

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ
МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ ІМ. С. ГЖИЦЬКОГО
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: **“ Покращення експлуатаційних властивостей автомобіля
IVECO EUROCARGO ML140E22-E5 завдяки удосконаленню трансмісії ”**

Виконав: студент групи Ат-43

Спеціальності 274 „Автомобільний транспорт”

(шифр і назва)

Святослав ЛИЗАК

(ім'я та прізвище)

Керівник: Ростислав ПАСЛАВСЬКИЙ

(ім'я та прізвище)

Дубляни 2025

УДК 631.358.1: 78

Лизак С. І. Покращення експлуатаційних властивостей автомобіля IVECO EUROCARGO ML140E22-E5 завдяки удосконаленню трансмісії: Кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С. Гжицького, 2025. 61 с.

Табл. 8; бібліогр. джерел 20.

У даній кваліфікаційній роботі був детально здійснений аналіз експлуатаційних умов автомобіля марки IVECO EUROCARGO в умовах аграрного виробництва, зокрема розглянуто специфіку використання техніки в сільському господарстві та особливості процесів перемикування передач. Крім того, проведений ґрунтовний опис конструктивних особливостей планетарного редуктора, який є важливим елементом трансмісійної системи. Також у роботі виконані тягово-динамічні та економічні розрахунки для порівняння характеристик серійної версії автомобіля та його модифікованої моделі з удосконаленою трансмісією.

Окрему увагу було приділено розробці та впровадженню заходів щодо забезпечення безпечних умов праці під час експлуатації техніки, що сприятиме мінімізації ризиків для працівників. На основі проведених досліджень і розрахунків обґрунтовано економічну доцільність впровадження удосконалень в конструкцію трансмісії. Це дозволяє отримати покращення продуктивності автомобіля, оптимізацію його енерговитрат та підвищення загальної ефективності експлуатації у аграрному секторі.

Зміст

Вступ.....	6
1. Транспортні роботи в аграрному виробництві	8
1.1. Значення та об'єми транспортних робіт в рослинництві.....	8
1.2. Класифікація сільськогосподарських вантажів	9
1.3. Дорожні умови	9
1.4. Види і особливості сільськогосподарських перевезень.....	10
1.5. Транспортні засоби та їх використання.....	10
2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	12
2.1. Тягово-динамічний розрахунок автомобіля.....	12
2.1.1. Швидкісна характеристика двигуна автомобіля	12
2.1.2. Розрахунок тягово-динамічних властивостей автомобіля.....	13
2.1.3. Розрахунок паливної економічності автомобіля	19
Висновки	23
3. КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА	24
3.1. Аналіз способів переключення передач автомобіля	24
3.1.1. Привід безпосередньої дії	25
3.1.2. Командний привід.....	26
3.1.3. Автоматичний привід	27
3.2. Обґрунтування необхідності вдосконалення механізму переключення передач.....	29
3.3. Конструкція і принцип роботи планетарного редуктора.....	30
3.4. Розрахунок на міцність складових планетарного редуктора	34
3.4.1. Розрахунок планетарної передачі.....	34
3.4.2. Розрахунок вала.....	38
3.4.3. Розрахунок фрикційної муфти.....	39
3.4.4. Розрахунок шліцевого з'єднання	40
Висновки	41
4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	42
4.1. Аналіз стану охорони праці в господарстві	42

4.2. Техніка безпеки під час автомобільних перевезень	45
4.2.1. Техніка безпеки під час перевезення зерна	45
4.2.2. Техніка безпеки під час перевезення людей	46
4.2.3. Техніка безпеки під час перевезення тварин	47
4.3. Розрахунок загального штучного освітлення дільниці оцінки технічного стану автомобілів	47
4.4. Пожежна профілактика при автомобільних перевезеннях	49
Висновки	50
5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ КОНСТРУКТИВНОЇ РОЗРОБКИ	51
5.1. Методика визначення економічних показників удосконаленого автомобіля	52
5.2. Розрахунок економічної ефективності використання удосконаленого автомобіля	54
Висновки	57
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ	58
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	60

Вступ

Одним із пріоритетних завдань, які потребують особливої уваги працівників сільської місцевості, є забезпечення населення якісною сільськогосподарською продукцією. Основні умови успішного виконання завдань, що стоять перед аграрним сектором, включають впровадження сучасного науково-технічного прогресу, удосконалення матеріально-технічної бази та її ефективне використання. До цього належить завершення комплексної механізації землеробства і тваринництва з використанням передових технологій та продуктивної техніки, що забезпечує своєчасність і високу якість усіх механізованих робіт. Вагому роль у цьому процесі відіграє автотранспорт, який має ключове значення для сільського господарства.

Автомобільний транспорт є однією з найважливіших допоміжних галузей аграрного сектору. Його основним завданням є забезпечення потреб у перевезенні вантажів та підвищення економічної ефективності діяльності. Сучасний перехід сільського господарства на промислові рейки супроводжується необхідністю інтенсифікації всіх виробничих ланок, зокрема транспортної. У загальній системі аграрних робіт транспортні та вантажно-розвантажувальні процеси є одними з найбільш трудоемних і енергозатратних. Затрати на транспорт становлять від 15 до 40% у собівартості сільськогосподарської продукції.

Переважаючим видом транспорту в аграрному виробництві є автомобільний, на який припадає до 80% обсягів вантажних перевезень, тоді як участь тракторів у цьому процесі не перевищує 16%. Значну частку перевезень здійснюють транспортно-технологічні засоби, які поєднують функції транспортних і технологічних машин.

Потреба в перевезенні вантажів у аграрному виробництві постійно зростає. Для використання додаткових резервів необхідно систематично вдосконалювати матеріально-технічну базу, підвищувати кваліфікацію водіїв і ремонтників, а також активно впроваджувати новітні технологічні досягнення. Оновлення технічного парку висуває високі вимоги до надійності техніки та її готовності до своєчасного виконання завдань у найкращі агротехнічні періоди. Це підтверджує важливість упорядкованої і виваженої роботи автотранспорту.

Для подальшого розвитку автомобільного транспорту необхідно підвищувати його продуктивність та економічну ефективність. Значною мірою це можна досягти завдяки раціоналізації структури автомобільного парку підприємств, широкому впровадженню механізації та автоматизації транспортних процесів. Окрім крупних інвестицій, підвищенню ефективності сприяє повне використання конструктивних можливостей автомобілів та їх модернізація.

Метою даної кваліфікаційної роботи є вдосконалення тягово-динамічних і економічних характеристик автомобіля IVECO EURO CARGO ML140E22-E5, який експлуатується в польових умовах сільськогосподарського виробництва.

1. ТРАНСПОРТНІ РОБОТИ В АГРАРНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

1.1. Значення та об'єми транспортних робіт в рослинництві

Вирощування та збір сільськогосподарських культур тісно пов'язані з виконанням значних обсягів транспортних робіт. Для обробки одного гектара більшості культур потрібно здійснити навантаження та перевезення до 30–50 тонн органічних добрив, 0,15–0,25 тонни насіння, 0,15–0,8 тонни мінеральних добрив, а також 2–6 тонн технічних вантажів (паливо, мастило, обладнання тощо). Крім цього, необхідно транспортувати весь врожай як основної, так і додаткової продукції з полів. На ці транспортні операції припадає значна частка витрат: до 40–60% енергії, 35–40% від вартості механізованих робіт і до 35% робочого часу. Зі збільшенням інтенсивності агровиробництва маса перевезених вантажів на один гектар зростає [16, 17].

Важливо враховувати, що більшість перевезень здійснюється ґрунтовими дорогами або безпосередньо по полях, де поверхня часто буває розпушеною й нерівною. Крім того, транспортування та навантажувально-розвантажувальні роботи повинні бути чітко узгоджені з функціонуванням технологічних засобів — посівних і збиральних агрегатів.

Будь-які перебої в транспортному процесі суттєво знижують ефективність роботи агрегатів, що виконують завдання посіву, внесення добрив чи збирання врожаю. Особливо важливим є забезпечення злагодженої роботи транспортних засобів під час збору сільськогосподарських культур. Неналежна організація транспорту призводить до псування врожаю, погіршення його якості та значних втрат продукції. Наприклад, за один день зберігання коренів цукрових буряків втрата маси становить: у закритих польових кагатах — 0,2%, у відкритих — 0,8%, а при залишенні на полі — до 8%. Без належної кількості транспорту та чіткої організації роботи неможливо впроваджувати потокові методи виконання транспортних операцій [10].

1.2. Класифікація сільськогосподарських вантажів

В аграрному секторі виникає потреба в транспортуванні різноманітних вантажів, таких як зерно, фрукти, овочі, вода, добрива, пестициди тощо. У зв'язку з цим можлива їх різноманітна класифікація за такими критеріями: фізико-механічні характеристики, рівень безпечності або шкідливості для навколишнього середовища, особливості механізації процесів завантаження й розвантаження, терміновість транспортування, обсяги, сезонність, а також ефективність використання вантажопідйомності транспортних засобів. Останній критерій має особливу важливість при організації перевезень, адже врахування ступеня використання вантажопідйомності є основою для розрахунку обсягу вантажу, який можуть перевозити автомобілі або причепа. Для оцінки цього показника застосовується спеціальна формула:

$$\alpha_v = \frac{S \cdot h \cdot \rho}{Q_n}, \quad (1.1)$$

де S – площа вантажної платформи, м^2 ;

h – висота вкладання вантажу, м ;

Q_n – вантажопідйомність транспортного засобу, т ;

ρ – щільність вантажу (питома маса), т/м^3 .

В залежності від α_v всі вантажі розділяють на п'ять класів.

1.3. Дорожні умови

Транспортні засоби в сільськогосподарському виробництві експлуатуються в умовах різноманітного дорожнього покриття. Дорожні умови безпосередньо впливають на вибір типу транспорту (автомобіль або трактор з причепом), швидкість пересування, опір руху та вантажопідйомність.

З метою нормування роботи транспортних засобів усі автомобільні дороги класифікують за п'ятьма технічними категоріями: I — дороги загальнодержавного значення; II та III — дороги обласного рівня, а також окремі регіональні дороги; IV та V — дороги місцевого значення, що охоплюють районні й обласні маршрути.

Дороги для автомобільного транспорту поділяють на три групи за їх станом і поверхнею:

I група включає звичайні ґрунтові дороги із рівним покриттям у сухому стані, утримовані снігові дороги та шляхи з твердим покриттям;

II група охоплює стерню після зернових культур, піщані й розбиті ґрунтові дороги, а також затверділий шар ґрунту у зимовий чи літній період;

III група включає зорану рілля з нормальною вологістю, вологі луки, рілля після збирання коренеплодів, трав'янистий ґрунт під час відлиги, а також снігові дороги після проходження саней із гусеничними тракторами або розбиті варіанти другої групи (окрім піщаних після дощу).

1.4. Види і особливості сільськогосподарських перевезень

У аграрному виробництві всі перевезення поділяють на внутрігосподарські та зовнішні. Внутрігосподарські перевезення, що зазвичай охоплюють відстані 2–20 км, є основним способом доставки врожаю з полів до складів, транспортування добрив на поля тощо. Для їх виконання використовуються трактори з причепами, гужовий транспорт і спеціалізовані транспортні засоби, які можуть пересуватися польовими та ґрунтовими дорогами. Серед таких засобів найчастіше застосовують трактори з причепами, автомобілі підвищеної прохідності та вантажівки-самоскиди.

Зовнішні перевезення, які охоплюють відстані від 40–60 км і більше, передбачають доставку продукції на заготівельні пункти або постачання мінеральних добрив до господарств. Для цього найкраще підходять

великовантажні автомобілі та автопоїзди, здатні ефективно виконати ці завдання на більших відстанях.

1.5. Транспортні засоби та їх використання

Транспортні засоби за принципом їхнього зв'язку з технологічними агрегатами поділяються на дві категорії: виробничі (залежні) та самостійні (незалежні). Виробничі або залежні транспортні агрегати забезпечують функціонування сільськогосподарських машин, таких як сівалки, розкидачі органічних і мінеральних добрив, а також комбайни. До цієї групи належать агрегати, які виконують завантаження вантажів від комбайну (зерно, картопля, буряки) і перевозять їх, а також ті, що доставляють (підвозять) матеріали до технологічних машин: зерно, отрутохімікати, добрива тощо. Робота цих агрегатів повинна бути чітко синхронізована із роботою технологічних машин у польових умовах.

