% від суми основної та додаткової заробітної плати всіх категорій працюючих на АТП.

$$\Phi_{с.п.} = 0,3864 \cdot \Phi ЗП_{заг.} \quad (5.14)$$

$$\Phi_{с.п.} = \frac{38,64}{100} \cdot 1269770 = 490639 \text{ грн.}$$

Оплата праці апарату управління зонами ТО і ПР; нарахування на соціальні заходи; службові відрядження персоналу дільниць; амортизаційні нарахування, утримання і ремонт основних засобів загальновиробничого призначення; витрати на опалення, освітлення, водопостачання, водовідведення та інше утримання виробничих приміщень; витрати на охорону праці, техніку безпеки і охорону навколишнього природного середовища; внутрішньозаводське переміщення деталей, запасних частин. Приймаємо за даними АТП 2,2% від прямих витрат.

$$З_{заг} = 0,022 \cdot З_{пр} = 0,022 (ЗП + Нар + З_{пмас} + З_{ш} + З_{експ} + З_{ав}) \quad (5.15)$$

$$З_{заг} = 0,022 \cdot З_{пр} = 0,022(1269770 + 490639 + 2275379 + 80089 + 156065 + 828069) = 6348531 \text{ грн.}$$

5.4 Обґрунтування економічної доцільності проєкту

Ефективність капітальних вкладень оцінюється по формулі:

$$E = \frac{П}{K} \quad (5.16)$$

де K - капіталовкладення в АТП, приймаємо їх рівними вартості основних фондів, збільшеній на 10% (проектно-пошукові роботи, підготовка кадрів, утримання дирекції підприємства та ін.).

$$A = \frac{2386032}{1,1 \cdot 10845600} = 0,2$$

Строк окупності:

$$T_{ок.} = \frac{1}{E} \quad (5.17)$$

$$T_{ок} = \frac{1}{0,2} = 5 \text{ років.}$$

Загальна рентабельність:

$$R_{заг.} = \frac{\Pi}{\Phi_{осн.} + \Phi_{об.н.}} \cdot 100\%$$

(Вартість нормованих оборотних фондів приймається 5% від вартості основних фондів).

$$R_{заг.} = \frac{2386032}{10845600 \cdot 1,05} \cdot 100\% = 20,95\%$$

Фондовіддача основних фондів:

$$\Phi_B = \frac{Д}{\Phi_{осн.}} \quad (5.18)$$

$$\Phi_B = \frac{8696346}{10845600} = 0,95$$

Фондоозброєність праці:

$$\Phi_O = \frac{Д}{N_{АТП}} \quad (5.19)$$

$$\Phi_O = \frac{8696346}{246} = 35351 \text{ грн. /чол.}$$

Висновки за розділом

1. Проведено розрахунок витрат пов'язаних з обслуговуванням і ремонтом рухомого складу та обґрунтовано економічну ефективність пропонованих рішень. Ефективність капітальних вкладень становить 20 %, загальна рентабельність становить 20,95%, фондоозброєність праці 35351 грн.\чол, а строк окупності – 5 років.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Швидкопсувні продукти становлять особливу категорію вантажів, для якої порушення температурного або вологісного режиму під час перевезення майже завжди призводить до різкого зниження якості, втрати харчової цінності чи навіть повної непридатності до споживання. Це стосується як продуктів тваринного походження (м'ясо, риба, молочні продукти, яйця), так і овочів, фруктів, кондитерських виробів, біологічних препаратів, медикаментів, свіжих рослин тощо.

2. Основною вимогою для транспортних засобів, що використовуються для перевезення швидкопсувних вантажів, є забезпечення сталого і контрольованого мікроклімату у вантажному відсіку. Типовими є жорсткі температурні обмеження: від глибокої заморозки ($-18\ldots-25^{\circ}\text{C}$ для м'яса, риби, напівфабрикатів) до помірного охолодження ($+2\ldots+8^{\circ}\text{C}$ для молочних продуктів, свіжих овочів і фруктів) чи підтримки вологості для квітів та зелені.

3. Під час транспортування швидкопсувних продуктів навіть короткочасне відхилення від встановлених умов може спровокувати незворотні біохімічні та мікробіологічні процеси, які суттєво впливають на безпеку і придатність продукції до споживання. Для підтримки необхідного температурного режиму застосовуються спеціалізовані ізотермічні кузови, холодильні та морозильні установки, багатозональні системи.

4. Підтримка температури -18°C для перевезення м'яса вимагає від компресорної установки 300–600 Вт (підтримка), що відповідає 0,067–0,13 кг дизпалива на годину при різних температурах зовнішнього повітря.

5. Активне охолодження 1,5 т м'яса з -5°C до -18°C протягом 4 годин вимагає у 6–7 разів більше потужності (2–2,3 кВт), і витрата дизпалива в цей період досягає 0,45–0,5 кг/год.

6. Витрати компресорної установки тісно залежать від COP (ефективності), яка визначається тиском у системі, різницею температур та якістю ізоляції кузова.

7. Підтримка низьких температур (-18°C) значно підвищує навантаження на компресорну установку та двигун, що призводить до істотного (до 10–12%) зростання витрати пального.

8. Вплив температури навколишнього середовища суттєвий: при підвищенні зовнішньої температури навіть на 10°C теплове навантаження зростає, відповідно зростає і витрата пального. Зниження тиску у системі дозволяє оптимізувати споживану потужність і знизити додаткові витрати пального.

