

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**Механіко – технологічний факультет**

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**

**Завідувач кафедри  
Тракторів, автомобілів**  
(назва кафедри)

\_\_\_\_\_ Калінін Є.І.  
(підпис) (ПІБ)  
“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2025 р.

**ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ БАКАЛАВРА**

**на тему «Розробка конструкції стенду для дослідження експлуатаційних  
характеристик рульового керування з підсилювачем»**

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

**Гарант освітньої програми**

К.т.н., доцент  
(науковий ступінь та вчене звання)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Сівак І.М.  
(ПІБ)

**Керівник дипломного проєкту бакалавра**

К.т.н., доцент  
(науковий ступінь та вчене звання)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Гладчук Є.О.  
(ПІБ)

**Виконав**

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Сімонов Микита Олександрович  
(ПІБ студента)

**КИЇВ – 2025**

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко – технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Тракторів, автомобілів

д.т.н., професор \_\_\_\_\_ Калінін Є.І.  
(науковий ступінь, вчене ваня) (підпис) (ПІБ)  
“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2025 р.

**З А В Д А Н Н Я**

на виконання дипломного проєкту бакалавра студенту

**Сімонов Микита Олександрович**

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

(код і назва)

Тема дипломного проєкту бакалавра на тему «Розробка конструкції стенду для дослідження експлуатаційних характеристик рульового керування з підсилювачем»

затверджена наказом ректора НУБіП України від «26» листопада 2024 р. №2098 «С»

Термін подання завершеної роботи (проєкту) на кафедру 19.05.2025

(рік, місяць, число)

**Вихідні дані до дипломного проєкту бакалавра** Нормативно довідкова література. Види та характеристики підсилювачів керма.

**Перелік питань які потрібно розробити** \_\_\_\_\_

Вступ

1 АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ

2 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ СТЕНДУ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК КЕРМОВОГО КЕРУВАННЯ З ПІДСИЛЮВАЧЕМ

2.1 Технічне завдання проектування стенда

2.2 Технічна пропозиція

3 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС

3.1 Конструктивні особливості досліджуваного підсилювача кермового управління

3.2 Оцінка експлуатаційних характеристик ГПК

3.3 Методичні вказівки щодо виконання робіт на стенді

4 РОЗРАХУНОК ЕФЕКТИВНОСТІ СПРОЕКТОВАНОЇ КОНСТРУКЦІЇ

4.1 Визначення собівартості виготовлення

4.2 Визначення витрат на заробітну плату

4.3 Визначення витрат на утримання та експлуатацію обладнання

4.4 Визначення загальних витрат за виготовлення конструкції

Висновки

Список використаних джерел

**Перелік графічного матеріалу** \_\_\_\_\_

1. Мета та аналіз стану питання.

2. Конструкція стенду для дослідження експлуатаційних характеристик кермового керування з підсилювачем.

3. Технологічний процес.

4. Оцінка експлуатаційних характеристик ГПК

5. Розрахунок ефективності спроектованої конструкції  
6. Визначення витрат на утримання та експлуатацію обладнання  
Висновки
- 

Дата видачі завдання «\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 р.

Керівник дипломного проєкту бакалавра \_\_\_\_\_

( підпис )

Гладчук Є.О.  
(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_

( підпис )

Сімонов М.О.  
(прізвище та ініціали студента)

## РЕФЕРАТ

Основна частина дипломного проекту представлена на 52 сторінці пояснювальної записці, 9 слайдах та проілюстрована 14 рисунками.

В рамках випускної кваліфікаційної роботи бакалавра запропоновано розробку конструкції стенду для дослідження експлуатаційних характеристик рульового управління з підсилювачем.

На основі великого переліку літературних джерел, а також проведеного аналізу вітчизняного та зарубіжного ринків, існуючих патентів і корисних моделей, автором роботи була спроектована конструкція стенду для дослідження експлуатаційних характеристик рульового управління з підсилювачем.

У графічному середовищі SolidWorks була змодельована 3D модель стенду.

ВКР складається з чотирьох розділів.

У першому розділі розглянуто конструкції підсилювачів рульового управління.

У другому розділі запропоновано технічне завдання, технічна пропозиція на розроблювану конструкцію.

У третьому розділі розглянуто конструктивні особливості досліджуваного підсилювача рульового управління, визначено параметри для оцінки експлуатаційних характеристик ГПК і розроблено методичні вказівки щодо виконання робіт на стенді.

У четвертому розділі наведено розрахунок економічної ефективності проектованої конструкції.

## ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ	9
2 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ СТЕНДУ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК КЕРМОВОГО КЕРУВАННЯ З ПІДСИЛЮВАЧЕМ	16
2.1 Технічне завдання проектування стенда	16
2.2 Технічна пропозиція	18
3 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС	31
3.1 Конструктивні особливості досліджуваного підсилювача кермового управління	31
3.2 Оцінка експлуатаційних характеристик ГПК	37
3.3 Методичні вказівки щодо виконання робіт на стенді	40
4 РОЗРАХУНОК ЕФЕКТИВНОСТІ СПРОЕКТОВАНОЇ КОНСТРУКЦІЇ	43
4.1 Визначення собівартості виготовлення	43
4.2 Визначення витрат на заробітну плату	44
4.3 Визначення витрат на утримання та експлуатацію обладнання	46
4.4 Визначення загальних витрат за виготовлення конструкції	47
ВИСНОВОК	48
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	49
ДОДАТКИ	51

## ВСТУП

У сучасних ринкових умовах значна увага приділяється зростанню та розвитку автотранспортного комплексу та, зокрема, ремонту та технічного обслуговування автомобільного транспорту. Автомобільний ринок України постійно насичується автомобілями вітчизняного та зарубіжного виробництва. За даними у 2018 р., продаж нових легкових автомобілів в Україні досяг 1669 тис. шт., збільшившись на 13% порівняно з минулим роком, коли було продано 1 475 тис. шт. Поступове зростання доходів, спрощення умов кредитування, різні програми, такі як «Перший автомобіль», «Сімейний автомобіль», субсидування частини вартості техніки, що працює на газомоторному паливі, підвищують можливість населення купувати власний автомобіль.

У 2019 р. продажі нових легкових автомобілів в Україні можуть зрости на 0,5% і досягти 1,68 млн. шт. в оптимістичному сценарії. У базовому сценарії очікується зниження продажів на рівні 2% і досягне 1,64млн. шт.

Кожному автомобілю потрібне технічне обслуговування, пов'язане, перш за все, з умовами експлуатації транспортного засобу, технічним станом автомобільних доріг, дорожньо-транспортними пригодами, необхідністю сезонного обслуговування автомобілів.

Виконання своєчасного та якісного техобслуговування, ремонту та правильна експлуатація автомобіля в сукупності є факторами, що гарантують збереження працездатного стану автомобіля у процесі його експлуатації.

Використання технологічного обладнання у процесах технічного обслуговування та ремонту підвищує якість, продуктивність виконуваних робіт та безпеку праці персоналу, зменшує витрати на підтримку парку автомобілів у технічно справному стані.

Різноманітність конструкцій вузлів та агрегатів вітчизняних та зарубіжних автомобілів потребує різноманітного технологічного обладнання, що застосовується для технічного обслуговування автомобілів. На даний

момент ринок технологічного обладнання представлений в основному моделями зарубіжного виробництва, що мають значну вартість.

Метою випускової роботи є проектування стенду на дослідження експлуатаційних характеристик рульового управління з підсилювачем.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі завдання:

- розглянути конструкції підсилювачів кермового керування; розробити технічне завдання, технічну пропозицію на конструкцію, що розробляється;
- розглянути конструктивні особливості досліджуваного підсилювача кермового управління, розробити методичні вказівки щодо роботи на стенді;
- провести розрахунок економічної ефективності проектованої конструкції.

## 1 АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ

Для зменшення зусиль, потрібних від водія при повороті керованих коліс, конструкції автомобілів використовують підсилювачі. Принцип дії підсилювача полягає в тому, що при повороті рульового колеса спочатку приводиться в дію розподільний орган, що управляє виконавчим механізмом, який за рахунок енергії (зрештою знімається з двигуна автомобіля) повертає керовані колеса автомобіля. Оскільки колеса кінематично пов'язані з розподільником, після виконання повороту коліс на заданий водієм кут розподільник припиняє їх подальший поворот.

Залежно від виду енергії, що використовується підсилювачі можуть бути пневматичними, гідравлічними, електричними. Пневматичні підсилювачі керма раніше застосовувалися на важких вантажівках, використовуючи стиснене повітря пневматичної гальмівної системи. Такі підсилювачі працювали тільки в режимі активного маневрування при малих швидкостях автомобіля, коли момент повороту коліс, що керуються, особливо великий. Як розподільник використовувалися два клапани, що забезпечують подачу повітря у відповідні порожнини пневматичного циліндра, пов'язаного з поворотним кулаком колеса та рульовою трапецією.

Пізніше стали використовувати гідравлічні підсилювачі керма (ГПК), які мають компактніший силовий елемент (гідравлічний циліндр) і дозволяють розширити набір корисних експлуатаційних характеристик підсилювача. Основними елементами ГПК є: насос, зазвичай лопатого типу з ремінним приводом від шківа на колінчастому валу, розподільник з осьовим або тангенціальним (круговим) переміщенням золотника, бачок для робочої рідини, трубопроводи може бути радіатор для охолодження рідини.

ГПК не тільки знижує крутильний момент на кермі автомобіля, а й зменшує передачу на кермо поштовхів від дороги, які впливають на колеса, забезпечує силове стеження, даючи змогу водієві оцінювати дорожні умови, що ускладнюють поворот коліс. Сучасні ГПК забезпечують зниження

коефіцієнта посилення моменту в міру підвищення швидкості руху автомобіля, при цьому в міру підвищення швидкості кермо стає "важчим", що позитивно позначається на безпеці автомобіля.

Конструкції ГПК вельми різноманітні і, перш за все, відрізняються компонуванням його елементів:

- роздільне розміщення рульового механізму (РМ), розподільника (Р) і силового циліндра (СЦ);
- розміщення в одному блоці РМ, Р і СЦ; розміщення в одному блоці РМ, Р і окремо виконаний СЦ;
- окремо виконаний РМ і в єдиному блоці Р і СЦ.

Електрогідравлічні підсилювачі керма (ЕГПК) мають привід насоса від електромотора. У цьому випадку виключається ремінна передача, яка не дуже надійна і потребує контролю і регулювань. Автоматичне ввімкнення електромотора тільки за виникнення необхідності посилення моменту на рульовому колесі дає змогу економити енергію, що витрачається на привід насоса, і підвищує паливну економічність автомобіля. В електричних підсилювачах керма (ЕКП) силовим елементом є електродвигун, керований мікропроцесорною схемою на основі сигналів від датчиків кута повороту керма і моменту опору його повороту, а також частоти обертання колінвала двигуна і швидкості руху автомобіля.

Електропідсилювач керма має низку переваг порівняно з ГПК:

- зручність регулювання характеристик рульового керування;
- інформативність кермового управління;
- висока надійність конструкції через відсутність гідравлічної системи;
- економія палива (зниження витрати палива до 0,5 л на 100 км).

Виділяють дві основні схеми компонування електропідсилювача кермового.

управління:

- зусилля електричного двигуна передається на вал рульового колеса;
- зусилля електричного двигуна передається на рейку кермового механізму.

Найбільш затребуваним є електропідсилювач з приводом на рульову рейку - електромеханічний підсилювач рульового управління.