Самостійні, або незалежні, транспортні агрегати не залежать безпосередньо від технологічного процесу. Під час їх експлуатації основна увага приділяється мінімізації часу, необхідного для проведення навантажувально-розвантажувальних операцій, а також оптимізації роботи транспорту на маршруті. Розрахунок кількості транспортних засобів, потрібних для взаємодії з визначеною кількістю сільськогосподарських машин чи для автономної роботи разом із навантажувачами, є досить складним завданням. Це обумовлено великою кількістю змінних параметрів, які залежать від випадкових обставин. Найбільш підходящим методом для таких розрахунків є використання теорії масового обслуговування. Однак для її застосування потрібно володіти даними про низку показників, чийі значення можуть значно варіювати залежно від місцевих умов і не завжди можуть бути встановлені заздалегідь. Таким чином, під час оцінки необхідної кількості транспортних засобів слід орієнтуватися на забезпечення балансу продуктивності між технологічними агрегатами та транспортними засобами.

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Тягово-динамічний розрахунок автомобіля

З метою забезпечення більшої ефективності у виконанні транспортних робіт в межах господарської діяльності пропонується впровадження вдосконаленої моделі автомобіля IVECO EUROCARGO ML140E22-E5, обладнаного модернізованою трансмісією. Такий конструктивний підхід має на меті покращити не лише вантажоперевезення, а й оптимізувати процеси транспортування у загальному виробничому циклі. Для практичної оцінки переваг цієї технічної новачки рекомендується випробувати ефективність модернізованого транспортного засобу в реальних умовах. Зокрема, передбачається аналіз його роботи на етапі перевезення врожаю озимої пшениці безпосередньо від комбайна до спеціально підготовленого складського приміщення господарства, що дозволить оцінити економічність, продуктивність і надійність використання нової техніки.

2.1.1. Швидкісна характеристика двигуна автомобіля

Дані швидкісної характеристики двигуна Testor 6 автомобіля IVECO EUROCARGO ML140E22-E5 представимо у вигляді табл. 2.1. Частоту обертання колінчастого вала двигуна n_d , потужність двигуна N_e , годинну витрату палива G_T приймаємо згідно [7], решту показників розраховуємо.

Для кожного значення частоти обертання визначаємо крутний момент з виразу:

$$M_{di} = \frac{3 \cdot 10^4 N_{ei}}{\pi \cdot n_{di}}, \quad (2.1)$$

де N_{ei} , n_{di} – відповідно потужність і частота обертання колінчастого вала двигуна згідно із швидкісною характеристикою.

Для номінального режиму роботи крутний момент становить:

$$M_{\partial i} = \frac{3 \cdot 10^4 84,6}{3,14 \cdot 3200} = 252,6 \text{ Нм.}$$

За формулою 2.1. розраховуємо $M_{\partial i}$ для решта швидкісних режимів. Результати розрахунків параметрів зовнішньої швидкісної характеристики двигуна записуємо в табл. 2.1

Таблиця 2.1 - Зовнішня швидкісна характеристика двигуна

n_{∂} , об/хв	N_e , кВт	M_{∂} , Нм	g_e , г/кВтгод	G_m , кг/год
1000	27,0	258,0	352	9,5
1800	52,9	280,8	340	18,0
2200	65,4	284,0	327	21,4
2600	75,3	276,7	325	24,5
3000	83,1	264,6	325	27,0
3200	84,6	252,6	335	28,3

Надані дані відображають динаміку змін ключових техніко-експлуатаційних характеристик у залежності від швидкості обертання двигуна.

2.1.2. Розрахунок тягово-динамічних властивостей автомобіля

Динамічна характеристика відображає залежність динамічного фактора від швидкості руху автомобіля при використанні різних передач [8].

Динамічний фактор визначається як відношення резерву сили тяги, що використовується для подолання зовнішніх опорів руху (за винятком опору навколишнього середовища), до ваги автомобіля. Для серійного автомобіля виконаємо розрахунок динамічного фактора [27]. У випадку порожнього автомобіля він розраховується за такою формулою:

$$D_{zoi} = \frac{P_{kzi} - P_{wzi}}{G_o}, \quad (2.2)$$

де P_k – дотична сила тяги автомобіля, Н;

P_w – сила опору навколишнього середовища, Н;

G_o – вага порожнього автомобіля, Н, $G_o = 33504$ Н [1].

Для заданих частот обертання на всіх передачах визначаємо швидкості руху автомобіля за формулою:

$$V_{zi} = 0,377 \frac{n_{\partial i} \cdot r_k}{i_{kz} \cdot i_o}, \quad (2.3)$$

де i – індекс, що відповідає значенню частоти n_d за швидкісною характеристикою двигуна;

r_k – динамічний радіус колеса, м, $r_k = 0,463$ м [1];

z – індекс номера передачі.

На першій передачі для відповідних частот по швидкісній характеристиці V_{zi} становитимуть:

$$V_{z1000} = 0,377 \cdot 1000 \cdot 0,463 / 6,48 \cdot 6,83 = 3,9 \text{ км/год};$$

$$V_{z1800} = 0,377 \cdot 1800 \cdot 0,463 / 6,48 \cdot 6,83 = 7,1 \text{ км/год};$$

$$V_{z2200} = 0,377 \cdot 2200 \cdot 0,463 / 6,48 \cdot 6,83 = 8,7 \text{ км/год};$$

$$V_{z2600} = 0,377 \cdot 2600 \cdot 0,463 / 6,48 \cdot 6,83 = 10,3 \text{ км/год};$$

$$V_{z3000} = 0,377 \cdot 3000 \cdot 0,463 / 6,48 \cdot 6,83 = 11,8 \text{ км/год};$$

$$V_{z3200} = 0,377 \cdot 3200 \cdot 0,463 / 6,48 \cdot 6,83 = 12,6 \text{ км/год}.$$

Також розраховуємо V_{zi} для решта передач, результати розрахунків записуємо в табл. 2.2.

Дотична сила тяги визначається зх виразу:

$$P_{kzi} = \frac{M_{\partial i} \cdot i_{kz} \cdot i_o \cdot \eta_{mp}}{r_k}, \quad (2.4)$$

Для першої передачі P_{kzi} становитиме:

$$P_{k1000} = 258 \cdot 6,48 \cdot 6,83 \cdot 0,9 / 0,463 = 22193 \text{ Н};$$

$$P_{k1800} = 280,8 \cdot 6,48 \cdot 6,83 \cdot 0,9 / 0,463 = 24156 \text{ Н};$$

$$P_{k2200} = 284 \cdot 6,48 \cdot 6,83 \cdot 0,9 / 0,463 = 24435 \text{ Н};$$

$$P_{k2600} = 276,7 \cdot 6,48 \cdot 6,83 \cdot 0,9/0,463 = 23805 \text{ Н};$$

$$P_{k3000} = 264,6 \cdot 6,48 \cdot 6,83 \cdot 0,9/0,463 = 22768 \text{ Н};$$

$$P_{k3200} = 252,6 \cdot 6,48 \cdot 6,83 \cdot 0,9/0,463 = 21730 \text{ Н}.$$

За аналогією розраховуємо P_{kzi} для інших передач.

Таблиця 2.2 - Показники динамічної характеристики серійного автомобіля

IVECO EUROCARGO

Передача	n_d , об/хв	V_{zi} , км/ГОД	M_{di} , Нм	P_{kzi} , Н	P_{wzi} , Н	D_o	D_a
1	1000	3,9	258,0	22192,8	3,0	0,662	0,301
	1800	7,1	280,8	24156,4	9,8	0,721	0,328
	2200	8,7	284,0	24434,5	14,6	0,729	0,331
	2600	10,3	276,7	23805,1	20,4	0,710	0,323
	3000	11,8	264,6	22768,2	27,1	0,679	0,309
	3200	12,6	252,6	21730,5	30,9	0,648	0,294
2	1000	11,5	258,0	7637,3	25,5	0,227	0,103
	1800	20,6	280,8	8313,1	82,5	0,246	0,112
	2200	25,2	284,0	8408,8	123,2	0,247	0,112
	2600	29,8	276,7	8192,2	172,1	0,239	0,109
	3000	34,4	264,6	7835,4	229,1	0,227	0,103
	3200	36,7	252,6	7478,2	260,7	0,215	0,098
3	1000	20,1	258,0	4349,5	78,5	0,127	0,058
	1800	36,2	280,8	4734,4	254,3	0,134	0,061
	2200	44,3	284,0	4788,9	379,9	0,132	0,060
	2600	52,3	276,7	4665,5	530,6	0,123	0,056
	3000	60,4	264,6	4462,3	706,5	0,112	0,051
	3200	64,4	252,6	4258,9	803,8	0,103	0,047
4	1000	35,5	258,0	2465,9	244,2	0,066	0,030
	1800	63,9	280,8	2684,0	791,3	0,056	0,026
	2200	78,1	284,0	2714,9	1182,1	0,046	0,021
	2600	92,3	276,7	2645,0	1651,0	0,030	0,013
	3000	106,5	264,6	2529,8	2198,1	0,010	0,005
	3200	113,6	252,6	2414,5	2500,9	0,003	0,001

Сила опору навколишнього середовища розраховуємо за формулою:

$$P_{wzi} = \frac{k_w \cdot F \cdot V_{zi}^2}{13}, \quad (2.5)$$

де k_w – коефіцієнт обтічності, $\text{H c}^2/\text{м}^4$, $k_w = 0,7 \text{ H c}^2/\text{м}^4$ [1];

F – площа лобового опору, м^2 , $F = 3,6 \text{ м}^2$ [11].

Для першої передачі:

$$P_{w1000} = 0,7 \cdot 3,6 \cdot 3,9^2 / 13 = 3 \text{ H};$$

$$P_{w1800} = 0,7 \cdot 3,6 \cdot 7,1^2 / 13 = 9,8 \text{ H};$$

$$P_{w2200} = 0,7 \cdot 3,6 \cdot 8,7^2 / 13 = 14,6 \text{ H};$$

$$P_{w2600} = 0,7 \cdot 3,6 \cdot 10,3^2 / 13 = 20,4 \text{ H};$$

$$P_{w3000} = 0,7 \cdot 3,6 \cdot 11,8^2 / 13 = 27,1 \text{ H};$$

$$P_{w3200} = 0,7 \cdot 3,6 \cdot 12,6^2 / 13 = 30,9 \text{ H}.$$

Силу опору навколишнього середовища аналогічно розраховуємо P_{wzi} для інших передач.

Тоді динамічний фактор згідно формули (2.2) на першій передачі для порожнього автомобіля становитиме:

$$D_{o1000} = (22193 - 3) / 33504 = 0,662;$$

$$D_{o1800} = (24156 - 9,8) / 33504 = 0,721;$$

$$D_{o2200} = (24435 - 14,6) / 33504 = 0,729;$$

$$D_{o2600} = (23805 - 20,4) / 33504 = 0,710;$$

$$D_{o3000} = (22768 - 27,1) / 33504 = 0,679;$$

$$D_{o3200} = (21730 - 30,9) / 33504 = 0,648.$$

Динамічний фактор для повністю завантаженого автомобіля визначається з наступного співвідношення:

$$D_{zai} = \frac{P_{kzi} - P_{wzi}}{G_a}, \quad (2.6)$$

де G_a – вага повністю завантаженого автомобіля, H , $G_a = 73704 \text{ H}$ [1].

Відповідно динамічний фактор для повністю завантаженого автомобіля на першій передачі становитиме:

$$D_{a1000} = (22193 - 3) / 73704 = 0,301;$$

$$D_{a1800}=(24156-9,8)/ 7704 = 0,328;$$

$$D_{a2200}=(24435-14,6)/ 73704 = 0,331;$$

$$D_{a2600}=(23805-20,4)/ 73704 = 0,323;$$

$$D_{a3000}=(22768-27,1/ 73704 = 0,309;$$

$$D_{a3200}=(21730-30,9/ 73704 = 0,294.$$

Аналогічно розраховуємо D_{zoi} і D_{zai} для інших передач. Результати розрахунків показників динамічної характеристики автомобіля записуємо в табл. 2.2. і будуємо криві динамічного фактора для кожної з передач автомобіля.

Сила зведеного опору дороги (горизонтальна поверхня) під час руху повністю завантаженого автомобіля становитиме:

$$P_{\psi} = (i + f) G_a, \quad (2.7)$$

де i – складова опору рухові, що враховує кут підйому, приймаємо $i=0$;

f – коефіцієнт опору коченню, при рухові по стерні $f = 0,06$ [27].

