

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Машинобудівний інститут, транспортний факультет
(повне найменування інституту, назва факультету)

кафедра «Автомобілі»
(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

магістр

(ступінь вищої освіти (освітній ступінь))

на тему «Обґрунтування методики визначення впливу в'язкості рідин з
магнітним ефектом на характеристику опору гідравлічних амортизаторів
автомобілів»

Виконав: студент VI курсу, групи Т-113м
спеціальності (освітньої програми)

133-Галузеве машинобудування
(код і назва спеціальності)

Колісні та гусеничні транспортні засоби
(освітня програма)

Работа М.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник

Кубіч В.І.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Турпак С.М.

(прізвище та ініціали)

м. Запоріжжя
2018 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет
 (повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет машинобудівний, транспортний
 Кафедра «Автомобілі»

Ступінь вищої освіти (освітній ступінь) магістр

Спеціальність 133-Галузеве машинобудування
 (код і назва)

Освітня програма «Колісні та гусеничні транспортні засоби»
 (код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри «Автомобілі»

 Сосик А.Ю.
 2018 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Работа Максим Олександрович
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) «Обґрунтування методики визначення впливу в'язкості рідин з магнітним ефектом на характеристику опору гідравлічних амортизаторів автомобілів»

керівник проекту (роботи) Кубіч В.І., к.т.н., доцент
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від "21" листопада 2018 року №357

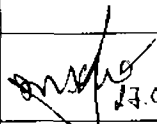
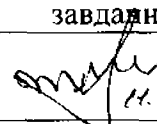
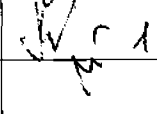
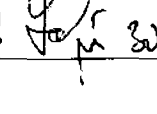
2. Строк подання студентом проекту (роботи) 15.12.2018

3. Вихідні дані до проекту (роботи): гідравлічна амортизаційна рідина АЖ-12Т, індустриальна олива И-40А, навантаження на амортизатор 100 – 290 Н, класичні характеристики опору автомобільного гідравлічного амортизатора.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1 Огляд літературних джерел з питань вдосконалення керування елементами конструкції підвісок легкових автомобілів. 2 Теоретичне обґрунтування складових методики дослідження: спрямованість існуючих методів з оцінки гідравлічних амортизаторів; обґрунтування діапазону концентрацій магнітно-активних частинок; погляд на мінімальну доцільність електричних приладів для створення магнітного поля; формулювання категорій дослідження. 3 Розробка методики експериментальних досліджень: визначення характеристики опору поршня штоку амортизатора при ході відбою; опис методики приготування магнітно-активних рідин; методика визначення характеристики опору штоку амортизатора при ході відбою під дією магнітного поля. 4 Експериментальні дослідження характеристик опору амортизатора. 5 Питання охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях при виконанні експериментальних робіт. 6 Економічне обґрунтування роботи.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень).
 Графічні залежності за отриманими експериментальними дослідженнями.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1-4	Кудіс В. І., доцент	 27.09.18	 11.12.18
6	Борисенко О. І., доцент		
5	Лагутин А. І., доцент	 12.09.18	 30.12.18

7. Дата видачі завдання 21.09.2018

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

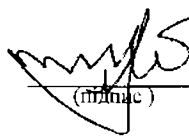
№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	З'ясування теми та складових факторів	26-28.09.18	
2	Збір та аналіз інформаційних джерел з питань безкоштовного керування енергією конструкції публік легкових автомобілів	11.10-16.10.18	
3	Проведення теоретичного обґрунтування складових методів факторів	19.10-25.10.18	
4	Розробка методик експериментального факторів	26.10-31.11.18	
5	Проведення експериментальних досліджень характеристик енергії	9.11-20.11.18	
5.1	Визначення стану магнітно-активних рішень		
5.2	Визначення характеристик енергії магнітно-активних рішень в залежності від параметрів магнітної системи		
6	Розробка заходів з оптимізації процесу та безпечності функціонування системи при виконанні експериментальних досліджень	21.11-28.11.18	
7	Проведення розрахунків щодо експериментального обґрунтування роботи		
8	Оформлення пояснювальної записки та представлення роботи до захисту	10-12.12.18	

Студент


(підпис)

Роспоти М.О.
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)


(підпис)

Кудіс В.І.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 132 с., 27 рис., 75 табл., 32 джерел.

Об'єкт дослідження – процес створення опору переміщення поршня автомобільного гідравлічного амортизатора в умовах його переміщення в магнітно-активних рідинах.

Мета дослідження – розробка методичного забезпечення для експериментальної оцінки в'язкістних властивостей альтернативних магнітно-активних рідин та їх впливу на характеристику опору гідравлічного амортизатора.

Предмет дослідження – встановлення закономірностей зміни характеристики опору амортизатора при ході відбою та коефіцієнту корегування в'язкості товарних гідравлічних рідин від впливу концентрації в них магнітно-активних часток та магнітного поля, створеного постійним струмом.

Методи дослідження: визначення в'язкості рідини капілярним віскозиметром; імітаційно-фізичне моделювання; проведення факторного експерименту; обробка результатів експериментальних досліджень за допомогою методів математичної статистики.

Наукова новизна одержаних результатів. Положення, що характеризують наукову новизну магістерської роботи, полягають у наступному.

Запропоновано склад альтернативних магнітно-активних рідин на базі товарних гідравлічних рідин: АЖ-12Т, И-40А, що ґрунтується на додатковому додаванні магнітно-активних часток – static control, які використовуються у лазерних тюнерах, з вмістом останніх 2,4; 4,7; 9,1; 13 %;

Отримано залежності зміни коефіцієнта корегування в'язкості магнітно-активних рідин під впливом магнітного поля, що створюється силою постійного току $I=20 - 30\text{A}$ обмотками збудження;

Отримано закономірності зміни сили опору відбою від швидкості переміщення поршня, впливу магнітного поля при концентраціях магнітно-активних часток $C_{\text{мч}}=2,4\%$, $C_{\text{мч}}=13\%$ та температури навколишнього середовища.

Практична значимість отриманих результатів.

Розроблено додаткове обладнання для спрощеної оцінки характеристики опору гідравлічних автомобільних амортизаторів в лабораторних умовах.

Розроблено методику оцінки впливу магнітно-активних часток та магнітного поля, що створюється обмотками збудження статора автомобільного стартера на зміну в'язкісного стану гідравлічних рідин.

В першому розділі проведено аналіз інформаційно-наукових джерел стосовно стану досліджень з забезпечення керування плавністю руху автомобіля. Розглянуто рівень наукових розробок та їх оцінки з точки зору різних авторів. Визначені та позначені основні аспекти за напрямком дослідження, що дало можливість сконцентрувати увагу на одному із них, та сформульовані основні наукові категорії за напрямком дослідження.

В другому розділі проведено теоретичне обґрунтування складових методики магістерського дослідження. Обґрунтовано методи оцінки гідравлічних амортизаторів, обрано гідравлічні рідини та магнітні частинки для приготування магнітно-активних рідин, а також обрано електричні прилади для створення магнітного поля.

В третьому розділі наведено методику яка використовувалась під час проведення досліджень. Описано: методику спрощеного визначення характеристики опору штоку амортизатора при ході відбою за двома режимами навантаження - плавного та різкого ходу, а також під дією магнітного поля; приготування магнітно-активних рідин; визначення

коефіцієнта коригування в'язкості; визначення щільності виготовлених рідин; визначення часу перетікання по капілярним трубкам.

В четвертому розділі наведено результати проведених експериментальних досліджень в лабораторних умовах. При цьому визначено: час перетікання магнітно-активної рідини з різною концентрацією магнітно-активних часток через капілярну трубку; щільність отриманих магнітно-активних рідин; час перетікання магнітно-активних рідин під дією магнітного поля. За отриманими даними проведено: розрахунки коефіцієнту корегування в'язкості отриманих рідин. Проведенні дослідження по визначенню характеристики опору штоку амортизатора при ході відбою без впливу магнітного поля та під впливом магнітного поля. За результатами на експериментальних досліджень побудовані графічні залежності та проведено їх аналіз.

В п'ятому розділі проведено аналіз небезпечних та шкідливих факторів які здатні привести до травм або ушкодження здоров'я дослідників. Розроблені технічні, санітарно-гігієнічні та протипожежні заходи по забезпеченню безпеки, які були складені зважаючи на законодавчі та нормативно-правові акти.

В шостому розділі наведено економічне визначення витрат на роботи: розраховано витрати на проектування та виготовлення стенду; витрати на проведення вимірювальних робіт. Проведено порівняння технічно-економічних показників базового та проектного стенду. Зроблено висновок про економічну доцільність використання запропонованого стенду.

АМОТИЗАТОР, МАГНІТНО-АКТИВНА РІДИНА, МАГНІТОРЕОЛОГІЧНА РІДИНА, ПІДВІСКА, МОДЕЛЮВАННЯ, КРИТЕРІЇ, ДОСЛІД, ЕЛЕМЕНТ, В'ЯЗКІСТЬ, КОЕФІЦІЄНТ КОРЕГУВАННЯ, ТЕМПЕРАТУРА, НАВАНТАЖЕННЯ, ШВИДКІСТЬ ПЕРЕМІЩЕННЯ, СИЛА СТРУМУ, КАПІЛЯРНА ТРУБКА

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	10
ВСТУП	11
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ З ПИТАНЬ ВДОСКОНАЛЕННЯ КЕРУВАННЯ ЕЛЕМЕНТАМИ КОНСТРУКЦІЇ ПІДВІСОК ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ	13
1.1 Аспект - робочі процеси в системі «Підвіска автомобіля»	15
1.2 Аспект - мехатронні системи в конструкції підвіски автомобіля ...	17
1.3 Аспект - математичні моделі системи «Підвіска автомобіля».....	18
1.4 Аспект - електрообладнання системи «Підвіска автомобіля»	22
1.5 Аспект - вібраційний захист системи «Підвіски автомобіля»	24
1.6 Аспект - магнітореологічні ефекти в системі «Підвіска автомобіля».....	25
1.7 Огляд патентної інформації	32
1.8 Формулювання основних наукових категорій за напрямком дослідження	33
Висновки за розділом	35
2 ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ СКЛАДОВИХ МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ	36
2.1 Спрямованість існуючих методів з оцінки гідравлічних амортизаторів	36
2.2 Опис гідравлічних амортизаційних рідин	39
2.3 Обґрунтування діапазону концентрацій магнітно-активних частинок.....	41
2.4 Опис магнітно-активних частинок.....	42
2.5. Погляд на мінімальну доцільність електричних приладів для створення магнітного поля.....	42
Висновки за розділом	43

3 РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	44
3.1 Визначення характеристики опору поршня штоку амортизатора при ході відбою.....	44
3.1.1 Методика визначення параметрів плавного ходу відбою амортизатора.....	44
3.1.2. Методика визначення параметрів різкого ходу відбою амортизатора.....	45
3.2 Опис методики приготування магнітно-активних рідин	47
3.3 Методика визначення коефіцієнта коригування в'язкості.....	48
3.3.1 Визначення щільності виготовлених рідин.....	49
3.3.2 Визначення часу перетікання	50
3.4 Методика визначення характеристики опору штоку амортизатора при ході відбою під дією магнітного поля	52
Висновки за розділом	54
4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ОПОРУ АМОРТИЗАТОРА.....	55
4.1 Дослідження стану магнітно-активних рідин без впливу магнітного поля.....	55
4.1.1 Визначення часу перетікання магнітно-активних рідин	55
4.1.2 Визначення щільності рідин	57
4.2 Дослідження стану магнітно-активних рідин під впливом магнітного поля	59
4.3 Визначення коефіцієнту корегування в'язкості магнітно-активних рідин	60
4.4 Визначення характеристики опору штоку амортизатора при ході відбою без впливу магнітного поля	62
4.5 Визначення характеристики опору штоку амортизатора при ході відбою під впливом магнітного поля з 2,4 % концентрацією магнітно-активних часток.....	64

4.6 Визначення характеристики опору штоку амортизатора при ході відбою під впливом магнітного поля з 13 % концентрацією магнітно-активних часток.....	66
4.7 Оцінка зміни сили опору ходу відбою від сукупності факторів впливу.....	69
Висновки за розділом	74
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	75
5.1. Аналіз потенційних небезпек	75
5.2 Заходи по забезпеченню безпеки	76
5.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці	78
5.4 Заходи з пожежної безпеки.....	81
5.5 Заходи з безпеки у надзвичайних ситуаціях	82
Висновки за розділом	84
6 ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ РОБОТИ.....	85
6.1 Розрахунок витрат на проектування стенду.....	85
6.2 Розрахунок витрат на виготовлення стенду	87
6.3 Розрахунок витрат на проведення діагностичних робіт	94
Висновки за розділом	98
ВИСНОВКИ.....	99
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	102
Додаток А Вимірювання часу заповнення капілярної трубки рідинами на основі індустріальної оливи И-40А.....	105
Додаток Б Вимірювання часу заповнення капілярної трубки рідинами на основі амортизаційної рідини АЖ-12Т.....	108
Додаток В Визначення щільності рідин	111
Додаток Г Визначення коефіцієнту коригування в'язкості.....	112
Додаток Д Визначення характеристики опору плавного ходу штоку поршня при відбої амортизатора	115
Додаток Е Визначення характеристики опору різкого ходу штоку поршня при відбої амортизатора	130

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

МРА	Магнітореологічний амортизатор
ПАМ	Пневматичний амортизатор з магнітною рідиною
РПП	Регульованої пневматичної підвіски
АВС	Active Body Control – активний контроль корпусу
МРР	Магнітореологічна рідина
МЧ	Магнітні частинки

ВСТУП

В сучасному автомобілебудуванні спостерігаються нові тенденції по заміні класичного двигуна внутрішнього згоряння на альтернативні силові установки та інтелектуалізація автомобіля в цілому і неухильна автономізація. В даних умовах конструкція підвіски і особливо системи її управління становитися актуальними як ніколи адже в умовах інтелектуалізації автомобіля вони визначають найважливіші експлуатаційні якості автомобіля, такі як плавність ходу, стійкість і керованість. Тому найбільшими світовими автовиробниками приділяється велика увага питанням вдосконалення вузлів, механізмів і системам управління підвіски.

Класичні пасивні підвіски мають фіксовані характеристики. Це обумовлює певну пасивність їх роботи, яка виражається в неможливості адаптації підвіски до зміни дорожніх умов, швидкісних режимів та ін. З цієї причини, такі підвіски конструктивно здатні забезпечити прийнятні плавність ходу, стійкість і керованість автомобіля тільки у вузьких експлуатаційних умовах. Так вибір основного експлуатаційного показника при проектуванні класичних підвісок обирали в залежності від призначення автомобіля. Так, в автомобілях представницького намагались створити найбільш комфортні умови руху, в спортивних автомобілях забезпечити надійний контакт з дорогою, в гоночних автомобілях підвищити курсову стійкість, а в малотоннажних вантажівках, мікроавтобусах і джипах застосовують регулювання кліренсу.

В останні роки в зв'язку з ростом потужності двигунів і зменшенням маси автомобілів значно зросла динаміка і швидкісні режими руху. З боку споживачів це викликало підвищення вимог до роботи підвіски в цілому, в тому числі і до поліпшення плавності ходу. Цій проблемі стало приділятися більше серйозну увагу світовими автовиробниками в плані пошуку шляхів вдосконалення конструкцій підвісок.

В даний час багатьма зарубіжними фірмами розроблені і успішно застосовуються підвіски нового покоління - активні або адаптивні. Вони здатні змінювати свої властивості в залежності від умов експлуатації. Великий інтерес викликають основні принципи функціонування цих систем, параметри і елементи їх управління, а також оптимізація роботи підвіски в цілому. На жаль, подібна інформація практично недоступна. Це пов'язано з дотриманням комерційних інтересів виробників. З цієї причини в основному, використовуються відомості про конструкції, отримані з патентних досліджень та наукових статей.

Тому досліді в даному напрямку залишаються актуальними адже завдяки активний підвісці можна керувати найважливішими експлуатаційними якостями підвіски, такими як плавність ходу, стійкість і керованість.

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ З ПИТАНЬ ВДОСКОНАЛЕННЯ КЕРУВАННЯ ЕЛЕМЕНТАМИ КОНСТРУКЦІЇ ПІДВІСОК ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ

Для визначення проблемних питань які виникають під час керування елементами конструкції підвісок легкових автомобілів були розглянуті наукові статі, автореферати, дисертації та патенти. В цілому обсяг інформаційного забезпечення, що розглядається дало мені можливість виділити наступні аспекти, які підлягають оцінці:

- інформація щодо протікання робочих процесів в системі «Підвіска автомобіля»;
- інформація щодо застосування мехатронних систем у підвісці автомобіля;
- інформація з використання математичних моделей систем «Підвіски автомобіля»;
- конструкції електрообладнання елементів підвіски;
- вібраційний захист системи «Підвіска автомобіля»;
- реалізація магнітореологічних ефектів в системі «Підвіска автомобіля»;
- патентна інформація про магнітореологічні амортизатори.

Позначені аспекти наведено на рис. 1.1.

ВИДЕЛЕНІ НАУКОВІ АСПЕКТИ						
Робочі процеси адаптивної підвіски	Мехатронні системи підвіски	Математичні моделі досліджень	Електрообладнання підвіски	Вібраційний захист підвіски	Магнітореологічні ефекти	Патентна інформація про МРГ амортизатори
1 ст. П.П. Рожков Вплив умов руху на коф. Затухання коливань 2. ст. А.Д. Артюшенко - Вплив хар. підвіски на плавність ходу 3. ст. В.П. Сахно - Ідентифікація параметра жорсткості	1 ст. В.Н. Торлін - Розробка системи стабілізації 2. ст. Ю.В Човнюк - Мехатронні системи цифрового управління	1 авт. П.П. Рожков - Моделі автоматичного керування плавністю ходу 2 авт. А.І. Шилов - Вдосконалення процесу керування пневматичною підвіскою 3 ст. П.П. Рожков – Аналіз оптимального співвідношення параметрів підвіски 4. дис. С.П. Рожков – Розробка системи керування адаптивною підвіскою	1 ст. М.В. Сідеєв – Інтелектуалізація підвіски транспортного засобу 2 ст. В.М. Шуляков - Розробка інтелектуальної системи керування	1 ст. Г.С. Серніков – Адаптивна віброізоляція	1 мюн. Е.С. Беляев - Технології створення та застосування магнітореологічних рідин. 2 ст. В. А. Дюнов - Керована підвіска з магнітореологічними амортизаторами. 3 ст. О. Б. Стефановський - Застосування магнітно-реологічних рідин в автомобільній техніці. 4 ст. Б. А. Гордеев - Використання магнітно-реологічних рідин в машинобудуванні. 5 ст. Н. Н. Гурский - Імітаційна модель коливань систем мобільних машин з використанням інтелектуальних рідин. 6 ст. Б. М. Постунин - Магнітні ефекти в газорідних системах з магнітною рідиною. 7 ст. М. А. Колбашов - Магнітно-рідинний амортизатор пасивна коливань.	1 пат - Керований МРГ амортизатор 2 пат - Амортизатор з гідропневматичними акумуляторами 3 пат - Багатокамерний магнітодинамічний амортизатор 4 пат - Магнітодинамічний амортизатор 5 пат - Магнітодинамічний амортизатор 6 пат - Магнітодинамічний амортизатор 7 пат - Магнітодинамічний амортизатор

Рисунок 1.1 - Таблиця позначених аспектів наукового дослідження

1.1 Аспект - робочі процеси в системі «Підвіска автомобіля»

В цьому аспекті було розглянуто публікації [1-3], які розглядають такі проблеми:

- проблеми керування рівнем демпфування коливань центру мас автомобіля;
- дослідженню впливу характеристик підвіски автомобілю на плавність ходу;
- ідентифікація параметрів жорсткості підвіски колісного транспортного засобу.