Відомими конструкціями такого підсилювача є:

- електромеханічний підсилювач керма з двома шестернями (рис. 1.1);
- електромеханічний підсилювач керма з паралельним приводом (рис. 1.2).

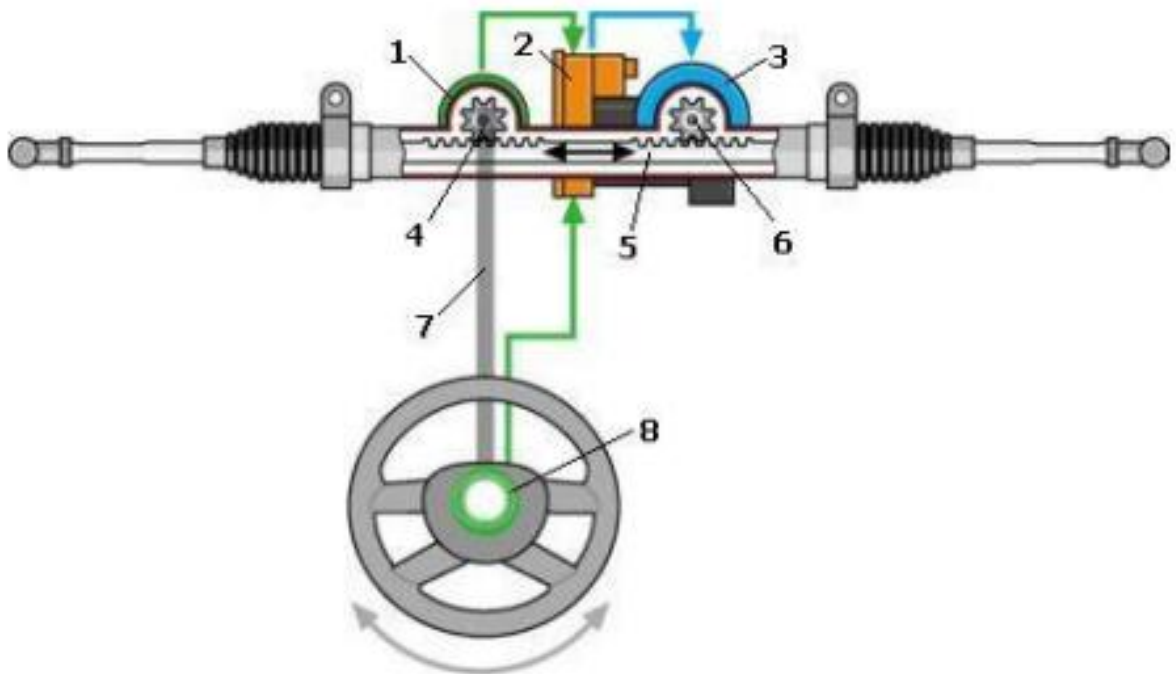


Рисунок 1.1 - Схема ЕПК із двома шестернями: 1 - корпус рейкового РМ; 2 - електронний блок; 3 - електродвигун; 4 - шестерня підсилювача; 5 - рейка; 6 - шестерня рульового механізму; 7 - вал керма; 8 - датчики моменту і кута повороту керма

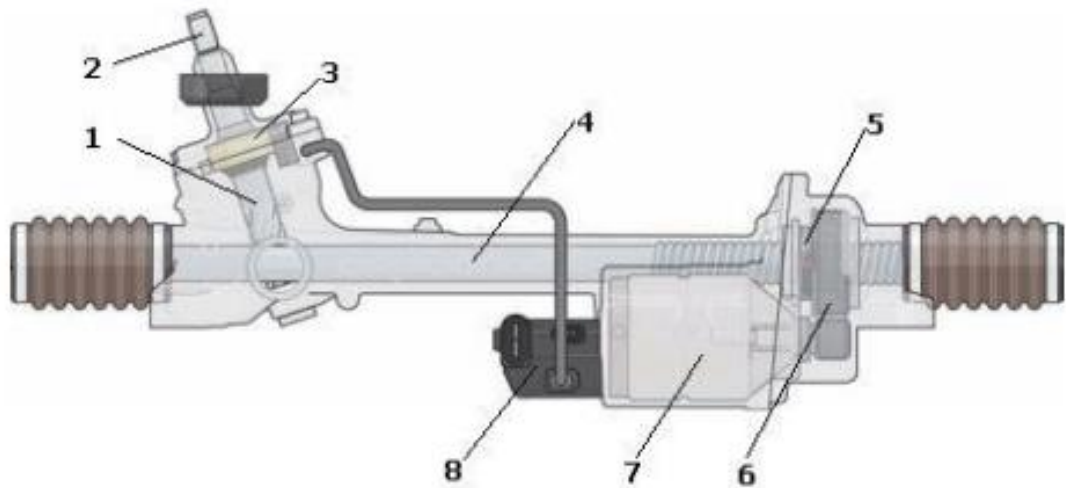


Рисунок 1.2 - Схема ЕПК з паралельним приводом: 1 - вал із шестірнею РМ; 2 - вал керма; 3 - датчики моменту і кута повороту; 4 - рейка РМ; 5 - гайка на циркулюючих кульках; 6 - передача пасова; 7 - електричний двигун; 8 - електронний блок керування

Електропідсилювач часто розташовують на валі керма (рис. 1.3, 1.4), що дає змогу використовувати звичайний рульовий механізм.

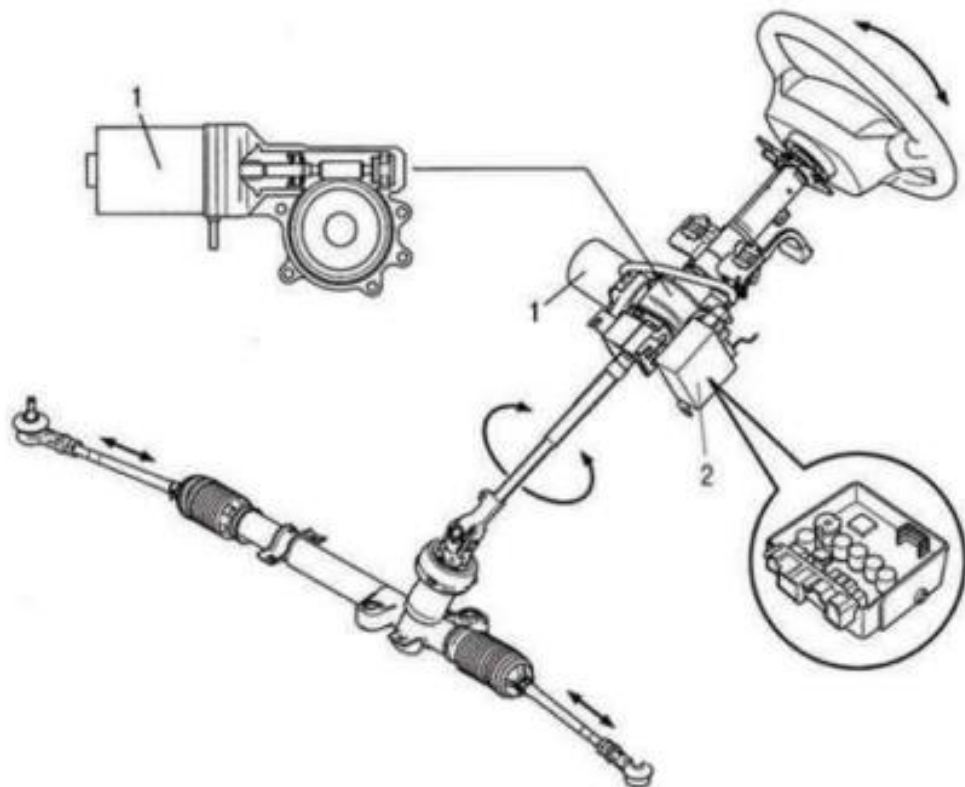


Рисунок 1.3 - Варіант компонування ЕПК на валу керма: 1 - електродвигун із черв'ячним механізмом; 2 - електронний блок



Рисунок 1.4 - Варіант компонування безредукторного ЕПК на рульовій колонці з регульованим положенням керма за висотою

Електропідсилювач рульового управління може працювати в кількох режимах:

- поворот автомобіля, коли зусилля, необхідні для повороту коліс формуються шляхом повороту кермового колеса та роботою виконавчого елемента системи (електричного двигуна);
- поворот на малій швидкості, коли система управління виробляє сигнали, відповідно до яких електродвигун формує крутний момент максимальної величини, що забезпечує «легке кермо»;
- поворот автомобіля на високій швидкості - у цьому режимі електронний блок управління формує сигнали, відповідно до яких електродвигун дає мінімальний крутний момент, що забезпечує «важке кермо»;
- повернення коліс автомобіля у середнє положення, коли електродвигуном під впливом сигналів певної полярності та величини від ЕБУ створюється крутний момент, необхідний для повернення коліс у середнє положення після здійснення повороту;

– забезпечення середнього становища коліс автомобіля -в цьому режимі роботи електронним блоком управління подаються відповідні сигнали, що перешкоджають відхилення коліс від прямолінійного положення при впливі на автомобіль таких факторів, як бічний вітер, різницю тиску в шинах. Тобто система здійснює коригування положення коліс і, як наслідок, траєкторії руху автомобіля.

Відмінність режимів роботи ЕПК обумовлено різним поєднанням сигналів датчиків. Наприклад, при повороті автомобіля на електронний блок надходять сигнали з датчиків моменту, що крутить, і кута повороту керма, а в режимі забезпечення середнього положення коліс - тільки з датчика моменту, оскільки кермо при прямолінійному русі автомобіля не повертається.

Рульове керування відіграє важливу роль у забезпеченні безпеки автомобіля, тому необхідно мати чітке уявлення про вплив експлуатаційних характеристик кермового управління на експлуатаційні властивості автомобіля та розуміти залежність цих характеристик від конструктивних особливостей кермового управління. За наявності конструкції рульового управління підсилювача потрібно володіти методами контролю його технічного стану, що забезпечує своєчасне попередження і усунення відмов, і безаварійну роботу автомобіля.

## 2 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІІ СТЕНДА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК РУЛЬОВОГО КЕРУВАННЯ З ПІДСИЛЮВАЧЕМ

### 2.1 Технічне завдання на проектування стенда

Стенд для дослідження експлуатаційних характеристик кермового управління з підсилювачем (далі – стенд) відноситься до галузі діагностування технічного стану агрегатів гідروпідсилювача керма машин, при їх технічному обслуговуванні та діагностуванні.

Стенд буде використовуватись у лабораторіях для проведення випробувань.

Джерелами розробки є:

- ДСТУ 52453-2005 «Автомобільні транспортні засоби. Механізми кермові з гідравлічним підсилювачем та кермові гідропідсилювачі. Технічні вимоги та методи випробувань»;
- патент «Установка для визначення технічного стану агрегатів гідропідсилювача рульового управління машин», МПК F15B19/00;
- патент «Пристрій для визначення подачі масляних насосів та тиску відкриття клапанів», МПК F15B19/00;
- патент «Пристрій для визначення витрати робочої рідини в гідрооб'ємних приводах машин», МПК G01F1/34, F15B19/00, F01L7/06;
- стандарти безпеки виробництва, журнали та інша технічна література.

Стенд для дослідження експлуатаційних характеристик рульового управління з підсилювачем повинен являти собою раму із закріпленою на ній рульовою рейкою з гідропідсилювачем і стійкою передньої підвіски передньопривідного автомобіля, манометрів для визначення тиску в системі, ємності забору робочої рідини, шестерні насоса для подачі масла, частоти двигуна у вигляді електричного двигуна.