Тоді

$$P_{\psi} = 73704 \cdot 0,06 = 4422 \text{ Н.}$$

Значення опору руху показує, що повністю завантажений автомобіль IVECO EUROCARGO здатний пересуватися по стерні на 1-й і 2-й передачах у всьому діапазоні частот обертання колінчастого вала двигуна, забезпечуючи поступальну швидкість від 3,9 до 36,7 км/год. На 3-й передачі рух можливий лише при частоті обертання 1800 об/хв, що відповідає швидкості у 36,2 км/год.

Аналіз тягово-динамічних характеристик виявляє обмеження у досягненні більш високих швидкостей руху по стерні для завантаженого автомобіля, що негативно впливає на його продуктивність та економічність. Для подолання цього недоліку необхідно переглянути передатні числа трансмісії, впровадивши додатковий редуктор. Це дозволить підвищити тягову силу на вищих передачах. Зокрема, якщо у трансмісію IVECO EUROCARGO інтегрувати редуктор із передатним числом $i = 1,42$, то його тягово-динамічні параметри будуть відповідати даним із таблиці 2.3.

Відповідно до аналізу таблиці 2.3, після впровадження удосконалень автомобіль зможе рухатися повністю завантаженим по стерні на 1-й, 2-й та 3-й передачах у повному діапазоні частот обертання колінчастого вала двигуна, зі швидкістю від 2,8 до 45,3 км/год.

Таблиця 2.3 - Показники динамічної характеристики удосконаленого автомобіля

Передача	n_d , об/хв	V_{zi} , км/год	M_{di} , Нм	P_{kzi} , Н	P_{wzi} , Н	D_o	D_a
1	1000	2,8	258,0	31513,8	1,5	0,941	0,428
	1800	5,0	280,8	34302,1	4,8	1,024	0,465
	2200	6,1	284,0	34697,0	7,2	1,035	0,471
	2600	7,2	276,7	33803,3	10,1	1,009	0,458
	3000	8,3	264,6	32330,8	13,5	0,965	0,438
	3200	8,9	252,6	30857,3	15,3	0,921	0,418
2	1000	8,1	258,0	10845,0	12,6	0,323	0,147
	1800	14,5	280,8	11804,6	40,9	0,351	0,160
	2200	17,8	284,0	11940,5	61,1	0,355	0,161
	2600	21,0	276,7	11632,9	85,4	0,345	0,157
	3000	24,2	264,6	11126,2	113,6	0,329	0,149
	3200	25,8	252,6	10619,1	129,3	0,313	0,142
3	1000	14,2	258,0	6176,3	38,9	0,183	0,083
	1800	25,5	280,8	6722,8	126,1	0,197	0,090
	2200	31,2	284,0	6800,2	188,4	0,197	0,090
	2600	36,8	276,7	6625,0	263,2	0,190	0,086
	3000	42,5	264,6	6336,4	350,4	0,179	0,081
	3200	45,3	252,6	6047,6	398,6	0,169	0,077
4	1000	25,0	258,0	3501,5	121,1	0,101	0,046
	1800	45,0	280,8	3811,3	392,4	0,102	0,046
	2200	55,0	284,0	3855,2	586,2	0,098	0,044
	2600	65,0	276,7	3755,9	818,8	0,088	0,040
	3000	75,0	264,6	3592,3	1090,1	0,075	0,034
	3200	80,0	252,6	3428,6	1240,3	0,065	0,030

2.1.3. Розрахунок паливної економічності автомобіля

Одним із ключових показників, за яким визначається паливна ефективність автомобіля, є витрата палива на 100 км пробігу, позначена як Q_s [27]. Розглянемо розрахунок економічних характеристик серійного автомобіля IVECO EURO CARGO за умов рівномірного руху з повним завантаженням на першій та другій передачах у заданих дорожніх умовах ($\psi=0,06$). Витрата палива на 100 км шляху розраховано за формулою:

$$Q_{si} = \frac{g_{ei} \cdot N_{ei}}{10 \cdot \rho_n \cdot V_{zi}}, \quad (2.8)$$

де N_{ei} – потужність двигуна, яка необхідна для руху автомобіля в заданих дорожніх умовах, кВт;

g_{ei} – питома витрата палива, що відповідає заданому режиму роботи двигуна, г/кВт год;

ρ_n – питома вага палива (для бензину $\rho_n = 0,725$ кг/л [10]);

V_{zi} – швидкість руху автомобіля, км/год.

Потужність, яка необхідна для руху автомобіля на даній швидкості у заданих дорожніх умовах визначається за формулою:

$$N_{ei} = \frac{V_{zi}}{3600 \cdot \eta_{mp}} (G_a \cdot \psi + P_{wzi}), \quad (2.9)$$

де V_{zi} – швидкість руху автомобіля на різних швидкісних режимах роботи двигуна на відповідних передачах, км/год;

ψ – приведений коефіцієнт дорожнього опору, який дорівнює 0,06;

P_{wzi} – сила опору навколишнього середовища для різних швидкостей руху автомобіля на відповідних передачах, Н.

Тоді, потужність, яка необхідна для руху повністю завантаженого автомобіля в заданих дорожніх умовах на 1-ій передачі рівна

$$N_{e1000} = (3,9/3600 \cdot 0,9)(73704 \cdot 0,06 + 3,0) = 5,39 \text{ кВт};$$

$$N_{e1800} = (7,1/3600 \cdot 0,9)(73704 \cdot 0,06 + 9,8) = 9,71 \text{ кВт};$$

$$N_{e2200} = (8,7/3600 \cdot 0,9)(73704 \cdot 0,06 + 14,6) = 11,88 \text{ кВт};$$

$$N_{e2600}=(10,3/3600 \cdot 0,9)(73704 \cdot 0,06 + 20,4) = 14,06 \text{ кВт};$$

$$N_{e3000}=(11,8/3600 \cdot 0,9)(73704 \cdot 0,06 + 27,1) = 16,25 \text{ кВт};$$

$$N_{e3200}=(12,6/3600 \cdot 0,9)(73704 \cdot 0,06 + 30,9) = 17,35 \text{ кВт}.$$

За формулою 2.9 розраховуємо N_{ei} для 2-ої передачі. Результати розрахунків заносимо в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 - Показники економічної характеристики серійного автомобіля

Передача	$\square$	V, км/год	n_d , об/хв	n_{di}/n_n	k_n	N_e , кВт	$N_{ei}/$ $N_{ei(зоб)}$	k_N	g_e , г/кВтго д	Q_s , л/100
I	0,06	3,94	1000	0,3125	1,055	5,39	0,20	2,00	707,57	133,3
		7,10	1800	0,5625	0,966	9,71	0,18	2,05	665,34	125,5
		8,68	2200	0,6875	0,948	11,88	0,18	2,06	655,03	123,7
		10,25	2600	0,8125	0,951	14,06	0,19	2,04	651,40	123,2
		11,83	3000	0,9375	0,977	16,25	0,20	2,01	659,63	124,9
		12,62	3200	1	1,000	17,35	0,21	1,98	664,62	126,0
II	0,06	11,46	1000	0,3125	1,055	15,73	0,58	1,17	414,39	78,46
		20,63	1800	0,5625	0,966	28,68	0,54	1,23	398,97	76,51
		25,21	2200	0,6875	0,948	35,37	0,54	1,23	392,19	75,89
		29,80	2600	0,8125	0,951	42,25	0,56	1,20	383,44	75,00
		34,38	3000	0,9375	0,977	49,36	0,59	1,16	378,80	75,01
		36,67	3200	1	1,000	53,01	0,63	1,12	373,79	74,52
III	0,06	36,2	1800	0,5625	0,966	52,28	0,99	0,98	318,30	63,37

Питома витрата палива, яка відповідає і-ому режиму роботи двигуна визначена з виразу:

$$g_{ei} = k_n \cdot k_N \cdot g_{en}, \quad (2.10)$$

де k_n – коефіцієнт, який враховує вплив на питому витрату палива швидкісного режиму двигуна і визначається з рис. 2.3а [27] із врахуванням відношення n_{di}/n_n ;

$n_{дi}$, n_n – проміжна і номінальна частота обертання колінчастого вала двигуна, хв^{-1} ;

k_N – коефіцієнт, що визначає вплив на питому витрату палива навантажувального режиму роботи двигуна, визначається з рис. 2.3 б із врахуванням відношення $N_{ei}/N_{ei(зобн)}$ [27];

N_{ei} , $N_{ei(зобн)}$ – потужність, яка необхідна для подолання опорів руху автомобіля з даною швидкістю і потужність двигуна за зовнішньою характеристикою на тій же частоті обертання колінчастого вала.

Визначимо питому витрату палива на 1-ій передачі

$$g_{e1000} = 1,055 \cdot 2,00 \cdot 335 = 707,6 \text{ г/кВт год};$$

$$g_{e1800} = 0,966 \cdot 2,05 \cdot 335 = 665,3 \text{ г/кВт год};$$

$$g_{e2200} = 0,948 \cdot 2,06 \cdot 335 = 655,0 \text{ г/кВт год};$$

$$g_{e2600} = 0,951 \cdot 2,04 \cdot 335 = 651,4 \text{ г/кВт год};$$

$$g_{e3000} = 0,977 \cdot 2,01 \cdot 335 = 659,6 \text{ г/кВт год};$$

$$g_{e3200} = 1,0 \cdot 1,98 \cdot 335 = 664,6 \text{ г/кВт год}.$$

Аналогічно розраховуємо g_{ei} для решта передач. Отримані дані заносимо в табл. 2.4.

Із отриманих значень V , N_{ei} , g_{ei} можна визначити витрату палива в літрах на 100 км пройденого шляху для різних швидкостей руху за формулою (2.9).

$$Q_{s1000} = 707,6 \cdot 5,39 / 10 \cdot 0,725 \cdot 3,9 = 133,3 \text{ л/100 км};$$

$$Q_{s1800} = 665,3 \cdot 9,71 / 10 \cdot 0,725 \cdot 7,1 = 125,5 \text{ л/100 км};$$

$$Q_{s2200} = 655,0 \cdot 11,88 / 10 \cdot 0,725 \cdot 8,7 = 123,7 \text{ л/100 км};$$

$$Q_{s2600} = 651,4 \cdot 14,06 / 10 \cdot 0,725 \cdot 10,3 = 123,2 \text{ л/100 км};$$

$$Q_{s3000} = 659,6 \cdot 16,25 / 10 \cdot 0,725 \cdot 11,8 = 124,9 \text{ л/100 км};$$

$$Q_{s3200} = 664,6 \cdot 17,35 / 10 \cdot 0,725 \cdot 12,6 = 126,0 \text{ л/100 км}.$$

Аналогічно розраховуємо Q_{si} для решта передач. Отримані результати записуємо в табл. 2.4.

Користуючись формулами (2.8)–(2.10) проведемо розрахунок показників економічної характеристики для модернізованого автомобіля (табл. 2.5).

Таблиця 2.5 - Показники економічної характеристики удосконаленого автомобіля

Передача	η	V, км/год	n_d , об/хв	n_{di}/n_n	k_n	N_e , кВт	$N_{ei}/N_{ei(зов)}$	k_N	g_e , г/кВтгоД	Q_s , л/100
I	0,06	2,78	1000	0,3125	1,055	3,79	0,14	2,22	786,22	148,06
		5,00	1800	0,5625	0,966	6,83	0,13	2,28	736,98	138,90
		6,11	2200	0,6875	0,948	8,35	0,13	2,28	725,37	136,78
		7,22	2600	0,8125	0,951	9,88	0,13	2,27	722,26	136,28
		8,33	3000	0,9375	0,977	11,41	0,14	2,24	732,90	138,40
		8,89	3200	1	1,000	12,17	0,14	2,21	740,00	139,80
II	0,06	8,07	1000	0,3125	1,055	11,05	0,41	1,48	522,97	98,74
		14,53	1800	0,5625	0,966	20,01	0,38	1,55	500,41	95,08
		17,76	2200	0,6875	0,948	24,57	0,38	1,55	492,89	94,07
		20,98	2600	0,8125	0,951	29,19	0,39	1,53	486,01	93,26
		24,21	3000	0,9375	0,977	33,90	0,41	1,48	485,26	93,70
		25,83	3200	1	1,000	36,28	0,43	1,44	481,94	93,38
III	0,06	14,2	1000	0,3125	1,055	19,51	0,72	1,02	360,48	68,46
		25,5	1800	0,5625	0,966	35,81	0,68	1,06	343,58	66,53
		31,2	2200	0,6875	0,948	44,37	0,68	1,06	336,71	66,09
		36,8	2600	0,8125	0,951	53,28	0,71	1,03	329,07	65,64
		42,5	3000	0,9375	0,977	62,62	0,75	1,00	325,95	66,22
		45,3	3200	1	1,000	67,47	0,80	0,97	323,53	66,40

Розглянемо аналіз економічності серійного та модернізованого автомобілів. Серійний автомобіль, повністю завантажений, здатен рухатися

лише на 1-й і 2-й передачах із швидкістю в межах 3,9–36,7 км/год, при цьому витрата палива становить 133,3–74,5 л/100 км.

