

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)

Кафедра Кафедра автомобілів
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Олег ЦЬОНЬ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«24» січня 2023 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»
(шифр і назва спеціальності)

студенту Полюяну Володимиру Ярославовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Аналіз та дослідження коробок передач колісних транспортних засобів

Керівник роботи Ляшук О.Л., д.т.н., проф.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 24 » січня 2023 року № 4/7-72

2. Термін подання студентом завершеної роботи 19 червня 2023

3. Вихідні дані до роботи Вимоги до коробок передач колісних транспортних засобів.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Загально-технічний розділ. 2 Технологічний розділ. 3 Конструкторський розділ.

4 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Кінематичні схеми трансмісії автомобіля – А1;

Види коробок перемикачів передач автомобіля – А1;

Стенд для дослідження макетного зразка – А1;

Кінематичні схеми – А1;

Результати кваліфікаційної роботи бакалавра – 2А1;

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.	к.т.н. доц. Сенчишин В.С.		

7. Дата видачі завдання 24.січня 2023р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	15.02.2023	
2	Технологічний розділ	08.03.2023	
3	Конструкторський розділ	12.04.2023	
4	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	04.05.2023	
5	Оформлення графічної частини	22.05.2023	
6	Захист кваліфікаційної роботи бакалавра	20.06.2023	

Студент

(підпис)

Полян В.Я.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Ляшук О.Л.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра на тему: «Аналіз та дослідження коробок передач колісних транспортних засобів».

Робота виконана на кафедрі автомобілів Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Керівник кваліфікаційної роботи бакалавра д.т.н., професор Ляшук О.Л.

Пояснювальна записка складається з п'яти розділів і 55 сторінок формату А4 та 6 аркушів формату А1 графічної частини 1 сторінка додатків.

Ключові слова: заміна, плавність руху, деталі, викробування, контроль.

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	7
1.1 Проведення аналізу планетарних схем.....	7
1.2 Огляд 4-ступінчастої автоматичної коробки передач.....	9
1.3 Підвищувальні планетарні ряди.....	11
1.4 Аналіз трансмісій автомобілів.....	13
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	25
2.1 Аналітична методика розрахунку передавального співвідношення.....	25
2.2 Умова збірки і підбір чисел зубів.....	26
2.3 Передаточні числа та параметри використання.....	31
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	40
3.1 Розробка стенду для визначення ККД зразку модуля.....	40
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	44
4.1 Організаційні заходи щодо забезпечення безпечних умов праці.....	44
4.2 Порядок оформлення робіт з підвищеною небезпекою.....	48
4.3 Організація проведення робіт з підвищеною небезпекою.....	49
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	52
БІБЛІОГРАФІЯ.....	53
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Аналіз та дослідження коробок передач колісних транспортних засобів є важливою темою у сфері автомобільної техніки. Коробки передач відіграють ключову роль у передачі потужності з двигуна на колеса автомобіля, забезпечуючи оптимальне використання потужності та керованість транспортного засобу.

Це поле досліджень включає в себе аналіз різних типів коробок передач, таких як механічні, автоматичні, роботизовані та безступінчаті коробки передач. Кожен тип має свої переваги та обмеження, і їх використання залежить від вимог ефективності, комфорту та економічності.

У дослідженнях зазвичай оцінюються такі параметри, як коефіцієнт передачі, ефективність передачі, маса та розміри коробок передач, швидкісні характеристики, динаміка перемикання передач, а також вплив на паливну економічність та викиди шкідливих речовин.

Результати таких досліджень можуть сприяти вдосконаленню технологій коробок передач, покращенню їхньої ефективності та розробці нових інноваційних рішень у цій галузі.

У разі, якщо у вас є певні конкретні питання щодо аналізу та досліджень коробок передач, будь ласка, зазначте їх, і я з радістю надам вам додаткову інформацію.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Проведення аналізу планетарних схем

У більшості автоматичних трансмісій планетарних коробок передач використовується одна з двох популярних систем планетарних:

система Сімпсона;

система Равінджа.

Планетарна система Сімпсона рис. 1.1, також відома як планетарна система Равінда, є одним з основних типів планетарних систем, які застосовуються в автоматичних трансмісіях. Вона отримала свою назву на честь Іда Сімпсона та Чарльза Равінда, які розробили цю систему.

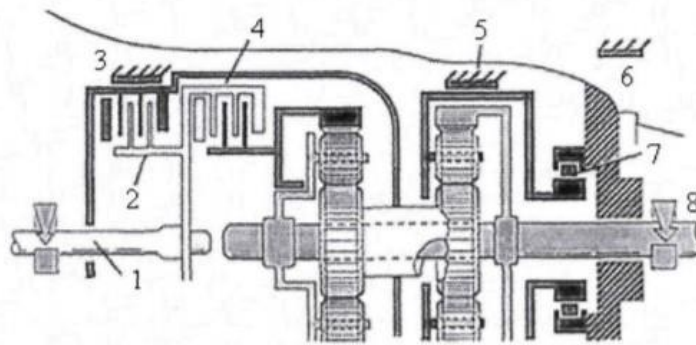


Рис. 1.1. Схема планетарного механізму системи Сімпсона:

1- вхідний вал; 2 - муфта заднього ходу; 3 - гальмо другої передачі;
4 - муфта переднього ходу; 5 - гальмо першої передачі і передачі заднього ходу; 6 - картер; 7 - муфта вільного ходу; 8 - вихідний вал.

Планетарна система Сімпсона складається з трьох основних компонентів: внутрішнього сонячного колеса, зовнішнього кільцевого колеса та одного або декількох планетарних коліс. Внутрішнє сонячне колесо зазвичай розташоване по центру, оточене зовнішнім кільцевим колесом, а планетарні колеса розташовані між ними.

У цій системі передача потужності відбувається за допомогою комбінації різних комбінацій зчеплення зубчатих коліс. Коли внутрішнє сонячне колесо фіксується, а зовнішнє кільцеве колесо виконує обертання, планетарні колеса

можуть рухатись по різних швидкостях, забезпечуючи різні передатні відношення.

Одна з особливостей планетарної системи Сімпсона полягає в тому, що вона може забезпечувати високий ступінь передачі потужності, а також різні комбінації передатних відношень, що дозволяє досягти оптимальної ефективності та рівномірності розподілу навантаження між зчепленнями. Більш складні варіанти планетарної системи Сімпсона можуть включати додаткові планетарні колеса для більшого розмаху передатних відношень.

Планетарна система Сімпсона широко використовується в автоматичних трансмісіях різних автомобілів. Її переваги включають високу міцність, компактність, високу ефективність передачі потужності та можливість швидкого перемикання передач.

Описана планетарна система Сімпсона є лише одним з багатьох можливих варіантів планетарних систем, і кожна автоматична трансмісія може мати свою власну специфікацію та конфігурацію в залежності від виробника та моделі автомобіля.

Планетарна система Равінджа рис. 1.2. з зчепленими сателітами є одним з типів планетарних систем, які використовуються в автомобільних трансмісіях. Вона отримала свою назву на честь свого винахідника, інженера Девендра Кумара Равінджа.

Ця система складається з трьох основних компонентів: центрального сонячного колеса, внутрішнього кільцевого колеса та зчеплених сателітів. Сателіти з'єднані з центральним сонячним колесом за допомогою штиревих штифтів і зазубрених зовнішніх зубців.

У планетарній системі Равінджа передача потужності відбувається завдяки переміщенню сателітів навколо центрального сонячного колеса. При русі внутрішнього кільцевого колеса, сателіти обертаються навколо своїх власних осей, одночасно обертаючись навколо центрального сонячного колеса. Цей механізм забезпечує передачу потужності і зміну передатного відношення.

Планетарна система Равінджа з зчепленими сателітами дозволяє досягти великої кількості передатних відношень, що робить її ефективною для використання в автомобільних трансмісіях. Швидкість перемикання передач в

цій системі може бути швидкою і безперервною, забезпечуючи плавну та ефективну роботу автомобільної трансмісії.

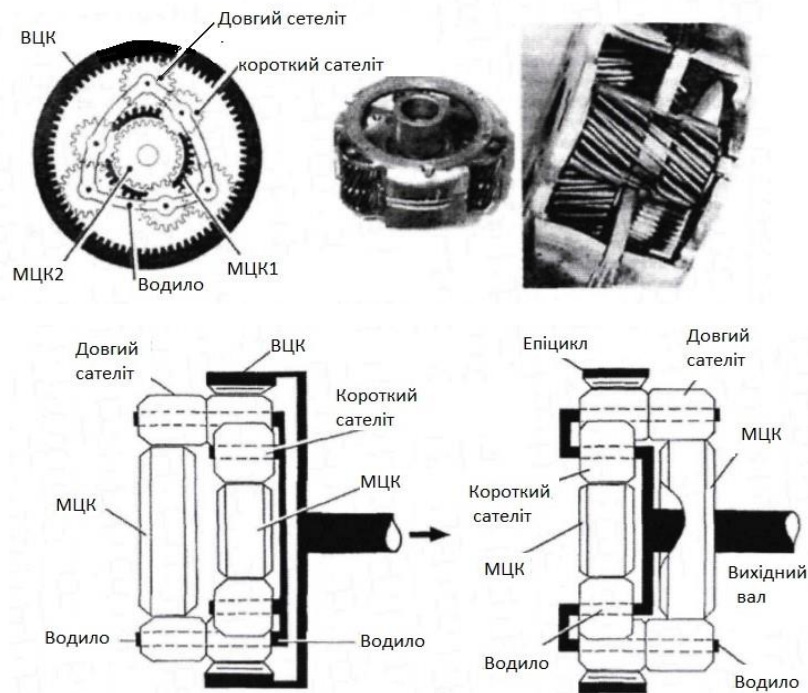


Рис. 1.3. Планетарна система Равінджа

Варіації планетарної системи Равінджа з зчепленими сателітами можуть включати різну кількість сателітів та різні конфігурації зубців для досягнення бажаного передатного відношення та функціональності.

Планетарна система Равінджа з зчепленими сателітами використовується в різних типах автомобільних трансмісій, зокрема в автоматичних трансмісіях, де вона забезпечує ефективну і надійну передачу потужності, а також можливість швидкого та плавного перемикання передач.

1.2 Огляд 4-ступінчастої автоматичної коробки передач

4-ступінчаста автоматична коробка передач (АКП рис. 1.3) є типом трансмісії, яка забезпечує чотири різних передачі для передачі потужності від двигуна до коліс автомобіля. Цей тип коробки передач використовується в багатьох легкових та комерційних автомобілях.

Основна мета 4-ступінчастої АКП полягає в тому, щоб забезпечити оптимальну комбінацію передатних відношень для різних умов їзди. Кожна

передача має своє передатне відношення, що впливає на швидкість автомобіля та оберти двигуна.

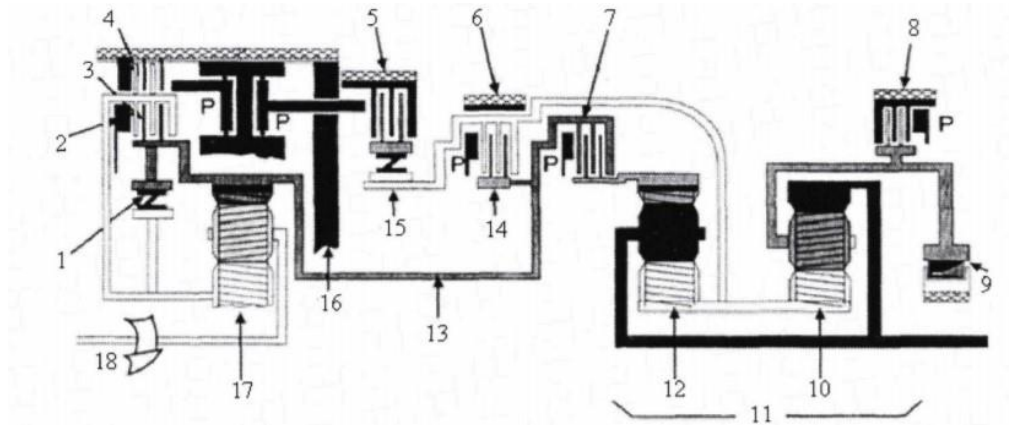


Рис. 1.3. 4-ступінчаста АКП:

1 - муфта вільного ходу підвищувального планетарного ряду; 2 - поршень;
 3 - муфта забезпечення режиму гальмування двигуном; 4 - гальмо підвищувального планетарного ряду; 5 - гальмо другої передачі;
 6 - стрічковий гальмо забезпечення режиму гальмування двигуном на другій передачі; 7 - муфта переднього ходу; 8 - гальмо першої передачі і передачі заднього ходу; 9 - муфта вільного ходу включення першої передачі і передачі заднього ходу; 10 - задній планетарний ряд; 11 - планетарний механізм, побудований за схемою Сімпсона; 12 – передній планетарний ряд;
 13 - центральний вал; 14 - муфта прямої передачі; 15 - муфта вільного ходу включення другої передачі; 16 – центральний супорт;
 17 підвищувальний планетарний ряд; 18 - вхідний вал.

Призначення передач у 4-ступінчастій АКП таке:

Перша передача (зазвичай називається "розгінною" або "стартовою") забезпечує велике передатне відношення, що дозволяє автомобілю легко рухатись з місця. Це особливо корисно при розгоні з низької швидкості або на підйомах.

Друга передача зазвичай має передатне відношення трохи більше, ніж у першій передачі. Це дозволяє автомобілю продовжувати розгін і досягати середніх швидкостей на прямих ділянках дороги.

Третя передача має передатне відношення, яке дозволяє автомобілю економічно та ефективно рухатись на швидкостях, що перевищують середні значення.

Четверта передача (часто називається "круїз-контрольною" або "прямою") має найбільше передатне відношення. Вона забезпечує найвищу швидкість автомобіля при найменшому завантаженні двигуна, що сприяє економії палива та зменшенню шуму.

Крім передач, 4-ступінчаста АКП також має систему блокування торксіона, яка допомагає забезпечити плавний перехід між передачами та запобігає перекручуванню трансмісійних складок при зміні передачі.

4-ступінчаста АКП забезпечує комфортну та ефективну їзду, але її передатні можливості обмежені в порівнянні з більш сучасними коробками передач, такими як 5-, 6- або навіть 8-ступінчасті АКП, які дозволяють більшу гнучкість при виборі передач і поліпшену паливну економічність.

1.3 Підвищувальні планетарні ряди

Принципи роботи планетарного ряду який підвищений є однаковим в усіх схемах. Водило постійно виступає ланкою провідною, велике центральне колесо є веденим, а мале центральне колесо зупинене. Схема кінематична, яка збільшує планетарний ряд, зображена на рисунках 1.4 і 1.5. Щоб керувати підвищеною передачею та планетарним рядом зазвичай використовуються 3 компоненти керування:

Муфта вільного ходу, яка заблоковує шестерню та ведену (рисунок 1.4) чи в іншому випадку ведену та ВЦК рис. 1.5.

Дискова муфта яка блокує, розташована між шестернею та веденою, вона застосовується під час руху автомобіля за інерцією чи на спуску, щоб забезпечити режим гальмування двигуном, в процесі муфта вільного ходу не є ефективною.

Дискові чи стрічкові гальма центральної шестерні, яке включає підвищену передачу.

Ці елементи керування дозволяють змінювати режими підвищувальної передачі та контролювати роботу планетарного ряду в автомобільній трансмісії.