До стенду висуваються такі вимоги:

1. Стенд має бути універсальним, тобто забезпечувати можливість проведення випробувань на ньому кермових механізмів з усіма відомими типами гідروідсилювачів кермових управлінь (інтегральним, напівінтегральним та нейтральним типами).

2. Забезпечити можливість визначення на стенді всіх параметрів та характеристик кермового механізму з гідроідсилювачем – регулювальних, навантажувальних, енергетичних, гідравлічних характеристик кермового механізму з гідроідсилювачем, гідравлічних характеристик пристроїв гідроідсилювача).

3. Максимальна споживана потужність електричного двигуна, трохи більше 4 кВт.

4. Габаритні розміри трохи більше, мм 1500x1000x2000.

5. Кріпильні вироби та металопрокат, що входять до складу стенду, мають бути по можливості уніфікованими.

6. Зовнішній вигляд стенда повинен відповідати вимогам естетики (технічної), що також дозволяє ідентифікувати призначення пристрою.

7. Конструкція повинна мати достатню жорсткість і міцність.

8. Конструкція стенду повинна виключати можливість викидання предметів, що становлять небезпеку для операторів, а також викиди змащувальних та інших робочих рідин.

9. При виконанні технічного обслуговування стенду використовувати експлуатаційні матеріали, що випускаються серійно та не вимагають використання спеціального інструменту.

10. Конструкція стенду має бути по можливості дешева, міцна, безпечна, зручна, універсальна, технологічна та проста у виготовленні;

11. У розробленій конструкції стенду має бути передбачена можливість подальшого рестайлінгу конструкції з метою модернізації технічних та естетичних якостей.

У процесі експлуатації передбачити можливість щомісячного обслуговування та перевірки обладнання.

Конструкторська документація, у фазі технічного проекту, узгоджується з керівником випускної кваліфікаційної роботи та технічними спеціалістами, залученими керівником ВКР.

## 2.2 Технічна пропозиція

Відповідно до технічного завдання необхідно розробити конструкцію стенду для дослідження експлуатаційних характеристик кермового управління з підсилювачем.

Стенд призначений для вивчення принципів роботи кермового управління з підсилювачем та отримання навичок проведення експериментально-практичного дослідження.

Проведемо аналіз існуючих стендів.

Відомий стенд для випробувань елементів гідроагрегату рульового керування (рисунок 2.1).

Винахід відноситься до техніки стендових випробувань і може бути використане для випробування елементів гідроагрегатів рульового управління (гідроагрегатів підсилювача керма), що застосовуються в основному в зернозбиральних та кормозбиральних машинах.

Стенд складається з гідронасоса 3, запобіжно-переливного клапана 17, насоса-дозатора 14, підсилювача потоку 15 і гідравлічні циліндри 24 повороту коліс. Стенд має приводний вал 1, який при випробуваннях з'єднується з валом гідронасоса 3, і гідросистему, до складу якої входить гідробак 5, лінія всмоктування 6, перша напірна лінія 7, один вихід якої підключають до входу насоса-дозатора 14, а інший - до входу 9 запірнього клапана напірні лінії, входи яких підключають до різних напірних порожнин насоса-дозатора 14, а виходи - до різних торцевих порожнин золотника підсилювача 15, дві напірно-зливні лінії 10, входи яких підключають до різних напірно-зливних отворів золотника

підсилювача 15, а 1 другу 12 і третю зливні 13 лінії, входи яких підключають відповідно до виходу клапана 17, до зливної порожнини насоса-дозатора 14 і до зливних отворів золотника підсилювача 15.

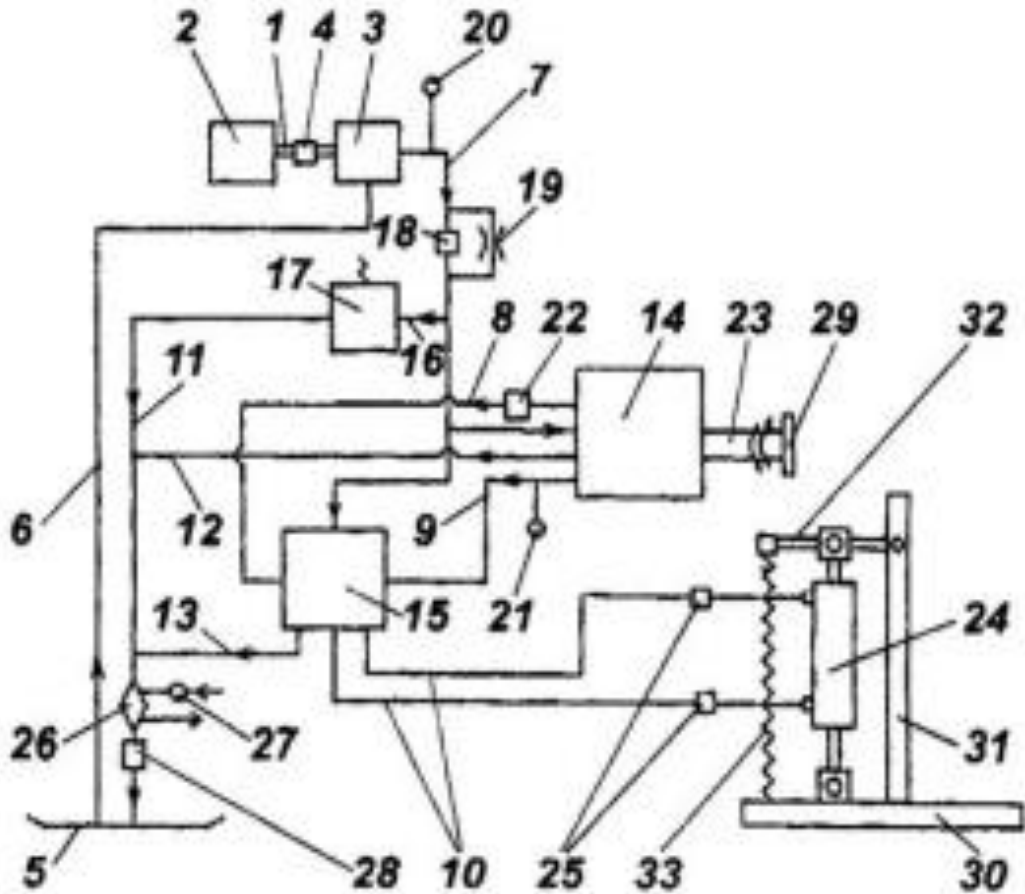


Рисунок 2.1 - Гідравлічна схема стенда: 1 - вал; 2 - електричний двигун; 3 - гідронасос; 4 - муфта; 5 - гідробак; 6 - лінія всмоктування; 7 - лінія напірна (перша); 8 - лінія напірна (друга); 9 - лінія напірна (третя); 10 - лінія напірно-зливна; 11 - лінія зливна (перша); 12 - лінія зливна (друга); 13 - лінія зливна (третя); 14 - насос-дозатор; 15 - підсилювач потоку; 16 - відведення; 17 - запобіжно-переливний клапан; 18 - кран; 19 - дросель; 20 - датчик тиску; 21 - вимірювач тиску робочої рідини в першій напірній лінії; 22 - вимірювач витрати робочої рідини в другій напірній лінії; 23 - вал приводний; 24 - гідравлічний циліндр; 25 - вимірювач витрати робочої рідини в напірно-зливній лінії; 26 - охолоджувач робочої рідини; 27 - терморегулятор; 28 -

вимірювач температури робочої рідини; 29 - датчик зусилля; 30 - основа; 31 - стійка; 32 - важіль; 33 - пружина.

При закритому крані 18 за допомогою датчика 20 тиску робочої рідини в лінії 7 і дроселя 19 визначають продуктивність гідронасоса 3. Технічний стан інших елементів гідроагрегату, оцінюють за показаннями датчика 29 зусилля на приводному валу насоса-дозатора 14, вимірювача 22 робочої рідини лінії 9 і вимірювачів 25 витрати робочої рідини лініях 10. Навантаження на шток гідравлічного циліндра 24 імітують зусиллям пружини 33.

Розглянувши цей стенд – аналог можна зробити наступний висновок – конструкція стенда для випробування елементів гідроагрегату рульового управління частково відповідає встановленим у технічному завданні вимогам, проте необхідно спростити конструкцію стенду.

Для забезпечення заданих у технічному завданні вимог необхідно визначитися з переліком деталей, пристроїв, складальних одиниць, механізмів, що входять до складу стенду.

Конструкція стенду складатиметься з кількох частин:

- гідравлічного підсилювача керма;
- стійки передньої підвіски передньопривідного легкового автомобіля;
- сполучних елементів.

На першому етапі конструювання стенду необхідно виконати вибір гідравлічного підсилювача за такими основними критеріями: низька ціна та прийнятна якість.

При проведенні аналізу вітчизняного та зарубіжного ринків було знайдено два гідравлічні підсилювачі різних марок:

- гідропідсилювач кермового управління фірми ZTF (країна виробництва Німеччина) (рисунок 2.2);
- гідропідсилювач кермового управління фірми ABRO (країна виробництва США).



Рисунок 2.2 - Гідропідсилювач кермового управління

Обираємо гідропідсилювач рульового управління виробництва ZTF за оптимальну ціну, високу якість збірки і хороші відгуки серед покупців.

На наступному етапі необхідно визначитися з місцем і способом кріплення гідропідсилювача. Гідропідсилювач буде кріпитися на металевий лист з розмірами 910x250x5 за допомогою скоб, які входять в комплект поставки з гідропідсилювачем (рисунок 2.3). Металевий лист кріпиться на дюбель-цвяхи до колони.

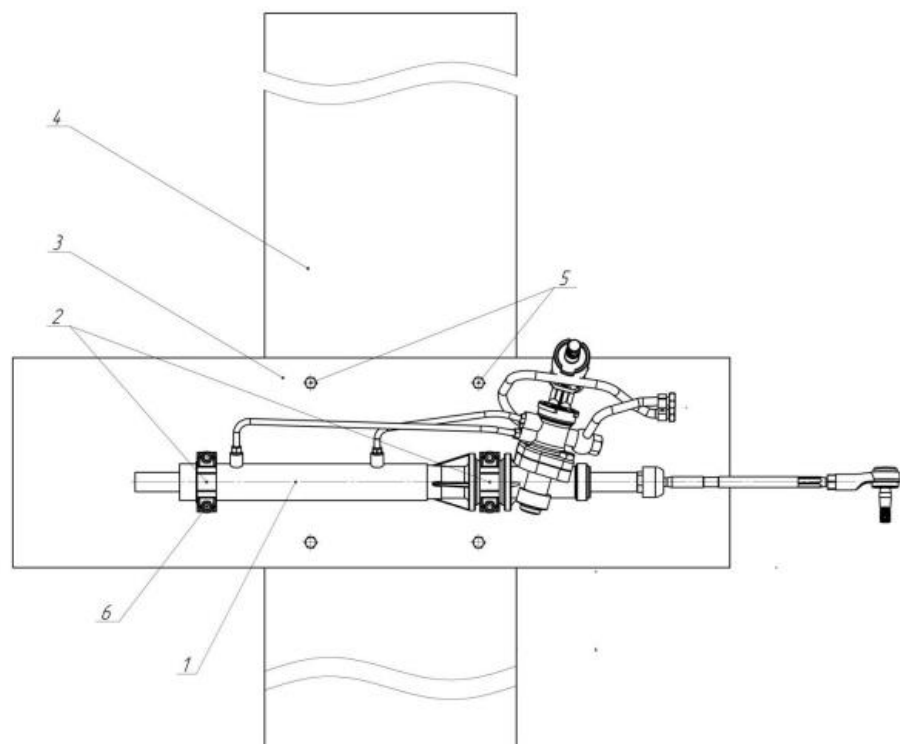


Рисунок 2.3 - Кріплення гідропідсилювача на колоні: 1 - ГПК; 2 - скоба; 3 - лист металевий; 4 - колона; 5 - дюбель-цвях; 6 - гайка кріплення

На наступному етапі проектування стенду необхідно виконати підбір передньої стійки легкового автомобіля в зборі.