Модернізований автомобіль, також у повністю завантаженому стані, може рухатися по стерні вже на 1-й, 2-й і 3-й передачах, зі швидкістю від 2,8 до 45,3 км/год. Витрата палива при цьому знижується до 98,7–66,4 л/100 км. Отже, спостерігається розширення діапазону швидкостей і зменшення витрати палива на 26%.

Висновки

1. Вирощування і збирання різноманітних сільськогосподарських культур вимагає виконання великого обсягу навантажувально-розвантажувальних і транспортних операцій. Основна частина перевезень здійснюється ґрунтовими дорогами або по полях, поверхня яких часто є розрихленою, що значно підвищує опір руху транспортних засобів.

2. Для транспортування зерна автомобіль IVECO EUROCARGO, повністю завантажений, може рухатися по стерні на 1-й та 2-й передачах при всьому діапазоні швидкостей обертання колінчастого вала двигуна (швидкість руху від 3,9 до 36,7 км/год). На 3-й передачі рух можливий за частоти обертання 1800 об/хв, яка відповідає швидкості 36,2 км/год з витратою пального на рівні 133,3–74,5 л/100 км.

3. Якщо цей самий автомобіль IVECO EUROCARGO обладнати понижувальним редуктором, його рух по стерні можливий на 1-й, 2-й та 3-й передачах також при всьому діапазоні частот обертання колінчастого вала двигуна. У цьому випадку швидкість варіюється від 2,8 до 45,3 км/год, а витрата пального знижується до 98,7–66,4 л/100 км. Завдяки встановленню редуктора діапазон швидкостей розширюється, а витрати палива зменшуються на 26%.

3. КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА

3.1. Аналіз способів переключення передач автомобіля

Пристрої керування передачами призначені для перемикання швидкостей водієм або автоматично. Вони включають механізм перемикання, розташований всередині коробки передач, важіль управління (чи його замітник) у кабіні водія і деталі, які їх з'єднують (безпосередньо привід). До механізму перемикання входять важелі, повзуни, валики, вилки, фіксатори, замки і синхронізатори. Також можуть використовуватися різноманітні гідравлічні, пневматичні або електричні пристрої, такі як гідроаккумулятори, гідроциліндри або електромагнітні муфти, які полегшують процес перемикання передач.

Система управління може бути автоматичною, що спрощує керування автомобілем і дозволяє перемикати передачі в оптимальні моменти для підтримки належного навантаження на двигун. В автоматичній системі головними компонентами є датчики швидкості руху та завантаження двигуна. Для першого застосовується відцентровий регулятор, пов'язаний із вторинним валом коробки передач, а для другого — положення рейки паливного насоса (у дизельних двигунах) або педалі газу (в карбюраторних двигунах). Автоматична система дублюється системою прямої дії або командною, яку використовують в екстремальних умовах, наприклад, при підвищеному буксуванні коліс, коли автоматичне включення нижчої передачі неможливе.

Приводи повинні забезпечувати легке управління коробкою передач, швидке перемикання передач, надійність і простоту обслуговування. Важливі також хороші тягово-динамічні та економічні показники роботи машини й відсутність небажаної циклічності перемикання (спонтанного переходу з нижчої на вищу передачу та навпаки). Автоматику має дублювати система вручну керованого приводу.

Щоб уникнути циклічного перемикання передач, система повинна забезпечувати рівність тягових сил до і після перемикання передач при незмінному положенні педалі подачі палива.

3.1.1. Привід безпосередньої дії

Для активації відповідних зубчастих муфт або шестерень переміщують каретки за допомогою важеля, який діє на вилки, з'єднані з каретками. Важіль, що використовується для управління коробкою передач з рухомими каретками, монтується в кришці передачного механізму. Найбільш поширеною є конструкція, де важіль встановлений у нульовій опорі. Верхня частина важеля закінчується рукояткою для перемикання передач, а нижнє укорочене плече при його коливанні в поперечній площині щодо подовжньої осі машини входить у проріз одного з повзунів. При нахилі важеля вперед чи назад відповідний повзун переміщує вилку перемикання передач, закріплену на ньому.

Для включення зубчастих шестерень або муфт на задану довжину зуба та запобігання самовільному ввімкненню або вимкненню передач під час роботи машини використовуються фіксатори. Вони утримують повзуни, а отже, і шестерні чи муфти в установленому положенні – ввімкненому або вимкненому. Повзун може займати кілька положень: увімкнуте, вимкнене або нейтральне. Для цього на повзуні передбачено три виїмки, куди заходить фіксатор при правильному положенні каретки.

Втім, самі фіксатори не гарантують захисту від одночасного переміщення двох повзунів важелем управління коробкою передач. Щоб уникнути пошкоджень у механізмі, разом із фіксаторами використовуються спеціальні замки-куліси-пластини з профільними вирізами. Вони за рахунок довжини та розташування пазів у кулісі обмежують рух важеля, запобігаючи одночасному ввімкненню двох передач.

Окрім фіксаторів і замків, застосовуються також блокуючі пристрої. Педаль муфти зчеплення з'єднана тягою із важелем, закріпленим на кінці блокувального валика, що розташований над фіксаторами. На цьому валику є поздовжній паз. Коли муфта зчеплення вимкнена, блокувальний валик повертається таким чином, щоб поздовжній паз опинився над торцями фіксаторів, дозволяючи їх стержням підніматися і звільняти повзуни. При ввімкненій муфті зчеплення поздовжній паз займає інше положення, блокуючи підйом фіксаторів і, відповідно, повзуни залишаються заблокованими. Така система гарантує можливість увімкнення передач лише при вимкненій муфті зчеплення.

3.1.2. Командний привід

Це система, де водій не докладає значних фізичних зусиль, а лише керує управлінським елементом, який активує перемикання передач. Цей процес здійснюється за допомогою енергії гідронасоса або електродвигуна. У коробках такого типу використовуються шестерні з постійним зачепленням.

Для вмикання передач застосовується багатодискова фрикційна муфта, що встановлена на вторинному валу. Її робота забезпечується енергією тиску оливи. Привід складається з декількох ключових компонентів, серед яких: гідронасос, бак, забірний фільтр, радіатор, гідроаккумулятор, фільтр нагнітання, розподільник і клапани. Ці елементи відповідають за підтримання оптимальних параметрів температури та тиску оливи у системі, незалежно від умов роботи.

Принцип дії приводу полягає у наступному. Гідронасос всмоктує оливу через забірний фільтр, після чого вона проходить через фільтр лінії нагнітання і потрапляє до перепускного клапана та розподільника. Далі олива через золотник розподільника прямує по каналу вторинного вала до поршня (бустера) фрикційної муфти активованої передачі. Поршень замикає диски,

увімкнувши передачу, тоді як інші муфти у цей час перебувають у положенні зливу.

Одночасно через перекидні клапани олива потрапляє до гідроакумулятора. Його основне завдання — підтримувати тиск у бустері активованої передачі протягом певного періоду, щоб уникнути переривання потоку потужності в коробці передач під час перемикання.

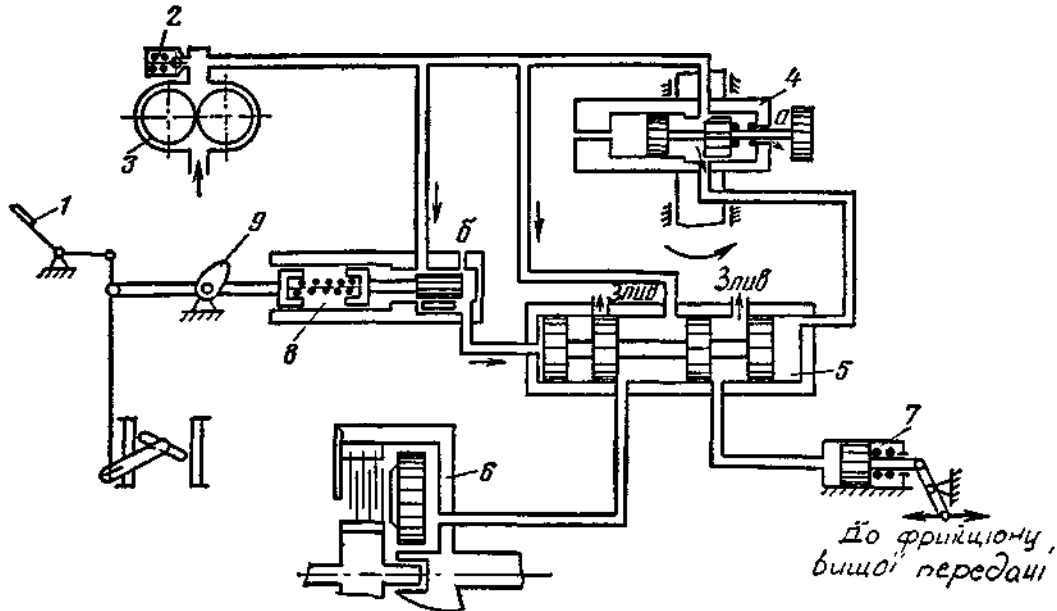
З перепускного клапана олива далі подається трубопроводами для змащування фрикційних елементів коробки передач, у бак і радіатор. Коли водій бажає змінити передачу, він повертає рукоятку золотника розподільника. Це дозволяє з'єднати фрикційний механізм активованої передачі з насосом, а механізм тієї передачі, яку вимикають, спрямувати до зливу системи.

3.1.3. Автоматичний привід

Цей тип приводу відрізняється від командного тим, що процес переключення передач здійснюється не водієм, а автоматизованим механізмом, який приймає рішення на основі швидкості руху транспортного засобу та рівня навантаження на двигун. Передача з нижчої на вищу перемикається автоматично за таким алгоритмом. У режимі нижчої передачі золотник клапана 5 для переключення розташовується в лівій позиції, забезпечуючи зв'язок між нагнітальною магістраллю насоса 3 і гідроциліндром 6 фрикціона нижчої передачі. У цьому положенні порожнина гідроциліндра 7 фрикціона вищої передачі з'єднується зі зливною магістраллю.

Регулятор швидкості або сенсор пов'язаний з веденим валом коробки передач. Під дією відцентрової сили золотник регулятора, обертаючись разом із веденим валом, зміщується ближче до периферії (вліво), чим долає опір пружини і впливає на тиск оливи на лівий торець золотника. У результаті

цього змінюється переріз зливного отвору, а разом із ним і тиск оливи на правий торець золотника клапана 5, який залежить від швидкості руху транспортного засобу.



1 – педаль приводу дросельної заслінки; 2 – запобіжний клапан; 3 – маслосос; 4 – відцентровий регулятор; 5 – золотник переключення передач; 6 – гідроциліндр фрикціону нижньої передачі; 7 – гідроциліндр фрикціону вищої передачі; 8 – силовий регулятор; 9 – кулачок приводу; а і б – зливні отвори.

Рисунок 3.1. Схема автоматичного управління коробкою передач

Силовий регулятор 8, з'єднаний із приводом дросельної заслінки 1, регулює тиск оливи на лівий торець золотника клапана 5 у залежності від кута відкриття дросельної заслінки. Чим більше відкрита заслінка, тим далі вправо зміщується золотник регулятора 8, зменшуючи витік оливи через зливний отвір «б». Таким чином, тиск оливи на лівий торець золотника клапана 5 прямо пропорційний куту відкриття дросельної заслінки. При зменшенні опору руху машини, якщо кут відкриття дросельної заслінки залишається незмінним, частота обертання колінчастого вала двигуна зростає. Це призводить до збільшення швидкості машини через підвищення тиску на лівий торець клапана. У результаті золотник клапана 5 зміщується

вправо, що сприяє ввімкненню фрикціона вищої передачі та одночасно відключенню фрикціона нижньої передачі.