9. Вибір компресора та налаштування системи має враховувати не лише необхідний температурний режим, а й енергетичну ефективність для мінімізації експлуатаційних витрат.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Bosch automotive electrics and automotive electronics. Wiesbaden : Springer Vieweg, 2014. 530 p.
2. EBS Electronically Controlled Brake System [Electronic Resource]. – Mode of access : URL : [http://www.autosluzby.cz/aslkatalog/aslkatalog/pdfdownload/WABCO8150100153\[1\].pdf](http://www.autosluzby.cz/aslkatalog/aslkatalog/pdfdownload/WABCO8150100153[1].pdf).
3. EBS Electronically Controlled Brake System Basic Training [Electronic Resource]. – Mode of access : URL : <http://inform.wabco-auto.com/intl/pdf/815/00/57/8150100573-22.pdf>.
4. Janssens, K., Mas, P., Gielen, L., Gajdatsy, P. et al.: A Novel Transfer Path Analysis Method Delivering a Fast and Accurate Noise Contribution Assessment, SAE Technical Paper 2009-26-0047, 2009.
5. Pullman, M. E. & Dillard, J. (2010). Values based supply chain management and emergent organizational structures. International Journal of Operations & Production Management, 30(7), 744 771.
6. Tom Denton. Automobile mechanical and electrical systems. New York, NY : Routledge, 2018. 379 p.
7. Безпека життєдіяльності [Текст] : підруч. для студ. с.-г. вузів / І. П. Пістун [та ін.]. Львів: Світ, 1995. 288 с
8. Вільковський Є. К. Вантажознавство / Є. К. Вільковський, І. І. Кельман, О. О. Бакуліч. – 2-е вид., перероб. і допов. – Львів : Інтелект-Захід, 2007. – 495 с.
9. Кавецький В. В. Економічне обґрунтування інноваційних рішень. Практикум : [навч. посіб.] / В. В. Кавецький, В. О. Козловський, І. В. Причепя Вінниця : ВНТУ, 2013. 113 с.
10. Канарчук В.Є. Надійність машин: Підручник. Київ: Либідь, 2003. 424 с.
11. Канарчук, В. Е. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів [Текст] : підручник для вузів : у 3 кн. Кн. 2 : Організація,

планування й управління / В. Е. Канарчук, О. А. Лудченко, А. Д. Чигринець. Київ : Вища школа, 1994. 383 с.

12. Канарчук, В. Є. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів [Текст] : підручник. Кн. 3 : Ремонт автотранспортних засобів / В. Є. Канарчук, О. А. Лудченко, А. Д. Чигринець. Київ : Вища шк., 1994. 600 с.

13. Кисляков В.Ф. Будова й експлуатація автомобілів / В.Ф. Кисляков, В.В.Лущик. Київ: Либідь, 2000. 399 с.

14. Куліков Ю.А., Грибінченко М.В., Гончаров А.В. Системи охолодження, вентиляції та опалення автомобілів: Монографія. Луганськ: СНУ ім. В. Даля. 2006. 248 с.

15. Лещенко В. О., Касіч В. М., Панасюк В. М. Транспортна холодильна техніка. Київ : Основа, 2008. 256 с.

16. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. Організація і управління. Київ: Знання-Прес, 2004. 478 с.

17. Наказ Міністерства транспорту України “Про правила надання послуг з технічного обслуговування і ремонту автомобільних транспортних засобів” від 11.11.2002 р., № 792: [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=z0122-03>.

18. Правила перевезення швидкопсувних вантажів (стаття 5 Статуту): офіц. текст: [09.12.2002р.зі змінами від 08.06.2011р.] – К.: Міністерство транспорту України, – 2006. (<http://zakon4.rada.gov.ua>); Правила перевезення швидкопсувних вантажів автомобільними транспортними засобами [Електронний ресурс] : Проект Наказу Міністерства інфраструктури України від 17 листопада 2010 р. – Режим доступу: <http://www.rada.gov.ua>.

19. Про затвердження Правил перевезення швидкопсувних вантажів автомобільними транспортними засобами Електронний ресурс: [Режим доступу]: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/NT1637.html.

20. Технічна експлуатація автомобілів: Навчальний посібник / В.М. Дембіцький, В.І. Павлюк, В.М. Придюк Луцьк: Луцький НТУ, 2018. 473 с.

21. Типове положення про систему управління безпекою руху на автомобільному транспорті. *Перевізник*. Червень, 2004. №7. С. 18- 20.

22. Угода про міжнародні перевезення швидкопсувних харчових продуктів та про спеціальні транспортні засоби, призначених для цих перевезень (СПС). Женева. 1970.

23. Хмельнюк М. Г., Подмазко О. В. Холодильні установки спеціального призначення: навчальний посібник. Одеса: ОНАХТ, 2015. 232 с.

24. Хмельнюк, М. Г. Холодильні установки спеціального призначення [Текст] : підручник / Хмельнюк Михайло Георгійович, Подмазко Олександр Степанович ; Одес. нац. акад. харч. технологій. - Херсон : Вид. Грінь Д.С., 2013. - 488 с. : табл., рис. - Бібліогр.: с. 483. - ISBN 978-966-2660-87-6.

25. Шевчук Р. С. Економічна оцінка спеціалізованої сільсько-подарської техніки: Методичні рекомендації. / Р. С. Шевчук, О. М. Крупич. Львів, 1994. 27 с.

26. Щелкунов В. І. Основи економіки транспорту : підручник / Кулаєв Ю. Ф., Зайончик Л. Г., Загорулько В. М. [та ін.]. Київ: Кондор, 2011. 392 с.