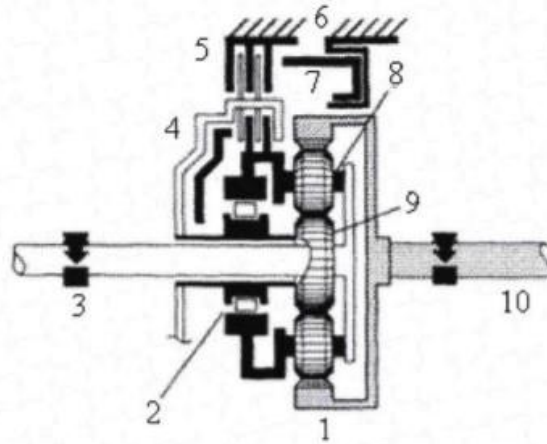


Рис. 1.4. Планетарний ряд підвищений:

1 – велика центральна шестерня; 2 - муфта вільного ходу; 3 - вал турбінного колеса; 4 – блокувальна муфта; 5 - гальмо малої центральної шестерні; 6 - картер; 7 - поршень; 8 - водило; 9 – мала центральна шестерня; 10 - вхідний вал основної коробки передач.

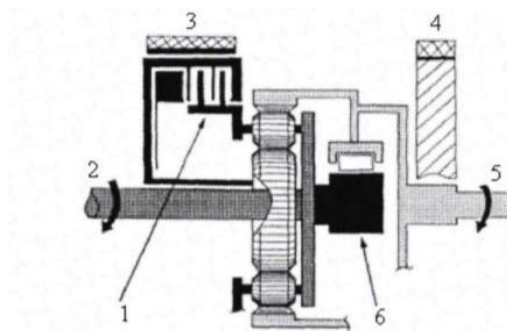


Рис. 1.5. Планетарний ряд підвищений:

1 - блокувальна муфта; 2 - вал турбінного колеса; 3 - гальмо малої центральної шестерні; 4 - картер; 5 - вхідний вал основної частини коробки передач; 6 - муфта вільного ходу.

Застосування допоміжного планетарного ряду у схему Равінджа чи Сімпсона із зачепленими сателітами спричиняє до збільшення кількості передач у коробці передач, що перетворює її в чотириступінчасту. Отже, щоб включити потрібно маніпулювати трьома елементами керування.

При перших трох передачах використовується підвищувальний ряд планетарний, де обгонна муфта чи муфта дискова є заблокованими, та передатне відношення залишається одиницею. Усі переключення відбувається у основну частину КПП. Щоб отримати четверту підвищеної передачі муфта блокувальна допоміжного ряду планетарного вимикається, а гальмо

центральної шестерні включається, в даному випадку обгонна муфта переходить у режим вільного ходу. У той же час, в основній частині коробки передач вмикається передача пряма.

На початкових етапах розвитку автомобільних виробників, цей метод одержання підвищеної передачі повністю задовольняв їх потреби. Будава КПП мало мінялася, тому багато компаній обрали саме цей підхід. Відповідно якщо дивитися із технічних і економічних показників, відповідне рішення важко назвати успішним. По-перше, воно призводило до зайвого збільшення кількості ряду планетарного, що дало лише одну допоміжну передачу для підвищення швидкості. По-друге, це ускладнювало систему керування, оскільки потрібно було керувати як основною коробкою передач, так і підвищувальним рядом планетарним.

Внаслідок цього, було зрозуміло, що наступним кроком буде пошук більше оптимальних схем кінематичних, які б дозволили уникати складних чотирьохступінчастих систем та застосовувати лише два планетарних ряди. У наслідок, практично всі компанії, що проводять розробку та виробництвом трансмісій автоматичних, змогли створити схеми кінематичні коробки передач триступінчастої, яке дозволило зробити 4 передачі у перед з врахуванням підвищеної, використовувати лише 2 планетарні ряди.

1.4 Аналіз трансмісій автомобілів

Трансмісії Chrysler-41TE (A604) і 42LE (A606) рис. 1.6. є автоматичними трансмісіями, які були розроблені компанією Chrysler для використання в автомобілях. Вони відносяться до серії Ultradrive і мають схожі характеристики та будову. Давайте розглянемо їх детальніше:

Характеристики:

Кількість передач: Обидві трансмісії мають чотири передачі вперед та одну задню.

Тип: Трансмісії 41TE і 42LE є електронними трансмісіями з електронним управлінням.

Тип приводу: Обидві трансмісії призначені для передньопривідних автомобілів.

Будова:

Головний блок: Трансмісії мають головний блок, який включає головну коробку передач та інші необхідні компоненти.

Торцевий модуль: Вони також мають торцевий модуль, який включає гідротрансформатор і муфту блокування конвертора.

Електронне управління: Трансмісії 41TE і 42LE використовують електронну систему управління для контролю і перемикання передач.

Особливості:

Overdrive: Обидві трансмісії мають функцію overdrive, що дозволяє знизити оберти двигуна на швидкості шосе і підвищити паливну ефективність.

Конструкція: Вони використовують планетарні редуктори для реалізації різних передач і забезпечення потрібного передатного відношення.

Застосування: Трансмісії 41TE і 42LE використовувалися в різних моделях автомобілів від Chrysler, Dodge, Plymouth та інших брендів.

Важливо зазначити, що характеристики і будова трансмісій можуть дещо варіюватися залежно від конкретних моделей і років випуску. Для отримання більш точної інформації рекомендується звернутися до офіційних джерел або спеціалістів автомобільної техніки.

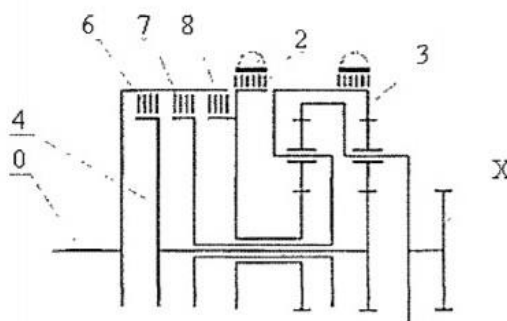


Рис. 1.6. Схема кінематична Chrysler-41TE (A604) і 42LE (A606):

О - ланка ведуча; X - ланка ведена.

Трансмісія GMC-4L60-E рис. 1.7. є автоматичною трансмісією, розробленою компанією General Motors для використання в автомобілях GMC

та інших брендів, які входять до концерну. Давайте розглянемо детальніше її характеристики та будову:

Характеристики:

Кількість передач: Трансмсія 4L60-E має чотири передачі вперед та одну задню.

Тип: Це електронна трансмісія, яка контролюється електронним модулем управління.

Тип приводу: Вона може використовуватися як для задньопривідних, так і для повнопривідних автомобілів.

Будова:

Головний блок: Трансмсія складається з головного блоку, який включає коробку передач, гідротрансформатор і компоненти переключення передач.

Електронне управління: 4L60-E використовує електронну систему управління, що дозволяє точно контролювати переключення передач і адаптуватися до різних умов їзди.

Система змащення: Вона має вбудовану систему змащення для забезпечення потрібного рівня мастила та охолодження компонентів.

Особливості:

Overdrive: Трансмсія 4L60-E має вбудовану передачу overdrive, що дозволяє знизити оберти двигуна на швидкості шосе і підвищити паливну ефективність.

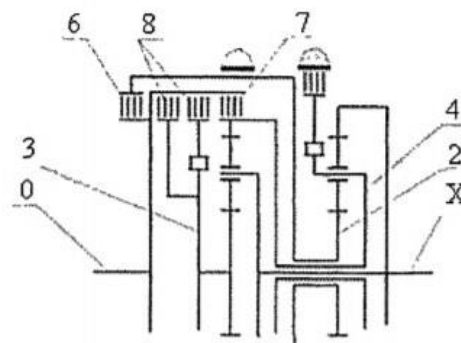


Рис. 1.7. Схема кінематична GMC-4L60-E:

О - ланка ведуча; X - ланка ведена.

Конструкція: Вона використовує планетарні редуктори для реалізації різних передач і забезпечення потрібного передатного відношення.

Застосування: Трансмісія 4L60-E використовується в широкому спектрі автомобілів, включаючи пікапи, вантажівки та пасажирські автомобілі. Вона використовується як усередині США, так і за її межами.

Важливо зазначити, що конкретні характеристики і будова трансмісії 4L60-E можуть дещо варіюватися залежно від року випуску та моделі автомобіля. Рекомендується звернутися до офіційних джерел або спеціалістів автомобільної техніки для отримання більш детальної і точної інформації.

Трансмісія FORD-AXOD-E рис. 1.8. (також відома як AX4S) є автоматичною трансмісією, розробленою компанією Ford для використання в своїх автомобілях. Давайте розглянемо детальніше її характеристики та будову:

Характеристики:

Кількість передач: AXOD-E має чотири передачі вперед та одну задню.

Тип: Це електронна трансмісія, яка контролюється електронним модулем управління.

Тип приводу: Вона може використовуватися як для передньопривідних, так і для повнопривідних автомобілів.

Будова:

Головний блок: Трансмісія складається з головного блоку, який включає коробку передач, гідротрансформатор і компоненти переключення передач.

Електронне управління: AXOD-E використовує електронну систему управління, що дозволяє точно контролювати переключення передач і адаптуватися до різних умов їзди.

Система змащення: Вона має вбудовану систему змащення для забезпечення потрібного рівня мастила та охолодження компонентів.

Особливості:

Overdrive: Трансмісія AXOD-E має вбудовану передачу overdrive, що дозволяє знизити оберти двигуна на швидкості шосе і підвищити паливну ефективність.

Конструкція: Вона використовує планетарні редуктори для реалізації різних передач і забезпечення потрібного передатного відношення.

Застосування: Трансмісія AXOD-E використовується в автомобілях Ford та інших брендів, які входять до концерну. Вона знаходить застосування як усередині США, так і за її межами.

Зазначимо, що специфікації трансмісії AXOD-E можуть варіюватися залежно від конкретних моделей автомобілів та року випуску. Рекомендується звернутися до офіційних джерел або автомобільних експертів для отримання більш докладної і точної інформації.

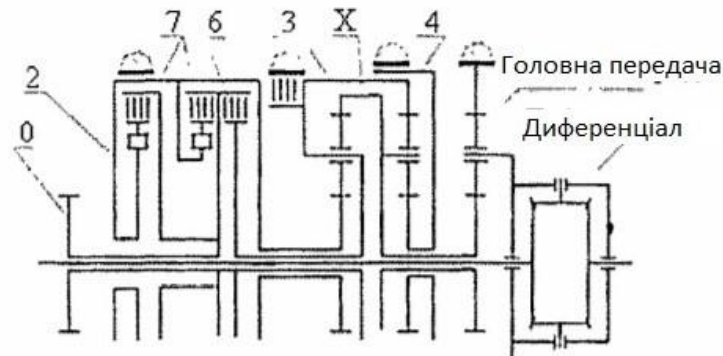


Рис. 1.8. Схема кінематична трансмісії FORD-AXOD-E (AX4S):

О - ланка ведуча; X - ланка ведена.

Трансмісія VOLKSWAGEN-096 та VOLKSWAGEN-097 рис. 1.9. є автоматичними трансмісіями, розробленими компанією Volkswagen для використання в своїх автомобілях. Давайте розглянемо їх детальні характеристики та будову:

Характеристики:

Кількість передач: Трансмісія VOLKSWAGEN-096 має чотири передачі вперед та одну задню, тоді як VOLKSWAGEN-097 має п'ять передач вперед та одну задню.

Тип: Обидві трансмісії є електронними трансмісіями, які контролюються електронним модулем управління.

Тип приводу: Вони можуть використовуватися як для передньопривідних, так і для задньопривідних автомобілів.

Будова:

Головний блок: Трансмісія складається з головного блоку, який включає коробку передач, гідротрансформатор і компоненти переключення передач.

Електронне управління: VOLKSWAGEN-096 та VOLKSWAGEN-097 використовують електронну систему управління, що дозволяє точно контролювати переключення передач і адаптуватися до різних умов їзди.

Система змащення: Вони мають вбудовану систему змащення для забезпечення потрібного рівня мастила та охолодження компонентів.

Особливості:

Overdrive: Обидві трансмісії мають вбудовану передачу overdrive, що дозволяє знизити оберти двигуна на швидкості шосе і підвищити паливну ефективність.

Конструкція: Вони використовують планетарні редуктори для реалізації різних передач і забезпечення потрібного передатного відношення.

Застосування: Трансмісії VOLKSWAGEN-096 та VOLKSWAGEN-097 використовуються у різних моделях автомобілів Volkswagen, включаючи Golf, Jetta, Passat та інші.

Зазначимо, що характеристики трансмісій VOLKSWAGEN-096 та VOLKSWAGEN-097 можуть варіюватися залежно від конкретних моделей автомобілів та року випуску. Рекомендується звернутися до офіційних джерел або автомобільних експертів для отримання більш докладної і точної інформації.

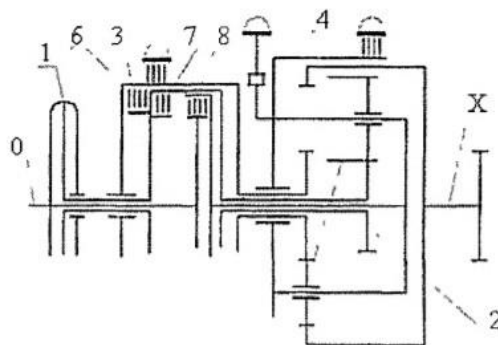


Рис. 1.9. Схема кінематична трансмісій VW 096, 097:

0 - ланка ведуча; X- ланка ведена.

Трансмісія ZF4HP18 є автоматичною трансмісією, розробленою компанією ZF Friedrichshafen AG. Давайте розглянемо детальні характеристики та будову цієї трансмісії:

Характеристики:

Кількість передач: ZF4HP18 має чотири передачі вперед та одну задню.

Тип: Ця трансмісія відноситься до групи гідромеханічних автоматичних трансмісій.

Тип приводу: Вона може використовуватися як для передньопривідних, так і для задньопривідних автомобілів.

Будова:

Головний блок: Трансмісія складається з головного блоку, який містить гідротрансформатор, блок управління і компоненти переключення передач.

Компоненти переключення передач: Вона використовує муфти та клапани для вибору та переключення передач в залежності від режиму руху та вимог водія.

Система змащення: ZF4HP18 має вбудовану систему змащення, яка забезпечує потрібний рівень мастила та охолодження компонентів.

Особливості:

Електронне управління: Трансмісія ZF4HP18 використовує електронну систему управління, яка контролює процеси переключення передач, адаптується до стилю водіння та оптимізує ефективність роботи трансмісії.

Конструкція: Вона використовує планетарні редуктори для реалізації різних передач і забезпечення потрібного передатного відношення.

Застосування: Трансмісія ZF4HP18 використовується у різних автомобілях різних виробників, включаючи Audi, BMW, Volvo та інші.

Зазначимо, що характеристики трансмісії ZF4HP18 можуть варіюватися залежно від конкретних моделей автомобілів та року випуску. Рекомендується звернутися до офіційних джерел або автомобільних експертів для отримання більш докладної і точної інформації.