3.2. Обґрунтування необхідності вдосконалення механізму переключення передач

Аналіз механізмів перемикання передач дозволяє встановити необхідність модернізації ступінчастої трансмісії з можливістю безпосереднього перемикання. Такий висновок впливає з наступних причин.

Після старту завантажений автомобіль розганяється по стерні до досягнення двигуном номінального режиму, після чого виключається муфта зчеплення, і перша передача переводиться в нейтральне положення. Через короткий проміжок часу (2–3 секунди) розпочинається включення другої передачі. За цей період оберти колінчастого вала двигуна лише трохи знижуються (до 2500–2800 об/хв), однак через низьку кінетичну інерцію руху автомобіля та значний опір коченню він повністю зупиняється менш ніж за секунду. У результаті первинний вал продовжує обертатися, тоді як вторинний уже стоїть нерухомо, що викликає характерний "тріск" зубців шестерень і ускладнює включення передачі. Це додатково затримує процес перемикання і сприяє зупинці автомобіля. Якщо передачу все ж вдається увімкнути, машина змушена рушати майже одразу на другій передачі, що на стерні для завантаженого автомобіля є неможливим. Якщо спробувати продовжувати рух в такому режимі, через надмірне навантаження на зчеплення фрикційні накладки перегріваються й виходять із ладу, що потребує ремонту і викликає простій.

Рух на першій передачі супроводжується високою витратою пального та низькою ефективністю роботи. Цю проблему можна вирішити шляхом інтеграції до трансмісії додаткового елемента, який забезпечував би перемикання передач без переривання потоку потужності. Для цього

доцільно застосувати планетарний редуктор із блокувальною багатодисловою сухою фрикційною муфтою. Такий редуктор встановлюється (відповідно до схеми графічної частини проекту) на короткому карданному валі між коробкою передач і проміжною опорою карданного вала. Конструкція редуктора передбачає напівавтоматичну систему управління, яка функціонує за допомогою стисненого повітря.

3.3. Конструкція і принцип роботи планетарного редуктора

Планетарний редуктор, зображений у графічній частині кваліфікаційної роботи, оснащений блокувальним фрикціоном та гальмом барабана сонячної шестерні. Його конструкція дозволяє, при затягнутому гальмі і вимкненому блокувальному фрикціоні, забезпечувати підвищений крутний момент, який передається від вторинного валу коробки передач до головної передачі заднього моста.

Основними елементами планетарного редуктора є епіциклічне колесо, три сателіти, водило сателітів, сонячна шестерня та комплект кріпильних деталей.

Епіциклічне (корончасте) колесо встановлюється на двох кулькових підшипниках, які напресовані на маточину водила, і кріпиться болтами до фланця-кришки карданного вала. Його внутрішні зуби входять у зачеплення з сателітами. Спеціальні отвори в диску епіциклічного колеса дозволяють проводити перевірку зачеплення зубів та покращують подачу оливи до шестерень. Оливодібивач інтегрований у конструкцію епіциклічного колеса, а на зовнішньому діаметрі його маточини передбачено три канавки для ущільнюючих чавунних кілець.

Сателіти взаємодіють із епіциклічною і сонячною шестернями, будучи розміщеними всередині вікон водила на осях. Кожен із них обертається на двох кулькових підшипниках.

Водило монтується на шліцах вихідного вала редуктора і за допомогою гайки через внутрішні кільця підшипників закріплюється на ньому. У конструкцію водила входить барабан блокувального фрикціона, а зовні до нього болтами прикріплена зовнішня кришка редуктора.

Сонячна шестерня виготовляється як єдина деталь із внутрішнім барабаном блокувального фрикціона і барабаном гальма. Вона встановлюється на кулькових підшипниках, розташованих на вихідному валу. Між внутрішніми кільцями підшипників знаходиться розпирна втулка, а між упорним кільцем та цією втулкою додається регульовальне кільце для належного монтажу.

Для обслуговування і перевірки рівня оливи в редукторі у його зовнішній кришці є передбачені чотири отвори з пробками. Ці отвори забезпечують можливість як доливання і зливу оливи, так і її рівневий контроль залежно від положення барабана.

Для забезпечення герметичності редуктора в конструкції передбачено три ущільнювальні кільця на маточині епіциклічного колеса, два ущільнювальні кільця на маточині сонячної шестерні, оливовідбивач епіциклічного колеса та ущільнювальні прокладки між корпусами. Під час роботи планетарного механізму олива активно розбризкується і потрапляє на всі поверхні тертя редуктора.

Планетарний редуктор фіксується на вихідному валу за допомогою гайки, яка закріплюється додатково штифтом. Зусилля, яке чинить гайка під час затягування, сприймається буртом вихідного вала.

Блокувальний фрикціон виконує функцію з'єднання сонячної шестерні з водилом сателітів при активації прямого приводу від вторинного вала коробки на задній міст, а також відключає сонячну шестерню від водила для забезпечення зниженої передачі. Він складається зі зовнішнього барабана водила, внутрішнього барабана сонячної шестерні та пакета дисків тертя, що стискається пружинами через стержні натискним диском. Протилежні кінці

стержнів з'єднані з відтискним диском. У процесі стиснення дисків забезпечується блокування сонячної шестерні з водилом.

Механізм виключення фрикціона включає рухому чашку, нерухому чашку та три кульки. Рухома чашка інтегрована з внутрішнім кільцем кулькового підшипника, зовнішнє кільце якого фіксується у відтискному диску. Чашка обладнана поводком із впресованим і привареним пальцем для сполучення зі штоком пневмокамери. У прикріпленому до чашки кільці виконані три лунки змінної глибини для розташування кульок. Нерухома чашка монтується на поперечній балці рами автомобіля і також має три лунки змінної глибини. У зібраному вигляді лунки обох чашок розташовані одна проти одної, але спрямовані у протилежні боки; в них розміщені кульки.

Щоб забезпечити якісну роботу блокувального фрикціона, між кульками і лунками залишають осьовий зазор розміром 1,2–1,5 мм, який регулюється спеціальним кільцем. Хід пальця повідка повинен бути в межах 20–24 мм. Такий зазор гарантує повне стискання дисків і повноцінне виключення блокувального фрикціона без пробуксовування.

Повне виключення блокувального фрикціона здійснюється за рахунок переміщення натискного диска у межах 4,0–4,5 мм.

Гальмо в конструкції слугує для активації зниженої передачі планетарного механізму через зупинку сонячної шестерні.

Планетарний редуктор функціонує наступним чином. У разі увімкненого блокувального фрикціона та відпущеної гальмівної стрічки сонячної шестерні, планетарний механізм разом із вихідним валом 8 працює як єдина конструкція. У такій ситуації частота обертів вхідного валу (вторинного валу коробки передач) дорівнює частоті обертів вихідного валу (сполученого з хвостовиком головної передачі), а передатне число планетарного редуктора становить одиницю.

У випадках, коли автомобіль стикається із ділянками з підвищеним опором коченню або необхідно почати рух на такій складній території, потрібно активувати понижену передачу. Для цього водій, не змінюючи

параметри роботи двигуна (тобто положення дросельної заслінки), натискає кнопку управління механізмом перемикання передач редуктора. Це змушує електропневматичні клапани спрацювати. Стиснуте повітря з ресивера надходить через трубопроводи до пневмокамер. Шток однієї з пневмокамер через шарнір повертає повідок рухомої чашки 1 на певний кут і зсуває натискний диск через механізм відмикання. Унаслідок цього між ними утворюється зазор, і фрикціон вимикається. Одночасно шток іншої пневмокамери взаємодіє з двоплечим важелем гальма, зтягуючи гальмівну стрічку 6 і зупиняючи сонячну шестерню.

Цей процес відповідає активації сповільненої передачі планетарного редуктора. При фіксації сонячної шестерні сателіти, обертаючись навколо неї під дією епіциклічної шестерні, тягнуть за собою водило, яке починає обертатися у 1,42 рази повільніше за епіциклічну шестерню. Це збільшує тягове зусилля та дозволяє автомобілю подолати важкопрохідний відрізок шляху.

Повернення до нормального режиму виконання передач здійснюється переміщенням важільця на рукоятці перемикання назад. Кнопка при цьому розмикає електричне коло живлення електропневматичних клапанів. Стиснуте повітря припиняє надходити до пневмокамер, які з'єднуються з атмосферою. Штоки звільняються від зусиль, завдяки чому натискні пружини замикають фрикціон. Водночас відтяжні пружини повертають у початкове положення діафрагми, повідок (рухому чашку) і гальмівну стрічку. Планетарний редуктор знову починає функціонувати як єдине ціле разом із вихідним валом.

3.4. Розрахунок на міцність складових планетарного редуктора

3.4.1. Розрахунок планетарної передачі

Здійснимо розрахунок відповідно до заданих умов. Враховуючи вихідні дані: крутний момент $T = 1766$ Нм, частота обертання $n_v = 2200$ об/хв, передаточне число $i = 1,42$, а також задані постійні навантаження і довготривалий термін служби, почнемо з визначення основних параметрів.

Прийнято кількість сателітів $C = 3$. Далі необхідно визначити числа зубів. Вибираємо кількість зубів на центральному сонячному колесі $z_a = 31$ і застосовуємо формулу для розрахунку:

$$z_b = (i + 1) z_a, \quad (3.1)$$

де i – передатне число;

z_a – кількість зубів на колесі.

Підставивши дані у формулу (3.1), отримаємо

$$z_b = (1,42 + 1) 31 = 75,02.$$

Приймаємо $z_b = 75$ за умовою симетричного розміщення сателітів. За умовою співвідності визначаємо кількість зубів сателіта

$$z_d = \frac{z_b - z_a}{2} = \frac{75 - 31}{2} = 22. \quad (3.2)$$

За умовою сусідства

$$(z_a + z_d) \sin\left(\frac{\pi}{C}\right) > (z_d + 2) \quad (3.3)$$

$$(31 + 22) \sin\left(\frac{\pi}{3}\right) > (22 + 2)$$

$45,9 > 24$, умова виконується.

Дійсне передатне число дорівнює

$$i = \frac{z_b}{z_a} - 1 = \frac{75}{31} - 1 = 1,419 \approx 1,42.$$

Визначаємо розміри коліс пари в-д за дотичним напруженням міцності. Вибираємо прямозубе зачеплення, матеріал сталь 45 зі середньою твердістю

для колеса в 280 НВ, а для сателіта такуж марку сталі сталь 45 зі середньою твердістю 250 НВ (табл. 8.9 [3]). Діаметр визначаємо з виразу:

$$d_6 = 1,353 \sqrt{\frac{E_{np} T_1 K_{H\beta}}{[\sigma_H]^2 \psi_{vd}} \frac{K_c}{C} \left(\frac{u \pm 1}{u} \right)}, \quad (3.4)$$

де E_{np} – приведений модуль пружності;

T_1 – крутний момент, Нмм;

$K_{H\beta}$ – коефіцієнт концентрації навантаження по дотичному напруженні;

K_c – коефіцієнт нерівномірності розподілу навантаження між сателітами;

u – передатне число, знак “+” для зовнішнього зачеплення, а “-” – для внутрішнього;

ψ_{vd} – коефіцієнт ширини колеса;

C – число сателітів;

$[\sigma_H]$ – допустиме напруження, Н/мм².

В конструкції передбачаємо плаваючим центральне колесо і приймаємо $K_c = 1,1$. Для розглядуваної пари в формулі (3.4)

$$u = \frac{z_6}{z_3} = \frac{75}{22} = 3,4.$$

Приймаємо $\psi_{vd} = 0,11$ [14].

Визначаємо допустимі дотичні напруження за формулою:

$$[\sigma_H] = \frac{\sigma_{HO}}{S_H} K_{HL}, \quad (3.5)$$

де S_H – коефіцієнт безпеки, $S_H = 1,1$ (табл. 8.9 [15]);

K_{HL} – коефіцієнт довговічності;

σ_{HO} – межа міцності, Н/мм², з таблиці [3] для матеріалу сателіта, як менш міцного, одержимо

$$\sigma_{HO} = 2 \text{ НВ} + 70 = 2 \cdot 250 + 70 = 570 \text{ Н/мм}^2;$$

$K_{HL} = 1$ – довгопрацююча передача, для якої $N_{HE} > N_{HG}$ [14].