Була виділена публікація П.П. Рожкова яка розглядає вплив умов руху на коефіцієнт затухання коливань та проблеми керування рівнем демпфування коливань центру мас автомобіля [1]. Для вирішення цих проблем запропоновано здійснювати демпфування за допомогою алгоритму який враховує не тільки масо-габаритні параметри а і швидкість руху і поточну домінуючу частоту збуджуючого впливу. Рациональні коефіцієнти затухання і відповідно коефіцієнти опору амортизатора.

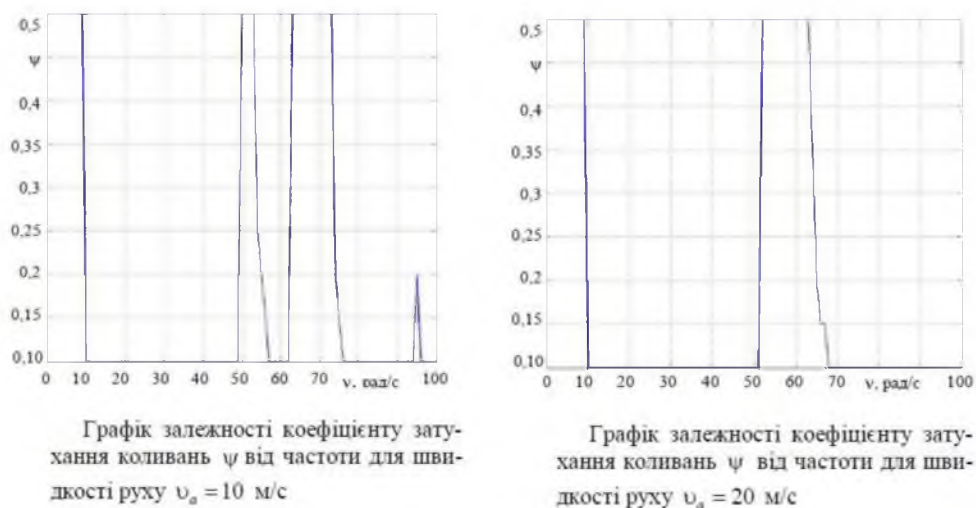


Рисунок 1.2 - Графіки залежності коефіцієнту затухання коливань

Аналіз графіків показує значну якісну залежність коефіцієнту затухання від частоти збуджуючого впливу. Важливе значення має загальний

характер змін: на більшості частот збурюючого впливу коефіцієнт затухання приймає або мінімальне, або максимальне значення. Проміжні значення у характерні для меншої швидкості руху автомобіля

Метод за рахунок котрого виконана робота це будування математичної моделі яка враховує електромеханічне демпфування в підвісці. Однак недоліком цієї роботи спрощення математичної моделі, яка спирається на двохмасову розрахункову схему.

Використання в основі більш точної схеми може витріщити цю проблему.

В статі з дослідження впливу характеристик підвіски автомобіля малого класу на плавність ходу та її модернізація було встановлено, що при використанні амортизаторів з більшим коефіцієнтом адоптивності, можна домогтися зменшення середньоквадратичних значень переміщення та прискорення кузову [2].

Метод дослідження будування математичної моделі впливу різноманітних факторів на плавність ходу автомобіля. Недоліком цієї роботи є підтвердження очевидного, що при використанні амортизаторів з більшим коефіцієнтом адоптивності, можна домогтися зменшення середньоквадратичних значень переміщення та прискорення кузову. Проте цю математичну модель можна використати для порівняльної оцінки роботи амортизаторів різних конструкцій.

Ідентифікація параметрів жорсткості підвіски колісного транспортного засобу [3] на основі зіставлення результатів натурного експерименту з результатами математичного моделювання системи рівнянь вертикальної динаміки (двох зв'язаних лінійних осциляторів, що описують коливання галоупування і підстрибування). Показало, що цей метод дає можливість ідентифікувати параметр приведеної жорсткості підвіски колісного транспортного засобу на основі аналітичного рішення, що описує вертикальну динаміку двоступеневої моделі у поєднанні з експериментальним визначенням

періоду коливання кузова. Проте недоліком є спрощення математичної моделі та не врахування жорсткості і характеристики демпфування шин.

1.2 Аспект - мехатронні системи в конструкції підвіски автомобіля

В цьому аспекті було розглянуто публікації [5-6], які розглядають такі проблеми:

- експериментальне встановлення кількісних співвідношень між змінними структурної схеми системи автоматичного регулювання параметрів плавності ходу автомобіля;
- обґрунтування алгоритму цифрового управління активною підвіскою вантажопідійомних машин з адаптацією до зовнішнього збурення.

Була виділена стаття Ю.В Човнюка мехатронні системи цифрового управління [6], яка розглядає обґрунтування алгоритму цифрового управління.

Обґрунтовано алгоритм цифрового управління активною підвіскою з адаптацією до зовнішнього збурення у мехатронних системах керування рухом вантажопідійомних машин. При цьому здійснено перехід від неперервної системи до дискретної, враховано запізнення у збуреннях, а дискретний спостерігач обрано у формі фільтра Калмана. Отримані у роботі результати можуть надалі слугувати для вдосконалення існуючих машин - як на стадіях їх проектування, конструювання так і у режимах реальної експлуатації.

А також була розглянута стаття з експериментальної перевірки системи стабілізації параметрів плавності ходу автомобіля [5] метою якої було встановлення кількісних співвідношень між змінними структурної схеми системи автоматичного регулювання параметрів плавності ходу автомобіля. Для цього був розроблений програмно апаратний комплекс який дозволяє вимірювати прискорення коливань підресорених і без пружинних мас і проводити обробку даних. В результаті обробки сигналів необхідно отримувати статистичні характеристики коливальних процесів, які можуть

використовуватися системою управління підвіскою. Після установки комплексу на автомобіль необхідно перевірити її працездатність.

У роботі показано, що в якості об'єкту впливу на підвіску можна використовувати величину прискорення без пружинних мас, отримані передавальні функції від прискорення без пружинних мас до прискорення, третин похідною переміщень підресорених мас і деформації шин, які будуть використовуватися для управління плавністю ходу.

Рівень сигналів, вироблюваних системою вимірювання збурень, за допомогою розробленої системи регулювання може бути стабілізовано до необхідного рівня. Подальші дослідження будуть спрямовані на налагодження та апробацію розробленої системи автоматичного регулювання параметрів плавності ходу автомобіля в реальних дорожніх умовах.

Програмно-апаратний комплекс дозволяє вимірювати прискорення коливань підресорених і без пружинних мас і проводити обробку даних, але не витріщеним залишається питання як ці данні будуть використовуватись системою управління підвіскою.

1.3 Аспект - математичні моделі системи «Підвіска автомобіля»

В цьому аспекті було розглянуто публікації [7-9], які розглядають такі проблеми:

- аналіз оптимального співвідношення динамічних параметрів підвіски автомобіля;
- засоби автоматичного керування плавністю ходу мобільних машин і агрегатів;
- вдосконалення процесу керування пневматичною підвіскою автотранспортних засобів.

Був виділений автореферат П.П. Рожкова на тему автоматичного керування плавністю ходу мобільних машин і агрегатів [7]. Отримані в дисертаційній роботі наукові результати дозволили суттєво удосконалити

математичні моделі і засоби автоматичного керування плавністю ходу мобільних машин і агрегатів при виконанні ними транспортно-технологічних операцій сільськогосподарського виробництва в різних польових і дорожніх умовах. Застосування цих моделей у системах автоматичного керування плавністю ходу дозволяє більш обґрунтовано розробляти архітектуру мікропроцесорних систем автоматичного демпфірування коливань та алгоритм адаптивного керування. Узагальнення основних наукових і практичних результатів свідчить про наступне.

Досягнення суттєвого поліпшення плавності ходу в умовах, коли опорна поверхня є невід'ємною складовою технологічного процесу, потребує використання автоматично керованої підвіски. Автором розроблена математична модель коливань багатоосних мобільних машин і агрегатів на новому якісному рівні, яка відбиває зв'язок між параметрами і станом динамічної системи, що дає змогу запропонувати більш адекватний алгоритм керування. Їм встановлено, що оптимальні параметри підвіски суттєво відрізняються від загальновживаних і залежать від швидкості руху та параметрів збурюючого впливу.

Автором була розроблена математичну модель ПАМ у виді аналітичної залежності амплітуди коливань від частоти кінематичного впливу. Проведені стендові іспити довели адекватність моделі реальному об'єкту і дозволили здійснити параметричну ідентифікацію автоматично керованого пневматичного амортизатора з магнітною рідиною:

Була висунута гіпотеза, що демпфуюча сила ПАМ підкоряється залежності:

$$F_d = F_0 \text{sign}(\dot{q}) + \mu \cdot \dot{q}, \quad (1.1)$$

де: F_d - сила демпфування, Н;

F_0 - сила сухого тертя, Н;

$\dot{q}$ – швидкість переміщення маси, м/с;

μ - коефіцієнт опору амортизатора, який враховує в'язке тертя.

Аналіз отриманих у дисертаційній роботі результатів дозволяє стверджувати, що вони можуть знайти застосування в області більш широкій, ніж та, що була обмежена метою, об'єктом і предметом даного дослідження. Математична модель багатоосних мобільних машин і агрегатів також може бути використаною при проектуванні і виготовленні спеціальних транспортних засобів, а ПАМ, як універсальний виконавчий пристрій з регульованими жорсткістю і коефіцієнтом демпфірування, – у будь-якій електромеханічній системі, параметрами якої необхідно керувати у відповідності зі складним алгоритмом.

Розглянуто статтю П.П. Рожкова комп'ютерний аналіз оптимального співвідношення динамічних параметрів підвіски автомобіля [7] в якій було проведено аналіз математичної моделі вертикальних коливань автомобіля та пошук оптимального співвідношення динамічних параметрів підвіски.

Проведені дослідження показали лінійну залежність оптимального співвідношення жорсткості ресори і опору амортизатора автомобіля. Ця умова особливо важлива при виборі виконавчого пристрою керованої підвіски.

Однак опис алгоритму керування має загальний характер та не дозволяє в повній мірі оцінити його ефективність. Також використовуються лише три режиму роботи що свідчить про узагальнений підхід.

Розглянута дисертація С.П. Рожкова на тему розробки системи керування адаптивною підвіскою автомобіля з урахуванням умов експлуатації [9]. Данна дисертація розглядає широкий спектр досліджень в підвищення енергоефективності автомобіля, плавності ходу та рекуперація енергії коливань за рахунок керування адаптивною підвіскою в залежності від умов експлуатації. Надано математичну модель коливань центру мас автомобіля з врахуванням впливу фазової затримки коливань задньої осі відносно передньої. Також розроблено алгоритм керування системою, який забезпечує потрібну плавність ходу та рекуперативний

режим роботи підвіски. Та проведено імітаційне моделювання з метою підтвердження теоретичних досліджень, пов'язаних з покращенням плавності ходу та підвищенням енергоефективності.

Отримані автором в дисертаційній роботі наукові результати дозволили істотно вдосконалити математичну модель й засоби автоматичного керування плавністю ходу автомобіля в різних дорожніх умовах. Застосування розвинутої моделі у системі автоматичного керування плавністю ходу дозволяє більш обґрунтовано розробляти архітектуру мікропроцесорних систем автоматичного демпфірування коливань, алгоритмів адаптивного керування та підвищувати енергоефективність електромобіля.

Теоретичні та експериментальні дослідження, проведені в роботі, довели можливість підвищення плавності ходу та енергоефективності автомобіля за рахунок використання електромагнітної підвіски.

Розроблена модель вертикальних коливань та запропонована архітектура системи керування адаптивною були розроблені для електромагнітного амортизатора, проте розроблені моделі можуть бути використані для розрахунку в інших конструкціях підвіски, що не було розглянуто в цій дисертації.

В авторефераті А. І. Шилова на тему вдосконалення процесу керування пневматичною підвіскою було розглянуто широкий спектр задач по вдосконаленню процесу керування пневматичною підвіскою [8]. При цьому автором отримано наступні наукові результати:

- розроблена математична модель регульованої пневматичної підвіски дозволяє враховувати відвід тепла через стінки пневматичних пружних елементів, відрив колеса від дороги і пробої підвіски. Урахування відводу тепла підвищує точність визначення середнього нейтрального динамічного положення кузова на 5%. Погрішність розрахунку порівнянна з величиною зони нечутливості РРП.

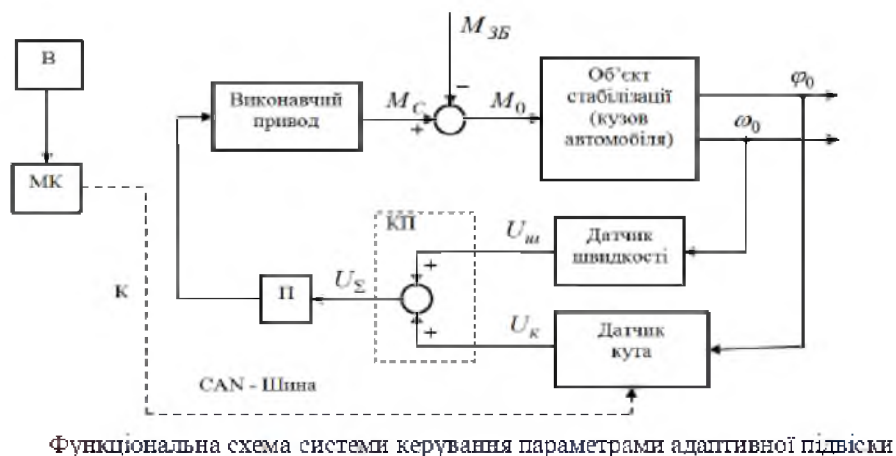
1.4 Аспект - електрообладнання системи «Підвіска автомобіля»

В цьому аспекті було розглянуто публікації [10-11], які розглядають такі проблеми:

- інтелектуалізація підвіски транспортного засобу з використанням транспортного порталу;
- розробка інтелектуальної системи керування параметрами адаптивної підвіски автомобіля.

Автором В.М. Шуляковим у роботі по інтелектуалізації підвіски транспортного засобу розглядається удосконалення наявних механізмів регулювання висоти кузова і жорсткості підвіски для збільшення комфорту і безпеки дорожнього руху, з метою максимально автоматизувати регулювання висоти кузова і жорсткості підвіски на основі електронних компонентів автомобіля [11]. При цьому запропоноване рішення по удосконаленню – встановлення зв'язку бортового комп'ютера з елементами керування підвіски.

Дані з камери поступають до електронного блоку управління, де проводиться їх обробка.



Бортовий комп'ютер за допомогою використання гібридних нейро-фазі мережей визначає на зображенні наявність нерівностей на дорожньому покритті, визначається їх тип («дорожній поліцейський», вибоїна, зміна якості дорожнього полотна), глибина, висота і ширина нерівності знаків дорожнього руху та інших відомостей відносно навколишньої ситуації автомобіля.

Дана стаття надає теоретичні відомості по можливостям багатьох новітніх датчиків автомобіля впливати на якість вибору режиму роботи підвіски. Але не вирішена проблема отримання і обробки сигналів з них, та не складена модель зв'язку цих сигналів з вибором навантажувального режиму підвіски автомобіля.

Розглянута стаття М.В. Сідеєєва на тему розробки інтелектуальної системи керування параметрами адаптивної підвіски автомобіля [10] метою якої є побудова ефективної інтелектуальної системи керування параметрами адаптивної підвіски автомобіля на основі новітніх інформаційних технологій.



Рисунок 1.4 - Загальна схема датчиків підвіски автомобіля

Система керування параметрами адаптивної підвіски буде виконуватися за функціональною схемою. Вона представляє собою замкнену автоматичну систему керування по стабілізації відхилення корпусу автомобіля від заданого положення.

У роботі розглянуто побудову інтелектуальної системи керування параметрами адаптивної підвіски автомобіля. Побудовано функціональну та конструктивно-функціональну схеми цієї системи. Це дозволяє підвищити ефективність використання адаптивної підвіски автомобіля.

Не вирішене питання обґрунтування алгоритму цифрового керування активною підвіскою.

1.5 Аспект - вібраційний захист системи «Підвіски автомобіля»

В цьому розділі було розглянуто публікацію Г.С. Сернікова яка розглядає адаптивну віброізоляцію сучасного автомобіля [12]. У цій статті розглядають перспективні напрямки вдосконалення конструкцій підвіски, що дозволяють найбільш ефективно підтримувати курсову стійкість і контролювати динаміку руху автомобіля.



Рисунок 1.5 – Адаптивна підвіска с лінійними електродвигунами

При цьому автором виявленні перспективні напрямки вдосконалення конструкцій підвіски, що дозволяють найбільш ефективно підтримувати

курсору стійкість і контролювати динаміку руху автомобіля. За результатами проведених досліджень автором досягнуто наступне.

Незалежна підвіска забезпечує меншу без пружинну масу. Внаслідок чого дозволяє швидше і краще «відпрацьовувати» рельєф дороги.

Застосування пружин в підвісці дозволяє практично позбутися динамічно неконтрольованого параметра - внутрішнього тертя в пружних елементах.

Пневмопружини дозволяють змінювати в широких межах дорожній просвіт і плавність ходу, розширюючи можливості адаптивної підвіски.

Застосування адаптивної підвіски з активним контролем демпфірування відкриває виняткові можливості для систем підтримки курсової стійкості транспортних засобів.

Найбільш повним спектром можливостей мають демпфери підвіски з електромагнітними зв'язками. В якості таких демпферів можуть виступати лінійні електродвигуни.

1.6 Аспект - магнітореологічні ефекти в системі «Підвіска автомобіля»

В цьому аспекті було розглянуто публікації [13-19], які розглядають такі проблеми:

- технології створення та застосування магнітореологічних рідин;
- можливості управління характеристиками підвіски за рахунок установки амортизаторів з магнітореологічними рідинами;
- застосування магнітно-реологічних рідин в автомобільній техніці;
- застосування магнітореологічних рідин в системах управління і стабілізації руху механічних систем;
- розгляду математичної і імітаційної моделі коливальних систем мобільних машин з керованими характеристиками демпфуючих елементів на базі використання інтелектуальних рідин;
- магнітні ефекти в газорідинних системах з магнітної рідиною.

У виділеній монографії Е. С. Беляєва розглянуто технології створення та застосування магнітореологічних рідин [13]. В роботі представлені широкі області застосування магнітореологічних рідин в технічних пристроях для герметизації рухомих елементів, що проходять через роздільні поверхні, пристроях прецизійної обробки оптичних виробів, амортизації протезів, демпфірування вібраційних збурень від силового обладнання транспортних засобів і їх ходової частини, в тому числі і гусеничних машин, а також в гальмах відкату і накату артилерійських систем.