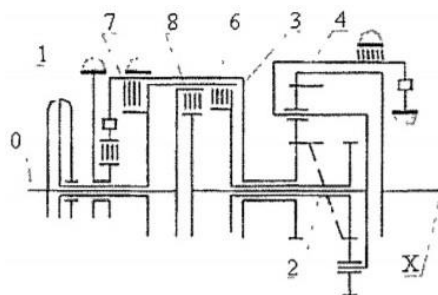


Рис. 1.10. Кінематична схема трансмісій ZF4HP18:

0 - ланка ведуча; X - ланка ведена.

Трансмiсiї Mitsubishi-F4A41 i F4A51 рис. 1.11. є автоматичними трансмісіями, використовуваними в автомобілях Mitsubishi. Розглянемо детальні характеристики та будову цих трансмісій:

Mitsubishi-F4A41:

Кількість передач: F4A41 має чотири передачі вперед та одну задню.

Тип: Ця трансмісія відноситься до групи автоматичних трансмісій з електронним керуванням.

Призначення: Вона розроблена для використання в легкових автомобілях з переднім приводом.

Конструкція: F4A41 використовує редуктори планетарного типу для реалізації різних передач.

Mitsubishi-F4A51:

Кількість передач: F4A51 також має чотири передачі вперед та одну задню.

Тип: Ця трансмісія також відноситься до групи автоматичних трансмісій з електронним керуванням.

Призначення: Вона використовується в більш потужних автомобілях, включаючи позашляховики та деякі спортивні моделі.

Конструкція: F4A51 також використовує редуктори планетарного типу для реалізації різних передач.

Особливості:

Електронне управління: Обидві трансмісії, F4A41 i F4A51, використовують електронну систему управління для контролю процесів переключення передач i оптимізації роботи трансмісії.

Компоненти: У складі цих трансмісій присутні різні компоненти, такі як муфти, клапани та гідротрансформатор, які забезпечують вибір та переключення передач.

Ресурс i навантаження: F4A41 та F4A51 відрізняються витривалістю i допустимими навантаженнями, оскільки F4A51 була розроблена для більш потужних автомобілів.

Зверніть увагу, що детальні технічні характеристики i будова трансмісій Mitsubishi-F4A41 i F4A51 можуть змінюватися залежно від конкретних моделей

автомобілів та року їх випуску. Рекомендується звернутися до офіційних джерел або автомобільних експертів для отримання більш докладної і точної інформації.

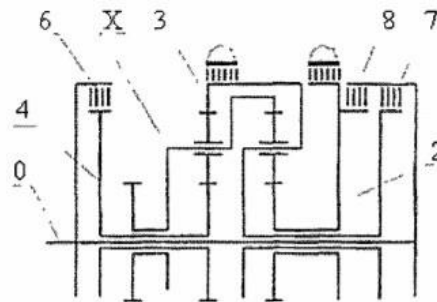


Рис. 1.11. Схема кінематична трансмісії Mitsubishi-F4A41 і F4A51:

0 - ланка ведуча; X - ланка ведена.

АКП 427, також відома як 7G-TRONIC, рис. 1.12. є семиступінчастою автоматичною коробкою передач, розробленою компанією Mercedes-Benz. Розглянемо детальні характеристики та будову цієї трансмісії:

Кількість передач: АКП 427 має сім передач вперед і одну задню передачі. Це дозволяє широкий діапазон передаточних чисел і оптимізовану роботу двигуна в різних умовах.

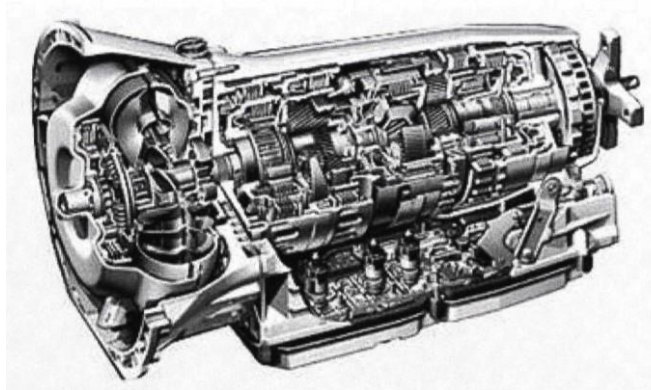


Рис. 1.12. Автоматична коробка передач 427 (7G-TRONIC).

Тип: Ця трансмісія відноситься до класу автоматичних трансмісій з електронним керуванням. Вона використовує комп'ютерну систему управління для керування процесом переключення передач.

Призначення: АКП 427 застосовується в різних моделях автомобілів Mercedes-Benz, зокрема в лінійці E-Class, S-Class, CLS-Class та інших.

Конструкція: Трансмсія має складну конструкцію, що включає ряд компонентів:

Торцевий гідротрансформатор: Він забезпечує зчеплення двигуна з трансмісією і передає обертальний момент.

Ряд планетарних редукторів: Використовуються для вибору різних передач та регулювання передаточного числа.

Електронна система управління: Керує процесом переключення передач, оптимізує роботу трансмісії та забезпечує комфортний і плавний перехід між передачами.

Муфти та клапани: Використовуються для включення та виключення передач і керування потоком масла.

Особливості:

Швидкість переключення передач: АКП 427 відома своїм швидким і плавним переключенням передач, що забезпечує комфортну їзду і ефективну передачу потужності.

Ефективність: Трансмсія пропонує оптимальну ефективність під час руху, сприяючи зменшенню споживання палива і викидів шкідливих речовин.

Загалом, АКП 427 (7G-TRONIC) є сучасною автоматичною коробкою передач, що поєднує високу якість, комфортність та ефективність, і використовується в різних моделях автомобілів Mercedes-Benz для забезпечення високої продуктивності і задоволення від водіння.

Концерн ZF розробив 8-ступінчасту автоматичну коробку передач, яка відома своєю високою продуктивністю та ефективністю. Розглянемо детальні характеристики та будову цієї трансмісії:

Кількість передач: АКПП ZF 8-ступенева, що включає в себе вісім передач вперед та одну задню передачу. Це забезпечує широкий діапазон передаточних чисел і оптимальну роботу двигуна в різних умовах їзди.

Тип: Ця трансмісія відноситься до класу автоматичних трансмісій з електронним керуванням. Вона використовує комп'ютерну систему управління для керування процесом переключення передач і оптимізації роботи трансмісії.

Призначення: АКПП ZF 8-ступінчаста використовується в різних автомобілях різних виробників, таких як BMW, Audi, Land Rover, Chrysler та

інші. Вона знаходить застосування в різних класах автомобілів, від преміум-сегменту до середнього класу.

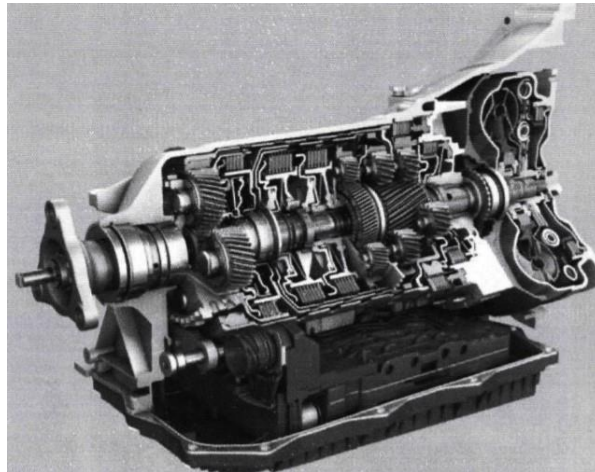


Рис. 1.13. 8 – ми ступенева АКПП фірми ZF.

Конструкція: Трансмсія має складну конструкцію, що включає такі компоненти:

Торцевий гідротрансформатор: Він забезпечує зчеплення двигуна з трансмісією і передає обертальний момент.

Ряд планетарних редукторів: Використовуються для вибору передач і регулювання передаточного числа.

Електронна система управління: Керує процесом переключення передач, оптимізує роботу трансмісії та забезпечує комфортне та плавне перемикання між передачами.

Муфти та клапани: Використовуються для включення та виключення передач і керування роботою трансмісії.

Передаточні числа: Трансмсія має великий діапазон передаточних чисел, що дозволяє досягти оптимальної ефективності при різних швидкостях руху. Це забезпечує економію палива та покращену динаміку автомобіля.

Керування: Керування передачами відбувається автоматично, засноване на алгоритмах електронної системи управління. Оптимальні моменти для переключення передач розраховуються з урахуванням режиму руху, швидкості, навантаження на двигун та інших параметрів.

Комфорт і ефективність: АКПП ZF 8-ступенева пропонує комфортне перемикання передач і плавний рух автомобіля. Вона також сприяє зниженню споживання палива завдяки оптимізації роботи двигуна.

Надійність: Завдяки високій якості матеріалів та технологій виробництва, трансмісія ZF 8-ступенева відома своєю надійністю та тривалим терміном служби.

Загалом, АКПП ZF 8-ступенева є високоякісною трансмісією, яка поєднує в собі ефективність, надійність та комфорт. Вона застосовується в різних автомобілях різних виробників і є однією з передових технологій у своєму класі.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Аналітична методика розрахунку передавального співвідношення

Для аналізу внутрішнього передаточного числа, розглянемо методику аналітичного визначення, застосовуючи рішення до кожного механізму диференціального, який знаходиться у кінематичній схемі характеристик диференціальних механізмів, які дозволяють одержати відповідні залежності.

$$i_{18}^H = i_{21} \cdot i_{2/3} \cdot i_{3/8}; \quad (2.1)$$

$$i_{18}^6 = \frac{1-i_{16}}{1-i_{86}}; \quad (2.2)$$

$$i_{18}^4 = \frac{1-i_{14}}{1-i_{84}}; \quad (2.3)$$

$$i_{18}^7 = \frac{1-i_{17}}{1-i_{87}}; \quad (2.4)$$

Застосувавши результати, $i_{86} = \frac{i_{16}}{i_{18}}$, $i_{84} = \frac{i_{14}}{i_{18}}$, $i_{87} = \frac{i_{17}}{i_{18}}$, підставивши значення у вираженні рівняння (2.2, 2.3, 2.4) матимемо:

$$i_{18}^6 = \frac{1-i_{16}}{1-\frac{i_{16}}{i_{18}}}; \quad (2.5)$$

$$i_{18}^4 = \frac{1-i_{14}}{1-\frac{i_{14}}{i_{18}}}; \quad (2.6)$$

$$i_{18}^7 = \frac{1-i_{17}}{1-\frac{i_{17}}{i_{18}}}; \quad (2.7)$$

Передаточне відношення внутрішнє $i_{14}, i_{16}, i_{17}, i_{18}$ визначимо за рівнянням (2.1, 2.5, 2.6, 2.7). Передаточне відношення внутрішнє i_{18} відповідатиме параметру передаточного відношення в процесі гальмування веденої:

$$i_{18}^H = i_{18} \quad (2.8)$$

Передаточне відношення внутрішнє i_{16} визначимо за рівнянням (2.5), коли ми його перетворили воно стало:

$$i_{18}^6 = \frac{1-i_{16}}{1-\frac{i_{16}}{i_{18}}} = \frac{(1-i_{16}) \cdot i_{18}}{i_{18}-i_{16}};$$

$$i_{18}^6 \cdot (i_{18}-i_{16}) = (1-i_{16}) \cdot i_{18} \quad (2.9)$$

Розрахувавши рівняння (2.9) відповідно i_{16} матимемо таке значення:

$$i_{16} = \frac{i_{18} \cdot (i_{18}^6 - 1)}{i_{18}^6 - i_{18}} \quad (2.10)$$

Тепер, i_{14}, i_{17} , визначаємої з рівняння (2.6, 2.7):

$$i_{14} = \frac{i_{18} \cdot (i_{18}^4 - 1)}{i_{18}^4 - i_{18}} \quad (2.11)$$

$$i_{17} = \frac{i_{18} \cdot (i_{18}^7 - 1)}{i_{18}^7 - i_{18}} \quad (2.12)$$

Передавальне відношення, що були отримані з розрахункових даних, представляють собою передаточні числа для характеристики механізмів диференціальних, яке потрібно втілити у механізмі зубчастому.

$$i_I = i_{18}^H, i_{II} = i_{18}^6, i_{III} = i_{18}^4, i_{3X} = i_{18}^7,$$

В процесі блокування характеристики механізмів диференціальних, включається четверта (пряма) передача.

$$i_{IV} = 1.$$

2.2 Умова збірки і підбір чисел зубів

Як було вказано попередньо, для забезпечення працездатності будь-якої системи потрібно враховувати умову співісності, складання та сумісності. Це ставить відповідне обмеження при виборі числа зубів зубчастого колеса, що повинні відповідати розрахованим передаточним відношенням.

Характеристики диференціальних механізмів мають унікальні властивості, вони впливають на виконання трох умов, що були згадані раніше. Однією з таких показників являється присутність характеристик механізмів диференціальних зчеплених сателітів у кінематичній схемі. При виготовленні зубчастого колеса із єдентичним модулем, кількість зєднаних сателітів, що передають потужність від ведучої до веденої ланки кінематичної, не може перевищувати трьох. Це обумовлено тим, що при більшому числі сателітів не може бути задоволена умова складання, оскільки в ряду планетарному, де відбувається зєднання сателітів, їх кількість становить шість. За таких умов, сусідство буде забезпечено тільки у випадку, коли сателіти які зєднанні створюють закритий ряд шестеренчатий у даному ряді планетарному.

Замкнутий шестеренний ряд зчеплених сателітів відрізняється від звичайних трансмісійних механізмів тим, що передає рух від одного сателіта до іншого не одним, за допомогою двох зубів. Це призводить до розподілу навантаження на один і другий зуб і в загальному випадку сприяє підвищенню коефіцієнту корисної дії передавання потужностей.

Залежно від схеми кінематичної характеристики механізмів диференціальних, шестеренний ряд може розміщатися у першому або другому рядах планетарних (див. малюнок 2.1, 2.3).

Для забезпечення наявності трох сателітів у двох рядах планетарних та шести сателітів у ряду шестеренчастому необхідно, щоб осі цих сателітів були розташовані на одній і такій самій міжцентрові відстані. При цьому, умова складання виконується, коли сума зубів шестерень, які перебувають у зачепленні у кожному ряді планетарному, однакові та можна ділити на три. Крім того, число зубів центральних, корінних коліс та сателітів повинне бути кратним трьом. Виконання всіх цих умов гарантує правильну механізму кінематику диференціального.

Додатково до вищезазначеного, при розрахунку необхідно враховувати також технологію виготовлення передач, їх згинальну та контактну міцність, уникання заїдання та можливості конструктивного виконання різновиду елемента передачі.

Ці аспекти проілюстровані на рисунку 2.1.

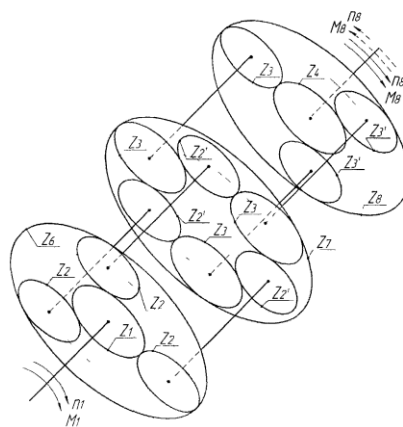


Рис. 2.1. Зображення аксонометричне схеми кінематичної передаточного співвідношення характеристики механізмів диференціальних

Щоб вирішити поставлену проблему потрібно визначити внутрішнє передаточне число у кожному із чотирох механізмах диференціальних та забезпечення однакової відстані міжцентрової у планетарному ряді характеристики диференціальнго механізму, була використана умова збирання.

$$z_a + z_c = k \cdot A \quad (2.13)$$

Рівняня (2.13) відповідно до передаточного співвідношення характеристик диференціальних механізмів матиме вигляд:

$$z_a + z_c = 3 \cdot A$$

Відповідно:

$$A = \frac{z_a + z_c}{3} = \frac{z_a}{3} + \frac{z_c}{3}$$

Дане рівняння дасть можливість в процесі використання інших значень z_a та z_c та відповідно змінному значенню A розрахувати габаритні параметри передаточного співвідношення характеристик диференціальних механізмів у загальному, тому що z_a та z_c являються конструктивними показниками які мають значення для міжцентрової відстані у рядах планетарних передаточного співвідношення характеристик диференціальних механізмів.