Підставивши значення у формулу (3.5), отримаємо:

$$[\sigma_H] = \frac{570}{1,1} 1,0 = 520 \text{ Н/мм}^2.$$

З графіка залежності $K_{H\beta}$ від $\psi_{вд}$ [14] $K_{H\beta} = 1,02$.

Підставляємо дані у формулу (3.4):

$$d_{\sigma} = 1,353 \sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^5 1766 \cdot 10^3 1,01 1,1}{520^2 0,11} \frac{1}{3} \left(\frac{3,4 - 1}{3,4} \right)} = 207 \text{ мм.}$$

Звідси отримаємо:

$$b_w = d_{\sigma} \cdot \psi_{вд} = 207 \cdot 0,11 = 24 \text{ мм.} \quad (3.6)$$

$$m = \frac{d_{\sigma}}{z_{\sigma}} = \frac{207}{75} = 2,76. \quad (3.7)$$

З таблиці ряду модулів приймаємо $m = 3$. Уточнюємо:

$$d_b = 75 \cdot 3 = 225 \text{ мм;}$$

$$d_d = 22 \cdot 3 = 66 \text{ мм;}$$

$$d_a = 31 \cdot 3 = 93 \text{ мм.}$$

Виконаємо перевірочний розрахунок на втомлюваність по дотичним напруженням при $\alpha_w = \alpha = 20^\circ$.

$$\sigma_H = 1,18 \sqrt{\frac{E_{np} T_1 K_H}{d_{w1}^2 b_w \sin 2\alpha_w} \left(\frac{u \pm 1}{u} \right)} \leq [\sigma_H], \quad (3.8)$$

де K_H – коефіцієнт концентрації навантаження на міцність;

d_{w1} – діаметр шестерні, мм;

b_w – ширина шестерні, мм.

Колова швидкість становить:

$$V = \frac{\pi d_a n_a}{60} = \frac{3,14 \cdot 225 \cdot 10^{-3} \cdot 2200}{60} = 25,9 \text{ м/с.} \quad (3.9)$$

З таблиці [15] встановлюємо 7-у степінь точності, для якої визначаємо коефіцієнт $K_{HV} = 1,04$.

$$\text{Звідси } K_H = K_{H\beta} \cdot K_{HV} = 1,02 \cdot 1,04 = 1,06. \quad (3.10)$$

З формули (3.8) з врахуванням K_C і C отримаємо дотичні напруження:

$$\sigma_H = 1,18 \sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^5 \cdot 1766 \cdot 10^3 \cdot 1,06 \cdot 1,1 \left(\frac{3,4 - 1}{3,4} \right)}{225^2 \cdot 24 \cdot 0,6428 \cdot 3}} = 425 \leq [\sigma_H] = 520 \text{ Н/мм}^2.$$

Проведемо перевірочний розрахунок на напруження згину, зосередившись на зубах сателіта, оскільки саме вони зазнають знакоперемінних напружень.

$$\sigma_F = \frac{Y_F F_t K_F}{b_w m} \leq [\sigma_F], \quad (3.11)$$

де $[\sigma_F]$ – допустиме напруження згину, Н/мм²;

K_F – коефіцієнт розрахункового навантаження;

Y_F – коефіцієнт форми зуба;

F_t – колова сила, Н.

Допустиме напруження згину визначаємо за формулою:

$$[\sigma_F]_{\max} = 2,74 \text{ HB} = 2,74 \cdot 250 = 685 \text{ Н/мм}^2. \quad (3.12)$$

Коефіцієнт розрахункового навантаження

$$K_F = K_{F\beta} \cdot K_{FV}, \quad (3.13)$$

де $K_{F\beta}$ – коефіцієнт динамічного навантаження за дотичним напруженням згину, з $[11] K_{F\beta} = 1,05$;

K_{FV} – коефіцієнт динамічного навантаження за згинаючим напруженням згину, з $[11] K_{FV} = 1,08$.

Підставивши отримані значення у формулу (3.16), одержимо

$$K_F = 1,05 \cdot 1,08 = 1,13.$$

Коефіцієнт форми зуба визначаємо з $[15]$. При $x=0$, $Y_F = 3,6$.

Колову силу F_t розраховуємо за формулою:

$$F_t = \frac{2T_1 K_c}{dC} = \frac{2 \cdot 1766 \cdot 10^3 \cdot 1,1}{225 \cdot 3} = 8174 \text{ Н}. \quad (3.14)$$

Підставивши в формулу (3.11) значення визначимо:

$$\sigma_F = \frac{3,6 \cdot 8174 \cdot 1,13}{24,3 \cdot 3} = 482 \leq [\sigma_F] = 685 \text{ Н/мм}^2.$$

Умова міцності виконується.

3.4.2. Розрахунок вала

Розрахунок вала проводимо за напруженням кручення, що розраховано за формулою:

$$\tau = \frac{T}{W_{\partial}} \leq [\tau], \quad (3.15)$$

де T – крутний момент, що передається через вал, Н/м;

W_{∂} – полярний момент опору, мм^3 .

$$T = T_1 \cdot i, \quad (3.16)$$

де T_1 – крутний момент коробки передач, Н/м;

i – передатне число планетарного редуктора.

$$T = 1766 \cdot 1,42 = 2508 \text{ Н/м.}$$

Для вала з суцільним перерізом момент опору визначено з виразу:

$$W_{\partial} = \frac{\pi d^3}{16}, \quad (3.17)$$

де d – діаметр вала в небезпечному перерізі, мм.

Звідси напруження кручення становить:

$$\tau = \frac{16 \cdot T}{\pi \cdot d^3} \leq [\tau]. \quad (3.18)$$

Визначаємо діаметр вала в небезпечному перерізі за формулою:

$$d = \sqrt[3]{\frac{16T}{\pi[\tau]}}, \quad (3.19)$$

де $[\tau]$ – допустиме напруження, Н/мм^2 .

Вибираємо леговану сталь 45Х з термообробкою. Допустиме напруження $[\tau] = 140 \text{ МПа}$ [3].

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 2508 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 140}} = 45,02 \text{ мм.}$$

Приймаємо $d = 45 \text{ мм}$.

3.4.3. Розрахунок фрикційної муфти

Вихідні дані для розрахунків: момент обертання становить 1766 Н·м; частота обертання вала муфти дорівнює 2200 об/хв; кількість поверхонь тертя складає 13; коефіцієнт запасу зчеплення прийнятий як 1,2; зовнішній радіус поверхонь тертя становить 118 мм, а внутрішній радіус — 91 мм.

Середній радіус поверхонь тертя становить:

$$r = \frac{R + r}{2} = \frac{118 + 91}{2} = 104,5 \text{ мм.} \quad (3.20)$$

Середня колова швидкість визначена з виразу

$$V = \frac{\pi r_{cp} n}{30 \cdot 100} = \frac{3,14 \cdot 104,5 \cdot 2200}{30 \cdot 100} = 24,07 \text{ м/с.} \quad (3.21)$$

Необхідне зусилля стиску дисків становить:

$$S = \frac{M_k \beta}{r_{cp} i f}, \quad (3.22)$$

де f – коефіцієнт тертя, для асбокаучуку по сталі $f = 0,4 \dots 0,5$;

i – число поверхонь тертя,

$$i = m + n + 1, \quad (3.23)$$

де m – число ведучих дисків;

n – число ведених дисків.

Звідси $i = 7 + 7 - 1 = 13$.

Підставивши значення у формулу (3.22) одержимо

$$S = \frac{1766 \cdot 1,22}{0,1045 \cdot 13 \cdot 0,45} = 3466,6 \text{ Н.}$$

Допустимий тиск на поверхні тертя розраховано за формулою:

$$p = \frac{S}{\pi(R^2 - r^2)} \leq [p], \quad (3.24)$$

де $[p]$ – допустимий тиск на поверхні тертя, для асбокаучуку $[p]=20 \text{ Н/см}^2$ [3].

$$p = \frac{3466,6}{3,14(11,8^2 - 9,1^2)} = 19,5 \leq [p] = 20 \text{ Н/см}^2.$$

3.4.4. Розрахунок шліцевого з'єднання

Розрахунок шліцевого з'єднання здійснюється на основі аналізу напружень зминання з виразу:

$$\sigma_{зм} = \frac{M_{кмах}}{\psi F l r_{cp}} \leq [\sigma_{зм}], \quad (3.25)$$

де $M_{кмах}$ – найбільший допустимий крутний момент, Нмм;

ψ – коефіцієнт, який враховує нерівномірність розташування зусиль по робочим поверхням зубів;

F – площа всіх бокових поверхонь зубів з однієї сторони на 1 мм довжини, мм^2 .

$$F = 0,8 m z_n, \quad (3.26)$$

де m – модуль;

z – число шліців,

$$F = 0,8 \cdot 2,0 \cdot 22 = 35,2 \text{ мм}^2,$$

r_{cp} – середній радіус. мм,

$$r_{cp} = 0,5 d,$$

де d – дільний діаметр, мм,

$$r_{cp} = 0,5 \cdot 41 = 20,5 \text{ мм},$$

$[\sigma_{зм}]$ – допустиме напруження на зминання бокових поверхонь зубів шліцевих з'єднань, $[\sigma_{зм}] = 6,0 \dots 10,0 \text{ Н/мм}^2$ [3].

Підставивши значення у формулу (3.27), отримаємо

$$\sigma_{зм} = \frac{250800}{0,8 \cdot 35,2 \cdot 52 \cdot 20,5} = 8,35 \leq [\sigma_{зм}] = 10 \text{ Н/мм}^2.$$

Умова виконується.

Висновки

1. Аналіз роботи автомобіля IVECO EUROCARGO в процесі транспортування зернових по стерні можливий лише на першій передачі, спроби включити другу закінчуються невдало через малий момент інерції та великий опір рухові. Покращення ефективності роботи автомобіля у важких дорожніх умовах можливе завдяки включенню в трансмісію додаткового редуктора.

2. Додатковий редуктор, що містить багатодисковий фрикціон та власне планетарний редуктор, дозволяє без розриву потоку потужності збільшити величину крутного моменту, що передається до головної передачі заднього моста в 1,42 рази.

3. Проведений розрахунок складових редуктора свідчить про достатній їх запас міцності.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Аналіз стану охорони праці в господарстві

Одним з важливих завдань, що стоять перед інженерно-технічними працівниками – намагання зробити техніку безпечною для використання людиною. Під час використання техніки повинна повністю виключатись можливість травматизму робітників або негативного впливу її на здоров'я обслуговуючого персоналу.

Відповідальність за організацію роботи з охорони праці і забезпечення нормальних умов роботи в фермському господарстві несе його власник. Контроль за своєчасним проведенням і якістю інструктажів здійснює головний інженер. На тракторній бригаді є кабінет з охорони праці, де проводяться інструктажі і навчання.

Провівши аналіз стану охорони праці у господарстві, відмічено ряд важливих недоліків. Насамперед, працівники господарства не пройшли такі види інструктажу як вступний та на робочому місці, і не ведеться журнал інструктажів з техніки безпеки. В документальному плані немає всіх розроблених і затверджених інструкцій згідно з положенням про розробку інструкцій з охорони праці.

Багато недоліків в організації техніки безпеки трапляються на збирально-транспортних роботах, на роботах пов'язаних з внесенням мінеральних добрив і підживлень. Під час обробітку пестицидами механізаторам не завжди видаються потрібні респіратори, спецодяг.

Недосконалим робочим місцем з точки зору травматизму є ремонтна майстерня. Причиною цього є невідповідність застарілого обладнання, наявність старого слюсарного інструменту. Майстерня не відповідає вимогам на ремонт наявних машин.

Майстерня, яка розміщена у дворі господарства, обігрівается газовим примусом, що є небезпечним. У приміщенні майстерні не передбачена вентиляція, що спричиняє загазованість приміщення, а це негативно впливає на здоров'я механізаторів. Слід зазначити також, що майстерня не має загального рубильника для відключення електроенергії, а використання електропродовжувачів саморобного виготовлення спричинили два випадки травматизму. Потрібно відзначити те, що не всі машинно-тракторні агрегати забезпечені аптечками першої допомоги.

Територія господарства не відокремлена від житлової забудови санітарно-захисною зоною і не відгороджена парканом, що не відповідає вимогам до улаштування та утримання території господарства.