Провівши аналіз вітчизняного та зарубіжного ринків було знайдено дві телескопічні стійки різних марок з різною якістю і вартістю:

- стійка телескопічна передньої підвіски в зборі;
- стійка телескопічна передньої підвіски в зборі SS20.



Рисунок 2.4 – Вузол передньої підвіски у зборі АСОМІ

Вибираємо стійку телескопічну передньої підвіски в зборі виробництва АСОМІ за оптимальне співвідношення ціна-якість і хороші відгуки серед покупців.

У графічному середовищі SolidWorks моделюємо цю стійку (рис. 2.5).



Рисунок 2.5 - Модель стійки передньої підвіски в зборі в графічному середовищі SolidWorks

Наступним етапом є підбір електричного двигуна, з живленням від мережі 380В, частотою 50 Гц через частотний регулятор і гідромотора.

Підбір електричного двигуна здійснюємо виходячи з необхідної для приводу гідромотора потужності, частотою обертання, родом струму і напругою, схемою з'єднання обмоток, умов середовища, в яких він повинен працювати, способом зчленування валу електричного двигуна і розташуванням валу (горизонтальне або вертикальне).

Такі параметри як потужність, частота обертання, спосіб зчленування валів і кріплення, розташування валу залежать від технічних характеристик насоса. У нашому випадку електричний двигун має бути потужністю 3 кВт з горизонтальним розташуванням валу, з'єднуватися з гідромотором за допомогою еластичної муфти і кріпитися на санчатах (рис. 2.6).



Рисунок 2.6 - Електричний двигун AIP-100S4

Для того щоб визначитися з гідромотором, розглянемо різні варіанти конструкцій, їхні переваги та недоліки.

Основними параметрами гідромоторів є:

- робочий об'єм (питома подача),  $\text{см}^3/\text{об}$ ;
- робочий тиск, МПа, бар; крутний момент, Н·м;
- частота обертання  $\text{хв}^{-1}$ .

За конструкцією розрізняють такі типи гідромоторів:

- шестеренні (рис. 2.7).

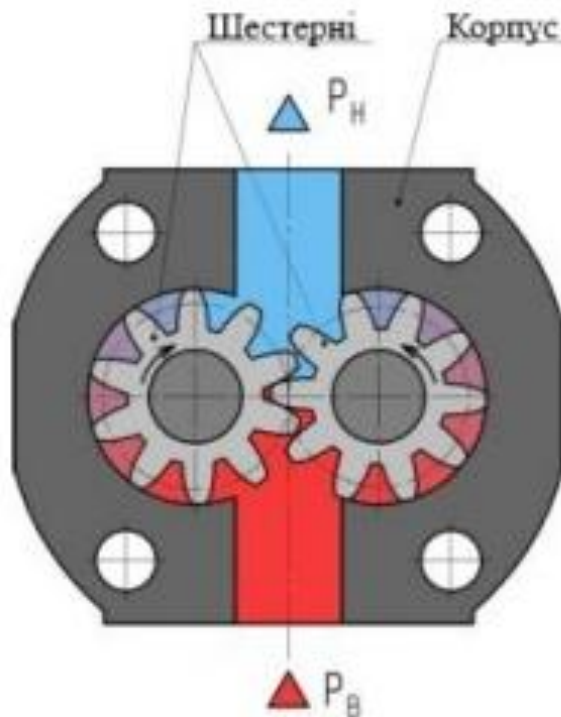


Рисунок 2.7 - Шестерінчастий гідромотор

Перевагами є:

- простота конструкції та обслуговування;
- частота обертання до 10000 об/хв;
- низька вартість.

Недоліком є:

- низький коефіцієнт корисної дії;
- героторні (рис. 2.8).

Існує два основних конструктивних різновиди героторних гідромоторів: героторні та геролерні.

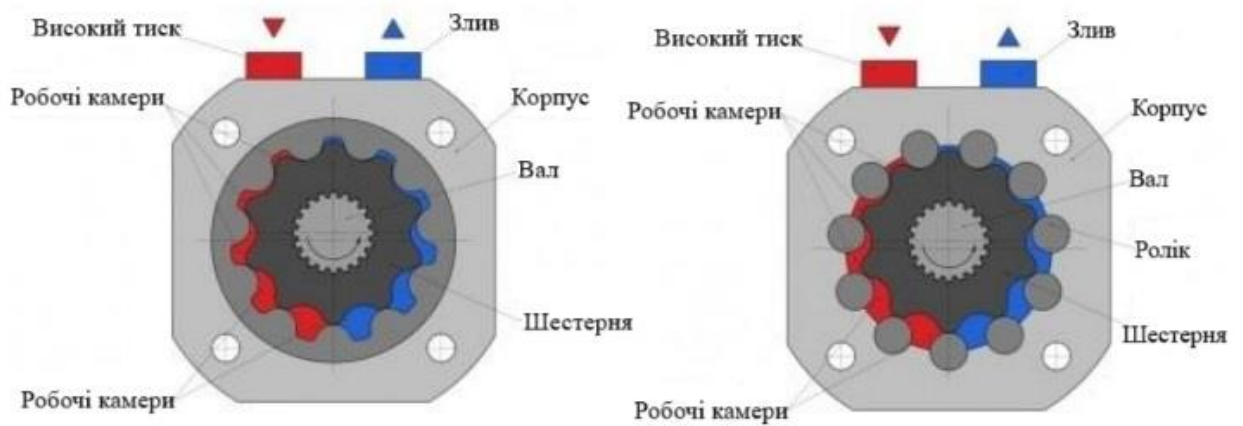


Рисунок 2.8 - Героторний гідромотор: а - героторний; б - геролерний

Перевагами є:

- простота конструкції;
- великі крутні моменти; малі габарити.

Недоліками є:

- малі частоти обертання;
- невисокі величини тиску до 21 МПа.

Відповідно до вимог технічного завдання, обираємо насос шестерінчастий НШ-32 (рис. 2.9).



Рисунок 2.9 - Насос шестеренний НШ-32

Насос шестеренний НШ-32 призначений для нагнітання робочої гідравлічної рідини в гідравлічних системах тракторів, навантажувачів, автомобілів, сільськогосподарських, комунальних, будівельно-дорожніх та агрегованих з двигунами тракторів, машин та ін.

На наступному етапі конструкторської роботи потрібно визначитися з типом передачі. Передачі розрізняють ланцюгові та ремінні.

Ремінна передача - механізм, що здійснює передачу обертального руху за допомогою ременя, що охоплює закріплені на валах шківів. Привідний ремінь, будучи проміжним гнучким зв'язком, передає крутний момент з ведучого шківів на ведений рахунок тертя, що виникають між натягнутим ременем і шківів.

Перевагами є:

- простота конструкції, дешевизна;
- можливість розташування ведучого та веденого шківів на великих відстанях (>15 метрів);
- плавність та безшумність роботи внаслідок еластичності ременя;
- здатність самоzapобігання від неврахованих навантажень можливість роботи з великими кутовими швидкостями;

– передана потужність до 50 кВт.

Недоліками є:

- поступове витягування ременів, їхня недовговічність (при великих швидкостях працює від 1000 до 5000 годин);
- мінливість передатного відношення (через прослизання ременя);
- відносно великі розміри;
- високі навантаження на вали та опори (підшипники) внаслідок натягу ременя.

Ланцюговою передачею називається передача, в результаті якої енергія між декількома паралельними валами, виробляється зчіпкою за допомогою гнучкого ланцюга та двох зірочок – ведучої та веденої. Ланцюгова передача функціонує без ковзання і забезпечується натяжними та мастильними пристроями.

Перевагами є:

- менша чутливість до неточностей розташування валів;
- можливість передачі руху одним ланцюгом кільком зірочкам;
- можливість передачі обертального руху великі відстані.

Недоліками є:

- підвищений шум та знос ланцюга при неправильному виборі конструкції, недбалому монтажі та поганому догляді.

Відповідно до вимог технічного завдання, вибираємо пасову передачу.

Привід у складі електричного двигуна та гідромотора конструктивно буде встановлено на двотавр №18 завдовжки 1000 мм (рис. 2.10).

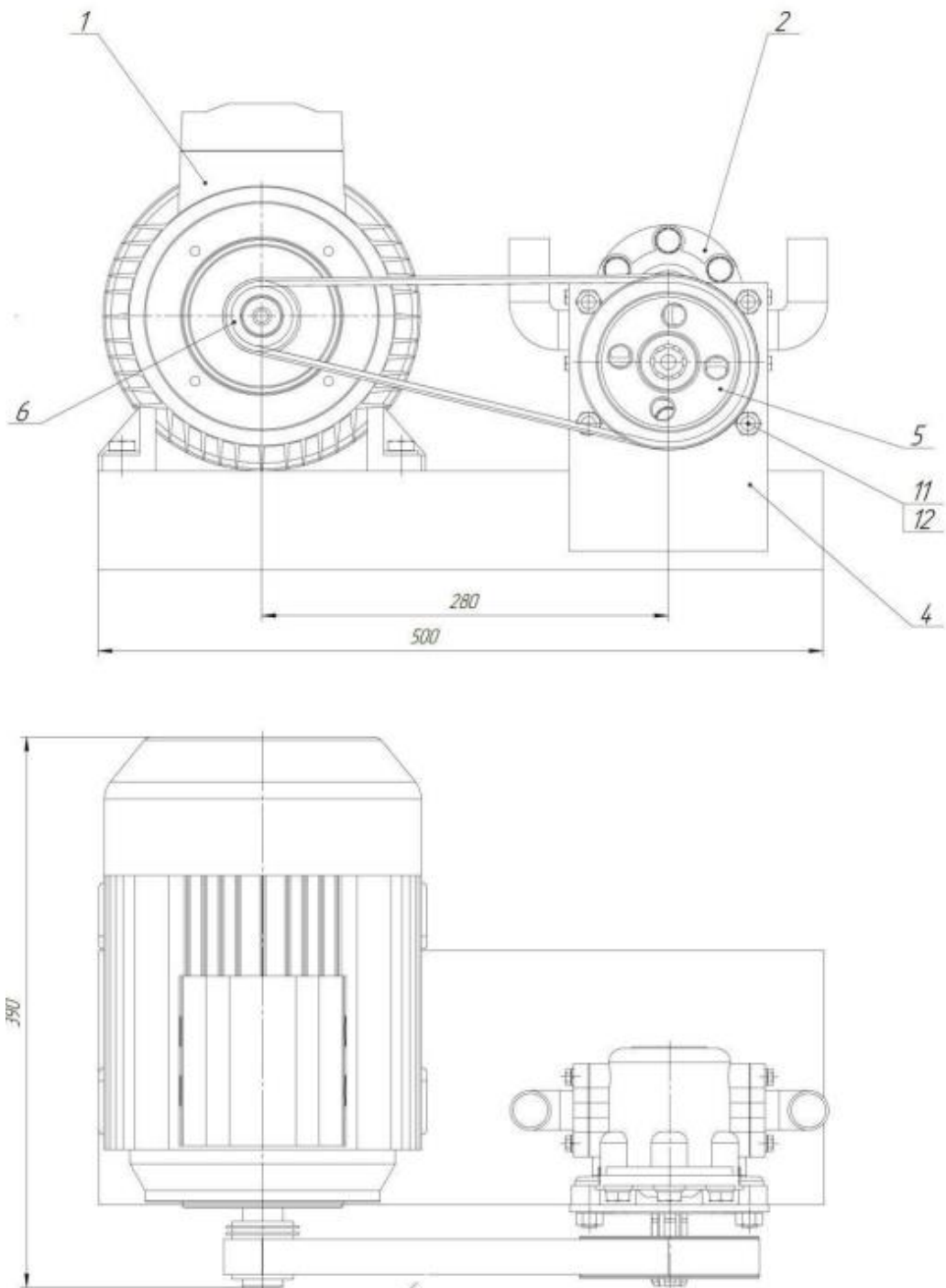


Рисунок 2.10 - Привод у зборі

Наступним етапом буде підбір частотного регулятора.