Ми встановлюємо межі для числа зубів її шестерні центральної в рамках $k = 3$ та враховуючи кінематичну схему 1-го, 2-го, 3-го та 4-го механізмів диференціальних, ми обчислюємо діапазон чисел передаточних характеристик для кожного з них. $i_{16}, i_{17}, i_{18}, i_{14}$ при основі розрахунку, ми побудували графік, який ілюструє залежність функції від A . Цей графік представлений на рисунку 2.2.

На графічному зображенні, незалежно від конкретного значення A , відстань між лініями 1 - 2, 3 - 4 та 5 - 6 визначає діапазон внутрішнього передаточного числа для всіх 4-ох механізмів диференціальних характеристик диференціальних механізмів. Значно важливо зазначити, що діапазон, розміщений між лініями 3 - 4, є однаковим для 2-го та 3-го механізмів диференціальних.

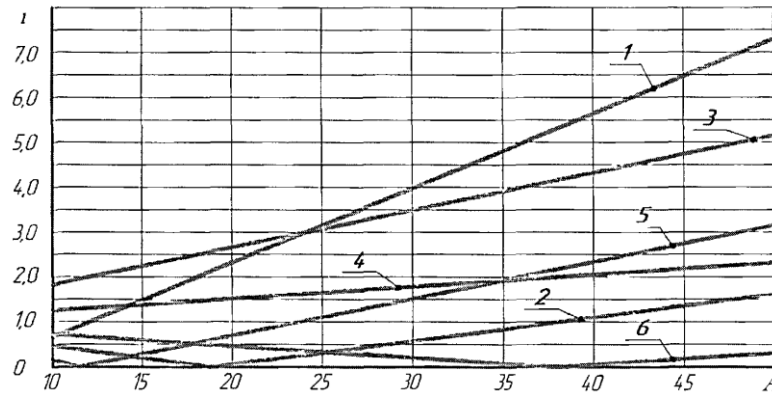


Рис. 2.2. Змінний графік i у функція від A :

1 – i_{16} при $z_a = \min$; 2 – i_{16} при $z_a = \max$; 3 – i_{17}, i_{18} при $z_a = \min$;
4 – i_{17}, i_{18} при $z_a = \max$; 5 – i_{14} при $z_a = \max$; 6 – i_{14} при $z_a = \min$

На етапі один проводиться визначення параметрів 1-го ряду планетарного з використанням внутрішнього передавального числа i_{16} для 2-ої передачі:

$$i_{16} = \left(-\frac{z_2}{z_1}\right) \cdot \frac{z_6}{z_2}, \quad (2.14)$$

Число зубів колеса шість із умов співісності:

$$z_6 = z_1 + 2 \cdot z_2 \quad (2.16)$$

Зрівнявши вирази (2.10) та (3.14) розраховуємо число зубів зубчастого колеса шість:

$$z_6 = \frac{i_{18} \cdot (i_{18}^6 - 1) \cdot (-z_1)}{i_{18}^6 - i_{18}} \quad (2.17)$$

На етапі два проводиться визначення показників 2-го ряду планетарного, який використовується для заднього ходу, з урахуванням рівностей міжосьових відстаней 1 1-му та 2-му рядах планетарних $z_6 = z_1, z_2 = z_2$.

Відповідно:

$$z_{17} = \left(-\frac{z_2}{z_1}\right) \cdot \left(-\frac{z_3}{z_2}\right) \cdot \frac{z_7}{z_3} = \frac{z_7}{z_3}, \quad (2.18)$$

Зрівнявши вирази (2.18) та (3.12) розраховуємо число зубів зубчастого колеса сім:

$$z_7 = \frac{i_{18} \cdot (i_{18}^7 - 1) \cdot z_3}{i_{18}^7 - i_{18}}, \quad (2.19)$$

На етапі три проводиться визначення показників 3-го механізму диференціального при використанні показників 1-го та 2-го рядів планетарних.

$$i_{18} = \left(-\frac{z_2}{z_1}\right) \cdot \left(-\frac{z_3}{z_2}\right) \cdot \frac{z_8}{z_3}, \quad (2.20)$$

Зрівнявши вирази (2.20) і (2.8) розраховуємо число зубів зубчастого колеса вісім:

$$z_8 = \frac{i_{18}^H \cdot z_1 \cdot z_2 \cdot z_3}{z_2 \cdot z_3}, \quad (2.21)$$

Під четвертим етапом розуміється визначення параметрів 4-го механізму диференціального із урахуванням показників 1-их трох механізмів диференціальних.

$$i_{14} = \left(-\frac{z_2}{z_1}\right) \cdot \left(-\frac{z_3}{z_2}\right) \cdot \left(-\frac{z_4}{z_3}\right), \quad (2.22)$$

Зрівнявши вирази (2.22) і (2.11) розраховуємо число зубів зубчастого колеса чотири:

$$z_4 = \frac{i_{18} \cdot (i_{18}^H - 1) \cdot z_1 \cdot z_2 \cdot z_3 \cdot (-1)}{(i_{18}^4 - i_{18}) \cdot z_3}, \quad (2.23)$$

Число зубів сателіту три визначаємо із умов співісності:

$$z_3 = \frac{z_8 - z_4}{2}, \quad (2.24)$$

Визначені числа зубів пов'язані наступними рівняннями:

$$z_8 = z_4 + 2 \cdot z_3, \quad (2.25)$$

$$z_7 = z_4 + z_3 \cdot z_5, \quad (2.26)$$

$$z_1 + z_2 = z_4 + z_3, \quad (2.27)$$

Кінцеві параметри чисел зубів затверджуємо по закінченню перевірок дотриманням умови співісності,:

вимога співісності, для 1-го, 2-го та 3-го рядів планетарних.

$$z_6 - z_1 = 2 \cdot z_2, \quad (2.28)$$

$$z_7 - z_3 = z_2 + z_3 = z_1 + z_2, \quad (2.29)$$

$$z_8 - z_4 = 2 \cdot z_3, \quad (2.30)$$

вимога складання, для 1-го, 2-го та 3-го рядів планетарних.

$$z_6 + z_1 = k \cdot A, \quad (2.31)$$

$$z_7 - z_3 = k \cdot A, \quad (2.32)$$

$$z_8 + z_4 = k \cdot A, \quad (2.33)$$

вимога умісності, для 1-го, 2-го та 3-го рядів планетарних.

$$z_2 + 2 < (z_1 + z_2) \cdot \sin \frac{\pi}{k}, \quad (2.34)$$

$$z_1 + z_2 + 2 < z_7 - 2, \quad (2.35)$$

$$z_3 + 2 < (z_4 + z_5) \cdot \sin \frac{\pi}{k}, \quad (2.36)$$

2.3 Передаточні числа та параметри використання

Можна досягнути розрахувавши передаточне число автотичної коробки передач та, завдяки характеристиці механізмів диференціальних i_{16}, i_{18} та A , де $i_i = f(i_{16}/i_{18})$, $i_i = f(A)$, $i_{16}, i_{18} = f(A)$.

Коли відомо початковий діапазон передаточних чисел, проводяться розрахунки для визначення необхідних внутрішнього передаточного співвідношень механізмів диференціальних універсального блоку механізмів диференціальних. Ці розрахунки здійснюються з урахуванням вимог поставленої задачі.

Задали діапазон чисел зубів центральної шестерні, $z_1 = z_{\min} \geq 12 \div 14$ до, $z_1 = z_{\max} \leq 36 \div 45$ за умова $k = 3$, і виходячи з кінематичної схеми першого, другого, третього і четвертого диференціальних механізмів, розраховуємо діапазон передаточних чисел використовуючи кінематичну схему 1-го, 2-го, 3-го та 4-го механізмів диференціальних, проводяться розрахунки для визначення діапазону передаточного числа $i_{16}, i_{17}, i_{18}, i_{14}$, яке залежить від A .

Таблиця 2.1 містить виконані діапазони передаточних чисел універсального блоку диференціальних механізмів у відповідності від максимального та мінімального кроку передач. (q_{\min}, q_{\max}) при $A = 26 \div 50$.

Кінематична схема модуля була побудована на основі структурної схеми. У цих схемах 1-ий та 3-й ряди планетарні мають змішане зачеплення. Кінематична схема з таким зачепленням показана на рис. 2.3.

Таблиця 2.1. Розрахункові результати

Ціле число, A	Крок передач, q_{max}	Передаточні числа					Крок передач, q_{min}	Передаточні числа				
		i_I	i_{II}	i_{III}	i_{IV}	i_{3X}		i_I	i_{II}	i_{III}	i_{IV}	i_{3X}
26	1,620	4,25	2,50	1,55	1,00	-5,67	1,468	2,44	1,81	1,38	1,00	11,00
28	1,655	4,50	2,70	1,64	1,00	-4,50	1,443	2,40	1,71	1,33	1,00	12,00
30	1,682	4,75	2,75	1,58	1,00	-4,75	1,465	2,36	1,77	1,30	1,00	8,67
32	1,712	5,00	2,75	1,67	1,00	-4,00	1,442	2,33	1,73	1,33	1,00	9,33
34	1,738	5,25	3,00	1,75	1,00	-4,20	1,462	2,31	1,75	1,30	1,00	10,00
36	1,766	5,50	3,00	1,69	1,00	-3,67	1,442	2,29	1,72	1,33	1,00	10,67
38	1,792	5,75	3,25	1,77	1,00	-3,83	1,460	2,27	1,70	1,31	1,00	11,33
40	1,818	6,00	3,25	1,85	1,00	-3,43	1,442	2,25	1,68	1,29	1,00	12,00
42	1,843	6,25	3,25	1,79	1,00	-3,57	1,458	2,24	1,72	1,31	1,00	12,67
44	1,866	6,50	3,50	1,86	1,00	-3,25	1,442	2,22	1,71	1,29	1,00	13,33
46	1,891	6,75	3,50	1,80	1,00	-3,00	1,457	2,21	1,69	1,31	1,00	14,00
48	1,914	7,00	3,50	1,87	1,00	-2,80	1,442	2,20	1,68	1,29	1,00	14,67
50	1,936	7,25	3,75	1,93	1,00	-2,64	1,456	2,19	1,67	1,31	1,00	15,33

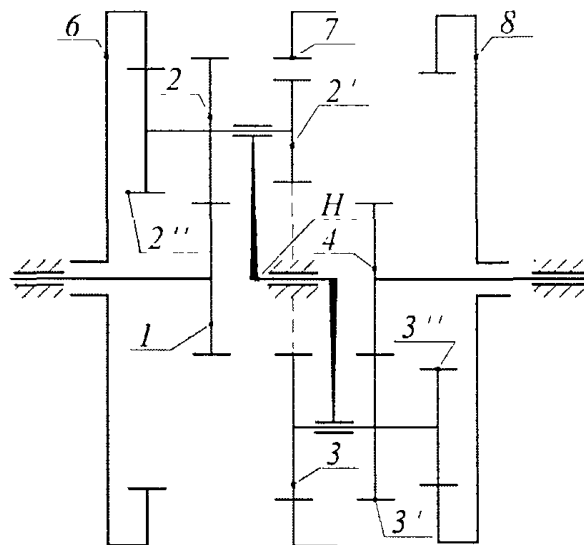
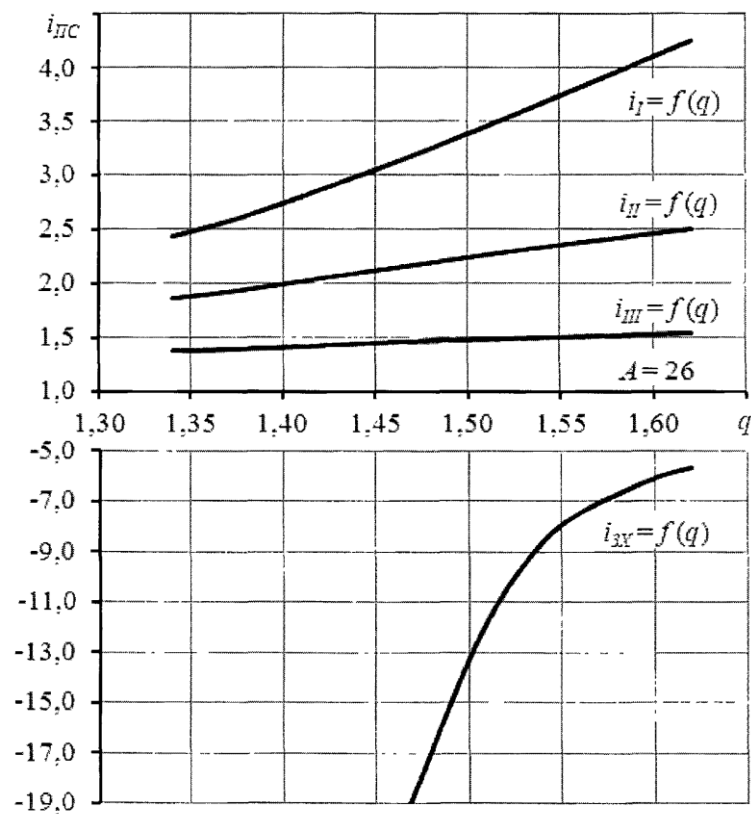


Рис. 2.3. Модуль універсального блоку механізмів диференціальних з різним зачепленням 1-го та 3-го рядів планетарних

У таблиці 2.2 представлені результати синтезу гамми передаточних чисел АПКП, отриманих за допомогою з різним зачепленням 1-го та 3-го рядів планетарних.