Результати аналізу світового ринку масового виробництва магнітних і магнітореологічних рідин різного призначення представлені оглядом методів їх виготовлення, способів застосування та характеристиками продуктів, що виробляються промисловістю провідних промислових країн. У підсумку зроблено висновок про те, що існує безліч підприємств, які розробляють та виготовляють МРР на нанодисперсній основі для ущільнень мастильних матеріалів, інших пристроїв, цілей і технологій. Однак комерційних пропозицій по МРР для дисипативних систем транспортного машинобудування немає.

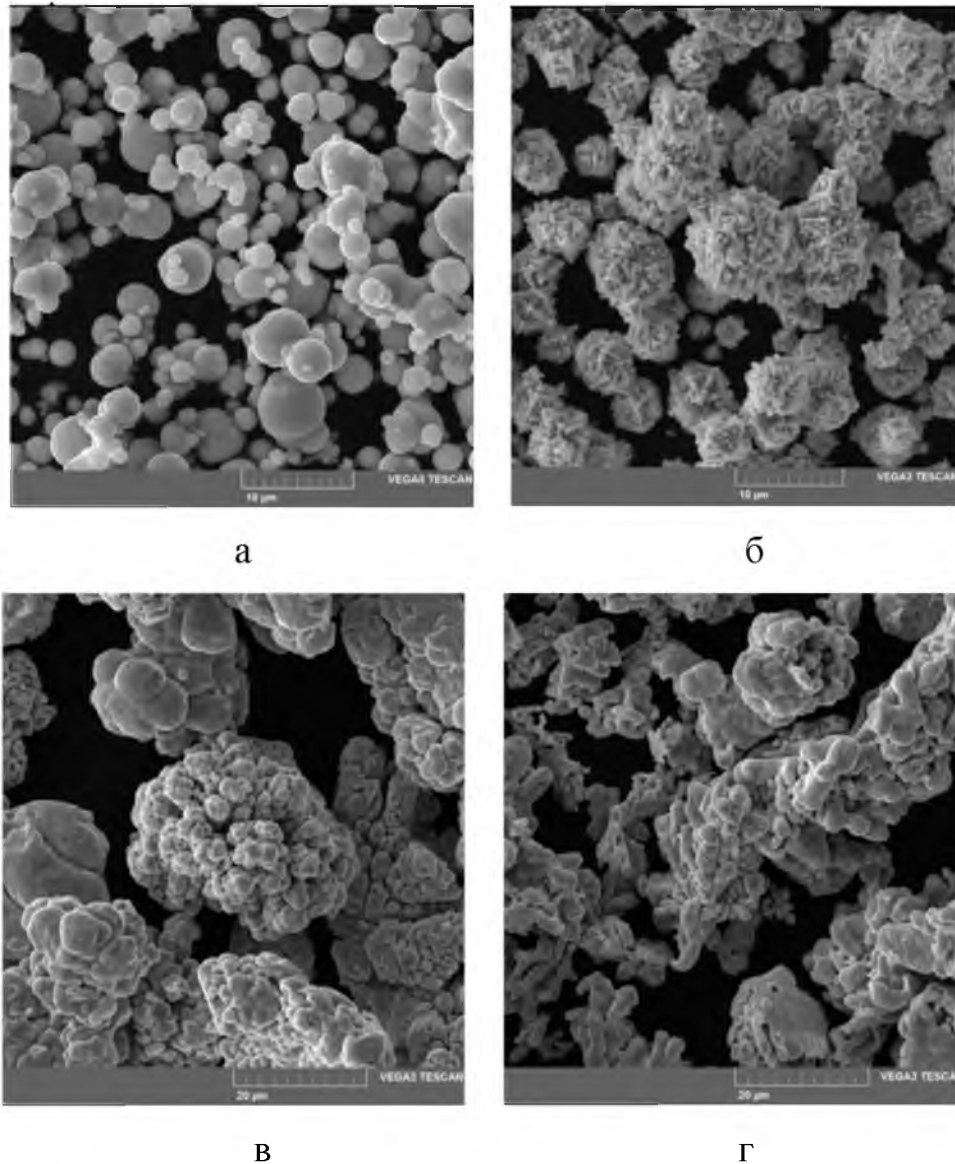
Сформульовано вимоги до складу магнітореологічних рідин для дисипативних систем, описані ролі окремих компонентів в структурі такої рідини. Обговорюється досвід світових компаній по використанню різних складів і компонентів для отримання магнітореологічних рідин, а також особливості деяких технологічних процесів їх виробництва. Наведені приклади практично застосовуваних складів МРР.

З метою визначення відповідності методів виготовлення магнітореологічних рідин із заданим реологічними властивостями використовуються багатофункціональні методи дослідження отриманих робочих тіл, таких як в'язкість, дисперсність, седиментаційна стійкість.

Наведено методики перевірки характеристик синтезованих магнітореологічних рідин на прикладі визначення залежності швидкості осідання магнітоактивних частинок від різних факторів технологічного

процесу і на прикладі вимірювання середньої швидкості магнітореологічної рідини в дросельних каналах.

Розглянуто хімічні і фізичні методи отримання магнітних частинок і магнітореологічних рідин, фотографії магнітно-активних частинок наведені на рис. 1.6.



а - карбонільне залізо ВК-1; б - карбонільний нікель ПНК-УТЗ; в – нікель електролітичний ПНЭ-1; г - електролітичний кобальт ПК-1

Рисунок 1.6 - Фотографії магнітно-активних частинок для виготовлення магнітореологічної рідини

Розроблено операційна карта виготовлення магнітореологічних рідини із застосуванням методу диспергування.

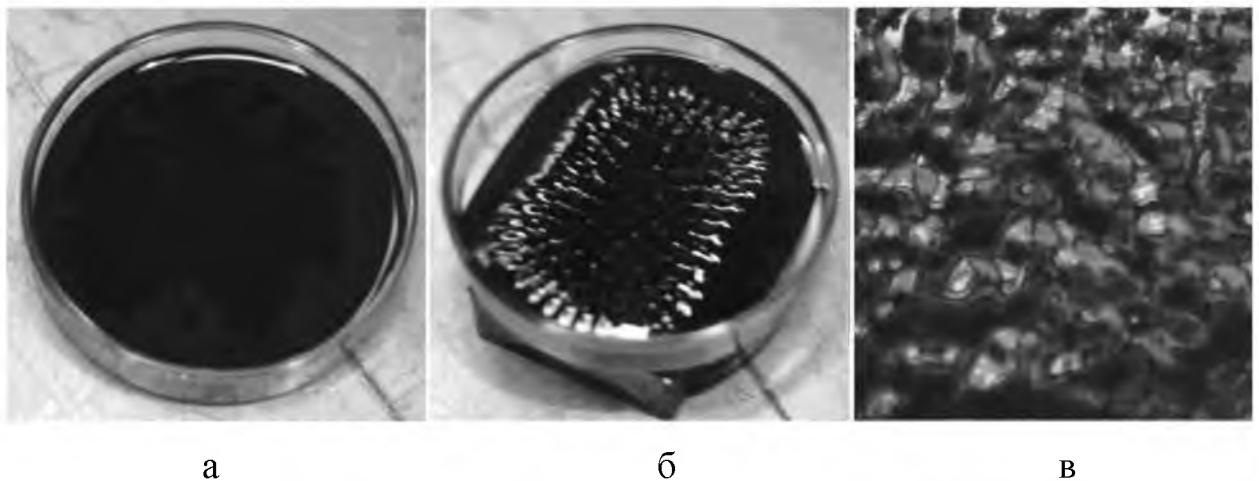
Наведено технічні умови, які поширюються на магнітореологічні суспензії, призначені для використання в якості робочих рідин в пристроях з контрольованою дисипацією енергії руху машин - адаптивних гідравлічних амортизаторів і віброопорами, елементів адаптивної абсорбції удару, гідроприводів рульового управління, систем електричного управління зчепленням і гальмами, пристроїв дроселювання магнітно-керованих рідини в елементах механічних протезів та робототехніки.

В статті В.А. Дюнова розглянута керована підвіска з магнітореологічними амортизаторами [14]. Автором описана можливість здійснювати управління характеристиками амортизатора за рахунок керування величиною напруженості магнітного поля. Наведенні математичні формули показників, які впливають на характеристику опору амортизаторів, це коефіцієнт кінематичної в'язкості та величину ефективної в'язкості рідини для сферичних частинок.

Стаття О.Б. Стефановського присвячена пошуку областей застосування магнітно-реологічних рідин в транспортній техніці [15]. Автор статті проаналізувавши інформацію з відкритих джерел про застосування магнітно-реологічних рідин в автомобільній техніці запропонував ряд нових шляхів їх застосування. Та описав доцільність досліджування (насамперед, за допомогою моделювання) і розробки конструкції герметизованих ущільнень із магнітно-реологічних рідин: валів поршневих двигунів і агрегатів трансмісій; поршнів у циліндрах; прорізів у кабінах і кузовах автомобілів; посадки покриттів на ободах або дисках коліс. Також запропоновано розробку конструкцій перспективних теплових двигунів, на основі високотеплостійкої рідкої фази (наприклад, перфторвуглеців), щоб дозволило підійти до реалізації безкільцевого ущільнення поршнів у циліндрах двигуна.

У статті Б. А. Гордеева розглянуто фізичні передумови управління характеристиками магнітореологічних рідин із застосуванням зовнішніх електромагнітних полів [16], а також питання застосування даних суспензій в демпферах ударних навантажень артилерійських систем і демпферах для автомобільної промисловості, залізничного транспорту, авіаційної техніки.

Проведені досліді магнітно-активних суспензій на основі оксиду заліза рис 1.7.



а - магнітно-активна суспензія Fe_2O_3 в початковому стані спокою без впливу вертикального магнітного поля; б - при впливі вертикального магнітного; в - доменна хвиляста структура в тонкій магнітній плівці після впливу магнітного поля

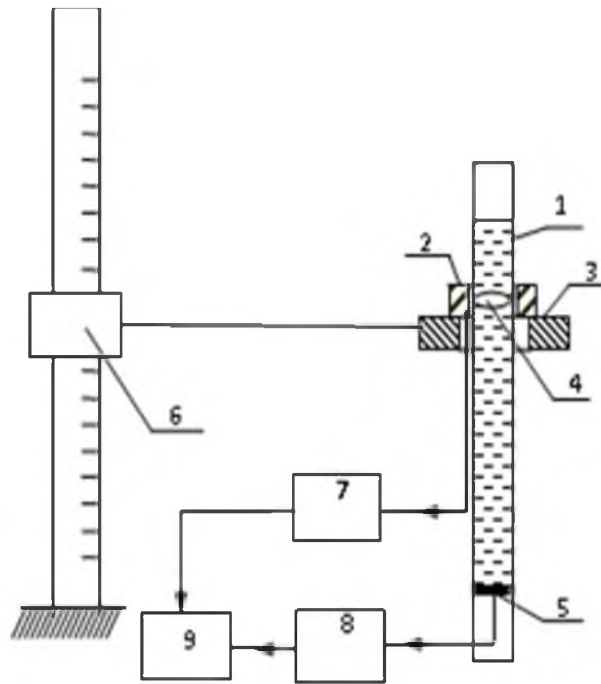
Рисунок 1.7 - Фотографії магнітно-активних суспензій на основі оксиду заліза

Запропоновані конструкції магнітореологічного демпфера, магнітореологічного амортизатора та гідравлічного гальма відкату.

В статті Н.Н. Гурский розглядає імітаційну модель коливальних систем мобільних машин з використанням інтелектуальних рідин [17] досліджені питання зниження вібронавантаженості вузлів і агрегатів машин за допомогою оснащення підвіски датчиками, контролерами і виконавчими пристроями, що поєднують дискретне, плавне управління з програмними

засобами. Автором запропоновані демпферні елементи з регульованим опором, що використовують унікальні можливості інтелектуальних рідин з магнітореологічними властивостями. Наведені порівняльні результати моделювання коливань одномасової системи з пасивним і напівактивним підресорюванням вузла. Наведена в статті математична і імітаційна моделі дозволяють провести моделювання динамічної системи схильної до різних типів зовнішніх збурень, з урахуванням налаштування параметрів самої системи в процесі всього часу спостереження за нею. Для управління коливаннями таких систем найбільш ефективним є застосування в якості виконавчого механізму амортизатора з магнітореологічною рідиною. Використанням такого елемента в поєднанні з принципами автоматичного регулювання, дозволяє реалізувати швидкодіючу керовану систему.

У статті В.М. Полуніна розглядаються магнітні ефекти в газорідинних системах з магнітної рідиною [18] також представлені результати досліджень фізичних ефектів в газорідинних системах з магнітною рідиною, проведені дослідження коливальної системи із газової порожнини і підвішеного в магнітному полі кільцевого магніту стовпчика магнітної рідини. В якості основного експериментального методу дослідження процесу захоплення транспорту і розподілу магнітної рідиною повітряної порожнини застосовується метод акустично-магнітної індикації, заснований на отриманні осцилограм акустичних і магнітних коливань газорідинної системи рис. 1.9.



1 - трубка з магнітною рідиною; 2 - котушка індуктивності; 3 - кільцевий магніт; 4 - повітряна порожнина; 5 - п'єзоелемент; 6 - переміщуваний пристрій; 7 - 8 - підсилювачі сигналу; 9 - цифровий осцилограф

Рисунок 1.8 - Блок-схема експериментальної установки

При аналізі осцилограм, що фіксуються в вимірювальному блоці, застосовується програма, розроблена в середовищі NI LabVIEW. У процесі дослідження були отримані значення для газової і подемоторної пружності, була представлена залежність фізичних параметрів від висоти магнітно-рідинного стовпчика. Результати проведених в роботі досліджень можна використовувати для розробки перспективних амортизаторів і демпферів на основі перспективних малогабаритних систем на основі магнітно-рідинного активного елементу, підвішеного в магнітному полі кільцевого магніту з газової порожниною, розташованою в околиці нижньої межі магніту. Такі системи мають певні обмеження по частоті і амплітуді коливань, в зв'язку з цим становить інтерес проведення дослідження подібних систем із застосуванням магнітних систем на основі рідкоземельних компонентів.

У статті М. А. Колбашова запропонована конструкція магнітно-рідинного амортизатор для гасіння коливань [19], яка може бути використана

як пристрій для гасіння коливань різного роду об'єктів, зокрема, двигуна внутрішнього згоряння. Пристрій містить корпус, заповнений магнітною рідиною, шток з магнітною системою, рухливий в осьовому напрямку і розміщений в корпусі, дроселюючи канали, що з'єднують порожнини корпусу, постійних магнітів, що створюють магнітний потік в дроселюючих каналах.

1.7 Огляд патентної інформації

Аналіз патентної інформації надано широкий спектр магнітореологічних амортизаторів різноманітної конструкції. Проблемою патентної інформації [20-26] є те, що патенти надають лише інформацію з конструкції ефективність якої неможливо перевірити без інженерного аналізу теоретичного за рахунок розрахунків на основі будування математичної моделі або практичного шляхом приведення експериментів.

Вирішити цю проблему можна за рахунок використання засобів аналізу які використовувались в розглянутих вище роботах шляхом змінення параметрів розрахунків під надані патентні конструкції.

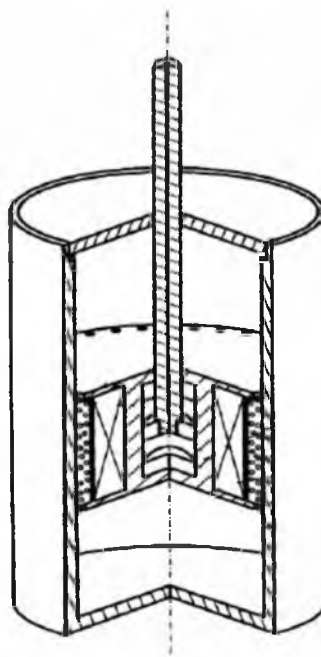


Рисунок 1.9 – Керований амортизатор з додатковим демпфуванням

1.8 Формулювання основних наукових категорій за напрямком дослідження

Безперечно, розглянуті аспекти є актуальними для дослідників різного рівня та мають перспективи подальшого розгляду. Проте, на мій погляд, доцільним аспектом для подальшого розгляду в плані навчально-наукового становлення фахівців, що навчаються у вищих навчальних закладах, вважаю доцільним для подальшого дослідження обрати методику дослідження складових амортизаційних магнітно-реологічних рідин.

При цьому визначено, що параметром на який можливо впливати під час керування силою опору є в'язкісний стан рідини. Цей параметр залежить від сукупності інших параметрів впливу. До них слід віднести конструктивні параметри - зазори через які перетікає рідина, об'єми, в яких створюється магнітне поле, концентрація феромагнітних частинок у рідинних, та температура, як некерований параметр.

На підставі сформульованого підходу обумовлюються передумови для розроблення методологічного забезпечення досліджень спрямованих на оцінку в'язкісного стану товарних гідравлічних рідин з обґрунтованим вмістом магнітно-активних часток та здійсненням керованого впливу на в'язкісний стан в цілому за рахунок магнітного поля.

На підставі зазначеного за напрямком магістерського дослідження сформульовані наступні основні наукові категорії.

Об'єкт дослідження – процес створення опору переміщення поршня автомобільного гідравлічного амортизатора в умовах його переміщення в магнітно-активних рідинах.

Мета дослідження – розробка методичного забезпечення для експериментальної оцінки в'язкісних властивостей альтернативних магнітно-активних рідин та їх впливу на характеристику опору гідравлічного амортизатора

Предмет дослідження – встановлення закономірностей зміни характеристики опору амортизатора при ході відбою та коефіцієнту

корегування в'язкості товарних гідравлічних рідин від впливу концентрації магнітно-активних часток та магнітного поля, створеного постійним струмом.

Для досягнення поставленої мети вважаю необхідним вирішити наступні задачі:

- визначити номенклатуру гідравлічних рідин та їх властивостей, що застосовуються в автомобільних гідравлічних амортизаторах;
- обґрунтувати застосування та концентрації магнітно-активних часток;
- визначити вплив магнітно-активних часток на зміну в'язкого стану обраних рідин;
- вибір засобів створення магнітного поля, та складання методики його застосування;
- визначити впливу діапазону сили струму для створення магнітного поля на в'язкий стан виготовлених рідин.
- фізичне моделювання характеру переміщення штоку гідравлічного амортизатора при ході відбою.
- встановлення закономірностей впливу сили струму та концентрації магнітно-активних часток на силу опору при ходах відбою гідравлічного амортизатора.

Методи дослідження: визначення в'язкості рідини капілярним віскозиметром; імітаційно-фізичне моделювання; проведення факторного експерименту; обробка результатів експериментальних досліджень за допомогою методів математичної статистики.

Прогнозована оцінка роботи над сформульованими задачами дозволяє отримати наступне.

Вирішення першої задачі дозволить обрати гідравлічні рідини, що застосовуються в автомобільних гідравлічних амортизаторах для проведення дослідів з урахуванням їх властивостей.

Вирішення другої задачі дозволить обґрунтувати використання магнітно-активних часток та визначити їх концентрації.

Вирішення третьої задачі дозволить визначити чи впливають запропоновані альтернативні суміші на основі магнітно-активних часток на зміну в'язкісного стану обраних рідин.

Вирішення четвертої задачі дозволить обрати засоби для створення магнітного поля для впливу на магнітно-активні суміші, та скласти методику його застосування.

Вирішення п'ятої задачі дозволить визначити діапазони сили впливу струму для створення магнітного поля на в'язкісний стан виготовлених рідин.

Вирішення шостої задачі дозволить провести фізичне моделювання характеру переміщення штоку гідравлічного амортизатора при ході відбою.