Частотний перетворювач служить для перетворення мережного трифазного або однофазного змінного струму частотою 50 (60) Гц трифазний струм частотою до 400 Гц. Частотні перетворювачі застосовують для плавного пуску та регулювання швидкості обертання асинхронного або синхронного

двигуна за рахунок створення на виході перетворювача електричної напруги заданої частоти. Перетворювачі частоти векторні призначені для керування приводами насосів та вентиляторів у промисловості, житлово-комунальному та сільському господарстві, на транспорті, а також в інших областях.

Універсальна лінійка частотних перетворювачів може бути використана для керування приводами на базі асинхронних двигунів у промисловості. Лінійка компактних перетворювачів частоти загальнопромислового застосування ОВЕН ПЛВ 1,2 (рис. 2.11).



Рисунок 2.11 - Частотний регулятор ОВЕН ПЧВ 1,2

Приймаємо частотний регулятор ОВЕН ПЧВ 1,2. Частотний регулятор закріплюється на колоні.

Після підбору всіх елементів конструкції стенду, проводимо моделювання конструкції в 3D у графічному середовищі SolidWorks (рисунок 2.12).



Рисунок 2.12 – Стенд у зборі

### 3 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС

#### 3.1 Конструктивні особливості досліджуваного підсилювача кермового управління

У роботі пропонується дослідити гідравлічний підсилювач керма типу «рейка – шестерня» з тангенціальним золотниковим пристроєм. Ця конструкція на даний момент найбільш широко використовується в передньопривідних легкових автомобілях, схематично пристрій рульового механізму показано на рисунку 3.1. Слід мати на увазі, що конструктивне виконання ГПК може бути різноманітним, зберігаючи загальні принципи їх роботи. Вид ГПК у розрізі автомобіля Honda показаний на рисунку 3.2, там же показана шестерня кермового механізму із зовнішньою обоймою золотника та торсіоном, і окремо – тангенційний золотник.

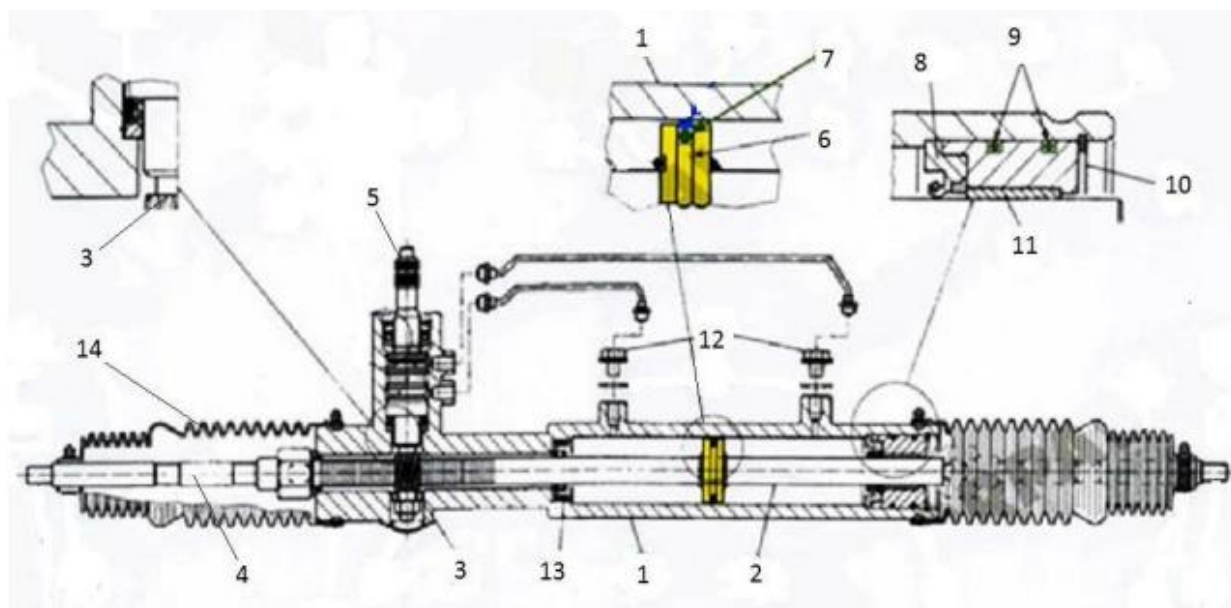


Рисунок 3.1 - Рейковий рульовий механізм із гідропідсилювачем: 1 - корпус; 2 - шток-рейка; 3 - шестерня; 4 - рульова тяга; 5 - шліцьовий хвостовик тангенціального золотника; 6 - поршень силового циліндра; 7 - ущільнення поршня; 8 - корпус ущільнення штока; 9 - кільця ущільнювачів; 10 - стопорне кільце; 11 - втулка; 12 - штуцери сталевих трубок; 13 - ущільнення штока; 14 - гофрований чохол

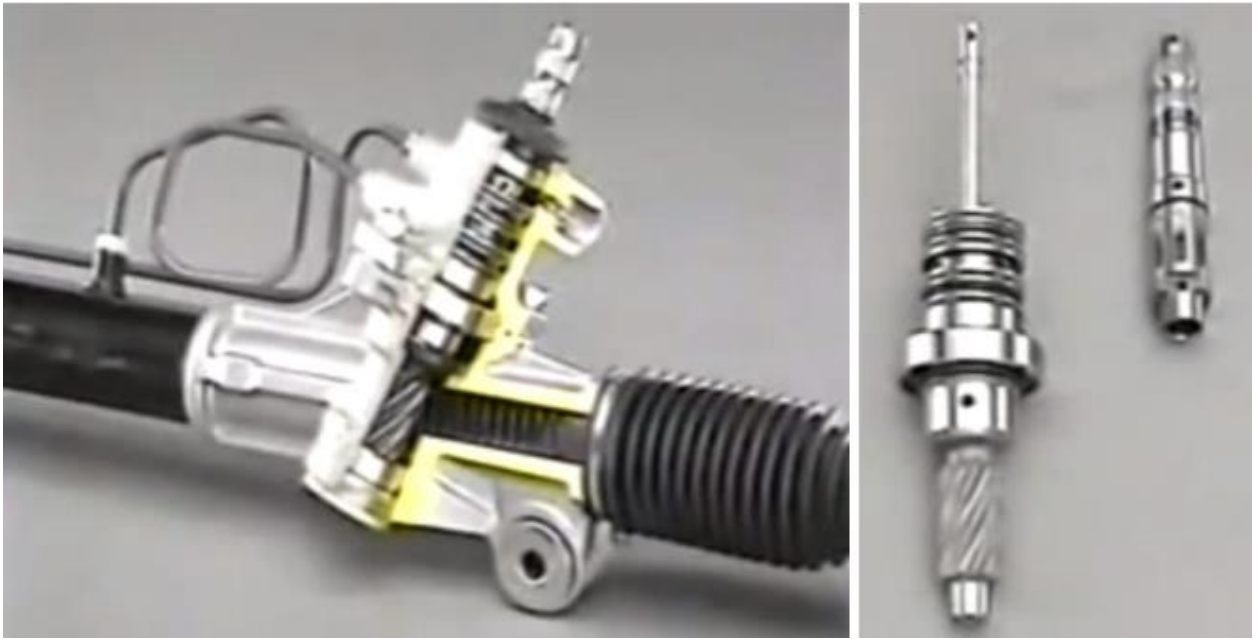


Рисунок 3.2 - Гідропідсилювач автомобіля Honda

Взаємодію елементів ГПК можна зрозуміти з рисунка 3.3.

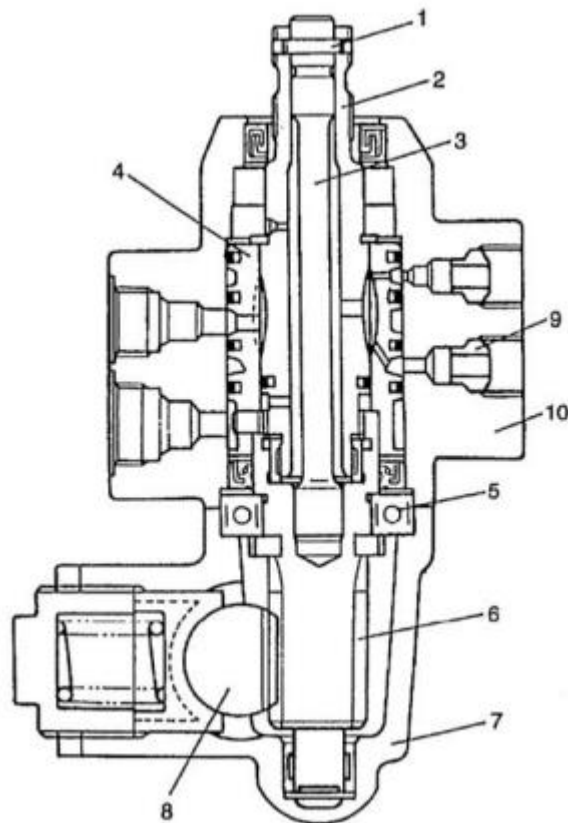


Рисунок 3.3 - Пристрій ГПК: 1 - штифт; 2 - золотник; 3 - торсіон; 4 - обойма золотника; 5 - підшипник; 6 - шестерня; 7 - корпус кермового

механізму; 8 - зубчаста рейка і шток гідроциліндра; 9 - конусні вставки кріплення трубок; 10 - корпус розподільника

Штифт 1 замикає золотник 2 з торсіоном 3, пов'язаним із шестірнею рульового механізму 6, що обертається в кульковому підшипнику 5 і роликовому підшипнику, встановленому в корпусі рульового механізму 7. Обойма золотника 4 перебуває в циліндричному проточку корпусу 10. На зовнішній поверхні обойми 4 виконано чотири канавки для пропуску мастила і чотири канавки під кільця ущільнювачів, що унеможливають перетікання мастила вздовж осі обойми. Канавки для перетікання оливи сполучаються з радіальними отворами в корпусі 10, забезпечуючи підведення оливи від насоса і зливання оливи в бачок (на рисунку 3.3 зліва) та подавання оливи в порожнині силового циліндра (на рисунку 3.3 праворуч).