Таблиця 2.2. Розрахункові результати

Ціле число, A	Крок передач, q_{\max}	Передаточні числа					Крок передач, q_{\min}	Передаточні числа				
		i_I	i_{II}	i_{III}	i_{IV}	i_{3X}		i_I	i_{II}	i_{III}	i_{IV}	i_{3X}
26	1,689	4,25	2,27	2,13	1,00	-5,67	1,350	2,44	1,76	1,22	1,00	11,00
28	1,750	4,50	2,25	2,25	1,00	-4,50	1,343	2,40	1,71	1,20	1,00	12,00
30	1,792	4,75	2,38	2,38	1,00	-4,75	1,337	2,36	1,73	1,18	1,00	8,67
32	1,805	5,00	2,50	2,35	1,00	-4,00	1,331	2,33	1,70	1,17	1,00	9,33
34	1,844	5,25	2,63	2,47	1,00	-4,20	1,328	2,31	1,67	1,15	1,00	10,00
36	1,856	5,50	2,75	2,44	1,00	-3,67	1,325	2,29	1,64	1,14	1,00	10,67
38	1,894	5,75	2,88	2,56	1,00	-3,83	1,322	2,27	1,62	1,13	1,00	11,33
40	1,905	6,00	3,00	2,53	1,00	-3,43	1,317	2,25	1,60	1,13	1,00	12,00
42	1,939	6,25	3,13	2,63	1,00	-3,57	1,316	2,24	1,58	1,12	1,00	12,67
44	1,950	6,50	3,25	2,60	1,00	-3,25	1,313	2,22	1,57	1,11	1,00	13,33
46	1,961	6,75	3,38	2,57	1,00	-3,00	1,311	2,21	1,56	1,11	1,00	14,00
48	1,974	7,00	3,50	2,55	1,00	-2,80	1,310	2,20	1,54	1,10	1,00	14,67
50	1,986	7,25	3,63	2,52	1,00	-2,64	1,307	2,19	1,53	1,10	1,00	15,33