Вирішення сьомої задачі дозволить встановити закономірності впливу сили струму та концентрації магнітно-активних часток на силу опору при ходах відбою гідравлічного амортизатора.

Висновки за розділом

Для отримання актуальної аналітичної інформації щодо науково-технічних досягнень дослідників та розробників у даному розділі було проведено аналіз наукових джерел за тематикою магістерського дослідження.

Розглянуто рівень теоретичних розробок, підходів, точок зору різних авторів, та пропозиції до їх розв'язання.

Обрано інженерно-технічний об'єкт – амортизатор з альтернативною магнітно-активною рідиною, який запропоновано розглядати в роботі.

Сформульовані основні наукові категорії за напрямком дослідження.

2 ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ СКЛАДОВИХ МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Спрямованість існуючих методів з оцінки гідравлічних амортизаторів

Випробування амортизаторів як окремого агрегату підвіски є в даний час одним з основних засобів оцінки його працездатності. Для цієї мети служать робочі діаграми і характеристики амортизатора, отримані на спеціальних випробувальних стендах. Знаючи максимальних зусилля з робочих діаграм, отриманих при різних частотах і амплітудах коливань і відкориговані з урахуванням похибок стенду, можна побудувати характеристику амортизатора, вільну від впливу інерційності рідини, вимірювальної системи та ін. Характеристику амортизатора можна побудувати за результатами осцилографування якщо відомі зусилля опорів, відносні переміщення або відносні швидкості коливань між вимірювальним елементом і приводом. Стабільність роботи амортизатора оцінюється зміною зусиль опорів в залежності від різних зовнішніх і внутрішніх факторів, насамперед від нагрівання і амплітудно-частотним характером коливань.

Розглянуто конструкції стендів, які дозволяють випробовувати автомобільні амортизатори різних типів і розмірів. Стенд з кривошипно-шатунним приводом переобладнаний з преса. Інша конструкція стенду має привід з гармонійним законом переміщення і широкі межі зміни числа обертів і ходів. Механізм роботи таких стендів передбачає можливість отримання одноразового випробувального циклу або безперервного режиму роботи. Це необхідно в умовах проведення різних експериментів, в тому числі для термометричних випробувань. Крім того, стенд першої конструкції в пусковому пристрої має спеціальний переривник, за допомогою якого можна повільно повертати маховик, що необхідно для оцінки зусиль постійного тертя в амортизаторах. На стенді мається пристрій, який дозволяє

враховувати вплив прогріву пружного елемента на результати виміру. Електродвигун через варіатор і ремінну передачу приводить в обертання маховик, який з'єднується через муфту одиночних ходів з кривошипно-шатунним механізмом повзуна. До повзуна жорстко кріпиться конструкція з кутового заліза та планшет, який вчиняє разом з ним коливальний рух. До коливального пристрою кріпиться тим чи іншим способом нижній кінець амортизатора, верхній його кінець закріплюється на пальці важеля торсіонна. Торсіон переднім кінцем поміщений в підшипникову опору, а другий його кінець закріплений. Важелі торсіонна представляють з себе одне ціле і жорстко закріплені на кінці торсіонна. З важелями торсіонна з'єднані коромисло і штанга. Коромисло одним кінцем пов'язане з пальцем на важелі торсіонна, а іншим кінцем з пальцем на верхньому кінці штанги. Центр коромисла обертається на пальці, який нерухомо кріпиться в станині стенда. Штанга може переміщатися в направляючих, які закріплені на вертикальному важелі торсіонна. Плечі коромисла від центральної опори до кінця рівні між собою так само як і плечі горизонтальних важелів торсіонна. На нижньому кінці штанги над планшетом встановлений олівець, який, відхиляючись вліво і вправо від нульової лінії, записує в залежності від ходу коливного пристрою.

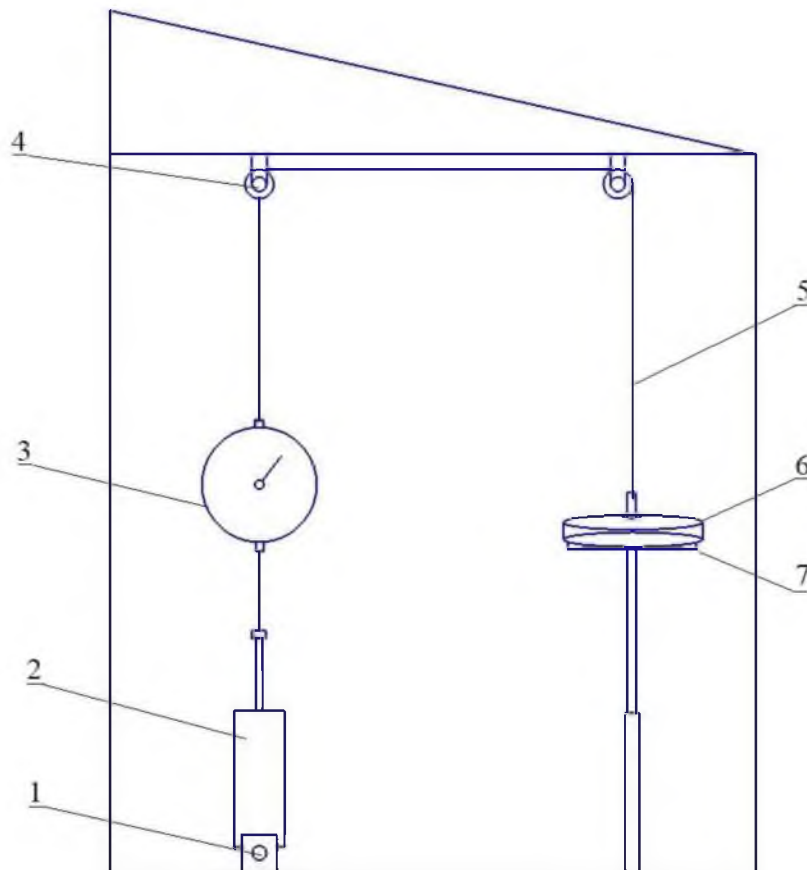
Зусилля що виникає при випробуванні амортизатора викликає деяке переміщення кінця важеля торсіонна на певну величину. В зв'язку з цим хід поршня амортизатора щодо стінок циліндра завжди відрізняється від ходу коливного пристрою, і величина ходу дорівнює векторній різниці переміщень коливного пристрою і вимірювача. Таким чином, переміщення олівця по вертикалі дозволяє автоматично віднімати з ходу коливного пристрою прогини вимірювача тобто вести запис зусилля по справжньому ходу поршня амортизатора [27].

Розглянувши типи, конструкції та порядок використання існуючих стендів для випробування амортизаторів можна зробити висновок, що їх функціонал для цілей магістерського дослідження являється збитковим. Крім

того відсутня фінансова можливість їх придбання. Основною перевагою професійних стендів для діагностування амортизаторів являється можливість знімати динамічні характеристики амортизаторів, що імітує ситуацію в котрій опиняється амортизатор на різних типах дорожнього покриття, але через те, що цілю дослідів являється визначення впливу магнітно-активних часток під дією магнітного поля на характеристику амортизатора, оптимальним рішенням буде самостійне виготовлення спеціального обладнання для проведення дослідів.

Оскільки функціональна характеристика гідравлічних амортизаторів підвіски представляє собою залежність опору амортизатора від швидкості переміщення нею штока [28]. То стенд для випробування амортизаторів на зусилля опору амортизатора при ході відбою пропонується зробити наступним чином.

Жорстко закріпити амортизатор до металевої балки зробивши кріплення для проушини циліндра та зробити кріплення штоку з металевим тросом, який буде з'єднаний з динамометром і пропущений через ролики та закріплений на платформі для вантажів. Таким чином можливо буде визначити функціональну характеристику амортизатору, де сила опору амортизатора буде визначатись від ваги вантажу та показань динамометра, швидкість переміщення штока можливо буде вирахувати від показників пройденої ним відстані і часу. Схема стенду наведена на рис. 2.1.



1- кріплення для амортизатора; 2- амортизатор; ; 3 – динамометр; 4 – ролики на кронштейнах; 5 – металевий трос; 6- вантаж; 7 - площадка під вантаж

Рисунок 2.1 – Схема запропонованого стенду

2.2 Опис гідравлічних амортизаційних рідин

Амортизаційні рідини призначені для застосування в телескопічних і важільно-кулачкових амортизаторах. Робота амортизаторів ґрунтується на поглинанні кінетичної енергії коливання кузова машини за рахунок перетікання амортизаційної рідини. Тиск рідини в амортизаторах досягає 8-11 МПа, а температура, залежно від температури навколишнього середовища, до 140 °С. Щоб забезпечити нормальну роботу амортизаторів рідинам треба мати хороші в'язкісно і низькотемпературні, а також антипінні, мастильні та інші властивості.

Як амортизаційні рідини використовують спеціальні рідини: АЖ-12Т і МГП-10, а також малов'язкі оливи та їх суміші, наприклад, суміш турбінної і трансформаторної.

Амортизаційні рідини АЖ-12Т і МГМО - це суміш мінерального та синтетичного компонентів (полісилоксанової оливи) з комплексом присадок. Полісилоксани в незначних кількостях використовують як антипінну присадку до інших оливи. Тому ці амортизаційні рідини мають високі антипінні властивості. Крім того, з усіх найбільш розповсюджених у техніці оливи полісилоксани мають найвищі індекси в'язкості, що забезпечує хороші в'язкісно-температурні властивості цим амортизаційним рідинам.

Суміш турбінної, трансформаторної та інших індустриальних оливи має невисокі в'язкісно-температурні властивості, що провокує жорстку роботу амортизаторів при зниженні температури повітря. Однією із таких оливи є И-40, яка належить до класу мастил для індустриального застосування, одержуваних з нафти з нормальною або малої сірчистого, за допомогою очищення селекторами. Різновид И-40 маркується як И-40А виключає зі складу механічні та немеханічні домішки, в зв'язку з чим може бути використана в широкому переліку технологічних агрегатів [29].

Характеристика деяких амортизаційних рідини АЖ-12Т та індустриальної оливи И-40 наведена у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Характеристики амортизаційних рідини і оливи

Показники	Суміш турбінної і трансформаторної оливи 1:1	АЖ-12Т	МГП-10	И-40А
Кінематична в'язкість, мм ² /с, при температурі: 50 °С мінус 40 °С	16 - 16,5 застигає	12 ≤6500	10 ≤1000	51-75 -

Продовження таблиці 2.1

Температура застигання, °С, не вище:	-30	-55	-40	-16
Густина при 20 °С, кг/м ³	-	-	930	883,1
Вміст механічних домішок, %	відсутні	відсутні	відсутні	відсутні
Вміст води, %	відсутня	відсутня	відсутня	сліди
Дослідження на корозію	витримує	витримує	витримує	витримує

Для дослідження пропонується використовувати гідравлічні рідини з різними базовими характеристиками. Так пропонується обрати стандартну амортизаційну рідину АЖ-12Т та індустріальну оливу І-40А. Вибір індустріальної оливи І-40А обумовлюється необхідністю профільної оцінки параметрів зміни в'язкісного стану при збільшених показниках базової в'язкості.

При цьому науковий інтерес представляє встановлення закономірностей прояву зміни в'язкісного стану різних рідин при однаковій концентрації магнітно-активних часток.

2.3 Обґрунтування діапазону концентрацій магнітно-активних частинок

Для обґрунтування діапазону можливих концентрацій магнітно-активних частинок у альтернативних рідинах визначено співвідношення в'язкості гідравлічних рідин АЖ-12Т та МГП-10 – 12 мм²/с і 10 мм²/с (табл.2.1), що склало $\approx 16\%$. Тобто, у цієї межі збільшення в'язкості при відповідної температури навколишнього середовища буде допустимою.

Визначений відсоток обрано за основу як максимальний діапазон можливих значень зміни в'язкості альтернативних рідин. Виходячи з цього, пропонується використати чотири концентрації магнітних часток з

кроком 2,5 %. З урахуванням виготовлення отримано суміші з концентраціями 2,4; 4,7; 9,1 та 13 % магнітно-активних часток у суміші.

2.4 Опис магнітно-активних частинок

Оскільки вартість сертифікованих магнітореологічних рідин занадто висока та відсутня фінансова можливість їх придбання пропонуються використати власноруч зроблену магнітно-активну суміш. Оскільки магнітореологічна рідина являє собою суспензію із заснованого на вуглеводні синтетичної оливи, в яку були введені м'які магнітні частинки з розміром близько від 0,1 до 100 мкм. В якості магнітно-активних частинок можна буде використати порошки різних металів карбонільного заліза або нікелю, проте як найбільш відповідаючи по своїм фізичним параметрам до визначення магнітореологічної рідини та доступний матеріал пропонується використати порошок для тонеру, який використовується в лазерних принтерах. Таким порошком є, наприклад, тонер static control. Частинки порошку в середньому мають розміри від 5 до 30 мікрометрів та виготовляються з різних полімерів, наприклад з поліакрилату стиролу, а також мають магнітні властивості. Для додання магнітних властивостей до складу порошку включають магнітні матеріали, наприклад, магнетит. Для цього магнітні частинки укладаються всередину полімерної оболонки.

Змішавши порошок з обраними в розділі 2.2 видами гідравлічних рідин отримаємо магнітно-активну суміш, яку будемо використовувати в подальших дослідях.

2.5. Погляд на мінімальну доцільність електричних приладів для створення магнітного поля

Для проведення досліджень магнітно-активних рідин та виміру їх впливу на характеристики опору штоку амортизатора при ході відбою необхідне магнітне поле. Тому для його створення потрібен певний набір

електричних приладів. Так, для створення магнітного впливу пропонується використати наступне:

- обмотку збудження статора, наприклад марки СТ-221 в якості електромагніту;
- для живлення обмотки статора - акумуляторну батарею СТ-90 з напругою 12V.

Для зміни сили струму i , як наслідок, напруженості магнітного поля пропонується до використання:

- повзунковий реостат для вимірювання сили струму;
- амперметр ЭЗ65-1;
- мультиметр Digital Tech DT838, який також можна використовувати для виміру температур при використанні термопар.

Електричні пристрої необхідно буде об'єднати за допомогою електропроводки і підключити до вимикача для відключення струму.

Висновки за розділом

Проведено теоретичне обґрунтування складових методики магістерського дослідження.

Обґрунтовано методи оцінки гідравлічних амортизаторів.

Обрано гідравлічні рідини та магнітні частинки для приготування магнітно-активних рідин. а також

Обрано електричні прилади для створення магнітного поля.

3 РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

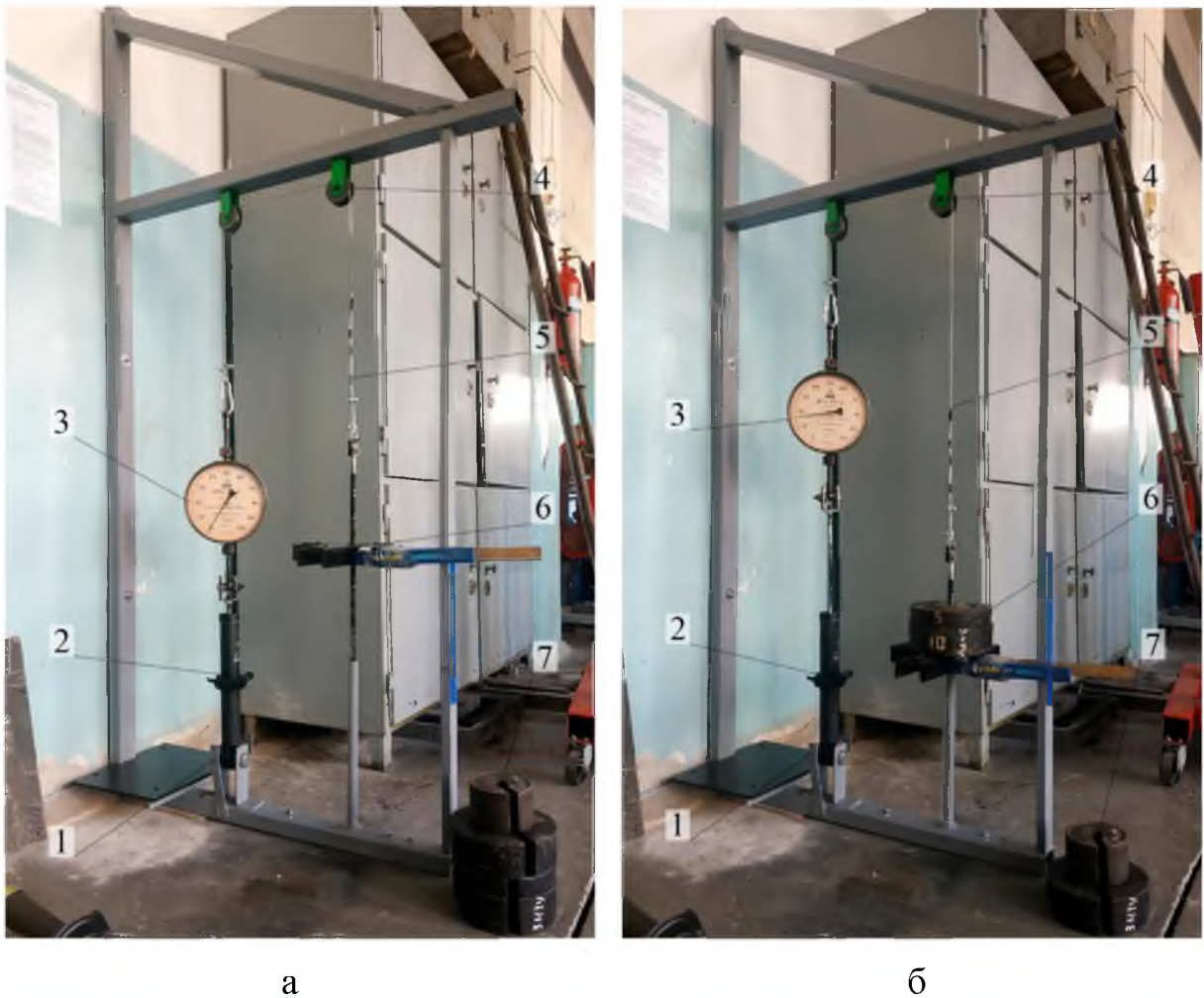
3.1 Визначення характеристики опору поршня штоку амортизатора при ході відбою

Параметри визначались за двома режимами:

- плавного ходу відбою амортизатора;
- різкого ходу відбою амортизатора.

3.1.1 Методика визначення параметрів плавного ходу відбою амортизатора

Сила опору переміщення штоку при ході відбою вимірювалась за допомогою виготовленого навчально-імітаційного випробувального стенду рис 3.1. Вантажі масою 10, 15, 20, 25 та 29 кілограм розташували на підставці 4. Вантаж переміщував шток амортизатора за допомогою металевого тросу 6, який був пропущений через ролики 5. Сила опору визначалась за допомогою динамометра 3, а швидкість переміщення розраховувалась на підставі визначення відповідного ходу відбою і показників часу.