Шестерня 6 знаходиться в зачепленні із зубцями рейки 8, що є штоком гідроциліндра, яка притискається до шестірні пружиною через опорний черевик. Золотник може прокручуватися щодо обойми тільки на кут передбаченої максимальної деформації торсіону, після чого за рахунок механічного контакту деталей золотник і обойма починають обертатися як одне ціле (на схемі елементи сполучення не показані). Це необхідно для забезпечення можливості керування автомобілем при непрацюючому ГПК.

На зовнішній поверхні золотника та внутрішньої поверхні обойми виконані поздовжні канавки для перетікання олії. У ситуації, коли водій не повертає кермо і не прикладає зусилля обертання до кермового колеса, торсіон знаходиться в ненавантаженому стані і канавки золотника та обойми розташовуються відносно один одного, як показано на лівій частині рис. 3.4.

Масло від насоса через радіальне свердління в корпусі ГПК надходить у канавку на зовнішній поверхні обойми, та якщо з неї через чотири отвори надходить у канавки золотника. Оскільки канавки в обоймі ширші за виступи золотника, масло перетікає до чотирьох радіальних отворів і по них надходить у внутрішній отвір золотника, з якого зливається по шлангу в бачок.

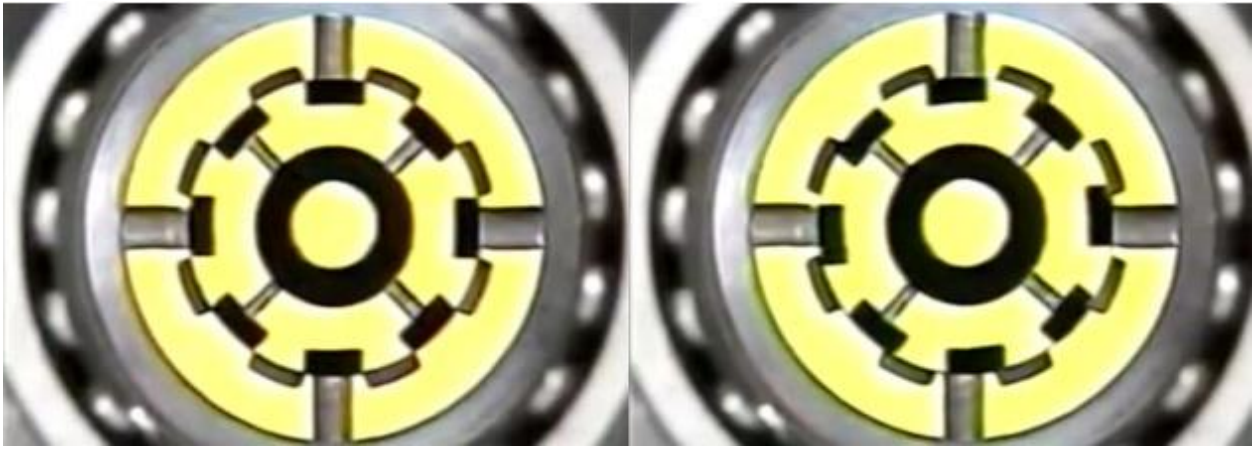


Рисунок 3.4 - Вигляд золотника й обойми на розрізі в площині отвору, що підводить рідину від насоса до розподільника

При повороті керма вліво торсіон скручується, і золотник щодо обойми займає положення, показане малюнку праворуч. У цьому випадку масло від насоса через пази перетікає в кільцеву канавку, з'єднану трубкою з лівою порожниною силового циліндра, а масло з правої порожнини циліндра перетікає через трубку в канавку обойми і далі через пази та осьові отвори в порожнину золотника, що з'єднується шлангом зі зливом.

Переміщення поршня зрушує рейку і пов'язані з нею кермові тяги і керовані колеса, а зубці рейки повертають шестерню кермового механізму, при цьому обойма слідує за поворотом золотника. Якщо поворот керма припиняється, то обойма займе відносно золотника вихідне положення.

Продуктивність насоса ГПК повинна забезпечувати швидкість руху поршня та рейки, що відповідає швидкості обертання керма, яка зазвичай не більше одного обороту на секунду. Якщо насос наводиться в обертання від колінчастого валу двигуна, частота обертання якого від режиму холостого ходу до максимальних обертів може змінюватися в 4...5 разів, виникає необхідність стабілізації продуктивності насоса, точніше - подачі масла до силового циліндра. Це дозволяє стабілізувати роботу ГПК, що підвищує зручність кермового керування та безпеку автомобіля.

Принцип регулювання потоків рідини в ГПК пояснюється рисунком 3.5. Олія від насоса надходить у порожнину і через отвір в перегородці перетікає в порожнину А і далі в розподільник, який може перебувати в режимі постійного положення керма і в режимі повороту керма. У режимі постійного положення керма тиск у порожнині А мало, оскільки в розподільнику рідина перетікає через канавки в обоймі та золотнику в бачок. Якщо двигун працює на високих оборотах і насос подає багато рідини, тиск в порожнині В перед отвором дроселем зростає і перепускний клапан відходить у бік пружини, що деформується, відкриваючи щілину для перетікання рідини в бачок.

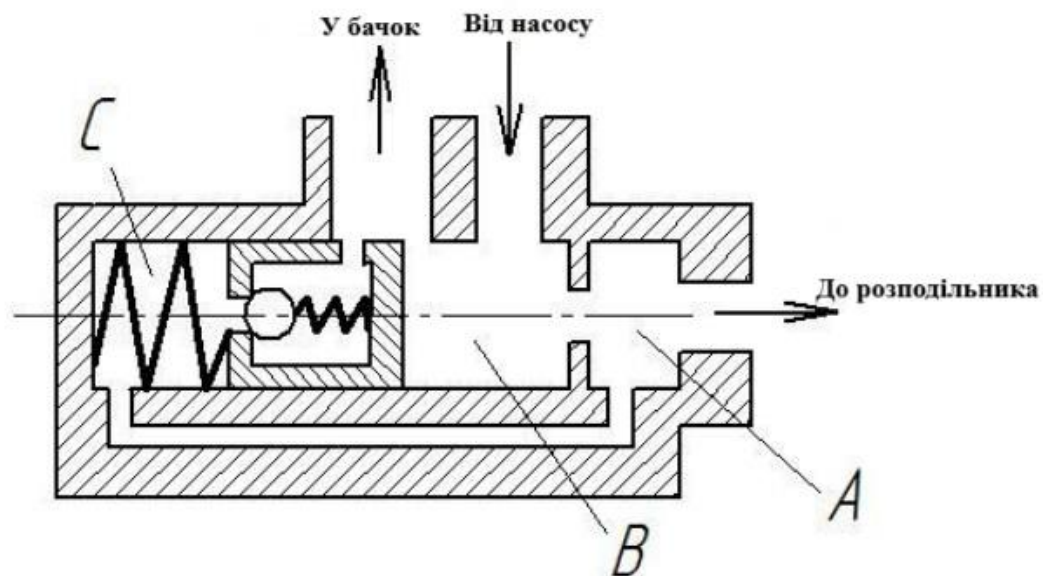


Рисунок 3.5 - Схема регулювання потоку рідини у ГПК

У режимі повороту керма і керованих коліс рідина подається в силовий циліндр, тиск у порожнині А зростає і по каналу передається в порожнину, перепускний клапан пересувається, утруднюючи перепуск масла в бачок і таким чином забезпечуючи необхідний тиск. При повороті керма на малих обертах двигуна клапан може бути повністю закритий.

Якщо колеса перебувають у важких дорожніх умовах (у колії, упираються в бордюр тощо), то тиск рідини зростає настільки, що відкривається запобіжний кульковий клапан, тиск у порожнині падає і

перепускний клапан починає скидання рідини в бачок. Таким чином, ГПК захищається від навантажень.

Ефект посилення дії водія на кермо особливо важливий при маневруванні автомобіля на малих швидкостях. На великій швидкості бажано мати «важче» кермо, що дозволяє водієві краще відчувати дорогу та підвищує безпеку руху. Для виконання цієї вимоги регулятор потоку рідини обладнають пружним дроселем (рисунок 3.6).

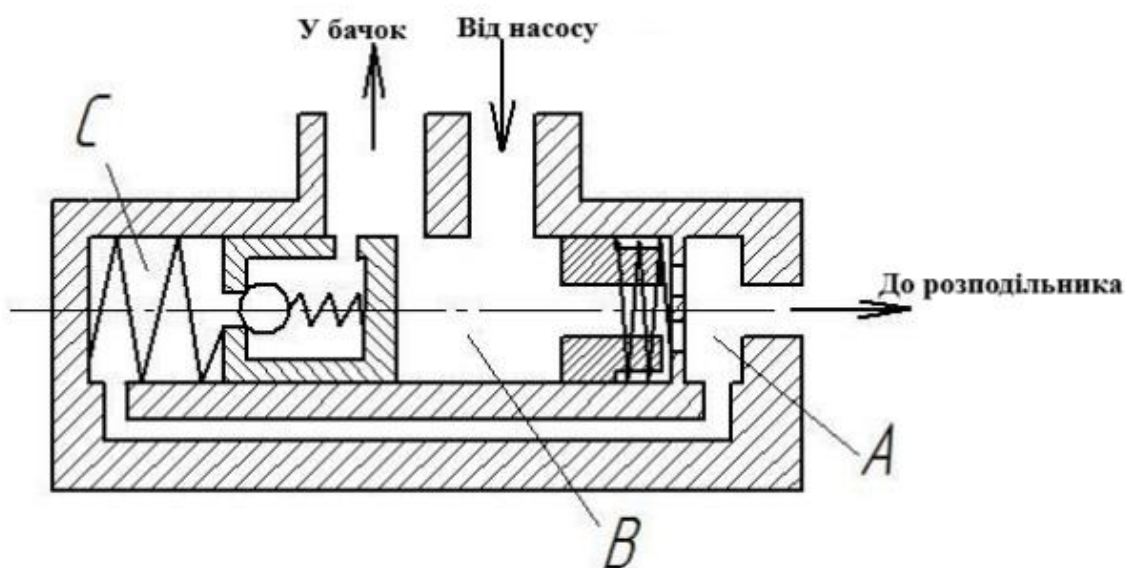


Рисунок 3.6 - Схема регулятора потоку рідини, що забезпечує зниження показника ефективності ГПК за високої швидкості руху автомобіля

Рідина, що надходить від насоса в порожнину, проходить через пружний дросель і отвори в перегородці в порожнину А і далі до розподільника. При русі автомобіля з великою швидкістю двигун має високу частоту обертання, забезпечуючи велику продуктивність насоса і високий тиск у порожнині, що призводить до зміщення рухомого дроселя, який починає перекривати отвори в перегородці. Кількість і тиск рідини, що подається в порожнину А і розподільника, зменшується, а це зменшує ефект посилення ГПК, тобто. кермо автомобіля на великій швидкості стає «важчим».

Є складніші конструкції регулюючих пристроїв, що містять плунжери, що автоматично повертають торсіон у протилежному напрямку повороту керма (рис. 3.7). Робота плунжерів керується електромагнітним клапаном, пов'язаним із електричним спідометром автомобіля.