Рис. 2.4 – Графік діапазону передаточного числа i_{nc} від кроку q коли $A = 26$

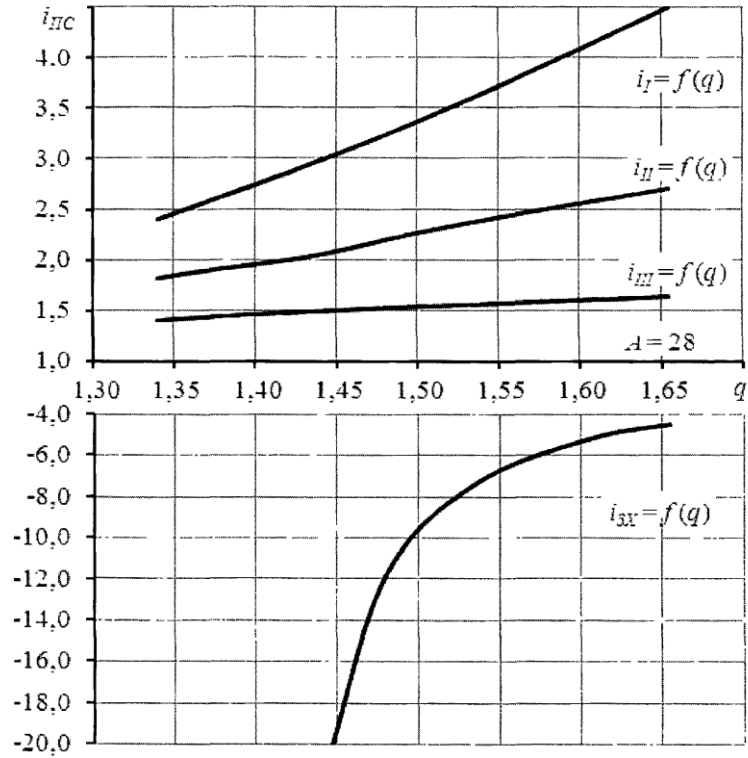


Рис. 2.5. Графік діапазону передаточного числа i_{nc} від кроку q коли $A = 28$

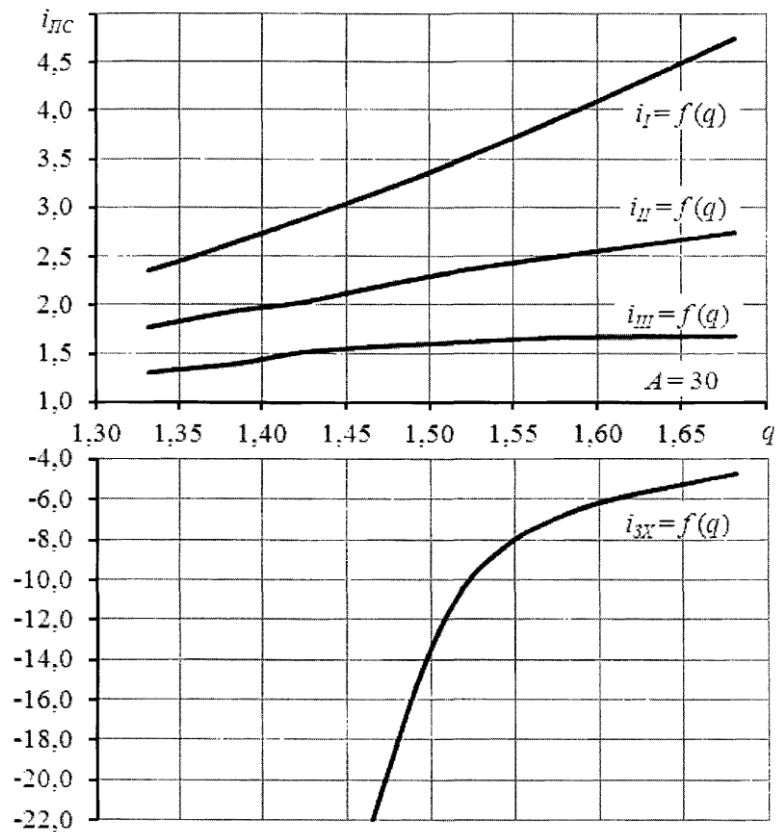


Рис. 2.6. Графік діапазону передаточного числа i_{nc} від кроку q коли $A = 30$

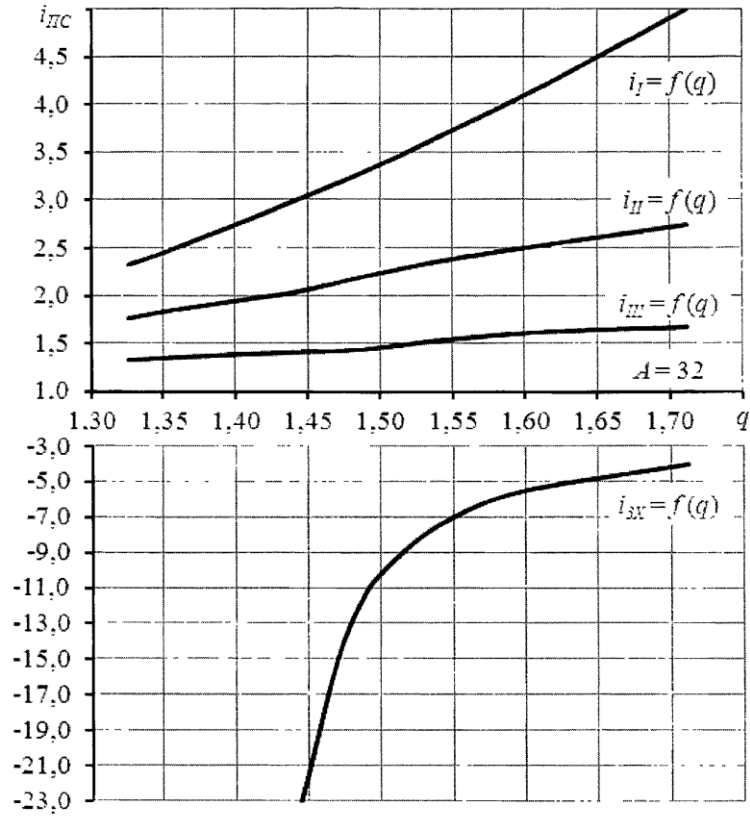


Рис. 2.7. Графік діапазону передаточного числа i_{nc} від кроку q коли $A = 32$

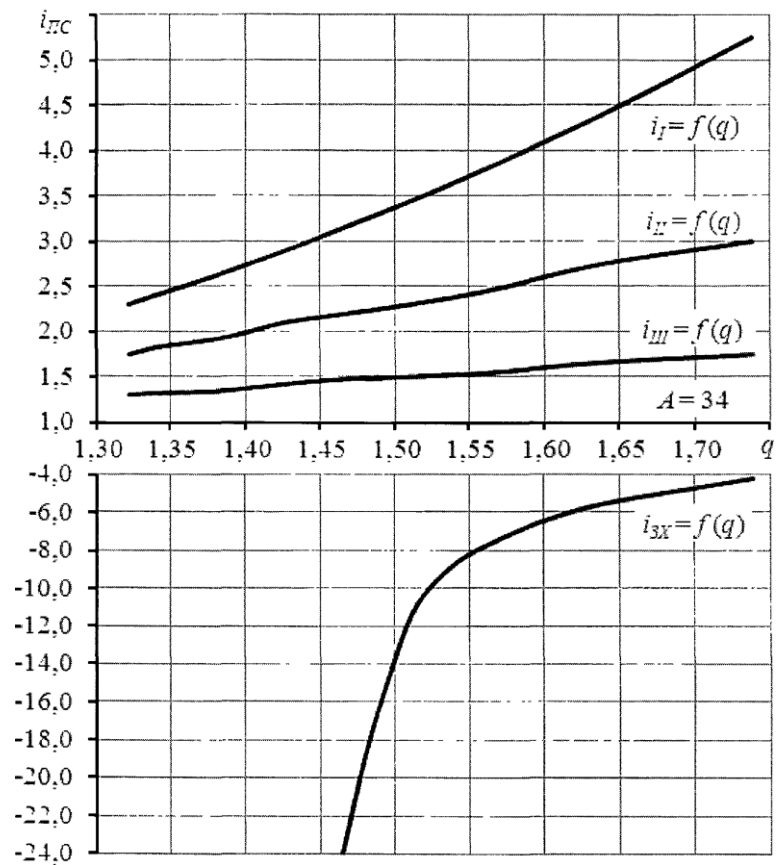


Рис. 2.8. Графік діапазону передаточного числа i_{nc} від кроку q коли $A = 34$

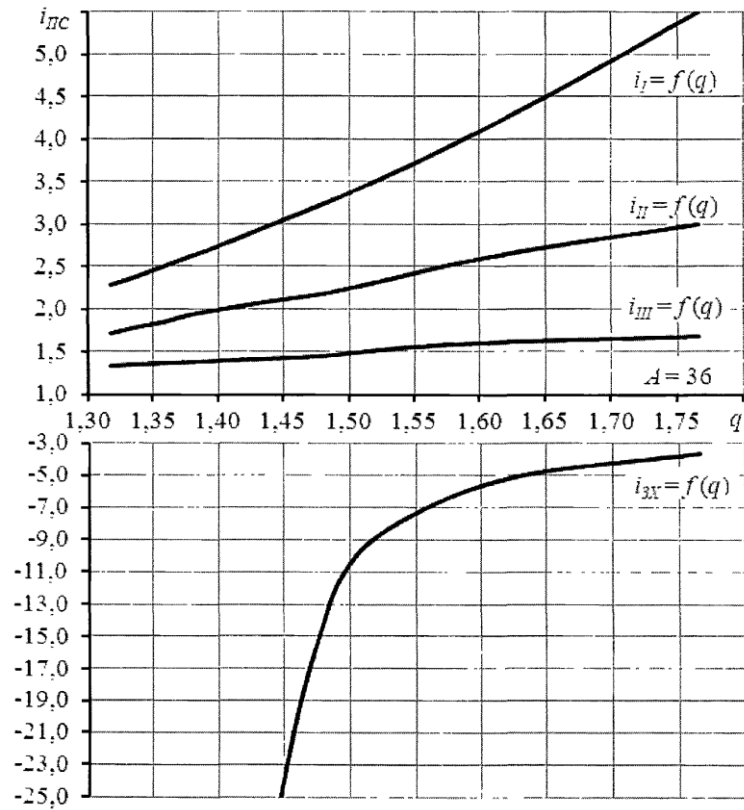


Рис. 2.9. Графік діапазону передаточного числа i_{nc} від кроку q коли $A = 36$

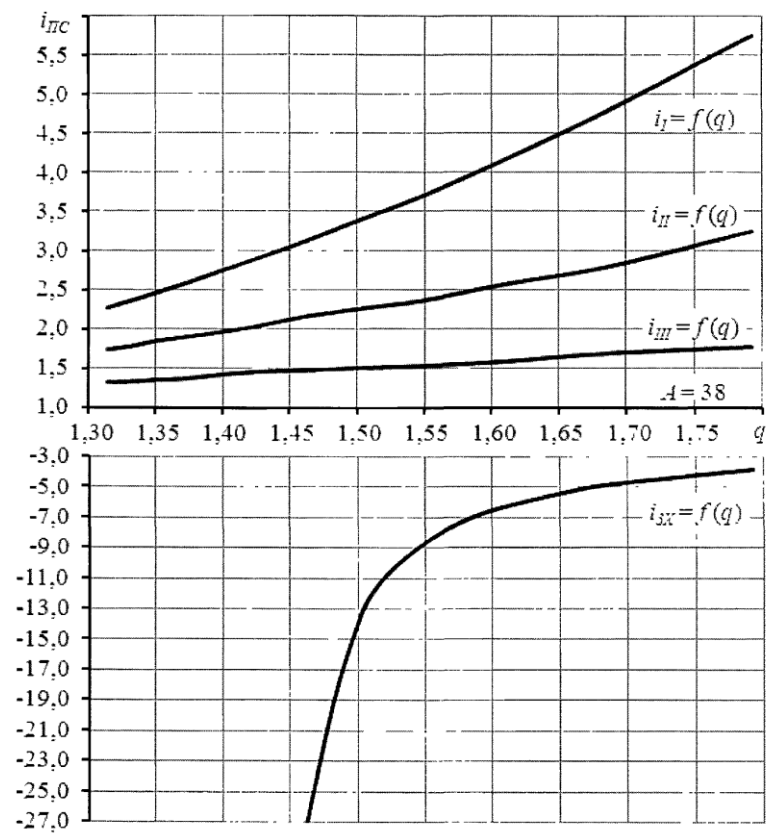


Рис. 2.10. Графік діапазону передаточного числа i_{nc} від кроку q коли $A = 38$

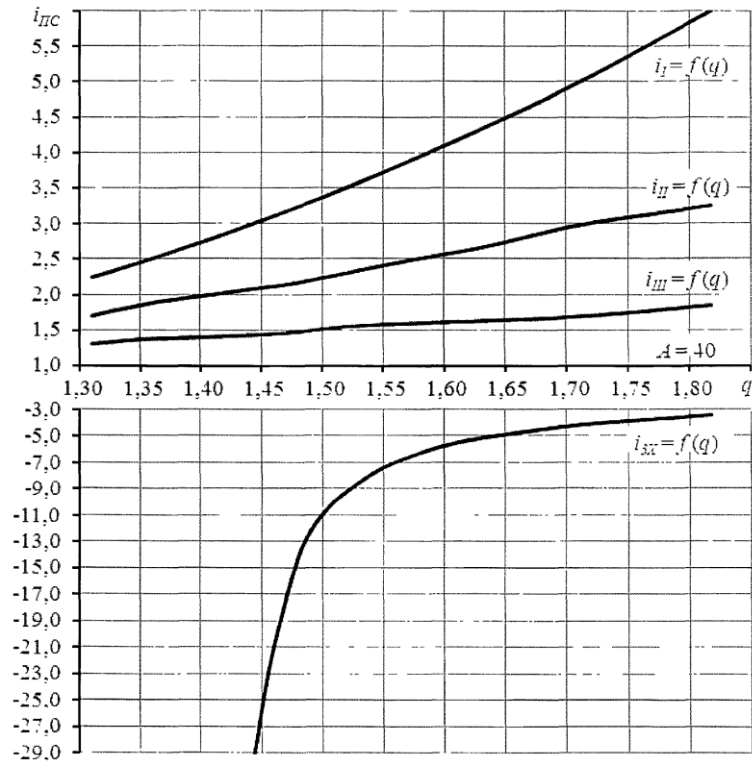


Рис. 2.11. Графік діапазону передаточного числа i_{nc} від кроку q коли $A = 40$

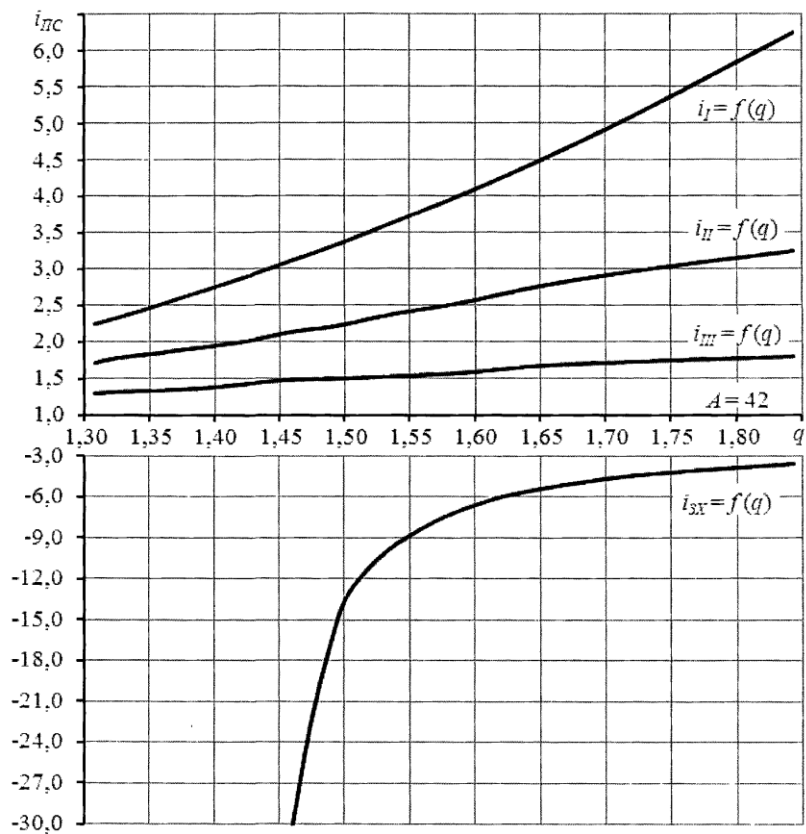


Рис. 2.12. Графік діапазону передаточного числа i_{nc} від кроку q коли $A = 42$

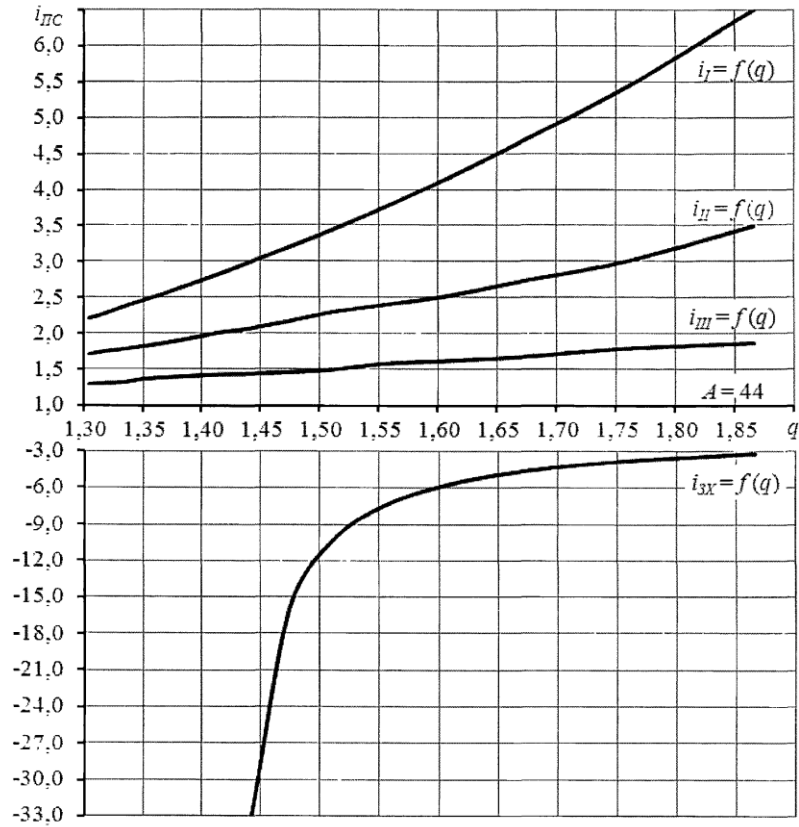


Рис. 2.13. Графік діапазону передаточного числа i_{nc} від кроку q коли $A = 44$

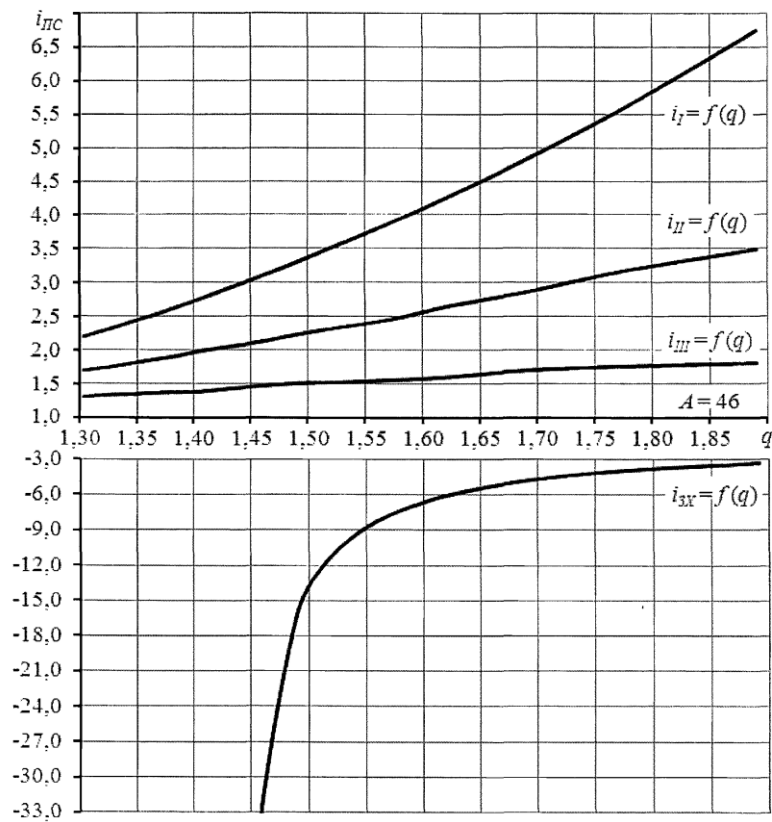


Рис. 2.14. Діапазон передаточних чисел i_{nc} в залежності від кроку q при $A = 46$

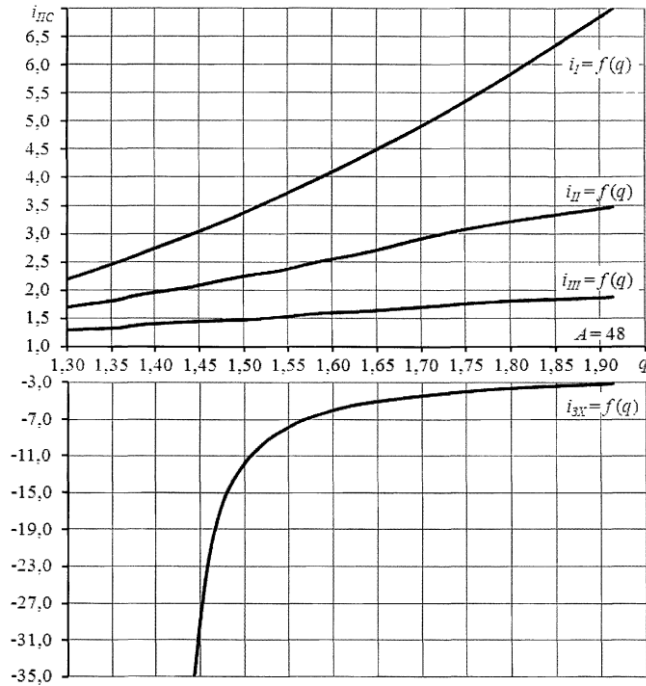


Рис.2.15. Графік діапазону передаточного числа i_{nc} від кроку q коли $A = 48$

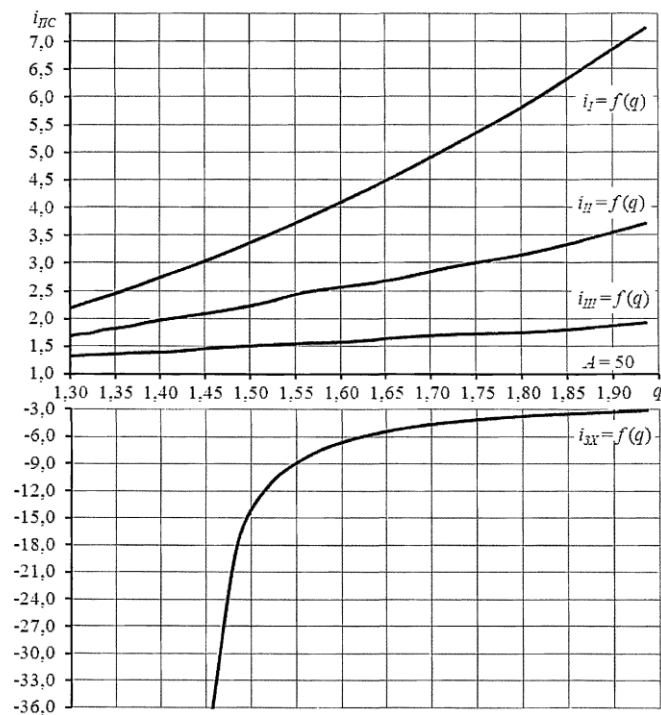


Рис. 2.16. Графік діапазону передаточного числа i_{nc} від кроку q коли $A = 50$

Відповідно, синтез модуля підтвердив, що модуль зі змішаним зачепленням 1-го та 3-го рядів планетарних є більше перспективним та має гармонійніший ряд передаточних чисел. Ця схема дозволяє досягти значень передаточних чисел, які дуже близькі до заданої гама, шляхом регулювання передаточних чисел при гальмуванні зубчастого колеса шість та центральної шестерні чотири.

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Розробка стенду для визначення ККД зразку модуля

Щоб здійснення стендового випробування було розроблено спеціальний стенд, який забезпечує повне виконання поставлених завдань. Одним з головних завдань цих досліджень є визначення коефіцієнта корисної дії.

На малюнку 3.1 показані схема структурна розробленого стенду.

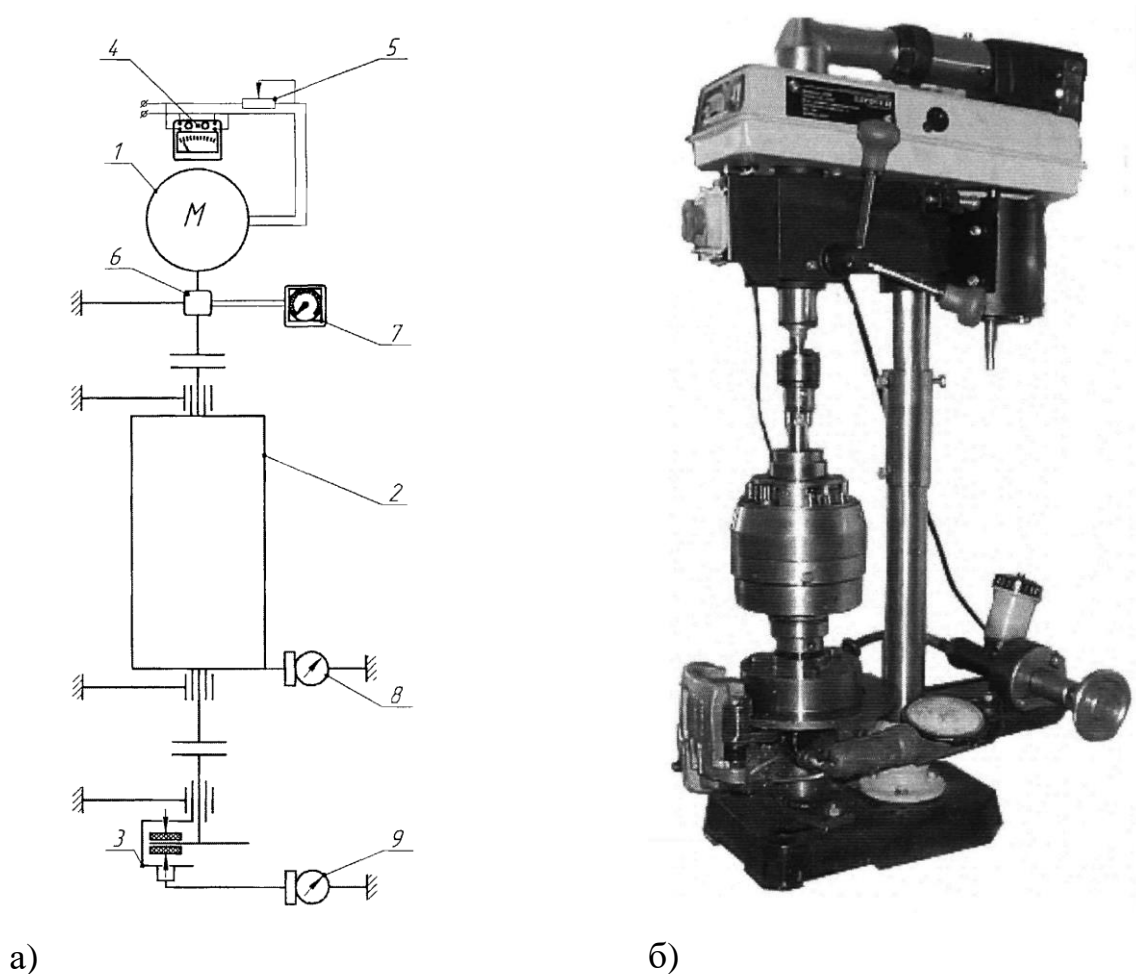


Рис. 3.1. Схема розробленого стенда:

а): 1 - електродвигун; 2 - випробовуваний макетний модуль;
3 - гальмівний пристрій; 4 - ватметр; 5 - реостат; 6 - датчик імпульсів; 7 - тахометр; 8, 9 - ваговий пристрій; б): загальний вигляд стенда для досліджень макетного зразка модуля.

Коефіцієнт передачі ефективності експериментального прототипу модулю універсального блоку механізмів диференціальних визначається згідно з узагальненою залежністю, яка широко відома.

$$n_q = \frac{N_{\text{відв}}}{N_{\text{підв}}} = \frac{M_{\text{відв}} \cdot n_{\text{вн}}}{M_{\text{підв}} \cdot n_{\text{вч}}}, \quad (3.1)$$

Зрозуміло із рівняння (3.1), щоб обчислити коефіцієнта корисної дії макетного зразку потрібно мати інформацію про всі вхідні параметри цього рівняння в кожному режимі роботи.

З рисунка 3.2 видно кінематичну схему проведення 1-ої передачі на стенді.