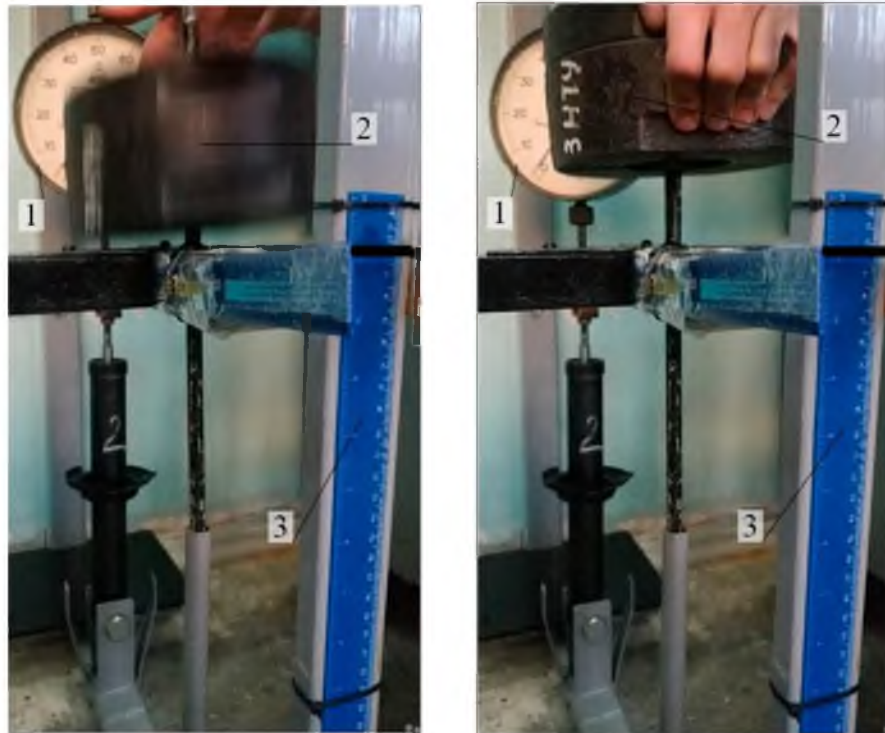
а – стенд без навантаження; б – стенд з вантажем;

1- кріплення для амортизатора; 2- амортизатор; 3 – динамометр; 4 – ролики на кронштейнах; 5 – металевий трос; 6- площадка під вантаж; 7- вантажі

Рисунок 3.1 – Стенд для визначення сил опору переміщення штоку поршня гідравлічного амортизатора

3.1.2. Методика визначення параметрів різкого ходу відбою амортизатора

Параметр збільшеного ходу повинен симулювати різкі навантаження які амортизатор витримує під час наїзду на перешкоду та вимірювались за допомогою виготовленого навчального імітаційного випробувального стенду показаного на рис 3.1.



а

б



в

а – обладнання стенду; б – скидання вантажу; в – фіксування навантаження;

1 – динамометр; 2 - вантаж; 3 – лінійка

Рисунок 3.2 - Методика визначення параметрів різкого ходу відбою амортизатора

Вантажі 2 масою 10, 15, 20, 25 кілограм скидали з висоти в 50 міліметрів. Вантаж переміщував шток амортизатора за допомогою металевого тросу який був пропущений через ролики. Сила опору визначалась за допомогою динамометра 1, а швидкість переміщення розраховувалась на підставі визначення відповідного ходу відбою за допомогою лінійки 3 і показників часу. Хід відбою складав 218 мм.

Оскільки визначались показники динамічних навантажень, які сприймав амортизатор за короткий проміжок часу (приблизно 100 мс), для точного вимірювання використовувались відео записи дослідів, які потім покадрово аналізувались. Далі, на підставі розглянутої кількості кадрів розраховували показники часу – середній час переміщення штоку. Показання на динамометрі також визначались під час покадрового аналізу відеозаписів дослідів.

3.2 Опис методики приготування магнітно-активних рідин

Для приготування магнітно-активної рідини використовувалось матеріальне обладнання, яке наведено на рис. 3.3.

Магнітоактивна рідина приготувалась на основі обраних товарних гідравлічних рідин шляхом механічного змішування:

- амортизаційна рідина АЖ-12Т;
- індустріальна олива И-40А.

Попереднє спостереження за характером розподілення часток у об'ємі показав, що останні знаходяться певний час у звищеному стані, та не створюють осаду.

При цьому вміст магнітних часток складав за масою 2.5, 5, 10, 15 грам на 100 г рідини. В результаті були отримані рідини з концентрацією 2.4% , 4.7% , 9.1%, 13% по масі.



1 – індустріальна олива И-40А; 2 – амортизаційна рідина АЖ-12Т; 3 – капілярна трубка; 4 – рідина з $C_{\text{мч}} = 13 \%$; 5 – рідина з $C_{\text{мч}} = 9,1 \%$; 6 – рідина з $C_{\text{мч}} = 4,7 \%$; 7 – рідина з $C_{\text{мч}} = 2,4 \%$; 8 – магнітоактивні частинки (Static Control)

Рисунок 3.3 – Матеріальне обладнання для приготування магнітоактивної рідини

3.3 Методика визначення коефіцієнта коригування в'язкості

В'язкість визначають дослідним шляхом на підставі співвідношення Пуазейля для об'єму рідини V , що протікає за час t через капіляр радіусом r і довжиною l при різниці тисків на його кінцях Δp [30]:

$$V = \frac{\pi r^4 \Delta p t}{8 \eta l} \quad (3.1)$$

Як видно, цей обсяг залежить від в'язкості рідини η . Ця формула виводиться в механіці і справедлива для ламінарної течії в'язкої нестисливої рідини.

Для визначення в'язкості невідомої рідини використовується метод порівняння. Вимірюють час закінчення перетікання через капіляр двох рідин рівного об'єму V . Одну з рідин, в'язкість якої відома, вважають еталонної.

На підставі формули 3.1 для еталонної рідини розрахункова формула для даного методу:

$$\frac{\Delta p}{\Delta p_o} = \frac{p}{p_o} \quad (3.2)$$

де: p_o – щільність еталонної рідини, г/см^3 ;

p - щільність досліджуваної рідини, г/см^3 .

Тоді розрахункова формула коефіцієнту в'язкості матиме вигляд:

$$k = \frac{t}{t_o} \cdot \frac{p}{p_o} \quad (3.3)$$

де: t - час перетікання магнітно-активної рідини під дією магнітного поля, с;

t_o - час перетікання рідини, с;

p – щільність магнітно-активної рідини, г/см^3 ;

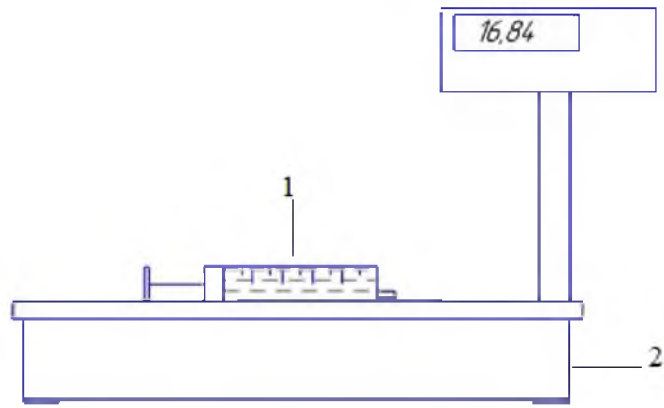
p_o - щільність рідини, г/см^3 .

Таким чином, для визначення в'язкості будь-якої рідини потрібно знати час перетікання через капіляр еталонної рідини t_o з в'язкістю η_o , час перетікання t такого ж об'єму досліджуваної рідини і щільність обох рідин.

3.3.1 Визначення щільності виготовлених рідин

Щільність - це скалярна фізична величина, яка визначається як відношення маси тіла до зайнятого цим тілом обсягу.

Для визначення щільності отриманих магнітно-активних рідин та чистої оливи використовувались електронні ваги 2 та шприц з магнітно-активною рідиною 1 рис. 3.4.



1- шприц з рідиною ; 2 - електронні ваги

Рисунок 3.4 - Обладнання для визначення щільності

Визначмо щільність за формулою:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (3.4)$$

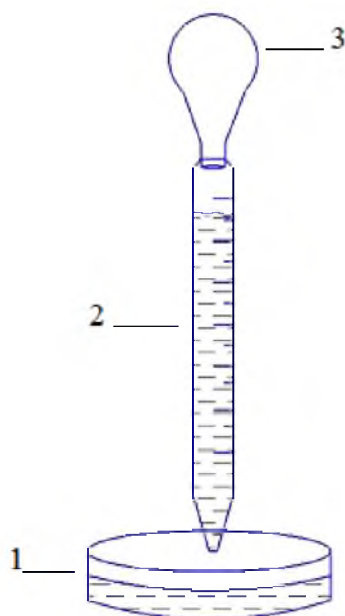
де: m – маса об'єму рідини в шприці, г;

V – обсяг який займає рідина в шприці, см^3 ;

Таким же чином визначено щільність еталонної рідини ρ_0 , використовуючи оливу без додавання магнітно активних частинок.

3.3.2 Визначення часу перетікання

Час перетікання t_0 визначався при фіксуванні часу за який об'єм рідини 1 заповнював капілярну трубку 2 рис. 3.5.



1 – магнітно-активна рідина; 2 – капілярна трубка. 3 - спринцівка

Рисунок 3.5 – Прилади для визначення часу перетікання

Для визначення зміни часу перетікання магнітно-активної рідини під дією магнітного поля було використано обмотку збудження статора 4 стартера СТ-221 в якості електромагніту, акумуляторну батарею 6СТ-90 7 як джерело струму, реостат 5 для корегування сили струму, для її вимірювання використовувався амперметр 2. Для вимірювання наруги застосовувався мультиметр 6, а для відключення струму використовувався вимикач 1.

Колба з магнітно-активною рідиною встановлювалась у отвір між обмотками збудження статору. За допомогою капілярної трубки 3 фіксували час її заповнення при силі струму в 20, 25 та 30А рис 3.6.



1 – вимикач; 2 – амперметр; 3 - капілярна трубка; 4 – обмотка збудження статора; 5 – реостат; 6 – мультиметр; 7 – акумуляторна батарея

Рисунок 3.6 – Методика визначення часу перетікання під дією магнітного поля

3.4 Методика визначення характеристики опору штоку амортизатора при ході відбою під дією магнітного поля

Сама методика визначення характеристики опору штоку амортизатора при ході відбою залишилась незміною, та описана в пунктах 3.1.1, 3.1.2.

Проте для визначення впливу магнітно-активних рідин під дією магнітного поля на характеристики опору штоку амортизатора при ході відбою на імітаційного випробувальний стенд встановили додаткове електрообладнання. Це виконано з метою моделювання дії створеного магнітного поля на в'язкістний стан магнітно-активних рідин концентрацій $C_{мч} = 2.4\%$ і $C_{мч} = 13\%$. Суміші попередньо заливали у порожнечу амортизатора замість штатної рідини. Вказані межі визначені у відповідності до границь досліджуваних факторів впливу.

Так, для створення магнітного поля використовувалась обмотка збудження статора 2, для зміни сили струму застосовувався реостат 1, а для її вимірювання використовувався амперметр 6. В якості джерела струму використано акумуляторну батарею 3. Також для виміру температури амортизатора та напруги застосовувався мультиметр, и для відключення струму використовувався вимикач 4.



1 – реостат; 2 – обмотка збудження статора; 3 – акумуляторна батарея; 4 – вимикач; 5 – мультиметр; 6 – амперметр

Рисунок 3.7 – Електрообладнання імітаційно-випробувального стенду

Висновки за розділом

Наведено методику, яку запропоновано до використання під час проведення експериментальних досліджень. При цьому описано:

- методику спрощеного визначення характеристики опору штоку амортизатора при ході відбою за двома режимами навантаження - плавного та різкого ходу, а також під дією магнітного поля;
- методику приготування магнітно-активних рідин; визначення коефіцієнта коригування в'язкості;
- методику визначення щільності виготовлених рідин;
- методику визначення часу перетікання по капілярним трубкам.

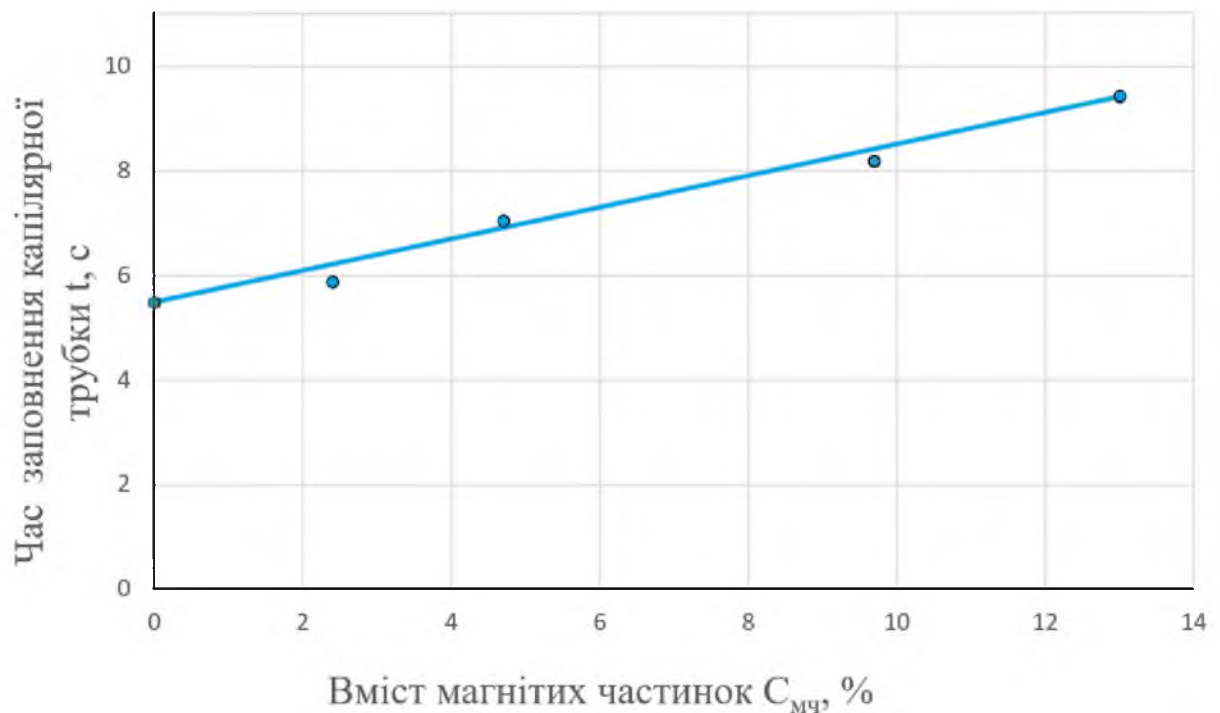
4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ОПОРУ АМОРТИЗАТОРА

4.1 Дослідження стану магнітно-активних рідин без впливу магнітного поля

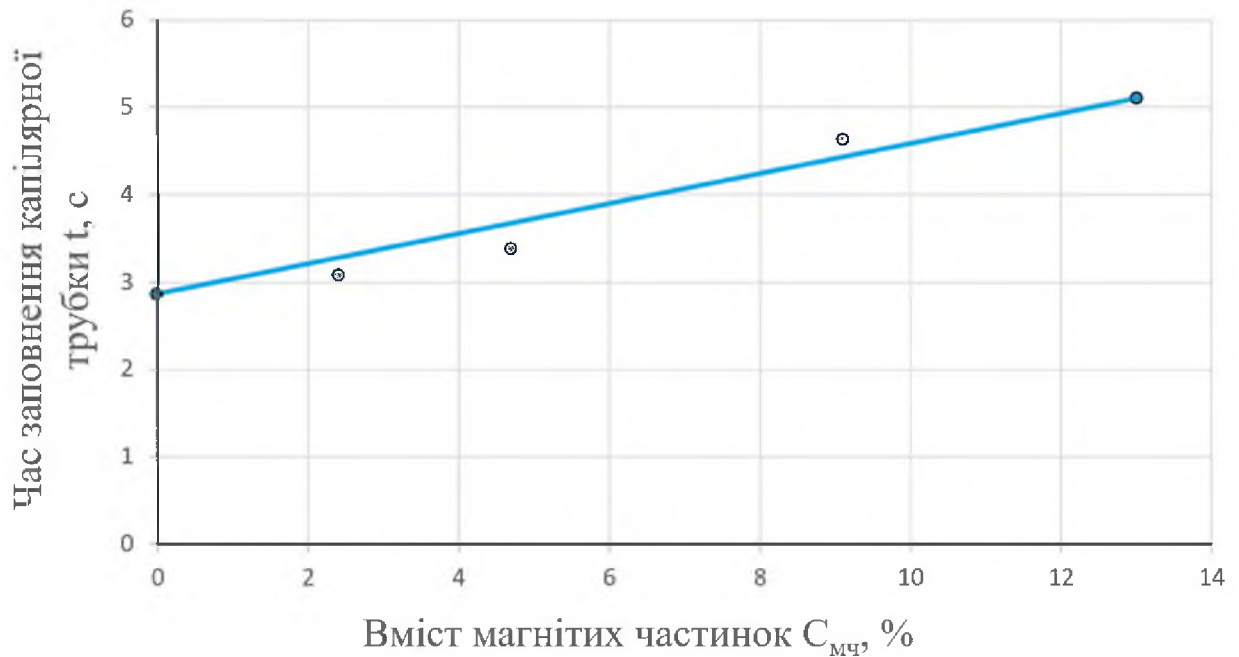
Для отримання коефіцієнту в'язкості рідин необхідно визначити час перетікання магнітно-активних рідин через капілярну трубку, а також показники щільності рідин без впливу магнітного поля.

4.1.1 Визначення часу перетікання магнітно-активних рідин

За методикою, яку наведено в розділі 3.2. проведенні лабораторні дослідження по визначенню часу перетікання магнітно-активної рідини з різною концентрацією магнітно-активних часток через капілярну трубку. Результати досліджень рідин на базі амортизаційної рідині АЖ-12Т та індустриальної оливи И-40А показані на рис. 4.1.



а



б

а - И-40А; б - АЖ-12Т

Рисунок 4.1 - Залежність часу заповнення капілярної трубки магнітно-активною рідиною від концентрації магнітних часток

В цілому визначено, що отримані залежності мають лінійний характер.

З графіку а, що наведено на рис 4.1 видно, що вміст магнітно-активних часток в суміші на основі оливи И-40А впливає на швидкість заповнення капілярної трубки. Чим більше відсотковий вміст магнітно-активних часток, тим більше часу потрібно для перетікання суміші через капілярну трубку. При відсутності часток для заповнення капілярної трубки до 5 мл потрібно 5.49 секунд, а при 13% вмісту магнітно-активних часток 9,43 секунди. Це свідчить про те, що час заповнення збільшився на 72% при максимальній концентрації магнітно-активних частинок.