Отже, існує необхідність щодо покращання умов праці та дотримання правил техніки безпеки, що певним чином впливає як на стан здоров'я працівників, так і на продуктивність праці.

Господарству слід звернути увагу на пожежну безпеку, тобто всі приміщення повинні забезпечуватись первинними засобами пожежогасіння, у кількості, як визначається розрахунками, викладених у Правилах пожежної безпеки на Україні. Для їх розміщення потрібно встановити спеціальні пожежні щити, а вогнегасники розмістити на висоті не вище 1,5 м від рівня підлоги до нижнього торця вогнегасника і на відстані від дверей, достатній для їх повного відчинення.

Для профілактики травматизму і професійних захворювань потрібно вміти оцінювати безпеку машин і обладнання – оглядом, вимірюванням або випробуванням, порівнюючи з вимогами стандарту, для визначення безпечності. Від кількості нещасних випадків і днів непрацездатності залежать коефіцієнти частоти і тяжкості травматизму в господарстві [9]. Коефіцієнт частоти травматизму визначається за формулою:

$$K_n = \frac{1000T}{P}, \quad (4.1)$$

де T – число травм за період аналізу;

P – середньоспискове число працівників, чол.

Коефіцієнт тяжкості травматизму визначається з виразу:

$$K_m = \frac{D_n}{T}, \quad (4.2)$$

де D_n – число днів непрацездатності;

Показник втрати робочого часу визначається за формулою:

$$K_n = K_n \times K_m. \quad (4.3)$$

Згідно Закону України „Про охорону праці” в господарстві ведеться облік виробничого травматизму. Останніми роками відбувається значне старіння матеріально-технічної бази, мало оновлюються виробничі потужності, несвоєчасно проводиться належний контроль і перевірка технічного стану робочого обладнання, що негативно впливає на стан травматизму. У таблиці 4.1 наведені показники стану охорони праці.

Таблиця 4.1 - Основні показники стану охорони праці в господарстві

Показники	Умовне позначення	Роки		
		2022	2023	2024
Середньорічне число працюючих, чол.	P	11	12	14
Кількість травм	T	-	1	1
Втрачено днів працездатності	D_n	-	8	7
Показник частоти травматизму	K_n	0	83,3	71,4
Показник тяжкості травматизму	K_T	0	8	7
Показник втрати робочого часу	K_{Π}	0	666,4	499,8

Виходячи з даних таблиці 4.1, можна зробити висновок, що показники стану охорони праці в господарстві не задовольняють умови. Усе це

відбувається внаслідок виділенні недостатньої кількості коштів на заходи з охорони праці.

4.2. Техніка безпеки під час автомобільних перевезень

4.2.1. Техніка безпеки під час перевезення зерна

Зерно – найбільш масовий сільськогосподарський вантаж: його перевозять весною із складу на поля до сівалок, восени від комбайнів на токи та елеватори. У зв'язку з цим дуже важливо правильно організувати роботу збиральних агрегатів і транспортних засобів, а також забезпечити безпечні умови праці [13].

Водій повинен проявляти особливу увагу під час під'їздів до комбайна під завантаження зерном з бункера. Розрівнювати зерно в кузові дозволяється лише тоді, коли автомобіль зупинений. При цьому не можна переходити з кузова по шнеку на комбайн і назад. Шнек комбайна необхідно очищати за допомогою спеціальних гачків.

Якщо комбайн на ходу вивантажує зерно в кузов автомобіля, у цьому кузові не повинно бути людей, що розрівнюють в ньому зерно. Водій повинен вести транспортний засіб паралельно комбайну і з такою самою швидкістю. Таке розвантаження допускається тільки на рівних ділянках поля.

Після завершення завантаження зерна у транспортний засіб кузов закривають брезентом, щоб зерно не розсипалося.

Під час транспортування забороняється на зерні перевозити людей. Для розвантаження зерна на току борти повинні відкриватись двома робітниками, що стоять з двох сторін борта.

4.2.2. Техніка безпеки під час перевезення людей

Категорично забороняється перевозити людей на тракторних причепах і автомобілях самоскидах, а також на безбортових платформах, на вантажі, розміщеному на рівні або вище бортів кузова та рядом з вантажем.

Для керування автомобілем, призначеним для перевезення людей, допускаються водії тільки першого і другого класів, і, як виняток, водії третього класу за певних умов. Перевезення людей доручають найбільш дисциплінованим водіям.

Вантажні автомобілі, виділені для перевезення людей обладнують надійно закріпленими лавками, які встановлюють на висоті 400 мм від підлоги кузова, але не менше як на 150 мм від рівня бортів. Задня лавка повинна бути з міцною спинкою.

Автомобілі, призначені для постійного перевезення людей треба обладнати тентом для захисту людей від сонця, дощу, вітру, а також драбинкою для посадки і висадки людей і електричним освітленням всередині кузова.

Для запобігання отруєння відпрацьованими газами двигуна людей, які знаходяться в кузові критого автомобіля, кінець вихлопної труби слід вивести за межі заднього борта на 4 см.

Автомобіль перед рейсом повинен бути в технічно справному стані. За посадкою людей в кузов автомобіля повинен стежити водій і суворо дотримуватись норм посадки людей.

4.2.3. Техніка безпеки під час перевезення тварин

Для перевезення овець, свиней. Великої рогатої худоби автомобілі обладнують дерев'яними решітками, піднятими на 0,8 м над рівнем бортів. Завантаження і розвантаження тварин можна проводити по міцному містку-настилу з поручнями, містку-причепу або з земляного насипу. Під час завантаження забороняється порушувати спокій тварин. Якщо тварина упирається, її треба втягувати в кузов за допомогою спеціальних лямок. Бугаїв-плідників повинен вводити на транспортний засіб тваринник. Лякливих коней вводять у кузов з зав'язаними очима [20].

Для перевезення ВРХ і коней кузов обладнують високими дерев'яними решітками і розмежувальними брусами. Перевозити корів і коней, встановлених упоперек кузова транспортного засобу дозволяється тільки як виняток, по рівній горизонтальній дорозі. При такому перевезенні значно знижується стійкість транспортного засобу. Водій автомобіля зобов'язаний вести його обережно, без різких гальмувань і ривків. Люди, що супроводжують тварин, повинні знаходитись у кабіні автомобіля.

4.3. Розрахунок загального штучного освітлення ділянки оцінки технічного стану автомобілів

Розрахунок освітлення здійснюється за методом коефіцієнта використання [17], необхідного для досягнення заданої освітленості з врахуванням світла, відбитого стінами та вікнами.

Сумарний світловий потік визначається за заданою освітленістю згідно формули:

$$\Phi_{\Sigma} = \frac{E_n S k z}{\eta}, \quad (4.1)$$

де E_n – нормативна освітленість, лк;

S – площа приміщення, м²;

k – коефіцієнт запасу ($k = 2$);

η – коефіцієнт використання світлового потоку;

z – відношення середньої освітленості до мінімальної ($z = 1,1$).

Показник приміщення становить:

$$i = \frac{a b}{H(a + b)}, \quad (4.2)$$

де a, b – довжина і ширина приміщення, м;

H – висота, на якій підвішується світильник над робочою поверхнею ($H = 2$ м).

Для пункту оцінки технічного стану автомобілів ($a = 7$ м, $b = 6$ м):

$$i = \frac{7 \cdot 2}{2(7 + 6)} = 1,62.$$

Вибираються світильники типу ОД, для яких коефіцієнт використання світлового потоку $\eta = 0,58$. Нормована освітленість для виконання робіт високої точності $E_n = 500$ лк і тому

$$\Phi_{\Sigma} = \frac{500 \cdot 7 \cdot 6 \cdot 2 \cdot 1,1}{0,58} = 79655 \text{ лм.}$$

Необхідна кількість ламп становить

$$n_{\text{л}} = \frac{\Phi_{\Sigma}}{\Phi_{\text{л}}}, \quad (4.3)$$

де $\Phi_{\text{л}}$ – світловий потік однієї лампи, лм.

Для лампи ЛБ60, потужністю 60 Вт, $\Phi_{\text{л}} = 4500$ лм, звідки

$$n_{\text{л}} = \frac{79655}{4500} \approx 18.$$

Оскільки в одному світильнику знаходиться дві лампи, то у приміщенні слід розмістити дев'ять-десять світильників.

4.4. Пожежна профілактика при автомобільних перевезеннях

Автомобілі, які працюють на збиранні врожаю повинні бути обладнані іскрогасниками на вихлопній трубі і кожухом з листової сталі. Крім того їх треба забезпечити вогнегасниками і штиховою лопатою.

Автоцистерни, причепа і бортові автомобілі, які призначені для перевезення горючих рідин, необхідно забезпечити вогнегасниками, баграми і штиховою лопатою. Задні стінки кабін повинні бути оббиті сталлю. Глушники таких автомобілів повинні бути захищені азбестовими кожухами, винесеними вперед до радіатора і повернути таким чином, щоб вихлопні гази мали напрямок до землі під кутом 45° [13]. На автомобілях, які призначаються для перевезення врожаю і паливно-мастильних матеріалів забороняється курити.

При тимчасовому розміщенні автомобілів в польових умовах необхідно дотримуватись наступних правил протипожежної безпеки:

- стоянки автомобілів влаштовувати на очищеній від стерні і сухої трави площадках;
- обороти круг смугою 1 м і розміщувати не ближче ніж 100 м до будівель, лісових масивів, скирт соломи, сіна.

Паливно-мастильні матеріали для автомобілів необхідно розміщувати на очищеній від стерні площадці на віддалі не менше 100 м від місць збирання і обмолочення посівів, скирт соломи, стоянок автомобілів і не менше 50 м від будівель. На стоянках автомобілів і місцях зберігання паливно-мастильних матеріалів забороняється курити, розводити вогнища.

Висновки

Забезпечення стану охорони праці у господарстві є на достатньому низькому рівні з суттєвими недоліками. В розділі розроблено ряд заходів на покращення стану охорони праці і пожежної безпеки для автопарку господарства.

Для загального поліпшення стану охорони праці та запобіганню виробничого травматизму у господарстві необхідно:

- запровадити регулярну перевірку автомобілів перед виїздом на лінію;
- своєчасно та у повному обсязі укомплектовувати автомобілі засобами пожежогасіння;
- своєчасно та якісно проводити інструктажі з техніки безпеки;
- виконати ряд заходів направлених на поліпшення умов праці робітників як автопарку, так і інших виробничих підрозділів господарства.

Виконання перелічених заходів поліпшить стан охорони праці в господарстві, створить належні умови роботи водіїв, буде сприяти пожежній профілактиці.

5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ КОНСТРУКТИВНОЇ РОЗРОБКИ

Удосконалений автомобіль IVECO EUROCARGO ML140E22-E, порівняно із серійним, має модифіковану трансмісію, у який включено понижувальний редуктор, що підвищує продуктивність і, закономірно, ефективність використання автомобіля у важких дорожніх умовах. Враховуючи можливість використання автомобіля на дорогах з широким спектром варіації зведених опорів та в умовах бездоріжжя, запропонований автомобіль дозволяє підвищити на 12–15% середньотехнічну швидкість. Збільшення швидкості зумовлюється зменшенням втрат кінетичної енергії під час переходу з однієї передачі на іншу, а також підвищенням тягово-зчіпних властивостей при русі повністю завантаженого автомобіля по дорогах з опором коченню.

Економічна ефективність удосконаленого автомобіля визначається в порівнянні із серійним. Ціна на транспортний засіб, паливно-мастильні матеріали, с.-г. продукцію, а також нормативи на заробітну плату відповідають реальним умовам експлуатації удосконаленого автомобіля. Економічна оцінка здійснюється за методикою оцінки спеціалізованої техніки, яка розроблена на кафедрах тракторів та автомобілів та сільськогосподарських машин Львівського національного аграрного університету [14].

5.1. Методика визначення економічних показників удосконаленого автомобіля

Зведені затрати Π на одиницю напрацювання визначаються:

$$\Pi = I + K \cdot E, \quad (5.1)$$

де I, K – прямі експлуатаційні затрати і капітальні вкладення на одиницю напрацювання, грн./т·км;

E – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень.

Прямі експлуатаційні затрати дорівнюють:

$$I = Z + \Gamma + P + A + Z_3, \quad (5.2)$$

де у праву частину рівняння входять затрати (грн./т·км) відповідно на:

Z – оплату праці обслуговуючого персоналу;

Γ – паливно-мастильні матеріали;

P – технічне обслуговування, поточний і капітальний ремонт;

A – реновацію;

Z_3 – зберігання.