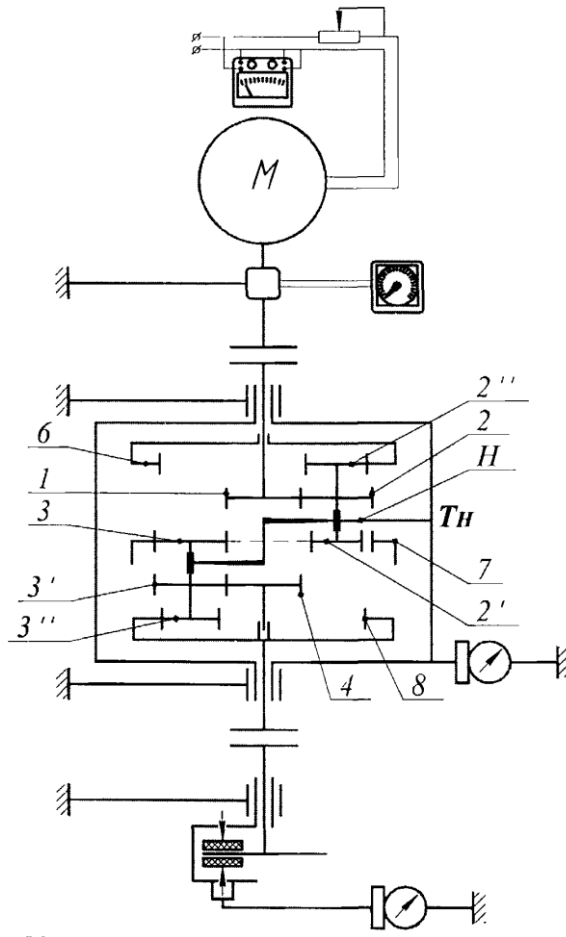


Рис. 3.2. Схема кінематична Н.

З рисунка 3.3 видно кінематичну схему проведення 2-ої передачі на стенді.

Кінематичне рівняння механізмів диференціальних:

$$n_8 = n_{\dot{8}} = n_{10} \cdot i_{810} + n_4 \cdot (1 - i_{810}); \quad (3.2)$$

Після заміни $i_{810} = 1$ рівняння (2.2) має вигляд:

$$n_8 = n_{\dot{8}} = n_{10} \quad (3.3)$$

З рисунка 3.4 видно кінематичну схему проведення 3-ої передачі на стенді.

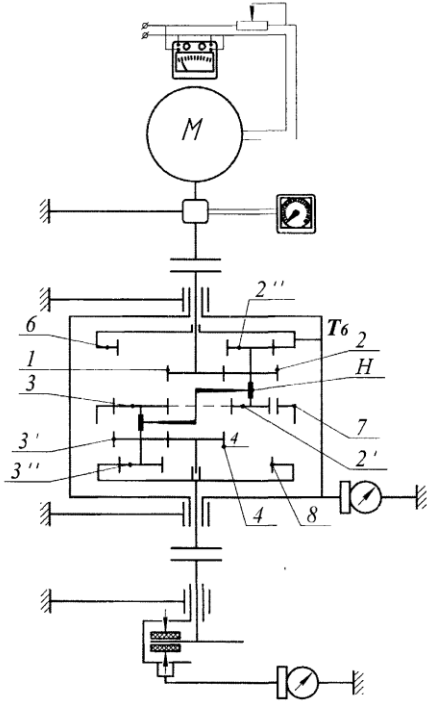


Рис. 3.3. Схема кінематична зубчастому колесі шість

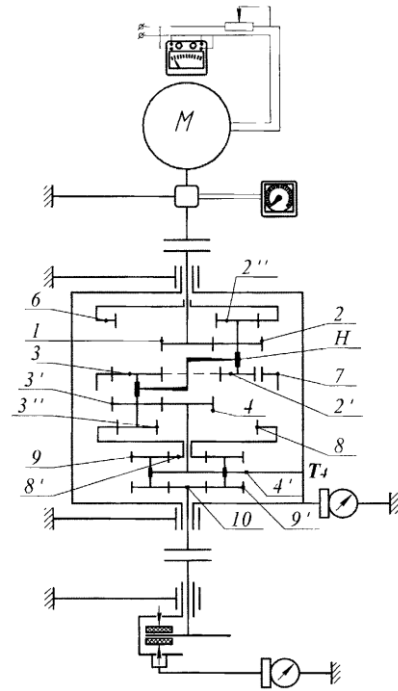


Рис. 3.4. Схема кінематична при зубчастому колесі чотири

З рисунка 3.5 видно кінематичну схему проведення прямої передачі рисунку 3.6. задньої передачі на стенді.

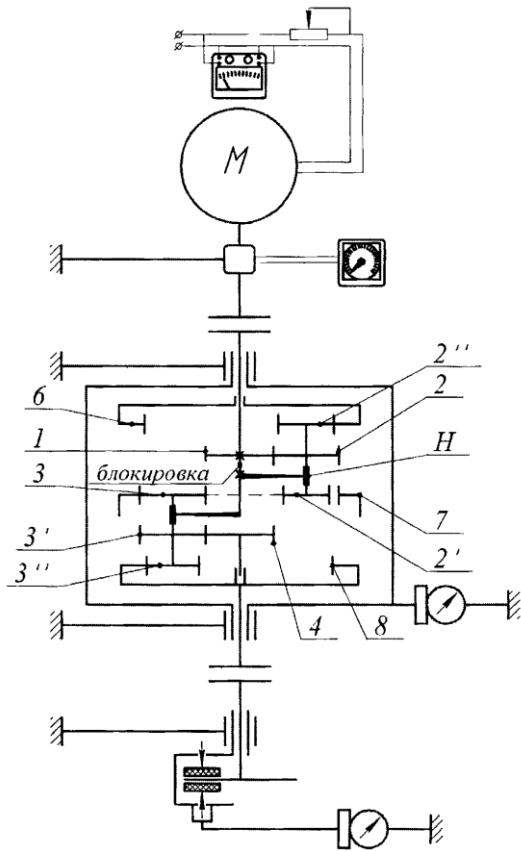


Рис. 3.5. Схема кінематична прямої передачі

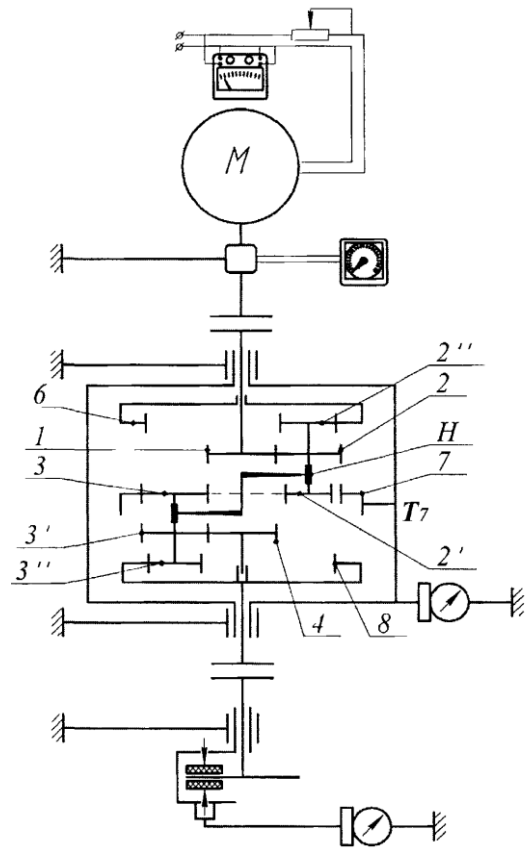


Рис. 3.6. Схема кінематична при зубчастого колеса задньої передачі

Результати випробувань на стенді зведені у таблицю 3.1.

Таблиця 3.1. – Результати випробувань на стенді

Передаточне число	Частота обертання, об/хв		Підведена потужність, $N_{\text{підв}}$, Вт	Відведений момент, $M_{\text{вн}}$, Нм	Реактивний момент, $M_{\text{реакт}}$, Нм
	$n_{\text{вч}}$	$n_{\text{вн}}$			
$i_I = i_{18}^H = 4,50$	600	133	330	21,98	17,45
$i_{II} = i_{18}^6 = 2,70$	600	222	330	13,32	17,30
$i_{III} = i_{18}^4 = 1,64$	600	366	330	8,24	5,01
$i_{IV} = i_{18}^{6л} = 1,00$	600	600	330	5,17	-
$i_{\text{зх}} = i_{18}^7 = -4,50$	600	133	330	22,27	13,86

Результати випробувань на стенді зведені у таблицю 3.2.

Таблиця 3.2. Результати випробувань на стенді

Передаточне число	Потужність, Вт		Обертальний момент		ККД, η_q
	$N_{\text{підв}}$	$N_{\text{відв}}$	$M_{\text{підв}}$	$M_{\text{відв}}$	
$i_I = i_{18}^H = 4,50$	330	301,6	5,25	21,98	17,45
$i_{II} = i_{18}^6 = 2,70$	330	309,5	5,25	13,32	17,30
$i_{III} = i_{18}^4 = 1,64$	330	315,5	5,25	8,24	5,01
$i_{IV} = i_{18}^{6л} = 1,00$	330	325,1	5,25	5,17	-
$i_{\text{зх}} = i_{18}^7 = -4,50$	330	310,1	5,25	22,27	13,86

На основі отриманих результатів випробувань на стенді побудували графік коефіцієнту корисної дії зразку модуля рис. 3.7.

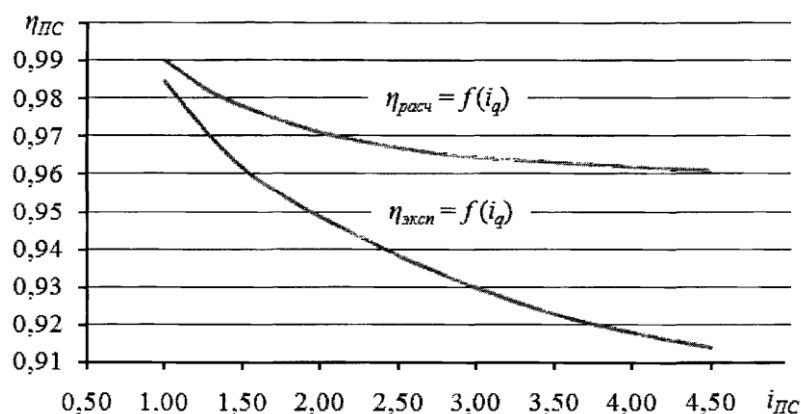


Рис. 3.7 – Графік графік коефіцієнту корисної розрахований і досліджуваний

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Організаційні заходи щодо забезпечення безпечних умов праці

Техніка безпеки вивчає загальні та спеціальні питання, що стосуються безпеки праці і які відображені в правилах безпеки. Всі роботи з монтажу, демонтажу, ремонту та експлуатації складного технологічного устаткування, будівельно-монтажні роботи виконуються за проектами проведення робіт, що містять розділ з техніки безпеки, і за типовими інструкціями з охорони праці.

На основі типових інструкцій підприємства, враховуючи місцеві особливості, розробляють інструкції з охорони праці, які погоджують у встановленому порядку.

Виконання робіт з підвищеною небезпекою обов'язково включає розробку організаційних і технічних заходів, спрямованих на забезпечення безпеки трудового процесу.

Підвищені вимоги з техніки безпеки ставляться як до деяких видів робіт, так і до окремих професій робітників, наприклад:

- газо- і електрозварники;
- монтажники;
- слюсарі з монтажу технологічного устаткування і зв'язаних з ним конструкцій;
- такелажники, стропальники, сигнальники на монтажі;
- трубоукладачі;
- машиністи кранів, механізмів і будівельно-дорожніх машин;
- працівники, що використовують у процесі роботи радіоактивні речовини або етилований бензин;
- водії автомобільного транспорту і робітники залізничного транспорту;
- працівники, що займаються обслуговуванням і ремонтом електроустановок, а також експлуатацією й ремонтом механічного і електрифікованого інструменту.

Як показала практика останніх років, слабким місцем в управлінні технічною безпекою на виробництві є саме організаційна сторона взаємодії людини з об'єктом праці.

Для безпечного проведення робіт необхідно виконувати такі організаційні заходи:

- призначити працівників, відповідальних за безпечне проведення робіт;
- видати наряд чи розпорядження;
- видати дозвіл на підготовку робочих місць;
- підготувати робочі місця;
- здійснити допуск до робіт;
- організувати нагляд при виконанні роботи;
- організувати перехід на інше робоче місце;
- оформити перерви в роботі та її закінчення.

При цьому відповідальними за безпечне проведення робіт є:

- працівник, що видає наряд чи розпорядження; дає дозвіл на підготовку робочого місця і на допуск; підготовляє робоче місце;
- допускає до роботи;
- керівник робіт;
- виконавець робіт;
- працівник, що здійснює нагляд за безпечним виконанням робіт;
- член бригади.

Керівник робіт призначається у випадку виконання робіт за нарядом.

Необхідність призначення керівника робіт, що виконуються за розпорядженням, визначає той працівник, який віддає розпорядження.

У кожної з відповідальних осіб є чітко сформульовані обов'язки. Так, керівник робіт відповідає за:

- призначення виконавця робіт з числа осіб, які затверджені списками;
- кількісний склад бригади, який обумовлюється необхідністю забезпечення нагляду за бригадою з боку виконавця робіт (наглядаючого);
- достатність кваліфікації працівників, включених до складу бригади;
- чіткість і повноту інструктажу виконавцю робіт (наглядачеві) і членам бригади;

- виконання заходів безпеки, передбачених нарядом чи розпорядженням, та за їх достатність;
- наявність і придатність до застосування засобів захисту, інструменту, інвентарю, приладів, необхідних для проведення робіт;
- щоденний огляд лісів перед допуском бригади до роботи;
- організацію і безпечне виконання робіт та дотримання вимог Правил з безпеки робіт.

Керівник робіт разом з виконавцем робіт повинен приймати робоче місце від допускаючого і перевіряти виконання заходів безпеки, зазначених у наряді. Крім того, він має здійснювати періодичний контроль за роботою бригад щодо дотримання вимог правил безпеки і зобов'язаний усунути від роботи членів бригад, що порушують правила, а також тих, хто перебуває в стані алкогольного чи наркотичного сп'яніння.

Керівник газонебезпечних робіт повинен здійснювати безпосереднє керівництво роботою з наступною перевіркою герметичності ділянки, що ремонтується.

Керівниками робіт за нарядом призначають керівників і фахівців структурних підрозділів і підрядних організацій, що мають для цього достатню кваліфікацію.

Виконавець робіт відповідає за:

- виконання заходів безпеки, передбачених нарядом чи розпорядженням, і за їхню достатність;
- дотримання ним самим і членами бригади вимог інструкцій з охорони праці й виконання заходів безпеки, визначених нарядом, проектами проведення робіт, технологічними процесами і технічними умовами;
- чіткість і повноту інструктажу та вказівок, що він дає членам бригади безпосередньо на робочому місці;
- наявність, придатність і правильність застосування засобів захисту інструменту, інвентарю та приладів у процесі проведення робіт;
- стан збереження встановлених на робочому місці огорож, знаків безпеки, замикаючих пристроїв протягом робочої зміни.

Виконавцями робіт за нарядами і розпорядженнями призначають працівників підрозділів підприємства та підрядних організацій, що мають кваліфікацію не нижче IV розряду. При ремонті допоміжного устаткування допускається призначення виконавцями робіт працівників, що мають III розряд.

Черговий чи працівник зі складу оперативно-виробничих працівників, що підготовляє робоче місце, відповідає за правильне і точне виконання зазначених у наряді (розпорядженні) заходів для підготовки робочого місця.