На графіку б проказаному на рис 4.1 видно, що час перетікання магнітно-активної суміші на основі амортизаційної рідини АЖ-12Т через капілярну трубку також збільшується від відсоткового вмісту часток. Так при відсутності часток для заповнення капілярної трубки до 5 мл потрібно

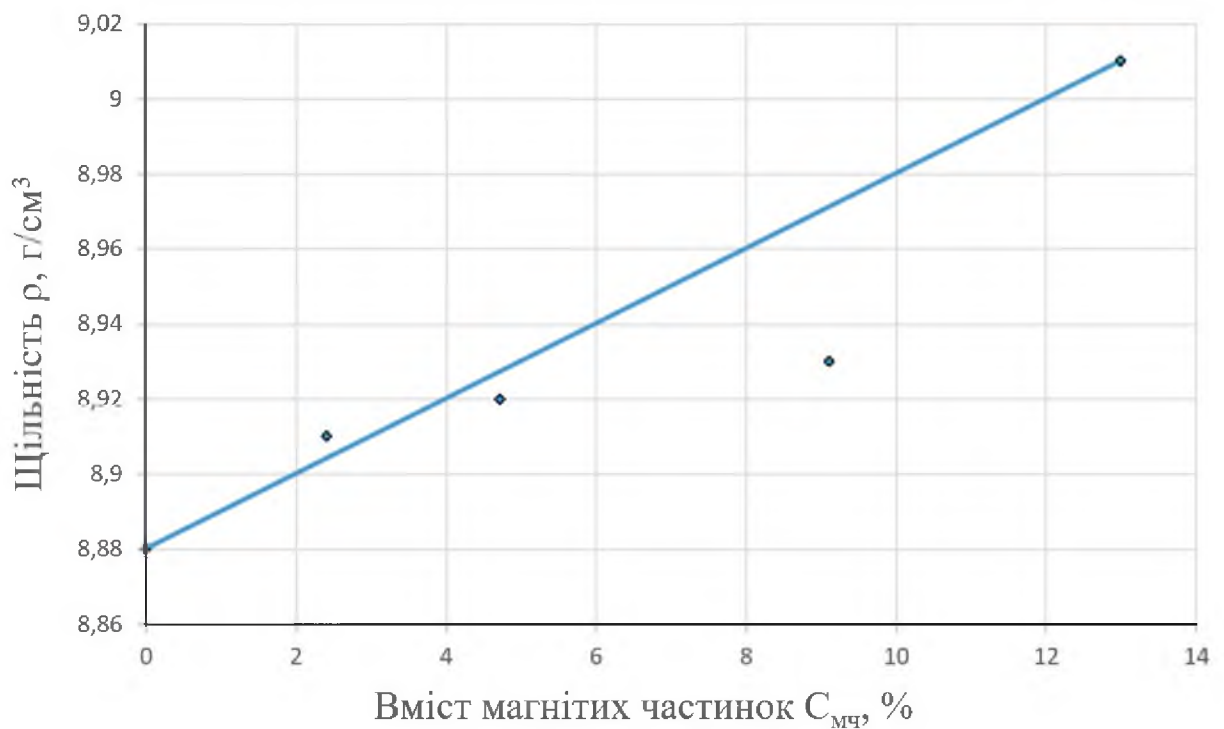
2,86 секунд, а при 13% вмісту магнітно-активних часток 5,1 секунд це значить, що час заповнення збільшився на 78.32% при максимальній концентрації магнітно-активних частинок.

На основі проведених дослідів можна зробити висновок про певну закономірність при якій кількість магнітно-активних часток впливає на час перетікання рідини через капілярну трубку.

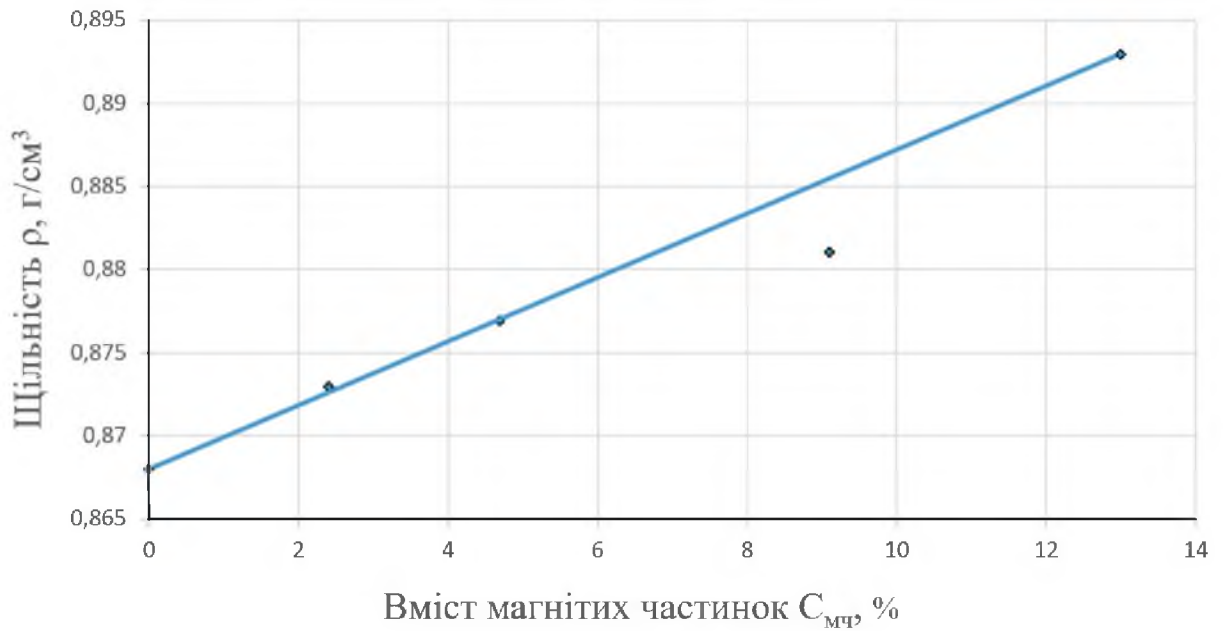
4.1.2 Визначення щільності рідин

За методикою описаною в розділі 3.1 проведенні дослідження по визначенню щільності отриманих магнітно-активних рідин.

Результати досліджень по визначенню щільності показані на графіках рис. 4.2.



а



б

а - И-40А; б - АЖ-12Т.

Рисунок 4.2 – Вплив відсоткової концентрації магнітно-активних часток на щільність рідин

З аналізу графіків слідує, що збільшення відсоткового вмісту магнітно-активних часток впливає на показники щільності рідин.

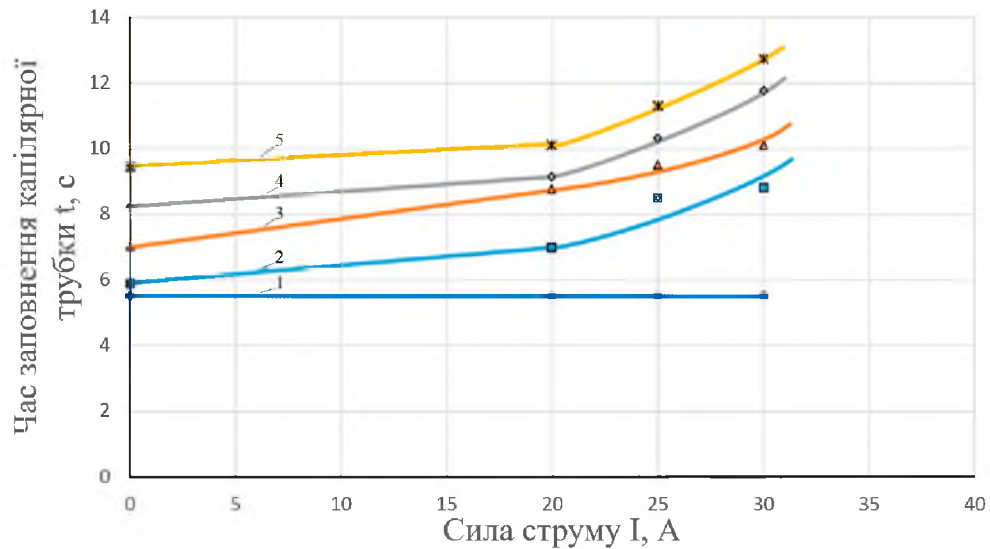
Додавання магнітно-активних часток збільшило щільність суміші на основі оливи И-40А з $0,888 \text{ г/см}^3$ до $0,901 \text{ г/см}^3$ при додаванні 13% частинок, що показує збільшення щільності на 1,46% при максимальній концентрації рис 4.2 – а.

Додавання магнітно-активних часток збільшило щільність суміші на основі амортизаційної рідини АЖ-12Т з $0,868 \text{ г/см}^3$ до $0,893 \text{ г/см}^3$ при додаванні 13% частинок, що показує збільшення щільності на 2,88% при максимальній концентрації рис. 4.2 – б.

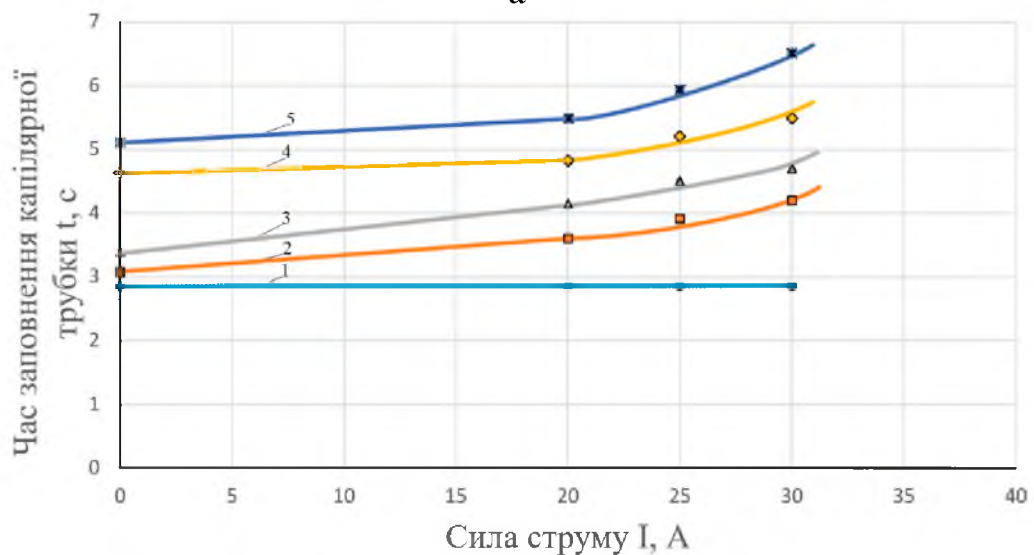
4.2 Дослідження стану магнітно-активних рідин під впливом магнітного поля

За методикою описаною в розділі 3.1 були проведенні дослідження по визначенню часу перетікання магнітно-активних рідин під дією магнітного поля.

Результати досліджень показані на рис. 4.3.



а



б

а - И-40А; б - АЖ-12Т; 1- базова рідина; 2 - $C_{\text{мч}}=2,4 \%$; 3 - $C_{\text{мч}}=4,7 \%$;
4 - $C_{\text{мч}}=9,1 \%$; 5 - $C_{\text{мч}}=13 \%$

Рисунок 4.3 - Час перетікання магнітно-активної суміші на основі оливи И-40А під дією магнітного поля

Аналіз отриманих результатів вказує на наступне:

По-перше, виявлено прояв зміни у в'язкості рідин за непрямою ознакою під дією магнітного поля, яке створюється обмотками пристрою.

По-друге, графічні залежності мають ділянки з лінійним та нелінійним характером змін.

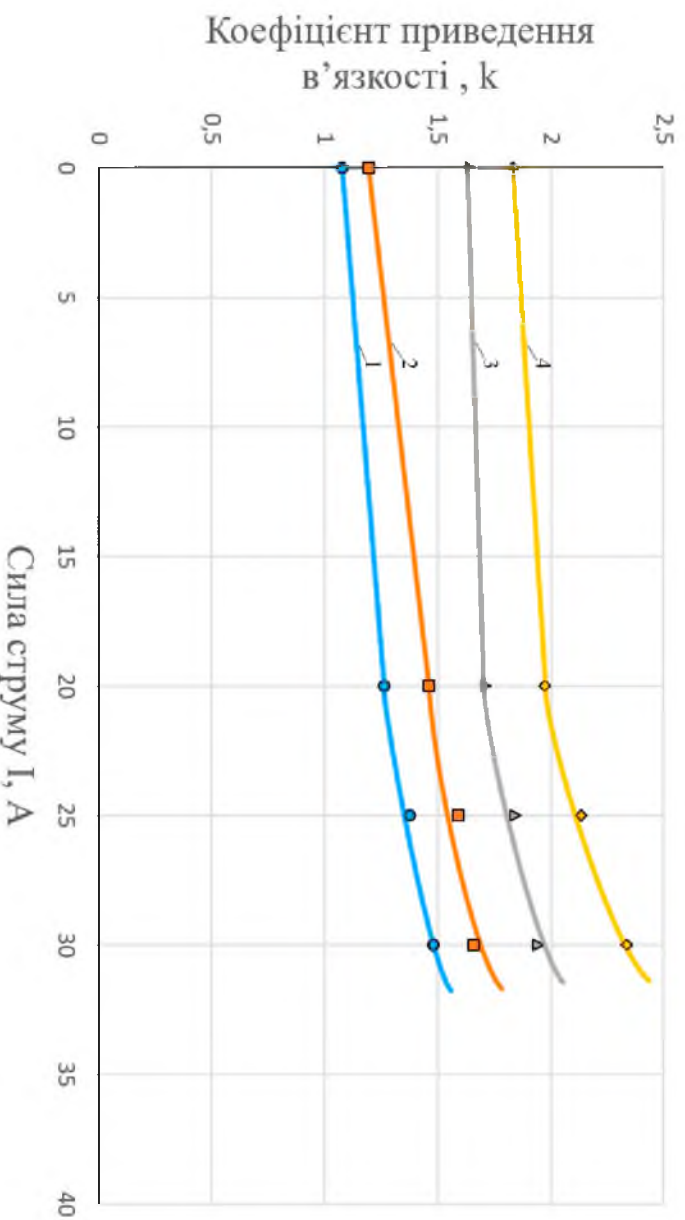
По-третє, швидкість зміни в'язкісного стану рідин неоднозначна.

Для суміші на базі рідини И-40А характерне збільшення часу заповнення капілярної трубки в діапазоні від 6 до 13 секунд в залежності від концентрації часток в суміші. Коли як для суміші на базі АЖ-12Т зменшений час заповнення в діапазоні від 3 до 7 секунд, що обумовлене різними в'язкісними показниками базових рідин.

Не дивлячись на різні показники базової в'язкості рідин можна виділити однакову закономірність по зростанню часу заповнення під дією магнітного поля це свідчить про те, що закономірність обумовлена саме впливом магнітного поля на суміш, а не зміною фізичних властивостей рідин після додавання магнітно-активних часток до рідин.

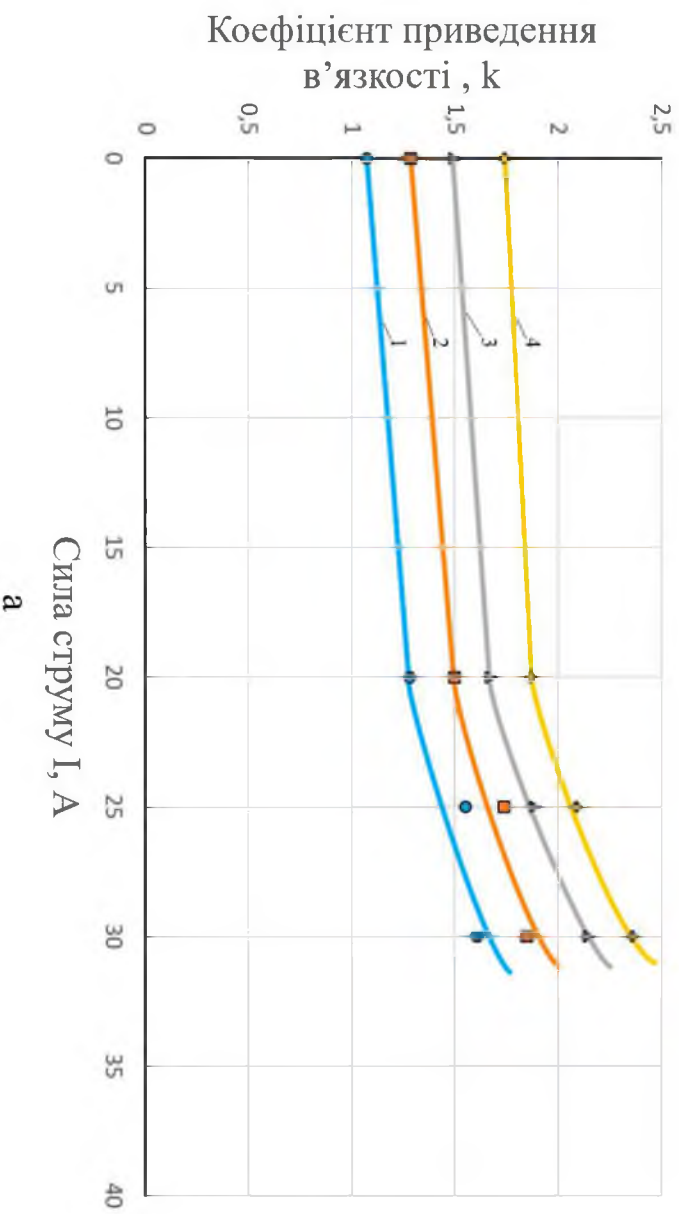
4.3 Визначення коефіцієнту корегування в'язкості магнітно-активних рідин

За методикою наведеною в розділі 3.4 проведено розрахунки (додаток Г) коефіцієнту корегування в'язкості отриманих рідин. В результаті обробки отриманих даних побудовані графічні залежності, які наведено на рис 4.4.



а - И-40А; б - АЖ-12Т; 1 - $C_{MH} = 2,4\%$; 2 - $C_{MH} = 4,7\%$;
 3 - $C_{MH} = 9,1\%$; 4 - $C_{MH} = 13\%$

Рисунок 4.4 – Коефіцієнт корегування в'язкості магнітно-активних рідин



Проаналізувавши графічні залежності можна відмітити наступне:

По-перше, розрахунки показують прояв зміни у в'язкості рідин під дією магнітного поля, яке створюється обмотками пристрою.