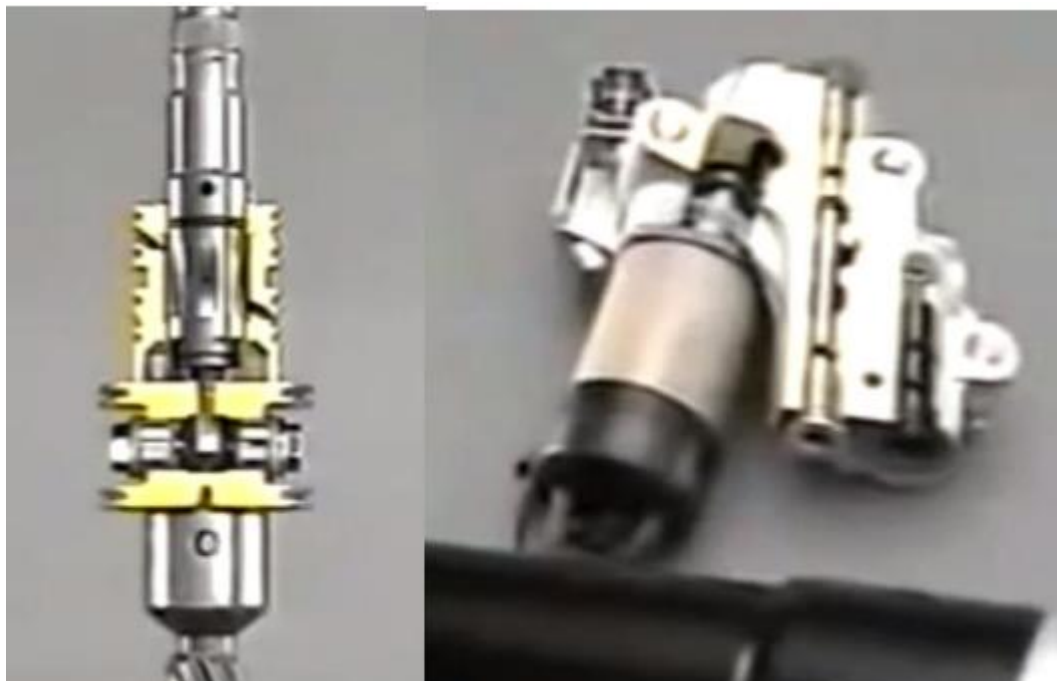


Рисунок 3.7 – Золотник з плунжерами та електромагнітний клапан ГПК

Насоси з електричним приводом мають незалежну від частоти обертання колінчастого валу двигуна продуктивність і не вимагають регулювання потоку рідини, що подається в ГПК, що забезпечує сталість швидкості виконання повороту керма. Ефект «важкого» керма за високої швидкості автомобіля може досягатися зменшенням частоти обертання валу електродвигуна.

### 3.2 Оцінка експлуатаційних характеристик ГПК

Ефективність дії ГПК проявляється в його здатності зменшувати зусилля  $P_{pk}$ , що додається до рульового колеса, що характеризує опір повороту керованих коліс при роботі без підсилювача, за рахунок приведеної до керма

сили підсилювача  $P_n$ . Як показник ефективності може бути прийняте

$$\text{ставлення: } E_{ГПК} = \frac{P_{рк}}{P_{рк} - P_n}.$$

Якщо опір повороту коліс мало,  $P_{рк} \rightarrow 0$ , то пружність торсіону не дозволяє золотнику переміщатися щодо обойми і ГПК не включається, а  $P_n \rightarrow 0$  і  $E_{ГПК} \rightarrow 1$ . При зростанні опору повороту коліс  $E_{ГПК}$  збільшується до досягнення максимального значення тиску масла в системі, коли  $P_n = const$ , після цього зменшується. Графік зміни показника ефективності зі зміною опору повороту керованих коліс дає повне уявлення про ефективність ГПК.

Реактивну дію ГПК можна розглядати як самостійну експлуатаційну характеристику, що відображає одну з важливих властивостей рульового управління – «почуття дороги», тобто відчуття водієм виробленого ним повороту. Як показник реактивної дії ГПК може бути прийнято відношення приросту зусилля на кермі за умови, коли підсилювач працює, до приросту

$$\text{зусилля на кермі того самого автомобіля без підсилювача: } \rho = \frac{\Delta(P_{рк} - P_n)}{\Delta P_{рк}}.$$

Строго кажучи, збільшення зусилля на кермі без підсилювача може бути визначено у випробуваннях з повністю відключеним силовим циліндром. Проведення таких випробувань для ГПК з роздільним виконанням силового циліндра і рульового механізму з розподільником не є складним, оскільки силовий циліндр може бути повністю виключений з приводу. Коли всі елементи ГПК виконані в єдиному агрегаті, випробування повинні проводитися принаймні з порожнім циліндром.

Графік зміни  $\rho = f(P_{рк})$  може залежати і від кута повороту рульового колеса, якщо рульовий механізм має змінне передавальне число. У цьому разі слід проводити випробування ГПК не тільки за положення керма, що відповідає прямолінійному руху автомобіля, а й в інших положеннях.

Чутливість дії підсилювача характеризується кутом повороту кермового колеса, у якому підсилювач входить у роботу. Випробування чутливості

можуть поєднуватися з визначенням тиску початку спрацьовування запобіжного клапана в гідравлічній системі ГПК. Результати випробувань є графіком наростання тиску до свого граничного значення в порожнинах силового циліндра в міру збільшення кута повороту рульового колеса вправо і вліво при застопореній рейці кермового механізму.

Зусилля прямого та зворотного включення ГПК є експлуатаційною характеристикою, що відображає зручність та безпеку керування автомобілем. Зусилля прямого включення відповідає стану, коли скручування торсіону кермом призводить до підвищення тиску порожнини силового циліндра. Як зусилля зворотного включення можна прийняти поздовжню силу  $T$ , що діє з боку дороги на кероване колесо, при якій у порожнині силового циліндра почне підвищуватися тиск масла, що нагнітається насосом при нерухомому кермі. Під час проведення стендових випробувань ГПК визначення сили  $T$  необхідно знати плече обкатки – відстань від середини плями контакту колеса з дорогою до точки перетину осі повороту колеса з площиною дороги.

Величина сили  $T$  відображає здатність ГПК протистояти поштовхам при наїзді колеса на поодинокі перешкоди і стійкість автомобіля при аварійному руйнуванні шини.

Маневреність, що забезпечується ГПК, відображає можливість здійснення швидких поворотів автомобіля, яка безпосередньо залежить від передавального числа рульового механізму та ефективності підсилювача. Зрозуміло, що для важких автомобілів кермові механізми без підсилювачів повинні мати великі передавальні числа, і поворот керованих коліс з одного крайнього положення в інше здійснюється за кілька поворотів кермового колеса великого діаметра. За наявності підсилювача ту саму роботу водій може виконати за меншу кількість обертів, що підвищує маневреність автомобіля. Маневреність автомобіля оцінюється в дорожніх випробуваннях, а під час стендових випробувань ГПК як критерій маневреності можна прийняти енергетичні витрати на поворот керма з одного крайнього положення в інше.

### 3.3 Методичні вказівки щодо виконання робіт на стенді

1. Прогріти робочу рідину в ГПК і перевірити наявність повітря в гідросистемі:

- переконатися в тому, що кран на лінії подачі рідини від насоса до розподільника відкритий, а навантажувальний пристрій не приєднаний до кермової тяги;
- включити насос і після 2 ... 3 хвилин роботи провести поворот керма з середнього положення в крайнє праве потім в крайнє ліве і знову в середнє положення;
- вимкнути насос і виміряти рівень рідини в бачку;
- включити насос і виміряти рівень рідини в бачку (якщо рівень рідини не зменшився, то в гідросистемі немає повітря).

2. Перевірити тиск спрацьовування запобіжного клапана та оцінити витік у розподільнику та циліндрі:

- увімкнути насос, закрити кран у лінії подачі олії до розподільника та за манометром заміряти тиск, після чого відкрити кран;
- повернути кермо вправо до упору та, утримуючи його під навантаженням, заміряти по манометру максимальний тиск рідини;
- повернути кермо до упору вліво та, утримуючи його під навантаженням, заміряти по манометру максимальний тиск рідини;
- повторити замір тиску в середньому положенні керма, зафіксувавши положення рейки;
- вимкнути насос, порівняти отримані значення тиску рідини з тиском при закритому крані і зробити висновок про витікання рідини в розподільнику та циліндрі.

3. Випробувати ГПК на чутливість дії:

- встановити кермо в середнє положення, зафіксувати рейку;

- увімкнути насос, встановити стрілку положення керма на нуль шкали; повернути кермо на  $1^\circ$  та заміряти тиск рідини по манометру;
- повернути кермо на  $2^\circ$  та заміряти тиск рідини по манометру;
- повторювати вимірювання до моменту повного закручування торсіону в межах, передбачених конструкцією ГПК, після чого вимкнути насос;
- побудувати графік зміни тиску від кута повороту керма.

#### 4 Випробувати ГПК на ефективність посилення:

- встановити на кермо динамометр, приєднати рульову тягу до навантажувального пристрою;
- включити насос, встановити на майданчик навантажувального пристрою гирю масою ... кг;
- повільно повертати кермо до моменту початку спрацьовування ГПК (початку підйому навантажувального майданчика) і зафіксувати показання динамометра і тиску рідини за манометром;
- повторювати випробування, додаючи гирі та збільшуючи навантаження на кермі до 200 Н, вимкнути насос;
- використовуючи результати випробування ГПК при відключеному силовому циліндрі, розрахувати показник ефективності ГПК і побудувати графік  $E_{ГПК} = f(P_{pk})$ ; на цьому ж графіку побудувати залежність зусилля на кермі  $P = f(P_{pk})$  і тиску в гідросистемі  $P = f(P_{pk})$ .

#### 5. Оцінити реактивність дії ГПК як властивість силового зв'язку:

- розбити залежність  $P = P_{pk} - P_n = f(P_{pk})$  на 5 рівних інтервалів  $\Delta P_{pk}$  і знайти відповідні цим інтервалам значення  $\Delta(P_{pk} - P_n)$ ;
- розрахувати значення показника реактивності та побудувати криву  $\rho = f(P_{pk})$  по точках, що відповідають серединам інтервалів.

#### 6. Визначити зусилля зворотного включення ГПК:

- включити насос, встановити кермо в середньому положенні та зафіксувати його від мимовільного повороту, записати показання манометра;
- з'єднати рульову тягу з навантажувальним майданчиком так, щоб вона виявилася навісом;
- плавно навантажувати майданчик гирями до початку збільшення тиску по манометру;
- розрахувати зусилля зворотного включення  $T$ , взявши довжину важеля кермової трапеції 165 мм, плече обкатки керованого колеса 12 мм.

#### 4. РОЗРАХУНОК ЕФЕКТИВНОСТІ СПРОЕКТОВАНОЇ КОНСТРУКЦІЇ

##### 4.1 Визначення собівартості виготовлення

Для того щоб визначити витрати на купівлю сировини і матеріалів, необхідних для виготовлення конструкції, скористаємося формулою (4.1)

$$M = C_m \cdot Q_m \cdot \left(1 + \frac{K_{мз}}{100}\right). \quad (4.1)$$

З метою впорядкування витрат на купівлю сировини і матеріалів зводимо дані в таблицю 1.

Таблиця 1 - Витрати на купівлю сировини та матеріалів

Матеріал	Одиниця виміру	Необхідна кількість матеріалу	Ціна, грн
Круг гарячекатаний	м	0,5	222
Трубний прокат	м	4,5	176
Коло, бронза	м	0,15	687
Листовий метал.	м	1,2	1156
Пруток	м	0,7	112
Ґрунтовка	м	1,5	189
Фарба	м	1,2	350
Літол	м	0,35	150
Швелер в ас.	м	2,5	230

Для того щоб визначити витрати на закупні вироби та напівфабрикати скористаємося формулою (4.2)

$$P_i = C_i \cdot \eta_i \cdot \left(1 + \frac{K_{ТЗ}}{100}\right). \quad (4.2)$$

З метою впорядкування витрат на покупні вироби зводимо дані в таблицю 2.