Допускаючий відповідає за такі заходи:

- правильність підготовки робочих місць, повноту вжитих заходів безпеки, необхідних для проведення робіт, і їх відповідність характеру і місцеві роботи;

- правильність допуску до роботи і повноту інструктажу керівника та виконавця робіт (наглядаючого).

Іноді при виконанні ряду робіт у безпосередній близькості від діючого устаткування, наприклад, будівельниками, різноробочими, такелажниками та іншими працівниками, призначаються спостережники, що мають право бути виконавцями робіт.

Спостережники відповідають за:

- захист членів бригади від впливу на них виробничих факторів з боку діючого технологічного устаткування (стежить, щоб працівники не наближалися на небезпечну відстань до працюючого устаткування і комунікацій, забезпечує безпечні умови для проходження оперативних працівників до робочого місця тощо);

- відповідність підготовленого робочого місця вимогам, зазначеним у наряді;

- наявність і збереженість встановлених на робочому місці огорож, захисних засобів, плакатів і попереджувальних знаків безпеки.

Відповідальним за безпеку технології проведення робіт працівниками при виконанні ними цих робіт є виконавець робіт, що повинен постійно знаходитися на робочому місці.

Члени бригади відповідають за:

- виконання ними вимог інструкцій з охорони праці і заходів безпеки, отриманих при інструктажі перед допуском до роботи та під час її проведення;
- застосування засобів захисту, спецодягу і справність використовуваних інструменту та приладів.

4.2 Порядок оформлення робіт з підвищеною небезпекою

Роботи на устаткуванні підвищеної небезпеки слід проводити за допусками чи розпорядженнями відповідно до «Форми нарядудопуску». Наряд на виконання газонебезпечних робіт у газовому господарстві видається відповідно до вимог Правил безпеки систем газопостачання України.

Залежно від обсягу ремонтних робіт та організації їх проведення бланк наряду може бути оформлений у вигляді:

- наряду на виконання якої-небудь конкретної роботи на одному робочому місці чи на послідовне виконання однотипних робіт на декількох робочих місцях однієї схеми приєднання тепломеханічного устаткування;
- загального наряду на виконання роботи в цілому на агрегаті, на декількох робочих місцях чи ділянках і т. д.;
- проміжного наряду на виконання робіт на окремих вузлах агрегату та його допоміжному устаткуванні, на окремих робочих місцях, дільницях. Проміжний наряд видається тільки за наявності загального наряду.

Видається наряд на час дії заявки на ремонт устаткування і дозволяється його подовження тільки один раз.

З урахуванням місцевих умов до переліку робіт, виконуваних за нарядом, можуть вноситися додаткові роботи, затверджені головним інженером підприємства.

Наряд видає керівник цеху (дільниці), у веденні якого знаходиться устаткування і який включений у список працівників, що мають право видачі наряду.

За розпорядженням виконуються роботи, що не вимагають проведення технічних заходів щодо підготовки робочих місць, у тому числі й роботи, які можна виконувати одноосібно.

Перелік робіт, виконуваних одноосібно за розпорядженням, повинен визначатися, виходячи з місцевих умов, і цей перелік має затверджувати керівник підприємства.

Розпорядження носить разовий характер, термін його дії визначається тривалістю робочого дня (зміни) виконавців.

Облік і реєстрацію робіт за нарядами і розпорядженнями слід проводити в спеціальному журналі, «Форма журналу обліку і реєстрації робіт за нарядами та розпорядженнями».

Сторінки цього журналу нумерують, крім того, журнал має бути прошнурований і скріплений печаткою. Термін зберігання журналу після останнього запису становить 6 місяців.

4.3 Організація проведення робіт з підвищеною небезпекою

Наряд на роботу виписують у двох, а при передачі по телефону, радіо – у трьох екземплярах. В останньому випадку працівник, що видає наряд, виписує один екземпляр, а працівник, що приймає текст наряду у вигляді телефоно- чи радіограми, заповнює два екземпляри і після зворотної перевірки зазначає на місці підпису працівника, що видав наряд, його прізвище й ініціали, підтверджуючи правильність запису своїм підписом.

В обох екземплярах наряду записи виконують чорнилом, кульковою ручкою тощо; вони мають бути чіткими і розбірливими, без виправлень і перекреслювання написаного тексту.

При проведенні вогневих робіт на вибухонебезпечному устаткуванні заходи пожежної безпеки, зазначені в наряді, повинен погоджувати і візувати (підписувати) у цій же графі наряду відповідальний працівник пожежної безпеки.

Працівник, що видає наряд, зазначає в рядку «Особливі умови» наряду додаткові заходи безпеки, а саме: про неприпустимість застосування відкритого вогню; про проведення деяких операцій тільки під безпосереднім наглядом керівника робіт; про улаштування спеціальних огорож; про умови безпечного проведення спільних робіт, виконуваних за нарядами і розпорядженнями; про

необхідність використання бригадою засобів загального й індивідуального захисту; про порядок застосування вантажопідійомних й інших механізмів; про послідовність проведення окремих операцій тощо.

Підготовка робочого місця і допуск бригади до роботи полягає в перевірці повноти виконання необхідних заходів щодо підготовки робочих місць, зазначених у наряді. Допуск необхідно проводити після перевірки робочого місця.

Допускаючий має провести інструктаж: зазначити межі робочого місця і підходи до нього; показати, яке найближче до робочого місця устаткування залишається під тиском, під дією високої температури, вибухонебезпечне тощо.

Перевірку підготовки робочих місць і допуск до роботи за нарядом необхідно оформляти підписами допускаючого, керівника робіт і виконавця робіт у відповідних рядках наряду.

Перевірку посвідчень членів бригади, інструктаж і допуск до роботи повинен проводити керівник робіт. Якщо виявиться, що у когось з працівників термін чергової перевірки знань правил безпеки минув, цих працівників слід вивести зі складу бригади. Виконавець робіт здійснює допуск до роботи та інструктаж кожного члена бригади безпосередньо на його робочому місці.

З моменту допуску бригади до роботи і під час проведення робіт з метою контролю за дотриманням правил безпеки виконавець робіт здійснює нагляд. Виконавець робіт повинен увесь час знаходитися на місці проведення робіт. Навіть короткочасне залишення членами бригади місця проведення робіт допускається тільки з дозволу виконавця робіт, який до повернення осіб, що відійшли, чи до встановлення місця, де вони знаходяться, і попередження їх не має права йти разом з бригадою з місця роботи. Керівник робіт, оперативні працівники зобов'язані періодично, але не рідше двох разів у робочу зміну перевіряти, як члени бригади виконують вимоги правил безпеки.

Зміни в складі бригади слід оформляти в обох екземплярах наряду. Оформлення перерв у роботі, її закінчення – строго формалізоване.

При перервах у роботі протягом робочого дня (на обід, за умовами проведення робіт) бригаду необхідно вивести з робочого місця, а наряд залишити у виконавця робіт.

Жоден із членів бригади не має права після закінчення перерви ставати до роботи самостійно. Після закінчення перерви виконавець робіт зобов'язаний повторно перевірити підготовку робочого місця і провести допуск бригади без оформлення в наряді.

Пробне введення в дію устаткування до повного закінчення ремонту дозволяється здійснювати тільки після виведення бригади з місця роботи, повернення керівником робіт наряду відповідальному працівникові зі складу оперативних працівників цеху з оформленням у таблиці щоденного закінчення роботи і зняття тимчасових огорож, замикаючих пристроїв і знаків безпеки.

По закінченню робочого дня місце роботи треба прибрати, а знаки безпеки, огорожі та замикаючі пристрої необхідно залишити на місці. Щоденний допуск до роботи повинні оформляти в таблиці наряду власними підписами допускаючий і виконавець робіт.

Після повного закінчення роботи і прибирання робочого місця виконавець робіт зобов'язаний вивести бригаду з робочого місця, поставити свій підпис в наряді і здати його керівникові робіт. Керівник робіт, приймаючи робоче місце від виконавця робіт після остаточного завершення роботи, має перевірити обсяг і якість її виконання, відсутність сторонніх предметів, належну чистоту робочих місць і після цього поставити свій підпис у рядку наряду «Робота цілком закінчена», зазначивши дату й час.

Устаткування дозволяється вводити в дію тільки після підпису керівника робіт у рядку наряду про повне закінчення роботи і закриття наряду відповідальним працівником зі складу оперативних працівників, а також після зняття тимчасових огорож, знаків безпеки, замикаючих пристроїв і відновлення на місці постійних огорож. Наряди, роботи за якими повністю закінчені, слід зберігати протягом 30-ти діб, а наряди на проведення газонебезпечних робіт – протягом одного року з дня їх закриття.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Були розроблені нові конструкції систем планетарних, які мають різницю від відомих моделей. Ці нові конструкції мають загальний ведене у всіх трьох планетарних рядів та чотири механізми диференціальних із мінімальною кількістю ланок основних, яка дорівнює 6. Це дозволяє створити компактні конструкції з коротким кінематичним ланцюгом, що мають розширені можливості з кінематики та сили. У таких конструкціях використовується п'ять передач на одному провідному ланцюзі, що дозволяє змінювати передавальні відношення в діапазоні 2,20 – 7,25 та кількість передач 5 – 9. Це дає можливість використовувати ці системи як модулі для проектування АКПП автомобілів.

Було розроблений алгоритми проектування модульних автоматичних коробок передач, який дає можливість визначити аналітично внутрішнє передаточне відношення модуля за допомогою спеціальних програм. Цей алгоритм базується на введенні необхідних передаточних чисел для автоматичної коробки передач. Він також допомагає знаходити оптимальні значення чисел зубів модуля, контролювати механізми на вимоги співісності, збирання, а також порівнювати ряд отриманий передаточні чисел із початковими та перевіряти за кроком.

Було розроблено стенд для випробування який працює на основі схеми яка розмикається з використанням цього стенду були проведені дослідження при не великій потужності, яке дало можливість визначити коефіцієнт корисної дії модулю у діапазоні від 0,914 до 0,985.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. О.Л. Ляшук, Ю.І. Пиндус, М.Г. Левкович, Гупка А.Б., Хорошун Р.В. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра за освітнім рівнем «бакалавр галузі знань 27 «Транспорт» спеціальність 274 «Автомобільний транспорт» – Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2022. – 61 с.
2. Конспект лекцій з курсу «Технології обслуговування автотранспортних засобів». / Р.В. Хорошун, О.Л. Ляшук, Н.Т. Навроцька. – Тернопіль: Вид-во ТНТУ, 2021. – 194 с.
3. Ляшук О.Л. Конспект лекцій з дисципліни «Технічна експлуатація автомобілів» для студентів спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» / О.Л. Ляшук, В.М.Клендій, Р.В.Хорошун. – Тернопіль: Вид. ТНТУ – 2018. – С. 302.
4. Конспект лекцій (частина І) з дисципліни «Транспортні засоби» для студентів усіх форм навчання першого рівня освіти за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт», 275 «Транспортні технології» галузі знань 27 «Транспорт» / О.Л. Ляшук, Т.Д.Навроцька., Р.Р. Заверуха., Л.М. Слободян., Р.В. Хорошун. – Тернопіль, ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 132 с.
5. Конспект лекцій (частина ІІ) з дисципліни «Транспортні засоби» для студентів усіх форм навчання першого рівня освіти за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт», галузі знань 27 «Транспорт» / О.Л. Ляшук, Т.Д. Навроцька., Л.М. Слободян., Р.В. Хорошун. – Тернопіль, ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 184 с.
6. Левкович М.Г., Гупка А.Б., Сіправська М.Д Конспект лекцій з дисципліни «Відновлення деталей» для здобувачів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 274 «автомобільний транспорт».-Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – Тернопіль.: ТНТУ, 2021. – 136 с.
7. Левкович М.Г., Кищун В.А., Гандзюк М.О. Конспект лекцій з дисципліни «Аналіз конструкцій, робочі процеси та основи розрахунку автомобілів» для здобувачів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 274 «автомобільний транспорт».-Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – Тернопіль.: ТНТУ, 2021. – 242 с.

8. Sokil, B., Lyashuk, O., Sokil, M., Vovk, Y., Dzyura, V., Aulin, V., Khoroshun, R. Interpreting the main power characteristics choice of the wheel vehicles guided cushioning system (2021) Communications - Scientific Letters of the University of Zilina, 23 (2), pp. B139-B149. (Scopus).

9. Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Гевко І.Б., Хорошун Р.В. Модель руху автомобіля по криволінійній трасі. Науковий вісник Херсонської державної морської академії : науковий журнал. Херсон: Херсонська державна морська академія, 2021. № 2 (25). С. 72–81.

10. Техніко-економічне обґрунтування інженерних рішень на СТО та АТП : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Ляшук О.Л., Луциків І.В., Плекан У.М., Клендій В.М. - Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 276 с.

11. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Гудь В.З., Левкович М.Г., Сташків М.Я., Сіправська М.Д. - Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 544 с.

12. Sokil, B., Lyashuk, O., Sokil, M., Vovk, Y., Lebid, I., Nevko, I., Khoroshun R Matviyishyn, A. (2022). Methodology of Force Parameters Justification of the Controlled Steering Wheel Suspension. Communications, 24(3), B247-B258.

13. Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Левкович М.Г., Клендій В.М., Гупка В.В. Структурний синтез гальмівних систем з техніко-економічним обґрунтуванням // Міжвузівський збірник "Наукові нотатки". Вип. 71. Луцьк. Ред.-вид. відділ ЛТНУ.- 2021. – С. 228-233.

14. Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Гевко І.Б., Хорошун Р.В. Модель руху автомобіля по криволінійній трасі. Науковий вісник Херсонської державної морської академії : науковий журнал. Херсон : Херсонська державна морська академія, 2021. № 2 (25). С. 72–81.

15. Ляшук О., Серілко Л., Гевко І., Кондратюк О., Цьонь О., Галан Ю. Investigation of the operation of vibration-centrifugal installation for automobile parts machining (Дослідження роботи вібраційно-відцентрової установки для обробки деталей автомобілів). Вісник ТНТУ, Тернопіль, 2021. № 1 (101), с. 80-89.

16. Конспект лекцій з дисципліни «Відновлення деталей» для здобувачів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт» / Укладачі: Левкович М.Г., Гупка А.Б., Сіправська М.Д. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2021. – 136 с.

17. Lyashuk, O., Levkovych, M., Vovk, Y., Gevko, I., Stashkiv, M., Slobodian, L., Pyndus, Y. The study of stress-strain state elements of the truck semi-trailer body bottom. Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport. 2023, 118, 161-172. ISSN: 0209-3324. DOI: <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2023.118.11>.

18. Шеломов В.Б. Властивості структур планетарних коробок передач. - СПб.: «Нестор», 2004. - 206 с.

19. Коробочка О.М. Основи розрахунків, проектування і експлуатації технологічного обладнання для автомобільного транспорту: Навч. посібник / Коробочка О.М., Скорняков Е.С., Сасов О.О. – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2007 – 252 с.

20. Кукурудзяк, Ю. Ю. Технічна експлуатація автомобілів. Організація технологічних процесів ТО і ПР навчальний посібник / Ю. Ю. Кукурудзяк, В. В. Біліченко. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 198 с.

21. О.П. Строков, М.Г. Макаренко, В.Ф.Фролов Технічне обслуговування та ремонт вантажних і легкових автомобілів, автобусів. Підручник: У 2 кн. К.: Грамота, 2005.