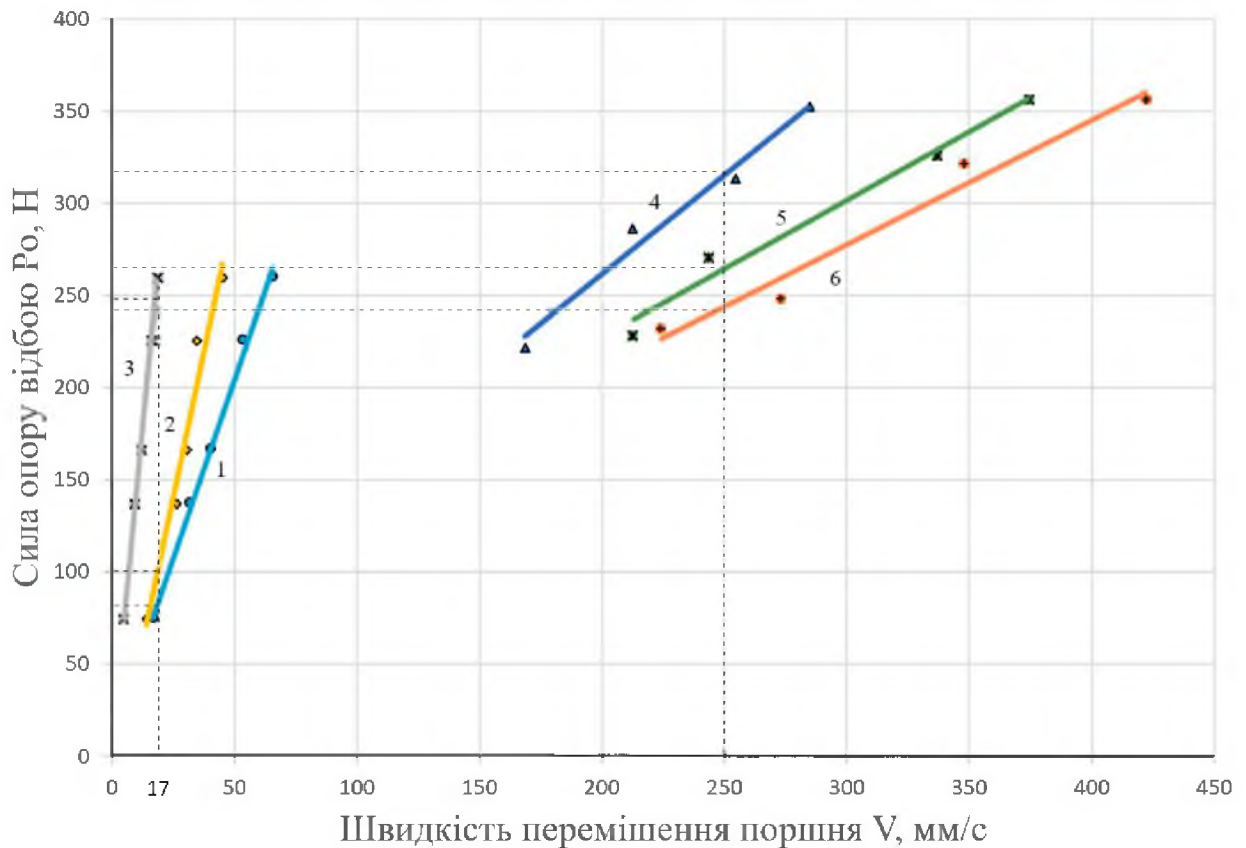
По-друге, отримані коефіцієнти зберігають ті самі закономірності що і на графіках з часу перетікання.

По-третє, не дивлячись на різну базову в'язкість рідин, і як наслідок різний час перетікання рідин через капілярну трубку, отримані коефіцієнти в'язкості мають схожі цифрові значення для однакових відсоткових концентрацій. Це підтверджує те, що коефіцієнти правильно показують вплив концентрації магнітно-активних часток на в'язкісний стан рідин під дією магнітного поля.

По-четверте, можна виділити зміну коефіцієнту корегування від підвищення сили струму. Ця закономірність також видна у часу перетікання рідин через капілярну трубку.

4.4 Визначення характеристики опору штоку амортизатора при ході відбою без впливу магнітного поля

За методикою описаною в розділі 3.1. були проведенні дослідження по визначенню характеристики опору штоку амортизатора при ході відбою без впливу магнітного поля, результати наведені у рис. 4.5.



1 - плавне переміщення, стандартне оливу, $T - 22^{\circ}\text{C}$; 2 - плавне переміщення, АЖ-12Т $C_{\text{мч}}$, 2,4 %, $T - 40^{\circ}\text{C}$; 3 - плавне переміщення, АЖ-12Т $C_{\text{мч}}$, 2,4 %, $T - 8^{\circ}\text{C}$; 4 - різке навантаження, АЖ-12Т $C_{\text{мч}}$, 2,4 %, $T - 8^{\circ}\text{C}$; 5 - різке навантаження, АЖ-12Т $C_{\text{мч}}$, 2,4 %, $T - 40^{\circ}\text{C}$; 6 - різке навантаження, стандартне оливу, $T - 22^{\circ}\text{C}$.

Рисунок 4.5 - Характеристики опору штоку амортизатора при ході відбою без впливу магнітного поля

Проаналізувавши графічні залежності можна відмітити наступне:

По-перше, температура навколишнього середовища впливає на характеристики опору штоку амортизатора, можна виділити залежність по збільшенню швидкості переміщення поршня при збільшенні температури.

По-друге, при різкому навантаженні збільшується сила опору відбою.

Більш ретельний аналіз характеристики опору штоку амортизатора при ході відбою вказує на таке:

Використання магнітно-активних рідин збільшило жорсткість амортизатора в порівнянні з базовою рідиною, так швидкість переміщення

поршня зменшилась на 50 % при плавному перемішені і на 25 % при різких навантаженнях.

Порівнявши результати плавного переміщення рідин АЖ-12Т при температурі 8°C та 40°C можна зробити висновок про збільшення швидкості переміщення поршня на 145 % при збільшенні температури з 8 до 40°C. Також ця закономірність зберігається і при перемішені штоку поршня під дією різких навантажень, при збільшенні температури з 8 до 40°C швидкість переміщення зросла на 32 %.

Не дивлячись на те, що отримані під час проведення експериментів дані сили опору, які використовувались для побудови графіків не можна назвати повністю точними в виду того методу, який використовувався для їх отримання. Проте, на основі отриманих графіків за допомогою графоаналітичного метода можна передбачити як буде змінюватись сила опору відбою.

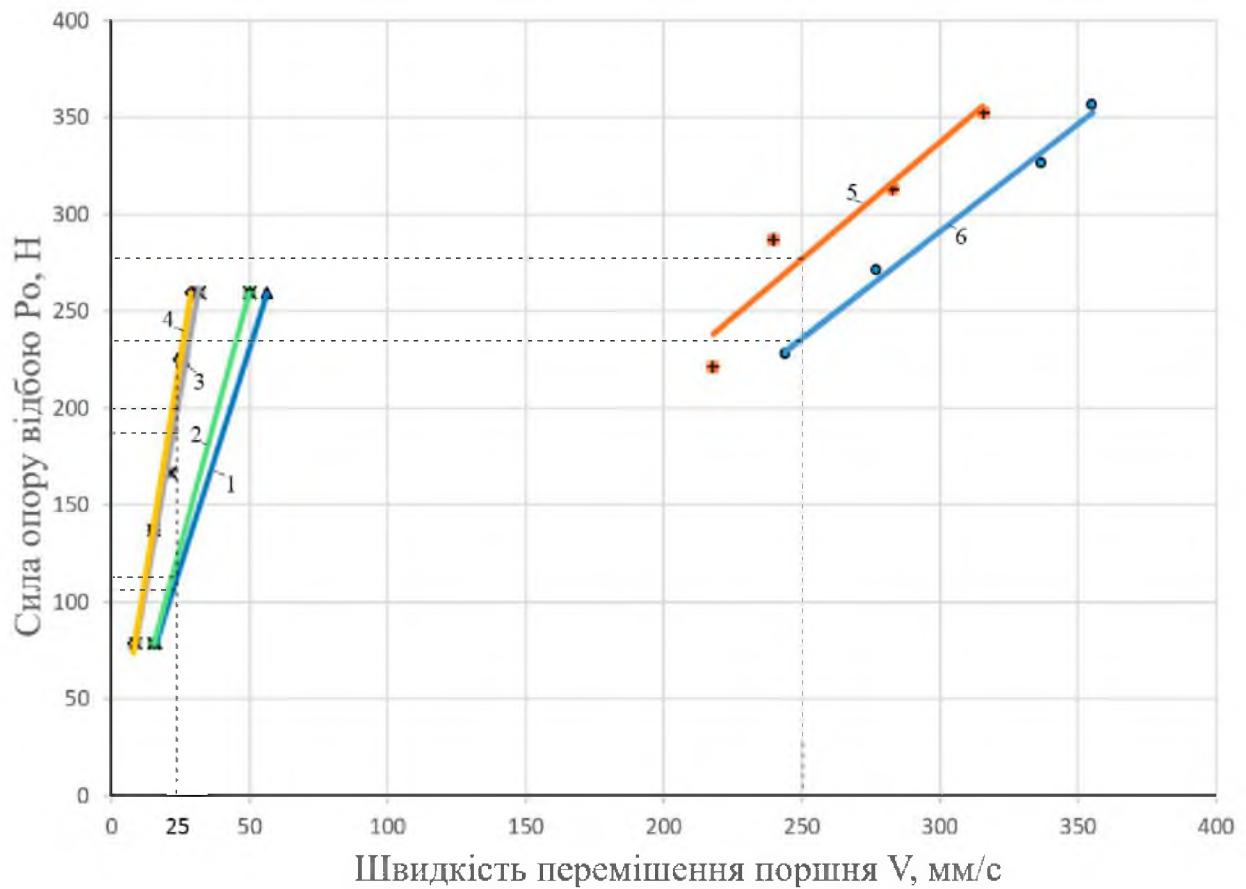
Так порівнявши результати плавного переміщення рідин АЖ-12Т при температурі 8°C та 40°C можна зробити висновок про збільшення сили опору відбою на 205 % з 100 Н до 245 Н при зменшенні температури з 40 до 8 градусів.

Закономірність по збільшенню сили опору при зменшенні температури також зберігається і при перемішені штоку поршня під дією різких навантажень, проте з меншими значеннями, так при зменшенні температури з 40 до 8°C сили опору зросла на 23 % з 260 Н до 320 Н.

4.5 Визначення характеристики опору штоку амортизатора при ході відбою під впливом магнітного поля з 2,4 % концентрацією магнітно-активних часток

За методикою описаною в розділі 3.4 були проведенні дослідження по визначенню характеристики опору штоку амортизатора при ході відбою під

вливом магнітного поля з 2,4 % концентрацією магнітно-активних часток, результати наведені у рис. 4.6.



1 - плавне переміщення при $C_{мч}$ 2,4%, I -20А, T - 40°C; 2 - плавне переміщення при $C_{мч}$ 2,4%, I -30А, T - 40°C; 3 - плавне переміщення при $C_{мч}$ 2,4%, I -20А, T - 14°C; 4 – плавне переміщення при $C_{мч}$ 2,4%, I -30А, T - 14°C; 5 - різке переміщення при $C_{мч}$ 2,4%, I -30А, T - 14°C; 6 - різке переміщення при $C_{мч}$ 2,4%, I -20А, T - 14°C;

Рисунок 4.6 - Характеристики опору штоку амортизатора при ході відбою під впливом магнітного поля з 2,4 % концентрацією магнітно-активних часток

Проаналізувавши графічні залежності можна зробити висновок, що магнітне поле яке діє на магнітно-активні суміші насправді впливає на характеристики опору штоку амортизатора при ході відбою.

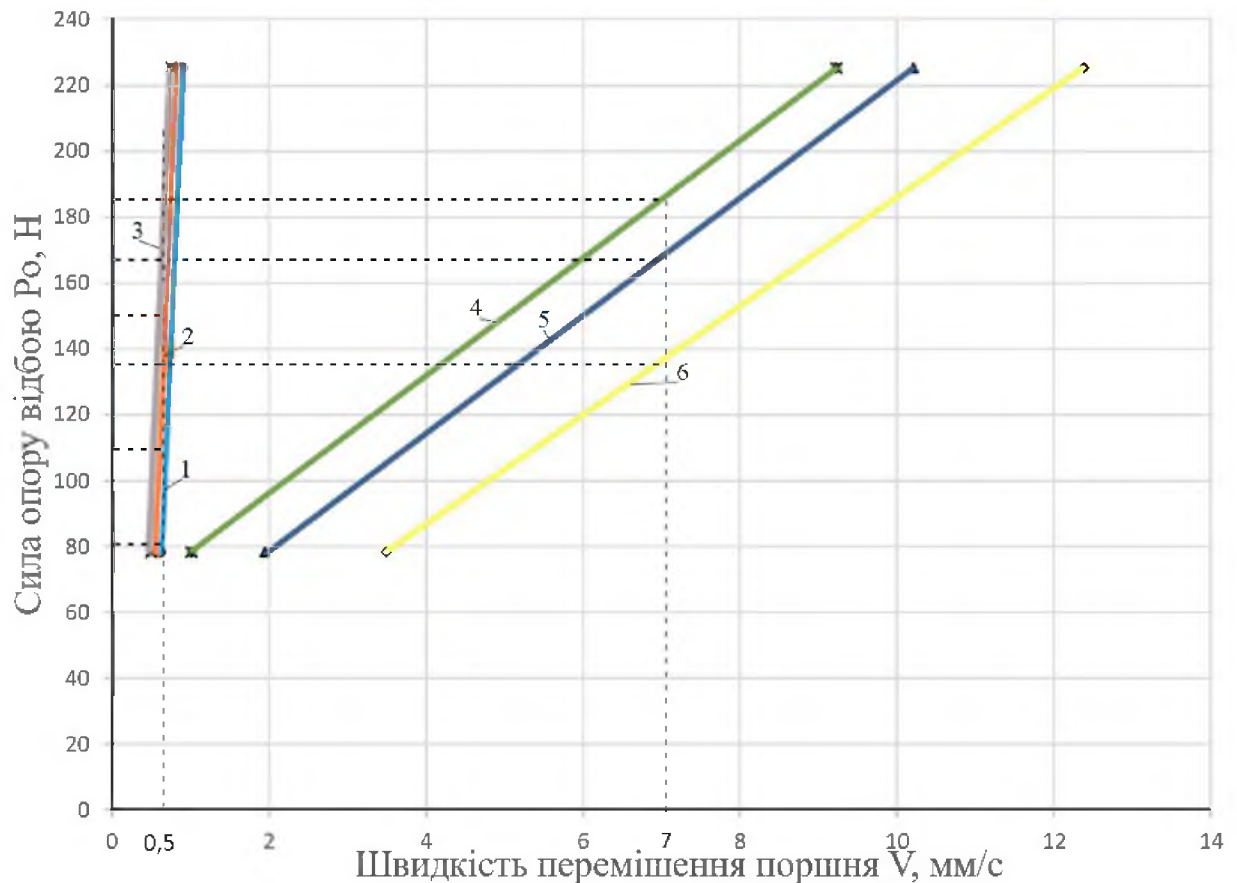
Порівнявши результати плавного переміщення рідин АЖ-12Т з $C_{мч}$, 2,4 % при напрузі 20 та 30 А видно зменшення швидкості переміщення поршня на 10 %. Цей ефект також можна побачити при різких навантаженнях де швидкість переміщення зменшилась на 8,5 % при температурі 14°C, а також при підвищеній температурі в 40°C де швидкість також зменшилась на 10 %.

За допомогою графоаналітичного метода проаналізовано зміну сили опору при відбої. Порівнявши результати плавного переміщення рідин АЖ-12Т з $C_{мч}$, 2,4 % і температурою 40 °C при різній напрузі видно збільшення сили опору відбою на 10 % з 105 Н до 115 Н при збільшенні напруги з 20 до 30 А. При температурі зменшеній до 14 °C сила опору відбою також збільшилась приблизно на 10% зі збільшенням напруги з 180 Н до 200 Н. А при різких навантаження з температурою 14 °C зі збільшенням напруги сила опору відбою збільшилась на 17 % з 230 Н до 275.

На основі зазначеного вище можна зробити висновок, що збільшення напруги і, як наслідок, напруженості магнітного поля збільшує силу опору амортизатора.

4.6 Визначення характеристики опору штоку амортизатора при ході відбою під впливом магнітного поля з 13 % концентрацією магнітно-активних часток

Проведенні дослідження по визначенню характеристики опору штоку амортизатора при ході відбою під впливом магнітного поля з 13 % концентрацією магнітно-активних часток, результати наведені у рис. 4.7 – 4.8.

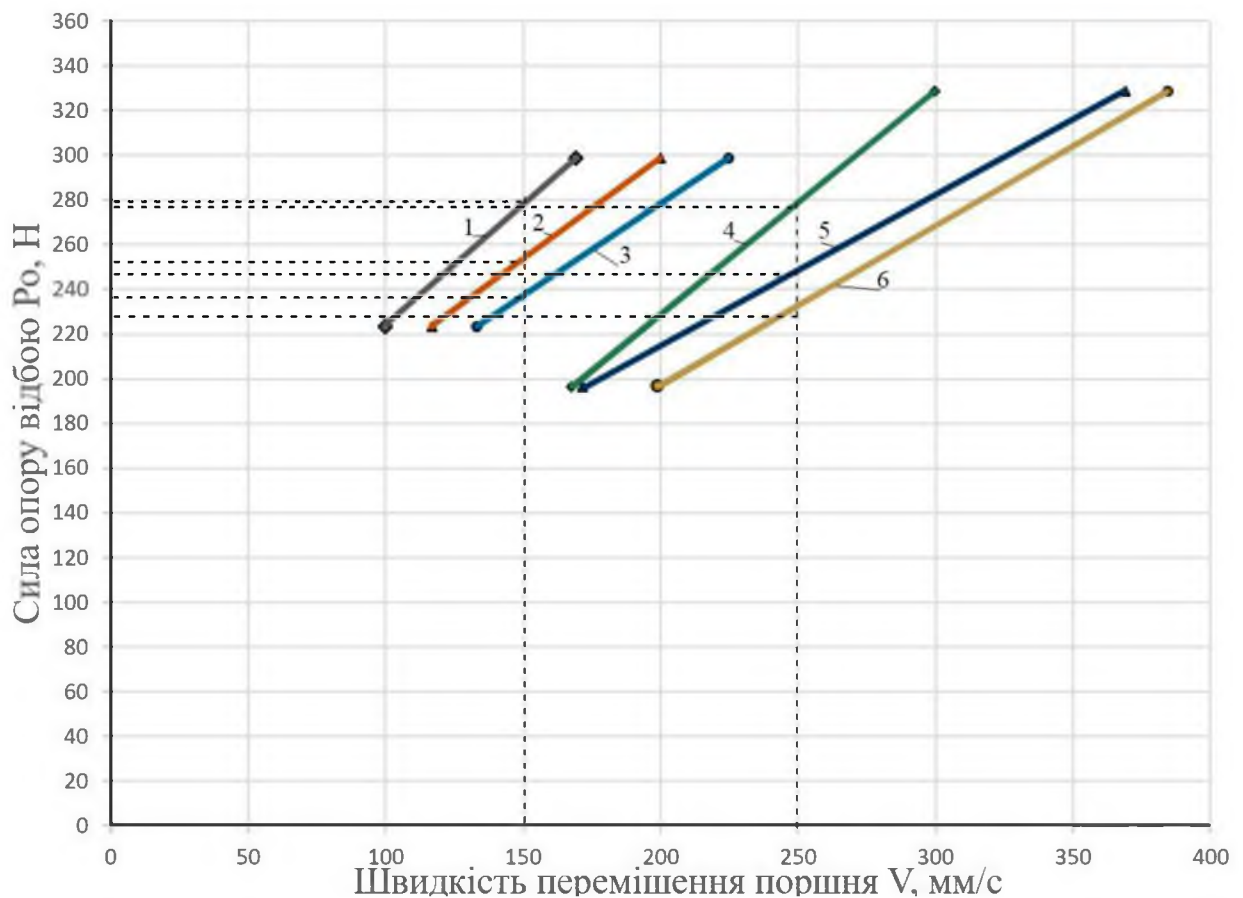


1 - плавне переміщення без впливу магнітного поля, $T - 6^{\circ}\text{C}$; 2 - плавне переміщення $I - 20\text{A}$, $T - 6^{\circ}\text{C}$; 3 - плавне переміщення $I - 30\text{A}$, $T - 6^{\circ}\text{C}$; 4 - плавне переміщення $I - 30\text{A}$, $T - 40^{\circ}\text{C}$; 5 - плавне переміщення $I - 20\text{A}$, $T - 40^{\circ}\text{C}$; 6 - плавне переміщення без впливу магнітного поля, $T - 40^{\circ}\text{C}$;
 Рисунок 4.7 - Характеристики опору штоку амортизатора при плавному ході відбою під впливом магнітного поля з 13 % концентрацією магнітно-активних часток

Аналіз отриманих графічних залежностей вказує на наступне.