Затрати на оплату праці (грн./т·км) водія становлять:

$$Z = \frac{L_6 \tau_6 k_0}{W_{зм}}, \quad (5.3)$$

де $W_{зм}$ – продуктивність автомобіля за годину змінного часу, т·км/год [10];

L_6 – чисельність виробничого персоналу, чол;

τ_6 – годинна тарифна ставка оплати праці виробничого персоналу, грн./люд.-год [17];

k_0 – коефіцієнт, що враховує доплати за класність та стаж роботи, кваліфікацію [17].

Затрати на паливно-мастильні матеріали (грн./т·км) визначаються

$$\Gamma = q\Pi, \quad (5.4)$$

де q – витрата паливно-мастильних матеріалів, кг/т·км;

Π – комплексна ціна 1 кг даних матеріалів, грн./кг.

Затрати на технічне обслуговування, поточний і капітальний ремонти (грн./ткм) за нормативами відрахувань

$$P = \frac{B(r_m + r_k)}{W_{зм} T_p}, \quad (5.5)$$

де B – балансова вартість автомобіля, грн.;

r_m, r_k – коефіцієнти відрахувань на поточний ремонт і технічне обслуговування, капітальний ремонт [17];

T_p – річне завантаження автомобіля, год [16].

Затрати на реновацію (грн./т·км) визначаються за формулою:

$$A = \frac{B a}{W_{зм} T_p}, \quad (5.6)$$

де a – коефіцієнт відрахувань на реновацію [16].

Затрати на зберігання (грн./т·км) визначаються наступним чином

$$З_з = 0,065 \cdot P. \quad (5.7)$$

Капітальні вкладення K на т·км становлять:

$$K = \frac{B}{W_{зм} T_p}. \quad (5.8)$$

Затрати праці $З_n$ (люд.-год/т·км) становлять

$$З_n = \frac{Л_е}{W_{зм}}. \quad (5.9)$$

Річне напруцювання трактора (год) визначається

$$B_z = W_{zm} T_p. \quad (5.10)$$

Річний економічний ефект (грн.) від експлуатації удосконаленого автомобіля IVECO EUROCARGO

$$E_p = (P_{\bar{o}} - P_z) B_z, \quad (5.11)$$

де $P_{\bar{o}}, P_z$ – зведені затрати для зразків транспортних засобів, грн./т·км.

Річна економія праці Z_p (люд.-год) визначається:

$$Z_p = (Z_{\bar{o}} - Z_{nn}) B_z, \quad (5.12)$$

де $Z_{\bar{o}}, Z_{nn}$ – затрати праці для базового і нового автомобілів, люд.-год/т·км.

Ступінь зміни затрат C (%) становить:

$$C = \frac{(Z'_{\bar{o}} - Z'_{pn}) \cdot 100}{Z'_{\bar{o}}}, \quad (5.13)$$

де $Z'_{\bar{o}}, Z'_{pn}$ – річні затрати (затрати праці, прямі експлуатаційні затрати та зведені затрати, капітальні вкладення) відповідно для базового і розробленого зразків техніки, люд.-год.

5.2. Розрахунок економічної ефективності використання удосконаленого автомобіля

На основі експлуатаційних показників роботи базового і удосконаленого автомобілів, нормативно-довідкових матеріалів, цін на технічні засоби і паливно-мастильні матеріали заповнюється таблиця вихідних даних (табл. 5.1), де враховані тільки показники, що впливають на економічну ефективність.

Таблиця 5.1 - Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності використання удосконаленого автомобіля IVECO EUROCARGO

Показники	Позначення	Серійний автомобіль	Удосконалений автомобіль
Продуктивність за годину змінного часу, т·км/год	$W_{зм}$	21,5	25,1
Балансова вартість, тис. грн.	B	650	671
Річне завантаження, год	T_p	1830	1830
Чисельність виробничого персоналу, чол	L_v	1	1
Годинні тарифні ставки персоналу, грн./люд.-год	τ_v	10,35	10,35
Коефіцієнт, що враховує доплати персоналу	k_d	1,1	1,1
Коефіцієнт відрахувань на реновацію	a	0,14	0,14
Коефіцієнт відрахувань на поточний ремонт, технічне обслуговування та відновлення шин	r_m	0,16	0,16
Коефіцієнт відрахувань на капітальний ремонт	r_k	0,06	0,06
Витрата паливно-мастильних матеріалів, кг/т·км	Γ	0,71	0,65
Ціна палива з врахуванням вартості мастильних матеріалів, грн./кг	Π	58,1	58,1
Нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень	E	0,15	0,15

Вибір вихідних даних здійснювався з наступних міркувань. Збільшення змінної продуктивності у розробленого автомобіля зумовлена тим, що у нього більша технічна швидкість під час руху у важких дорожніх умовах. Крім того новий автомобіль забезпечує споживання меншої кількості палива на одиницю виконаної роботи, про що свідчать розрахунки проведені у кваліфікаційній роботі.

Аналіз економічної ефективності проводився з використанням ПЕОМ, згідно розробленої програми. Отримані результати розрахунку (табл. 6.2) свідчать про доцільність використання удосконаленого автомобіля ЗИЛ-5301. При цьому порівняно із серійним прямі затрати зменшуються на 9,4%, а зведені – на 9,5%, річна економія праці складає 306 люд-год. Річний економічний ефект від використання удосконаленого автомобіля становить 177,08 тис.грн, а строк окупності – 3,8 роки.

Таблиця 6.2 - Показники економічної ефективності від використання удосконаленого автомобіля IVECO EUROCARGO

Показник	Автомобіль	
	серійний	удосконалений
Річне напруження, т·км	39345	45933
Прямі затрати (грн./т·км) на:		
– оплату праці	0,47	0,43
– паливно-мастильні матеріали	2,91	2,67
– технічне обслуговування, поточний і капітальний ремонт, відновлення шин	0,36	0,32
– реновацію	0,23	0,20
– зберігання	0,03	0,03

всього прямих затрат	3,80	3,45
Капітальні вкладення, грн./т·км	1,65	1,46
Зведені затрати, грн./т·км	4,05	3,67
Річний економічний ефект, тис. грн.	—	177,08
Затрати праці, люд.-год/т·км	0,046	0,039
Ступінь зміни (%):		
— затрат праці		14,34
— прямих затрат	—	9,38
— зведених затрат	—	9,51
— капіталовкладень	—	11,57

Висновки

1. Використання удосконаленого автомобіля IVECO EUROCARGO практично значиме, його річне напруцювання досягає 45933 т·км.

2. Конструктивна розробка проекту дозволить перш за все за рахунок збільшення технічної швидкості руху автомобіля у важких дорожніх умовах та покращення за таких умов паливної економічності зменшити прямі затрати порівняно з серійним автомобілем на 9,4%, а зведені – на 11,11%. Економічний ефект складає 0,39 грн./т·км.

3. Річний економічний ефект від використання удосконаленого автомобіля становитиме 177,08 тис грн., а строк окупності – 3,8 роки.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

1. Розгляд структури собівартості основних сільськогосподарських культур показує, що значний вміст у ній займають затрати на транспортні операції. В залежності від виду культури затрати на транспортні операції коливаються у межах від 15 до 35 %. Рациональне та ефективне використання транспортних засобів дозволить зменшити їх частку у структурі собівартості та, відповідно зменшити собівартість продукції в цілому.

2. Підвищення експлуатаційної ефективності роботи у важких дорожніх умовах вантажного автомобіля IVECO EUROCARGO можна за рахунок введення у трансмісію додаткового редуктора. Рух повністю завантаженого вказаного автомобіля по стерні під час транспортування зерна можливий на 1 і 2-ій передачах на всьому діапазоні частот обертання колінчастого вала двигуна (поступальна швидкість руху 3,9–36,7 км/год) і на 3-ій передачі при частоті обертання 1800 об/хв, що відповідає швидкості руху 36,2 км/год з шляховою витратою палива 133,3–74,5 л/100 км. В той же час рух удосконаленого автомобіля за цих же умов можливий на 1, 2 і 3-ій передачах в усьому діапазоні частот обертання колінчастого вала двигуна із швидкістю від 2,8 до 45,3 км/год з шляховою витратою 98,7–66,4 л/100 км. Діапазон швидкостей руху при цьому дещо розширюється, а витрата палива зменшується на 26%.

3. Аналіз роботи автомобіля IVECO EUROCARGO в процесі транспортування зернових по стерні можливий лише на першій передачі, спроби включити другу закінчуються невдало через малий момент інерції та великий опір рухові. Включенню в трансмісію додаткового редуктора, що містить багатодисковий фрикціон та власне планетарний редуктор, дозволяє без розриву потоку потужності збільшити величину крутного моменту, що передається до головної передачі заднього моста в 1,42 рази. Середня технічна швидкість автомобіля при русі у таких умовах збільшується на 28%.

4. Розроблено заходи, спрямовані на підвищення екологічності виробництва та поліпшення умов праці, а саме санітарно-гігієнічних умов і забезпечення засобами індивідуального захисту.

5. Використання удосконаленого автомобіля дозволить при річному напрацюванні 45933 т·км отримати річний економічний ефект 177,08 тис. грн. і окупити понесені затрати за 3,8 роки.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Автомобілі IVECO та їх модифікації /Каталог. Київ: Видавничий дім "Кондор", 2018. 88 с.
2. Сирота В. І. Основи конструкції автомобілів. Навчальний посібник для вузів. Київ: Арістей, 2005. 280 с.
3. Безкортовайний М. І. Будова й експлуатація автомобілів: Підручник. 6-те вид. Київ: Либідь, 2006. 400 с.
4. Барский І. Б. Конструювання і розрахунок автомобілів. Кам'янець-Подільський: ПП Зволейко Д. Г., 2007. 345 с.
5. Ільченко В. Ю. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві. Київ: Урожай, 2003. 288 с.
6. Кошерний М. Ф. Основи механіки та енергетики автомобіля. Київ: Вища школа, 2002. 200 с.
7. Бортницький П. І., Задорожний В. І. Тягово-швидкісні якості автомобілів. Кам'янець-Подільський: ПП "Медобори-2006", 2013. 360 с.
8. Шевчук Р.С. Експлуатаційні показники автомобілів: практикум з розрахунку показників. Львів: Львівський національний аграрний університет, 2019. 171 с.
9. Підгородецький Я.І., Сичевський М.І., Домінік А.М. Автомобільні транспортні засоби. Основи конструювання. Львів: Вид-во ЛДУБЖД, 2013. 316 с.
10. Гришкевич А. І. Автомобілі: Теорія: Навчальний посібник для вузів. / А.І. Гришкевич. Київ: Видавничий дім "Кондор", 2018. 388 с.
11. Гришкевич А. І. Проектування трансмісії автомобіля. Кам'янець-Подільський: ПП "Медобори-2006", 2013. 360 с.
12. [Булгаков В.М.](#), [Черниш О.М.](#), [Адамчук В.В.](#), [Березовий М.Г.](#), [Яременко В.В.](#) Теорія механізмів і машин. Київ Центр учбової літератури, 2019 608 с.
13. Кудрявцев В.Н. Деталі машин. Луцьк: ЛНТУ, 2018. 464 с.

- 14.Радіонова В.Ф. Проектування зубчатих, конічних і гіпоїдних передач. Київ: Урожай, 1985. 380 с.
- 15.Сахно В.П., Безбородова Г.Б., Маяк М. М. Автомобілі: Тягово-швидкісні властивості та паливна економічність. Київ: Вид-во КВІЦ, 2004. 174 с
- 16.Шевчук Р.С., Паславський Р.І., Миронюк О.С. Автомобілі (Теорія руху транспортних засобів). Методичні рекомендації для написання курсової роботи студентами з напрямку підготовки 6.0701061 – “Автомобільний транспорт”. Львів: Видавничий центр ЛНАУ, 2016. 28 с.
- 17.Малащенко В. О., Янків В.В., Деталі машин. Курсове проектування. Львів: Новий світ, 2007. 252 с.
- 18.Житецький В.Д. Основи охорони праці: підручник Львів: Афіша, 2002. 320 с.
- 19.Гряник А.П. Охорона праці. Київ: Урожай. 2014. 187 с.
- 20.Солтус А.П. Експлуатаційні властивості автомобіля. Київ: Арістей, 2006. 178 с.