Таблиця 2 - Витрати на покупні вироби

Найменування покупного виробу	Кількість, шт	Ціна за од., грн
Насосна станція	1	5250,0
Кільце стопорне	4	1,6
Підшипник № 205	4	182,0
Електрокабель, м	5,5	79,0
Електрообладнання	1	281,0
Болти М8х18	16	9,3
Гайки М8	10	6,4
Шайба	40	0,5
Шайби пружинні	10	0,4
Шпонка призматична	4	1,0
Болт фундаментний	4	230,0

#### 4.2 Визначення витрат на заробітну плату

Розрахунок витрат на заробітну плату виконаємо за формулою (4.3)

$$Z_o = C_p \cdot T \cdot \left(1 + \frac{K_{mз}}{100}\right). \quad (4.3)$$

З метою впорядкування витрат на виплату основної заробітної плати зводимо дані в таблицю 3.

Таблиця 3 - Витрати на виплату заробітних плат

Тип виконуваної операції	Необхідний кваліфікаційний розряд працівника	Трудомісткість, чол-год.	Тарифна ставка, грн/год.	Заробітна плата, грн
Заготівельна	3	8	54,60	436,8
Зварювання	5	12	62,20	746,4
Токарна	5	6	62,20	373,2
Фрезерувальна	5	4	62,20	248,2
Свердлильна	4	2	58,60	117,2
Слюсарна	4	2	58,60	117,2
Складальна	5	16	62,20	995,2
Фарбувальна	4	1,5	58,60	87,9
Випробувальна	4	0,5	58,60	29,3

Розрахунок витрат на виплату додаткової заробітної плати виконаємо за формулою

$$Z_{\partial} = Z_o \cdot K_{\partial}, \quad (4.4)$$

де  $K_{\partial}$  – коефіцієнт доплат до годинного фонду,  $K_{\partial}=1,1$ .

Виконуємо підстановку раніше обчислених значень у формулу (4.4)

$$Z_{\partial} = 3782,4 \cdot 1,1 = 378,24 \text{ грн.}$$

Розрахунок витрат на відрахування ЕСВ виконаємо за формулою (4.5)

$$O_c = (Z_o + Z_{\partial}) \cdot K_c, \quad (4.5)$$

де  $K_c$  – коефіцієнт доплат до годинного фонду,  $K_c=0,26$ .

Виконуємо підстановку раніше обчислених значень у формулу (4.5)

$$O_c = (3782,4 + 378,24) \cdot 0,26 = 1081,76 \text{ грн.}$$

### 4.3 Визначення витрат на утримання та експлуатацію обладнання

Розрахунок витрат на утримання та експлуатацію обладнання виконаємо за формулою (4.6)

$$P_{\text{утр.об}} = 3_o \cdot K_{\text{об}}, \quad (4.6)$$

де  $K_{\text{об}}$  – коефіцієнт, що враховує витрати на утримання та експлуатацію обладнання, приймаємо  $K_{\text{об}}=1,04$ .

Виконуємо підстановку раніше обчислених значень у формулу (4.6)

$$P_{\text{утр.об}} = 3782,4 \cdot 1,04 = 3933,69 \text{ грн.}$$

Розрахунок витрат на загальновиробничі потреби виконаємо за формулою (4.7)

$$P_{\text{опр}} = 3_o \cdot K_{\text{опр}}, \quad (4.7)$$

де  $K_{\text{опр}}$  – коефіцієнт, що враховує загальновиробничі витрати, приймаємо  $K_{\text{опр}}=1,5$ .

Виконуємо підстановку раніше обчислених значень у формулу (4.7)

$$P_{\text{опр}} = 3782,4 \cdot 1,5 = 5673,6 \text{ грн.}$$

Розрахунок витрат на роботу цеху (собівартість цехова) виконаємо за формулою (4.8)

$$C_{\text{ц}} = M + \Pi_i + 3_o + 3_o + O_c + P_{\text{утр.об}} + P_{\text{опр}}. \quad (4.8)$$

Виконуємо підстановку раніше обчислених значень у формулу (4.8)

$$C_{\text{ц}} = 3806,63 + 8660,7 + 3782,4 + 378,24 + 1081,76 + 3933,69 + 5673,6 = 27317,03 \text{ грн}$$

Розрахунок витрат на загальногосподарські витрати виконаємо за формулою (4.9)

$$P_{\text{охр}} = 3_o \cdot K_{\text{охр}}, \quad (4.9)$$

де  $K_{\text{охр}}$  – коефіцієнт, що враховує загальногосподарські витрати, приймаємо  $K_{\text{охр}}=1,6$ .

Виконуємо підстановку раніше обчислених значень у формулу (4.9)

$$P_{\text{охр}} = 3806,63 \cdot 1,6 = 6051,84 \text{ грн.}$$

Розрахунок загальних витрат виконаємо за формулою (4.10)

$$C_{np} = C_{ц} + P_{охр}. \quad (4.10)$$

Виконуємо підстановку раніше обчислених значень у формулу (4.10)

$$C_{np} = 27317,03 + 6051,84 = 33368,74 \text{ грн.}$$

Розрахунок витрат на невиробничі потреби виконаємо за формулою (4.11)

$$P_{вн} = C_{np} \cdot K_{позав}, \quad (4.11)$$

де  $K_{позав}$  – коефіцієнт, що враховує невиробничі витрати, приймаємо  $K_{позав}=0,05$ .

Виконуємо підстановку раніше обчислених значень у формулу (4.11)

$$P_{вн} = 33368,74 \cdot 0,05 = 1668,44 \text{ грн.}$$

#### 4.4 Визначення загальних витрат на виготовлення конструкції

Розрахунок загальних витрат на виготовлення конструкції стенду, купівлю матеріалів, виплату грошових коштів виконаємо за формулою

$$C_{общ} = C_{np} + P_{вн}. \quad (4.12)$$

Виконуємо підстановку раніше обчислених значень у формулу (4.12)

$$C_{np} = 33368,74 + 1668,44 = 35037,18 \text{ грн.}$$

Таким чином, орієнтовна вартість виготовлення спроектованого стенда для дослідження експлуатаційних характеристик рульового управління з підсилювачем становить 35037,18 грн.

## ВИСНОВКИ

Відповідно до поставленої мети, у рамках виконання ВКР було спроектовано стенд для дослідження експлуатаційних характеристик кермового управління з підсилювачем.

У процесі виконання роботи було вирішено такі:

По-перше, розглянуті конструкції підсилювачів рульового управління.

По-друге, розроблено технічне завдання, технічну пропозицію на конструкцію, що розробляється. У графічному середовищі SolidWorks змодельовано 3D модель стенду.

По-третє, розглянуто конструктивні особливості досліджуваного підсилювача кермового управління, визначено параметри для оцінки експлуатаційних характеристик ГПК, розроблено методичні вказівки щодо роботи на стенді.

По-четверте, проведено розрахунок економічної ефективності проектованої конструкції.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Єрмаков В.В. Проектування джерела стабілізованої напруги: навч. посібник / В.В.Єрмаков, В.В. Корольов. 2006. - 33с.
2. Юдін Е.Я. Охорона праці машинобудуванні: навч. посібник / Юдін Є.Я., Белов С.В. - 2009. - 34с.
3. Голомедов А.В. Напівпровідникові пристрої. Транзистори середньої та великої потужності: Довідник/А.В. Голомедов. - Радіо і зв'язок, 2009. - 42с.
4. Глазов Г.І. Електропідсилювачі кермового управління / Глазов Г.І., Дюков К.В.// Автомобільна промисловість. - №3. - 2006. - 8с.
5. Іллінський Н.Ф. Перспективи застосування вентильно-індукторного електроприводу у сучасних технологіях / Н.Ф. Іллінський // Електротехніка. - № 2. - 2007. - 12с.
6. Смирнов Ю.В., Електромагнітний вентильно-індукторний двигун / Ю.В. Смирнов // Електротехніка. - № 3. - 2009. - 16с.
7. Зімін Є.М. Автоматичне керування електроприводами. Навч. посібник для студ. ВНЗ/ Зімін Є.Н., Яковлєв В.І.. - К.: Вищ. Шк., 2009. - 49с.
8. Гребнєв В.В. Однокристалні мікроЕОМ (мікроконтролери) сімейства MCS-96/В.В. Гребнєв - М.: Псковська комерційна палата, 2006.-246 с.
9. Зімін Є.М. Електроприводи постійного струму з вентильними перетворювачами/О.М. Зімін, В.Л. Кацкевич, С.К. Козирєв. - К.: Вища школа, 2011. - 192с.
10. Майоров С.А. Введення в мікроЕОМ/С.А. Майоров, В.В.Кирилов, А.А. Приблуда. - М: Машинобудування, 2008. - 220 с.
11. Предко М.М. Посібник з мікроконтролерів. Том II/ М.М. Предко – Постмаркет, 2011. – 363 с.
12. Іллінський Н.Ф. Перспективи застосування вентильно-індукторного електроприводу у сучасних технологіях/Н.Ф. Іллінський // Електротехніка. - № 2. - 2007. - 3с.

13. Каган Б.М. Електронні обчислювальні машини та системи / Б.М. Каган. - К.: Вища школа, 2011. - 420 с.
14. Буг Д.А. Безконтактні електричні машини/Д.А. Буг.- К.: Вищ. шк., 2011.- 286 з
15. cscsd8XC196MH Industrial motor control CHMOS microcontroller. Datasheet.-Intel Corporation, 1995, pages.
16. IR2125 Current limiting single channel driver. Datasheet. International Rectifier, 2003, 37pages.
17. MAXIM 232. Datasheet, MAXIM, 2000, 35pages.
18. W Stallings, Computer Organization and Architecture: Designing odds performances, Person Prentice Hall, 2006. ISBN 0-13-185644-8.
19. E. Hwang, Digital Logic та Microprocessor Design with VHDL. Thomson, 2006. ISBN 0-534-46593-5.
20. Єршова Н. Ю. Проектування мікропроцесорних систем [Електронний ресурс] / Н.Ю. Єршова. Режим доступу: <http://dfe.petrstu.ua/koi/posob/projimps/index.html>.
21. Єршова Н.Ю., Івашенков О.М., Курсков С.Ю. Мікропроцесори [Електронний ресурс]/Н.Ю. Єршова, О.М. Івашенко, С.Ю. Режим доступу: <http://dfe3300.karelia.com/koi/posob/microcpu/vved.htm>
22. Пристрій та принцип роботи електропідсилювача керма: Пристрій автомобіля [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://znanieavto.com/rulim/elektrosilitel-rulya.html>
23. Єршова Н.Ю. Проектування мікропроцесорних систем: Реєстровий арифметико-логічний пристрій [Електронний ресурс]/Н.Ю.Єршова Режим доступу: <http://dfe.petrstu.com/koi/posob/projimps/strk2.html>
24. Безщіткові двигуни постійного струму: Електромонтажні роботи [Електронний ресурс] / Режим доступу: [http://electric-220.com/news/bessshetochnye\\_dvigateli\\_postojannogo\\_toka/2014-11-21-750](http://electric-220.com/news/bessshetochnye_dvigateli_postojannogo_toka/2014-11-21-750)

# ДОДАТКИ