Висока концентрація магнітних часток у 13 % значно впливає на швидкість переміщення поршня, особливо при невеликих навантаженнях зменшуючи швидкість переміщення на 300 – 400 %. Порівнявши результати плавного переміщення рідин АЖ-12т $C_{\text{мч}}$, 2,4 та 13% видно, що зменшення швидкості переміщення поршня від впливу магнітного поля збільшилась з 10 до 35%.

За допомогою графоаналітичного метода проаналізовано зміни сили опору. При відбої зі збільшенням напруги має місце збільшення сили опору. При температурі 6 °С сила опору збільшилась на 87 % при збільшенні сили струму від 0 до 30 А, і на 36 % з збільшенням від 20 до 30 А. А при температурі 40 °С сила опору збільшилась на 37 % при збільшенні сили струму від 0 до 30 А, і на 12 % зі збільшенням від 20 до 30 А.



1 - різке переміщення I - 30А, Т - 6°С; 2 - різке переміщення I - 20А, Т - 6°С;

3 - різке переміщення без впливу магнітного поля, Т - 6°С; 4 - різке переміщення I - 30А, Т - 40°С; 5 - різке переміщення I - 20А, Т - 40°С; 6 - різке переміщення без впливу магнітного поля, Т - 6°С

Рисунок 4.8 - Характеристики опору штоку амортизатора при різкому ході відбою під впливом магнітного поля з 13 % концентрацією магнітно-активних часток

Проаналізувавши графічні залежності можна відмітити наступне.

При різних навантаженнях швидкість переміщення поршня зменшується від впливу магнітного поля. Так при температурі у 6 °С збільшення напруги з 20 до 30 А зменшило швидкість переміщення на 13 % з 116,6 до 100 мм/с. А при температурі у 40 °С на 15 % - з 198 до 167,9 мм/с при збільшенні напруги з 0 до 30 А. Це свідчить про те, що зі збільшення температури зменшується вплив на швидкість переміщення поршня.

За допомогою графоаналітичного метода проаналізовано зміну сили опору при відбої. Так зі збільшенням напруги видно збільшення сили опору відбою. Для температури 6 °С сила опору збільшилась на 19 % при збільшенні сили струму з 0 до 30 А, і на 10 % з 20 до 30 А. А для температури 40 °С сила опору збільшилась на 19 % при збільшенні сили струму з 0 до 30 А, і на 12 % з 20 до 30 А.

4.7 Оцінка зміни сили опору ходу відбою від сукупності факторів впливу

У відповідності до методики оцінки багатofакторного простору [31] для оцінки функції відгуку, якою розглядається сила опору ходу відбою, пропонується в якості математичної моделі прийняти алгебраїчне рівняння виду (4.1).

$$y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3 + a_4X_4 + a_5X_1X_2 + a_6X_1X_4 \quad (4.1)$$

де: $y = P_0$, Н; $X_1 = C_{мч}$, %; $X_2 = I$, А; $X_3 = T$, °С; $X_4 = V$, мм/с.

Обмеженість першим порядком ґрунтується на принципі «достатньої необхідності», що обумовлюється завданням – графічне представлення напрямків зміни функції за визначеними експериментальними даними на час отримання узагальнених результатів досліджень. Враховувалась тільки сумісна дія концентрації і сили струму та концентрації та швидкості переміщення поршня. Інші варіації не брались до уваги, оскільки вони, на мій

погляд, не є визначальними. При цьому також переслідується мета з прогнозування характеру зміни сили опору від впливу більш розширених значень параметрів незалежних факторів впливу.

Для визначення коефіцієнтів рівняння (4.1) необхідно скласти систему із семі алгебраїчних рівнянь.

Це представляється можливим, якщо на підставі графіків, які відображені на рис. 4.5 – 4.8 скласти табл. 4.1 численних даних для побудування та рішення запропонованої системи алгебраїчних рівнянь.

Таблиця 4.1 - Матриця планування та результати досліджень

№ рівняння	Функція відгуку $P_0, Н$	Численні значення незалежних факторів					
		Концентрація магнітних часток		Сила струму		Температура навколишньо го середовища $T, ^\circ C$	Швидкість переміщення поршня V , мм/с
		Рівень	$C_{мч}, \%$	Рівень	I, A		
1	79	-1	2,4	-1	20	14	9
2	260	-1	2,4	1	30	40	50
3	224	1	13	-1	20	6	117
4	329	1	13	1	30	40	300
5	350	-1	2,4	1	30	14	315
6	78	1	13	-1	20	40	2
7	298	-1	2,4	1	30	6	169

Значення функції відгуку $y=P_0$ визначались у графічний спосіб. При цьому враховані мінімальні та максимальні значення параметрів (C , I) та поточні значення (T , V) незалежних факторів впливу, які за оглядом факторного простору максимально повно охоплюють його та визначають вплив на утворення сили опору:

- вмістовий стан рідини $C, \%$;
- температурний стан здійснення робочих процесів, $T, ^\circ C$;
- швидкісний режим взаємодії елементів конструкції амортизатора V , мм/с;

- магнітне поле середовища взаємодії компонентів магнітно-активної рідини, яке створене силою струму I , A .

З урахуванням даних табл. 4.1 та рис. 4.6 - 4.9 складена система з семи алгебраїчних рівнянь (4.2).

$$\begin{aligned}
 79 &= a_0 + a_1 \cdot 2,4 + a_2 \cdot 20 + a_3 \cdot 14 + a_4 \cdot 9 + a_5 \cdot 48 + a_6 \cdot 21,6 \\
 260 &= a_0 + a_1 \cdot 2,4 + a_2 \cdot 30 + a_3 \cdot 40 + a_4 \cdot 50 + a_5 \cdot 72 + a_6 \cdot 120 \\
 224 &= a_0 + a_1 \cdot 13 + a_2 \cdot 20 + a_3 \cdot 6 + a_4 \cdot 117 + a_5 \cdot 260 + a_6 \cdot 1521 \\
 329 &= a_0 + a_1 \cdot 13 + a_2 \cdot 30 + a_3 \cdot 40 + a_4 \cdot 300 + a_5 \cdot 390 + a_6 \cdot 3900 \\
 350 &= a_0 + a_1 \cdot 2,4 + a_2 \cdot 30 + a_3 \cdot 14 + a_4 \cdot 315 + a_5 \cdot 72 + a_6 \cdot 756 \\
 78 &= a_0 + a_1 \cdot 13 + a_2 \cdot 20 + a_3 \cdot 40 + a_4 \cdot 2 + a_5 \cdot 260 + a_6 \cdot 26 \\
 298 &= a_0 + a_1 \cdot 2,4 + a_2 \cdot 30 + a_3 \cdot 6 + a_4 \cdot 169 + a_5 \cdot 72 + a_6 \cdot 405,6
 \end{aligned} \quad (4.2)$$

Рішення системи рівнянь методом Крамера [32] дало можливість визначити коефіцієнти a_0 - a_6 , та отримати рівняння (4.3), яке у першому наближенні враховує вплив чотирьох незалежних параметрів:

$$P_o = -362,07 + 54,37 \cdot C + 21,85 \cdot A + 0,11 \cdot T + 0,18 \cdot V - 2,73 \cdot C \cdot A + 0,09 \cdot C \cdot V \quad (4.3)$$

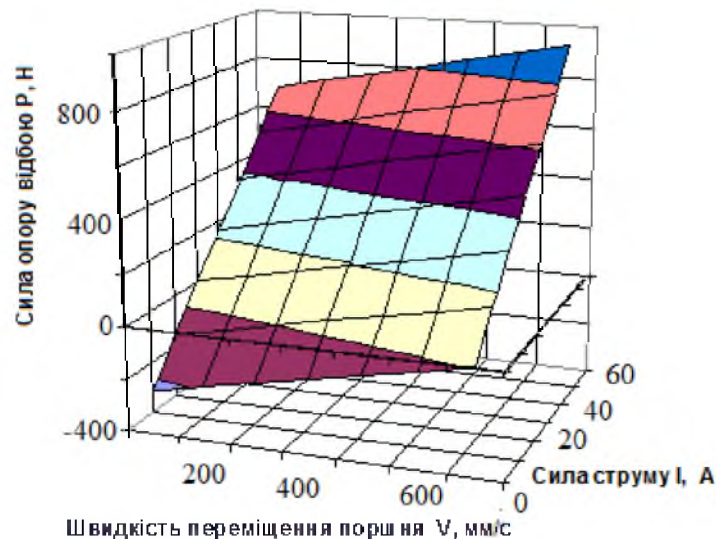
Численні значення отриманих коефіцієнтів вказують на наступне:

- найбільш вагомий вплив на силу опору надає концентрація магнітно-активних часток та сила струму, що створює магнітне поле, та їх взаємна дія;
- значно менший вплив надає температура навколишнього середовища та швидкість переміщення поршня.

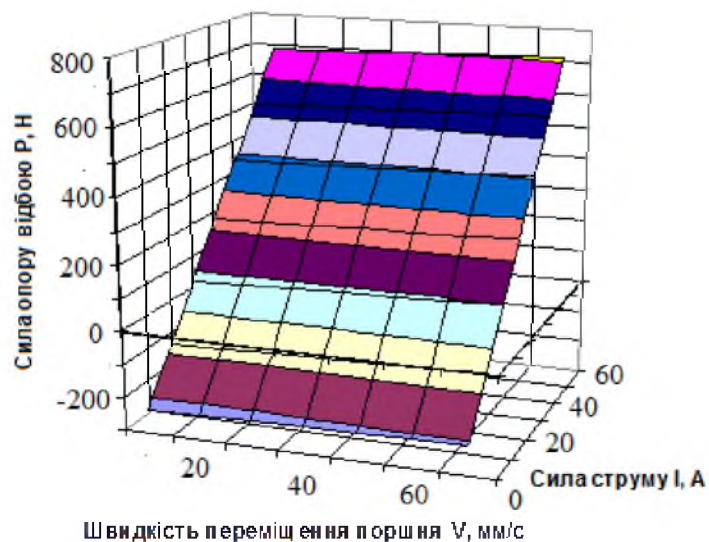
Вагомість отриманих впливів підтверджується сутністю фізичних процесів, які протікають у робочих порожнинах амортизатора:

- температура за рахунок тертя підвищується, та виходить на робочі значення, більш того, відносна температура здійснення робочих процесів під час сталої роботи амортизатора постійна;
- швидкість переміщення поршня залежить від швидкісно-навантажувальних режимів роботи підвіски автомобіля, та є фактором збудження процесів створення опору переміщення.

Використовуючи отримане рівняння (4.2), та попередньо склав масив даних для діапазонів зміни значень параметрів факторів впливу, з використанням програми Excel, отримано графічний вид поверхонь відгуку (рис. 4.9), а поточні значення сили опору наведено на рис. 4.10.



а



б

а – різке переміщення; б – плавне переміщення

Рисунок 4.9 – Залежність сили опору відбою від величини току створення магнітного поля та швидкості переміщення поршня при концентрації магнітних часток 2,4% в рідині АЖ-12Т при $T=6\text{ }^{\circ}\text{C}$

	0	100	200	300	400	500	600
0	230,922	191,322	151,722	112,122	-72,522	-32,922	6,678
10	-77,942	-38,342	1,258	40,858	80,458	120,058	159,658
20	75,038	114,638	154,238	193,838	233,438	273,038	312,638
30	228,018	267,618	307,218	346,818	386,418	426,018	465,618
40	380,998	420,598	460,198	499,798	539,398	578,998	618,598
50	533,978	573,578	613,178	652,778	692,378	731,978	771,578
60	686,958	726,558	766,158	805,758	845,358	884,958	924,558

а

	0	10	20	30	40	50	60
0	230,922	226,962	223,002	219,042	215,082	211,122	207,162
10	-77,942	-73,982	-70,022	-66,062	-62,102	-58,142	-54,182
20	75,038	78,998	82,958	86,918	90,878	94,838	98,798
30	228,018	231,978	235,938	239,898	243,858	247,818	251,778
40	380,998	384,958	388,918	392,878	396,838	400,798	404,758
50	533,978	537,938	541,898	545,858	549,818	553,778	557,738
60	686,958	690,918	694,878	698,838	702,798	706,758	710,718

б

а – різке переміщення; б – плавне переміщення:

Рисунок 4.10 – Поточні значення сили опору за умовами: $C=2,4\%$; $T=6\text{ }^{\circ}\text{C}$:

верхні значення по горизонталі - швидкість переміщення поршня; по
вертикалі лівий стовбець – сила струму

Аналіз отриманих результатів вказує на наступне:

- зберігається фізична сутність робочих процесів, тобто, при малих швидкостях руху на збільшених силах струму сила опору менше, ніж при різких переміщеннях. Так при $I=30\text{A}$ та $V=60\text{ мм/с}$ сила опору $P_0=251\text{ Н}$, а при $V=600\text{ мм/с}$ - $P_0=465\text{ Н}$;

- приріст сили опору при збільшенні сили струму у 2 рази зі збільшенням швидкості переміщення від 10 мм/с до 60 мм/с зменшується полого нелінійно з 2,98 до 2,82 разів (2,98; 2,95; 2,88; 2,82);

- приріст сили опору при збільшенні сили струму у 2 рази зі збільшенням швидкості переміщення від 100 мм/с до 600 мм/с зменшується круто нелінійно з 2,7 до 1,98 разів (2,7; 2,48; 2,18; 1,98). Це вказує на значне відставання швидкості дії магнітного поля, та попередньо – на необхідність збільшення сили струму для підтримки визначеного збільшення сили опору.

Таким чином отримане рівняння дає можливість здійснювати прогнозну оцінку сили опору від екстрапольованих значень параметрів факторів впливу. При цьому порівняння розрахункових значень сили опору з експериментальними, наприклад при умовах: $C=2,4\%$; $I=30\text{A}$; $T=6\text{ }^{\circ}\text{C}$; $V=169\text{ мм/с}$, показує, що розходження результатів складає 4-6%.

Негативні значення сили опору обумовлюються створенням сил статичного опору за рахунок ведення частинок які створюють статичний опір, який необхідно подолати для початку перетікання рідини через отвори (канали) клапанних груп амортизатора.

Висновки за розділом

Наведено результати проведених експериментальних досліджень в лабораторних умовах. При цьому визначено: час перетікання магнітно-активної рідини з різною концентрацією магнітно-активних часток через капілярну трубку; щільність отриманих магнітно-активних рідин; час перетікання магнітно-активних рідин під дією магнітного поля.

За отриманими даними проведено: розрахунки коефіцієнту корегування в'язкості отриманих рідин.

Проведенні дослідження по визначенню характеристики опору штоку амортизатора при ході відбою без впливу магнітного поля та під впливом магнітного поля.

За результатами на експериментальних досліджень побудовані графічні залежності та проведено їх аналіз.

Проведена оцінка зміни сили опору ходу відбою від сукупності факторів впливу.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Оскільки тема магістерської роботи «Обґрунтування методики визначення впливу в'язкості рідин з магнітним ефектом на характеристики опору гідравлічних амортизаторів автомобілів» передбачає проведення досліджень на стенді розглянемо заходи забезпеченню безпеки, виробничої санітарії, гігієни праці і пожежної безпеки для приміщень дослідницького центру, а також питання з цивільного захисту.

5.1. Аналіз потенційних небезпек

5.1.1 Механічне травмування, що може бути пов'язане з обривом металевого тросу або роликів які нездатні витримати номінальне навантаження.

5.1.2 Складання вузлів випробувальних стендів пошкодженим ручними інструментами, відвертання ключами більших розмірів з підкладанням металевих прокладок між гранями гайки та ключем, а також збільшення важелю за рахунок іншого ключа чи труби приводять до зриву руки і як наслідок травмування фалангів пальців від вузлів стенду або самого інструменту.

5.1.3 Під час монтування стенду можливе надлишкове фізичне навантаження на робітника та, як наслідок, травмування. Також травмування можливе через порушення правил використання підйомних механізмів.

5.1.4 До виникнення пожежі може призвести недотримання протипожежних заходів при використанні пожежонебезпечних речовин в випробувальній лабораторії, а саме кислот і лугів АКБ, індустриальних мастил И-40, И-20 та амортизаційної рідини «АЖ-12т». Під час зварних або металорізальних робіт можливе потрапляння іскри до пожежонебезпечних речовин або на відпрацьоване ганчір'я просочене цими речовинами що

призведе до пожежі, крім того при певних умовах навіть можливо самозапалення відпрацьованого ганчір'я.

5.1.5 Під час електрозварювальних робіт при виготовлені стенду на працюючих діють небезпечні та шкідливі виробничі фактори, як ультрафіолетове та інфрачервоне випромінювання, підвищена температура, шкідливі виділення. Ультрафіолет викликає поверхнєве запалення очей та опік обличчя. Інфрачервоне діє на кришталик та роговицю ока, видимі промені діють на сітчатку та оболонку очей.

5.1.6 Нанесення лакофарбових шарів на поверхню випробувального стенду розпилювачем може призвести до отруєння оскільки в сумішах фарб є отруйні речовини в вигляді розчинників, їх накопичення в організмі призводить до захворювань організму, схожий негативний вплив також здійснюють випари паливно-мастильних матеріалів.

5.1.7 При механічному пошкодженні АКБ через падіння амортизатора з місця його закріплення на стенді можливе виділення парів кислот і лугів все це призводить до опіків на тілі та пошкодження дихальних шляхів робітника.

5.1.8 Невідповідність нормі освітленості приміщення випробувальної лабораторії призводить до швидкої втоми, що як наслідок приводить до травмування.

5.1.9 Незадовільний стан показників мікроклімату в робочій зоні може призвести до простудних захворювань і травм.

5.1.10 Потенційна небезпека, що пов'язана з проявом наслідків надзвичайних ситуацій можлива через непідготовленість персоналу в умовах надзвичайних ситуацій.

5.2 Заходи по забезпеченню безпеки

Для виключення можливих травмувань персоналу підчас виконання їм своїх службових обов'язків в проекті передбачені заходи по забезпеченню безпеки які були складені зважаючи на передбачені нижче законодавчі та нормативно-правові акти:

- НПАОП 0.00-4.12-05 «Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці»;
- ГОСТ 12.0.003-74 (1999) «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»;
- Державні санітарні норми та правила «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу»;
- НПАОП 0.00-1.71-13 «Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями»;
- НПАОП 0.00-1.62-12 «Правила охорони праці на автомобільному транспорті»;
- ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування»;
- НАПБ А.01.001 -14 «Правил пожежної безпеки в Україні»;
- ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою»;
- ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення»;
- Кодекс цивільного захисту України [Текст] : [прийнятий ВР України 02.10.2012 р. № 5403-VI].

5.2.1 Перед проведенням іспитів потрібно перевіряти правильність встановлення і закріплення випробувальних вузлів, витримувати технології іспитів вузлів та агрегатів, також необхідно перевірити ролики та металевий трос на здатність витримувати номінальне навантаження.

5.2.2 Гайкові ключі повинні підбиратися строго відповідності гайок та болтів. При відповідальній зборці застосовувати накидні ключі, забороняється подовжувати ключі за допомогою інших ключів чи труби.

5.2.3 Для запобігання надлишкового фізичного навантаження на оператора, вузли масою більше 20 кілограм переміщуються за допомогою підйомних засобів. Заради запобігання травмуванню при монтуванні стенду

підйомними засобами перед їх використанням необхідно перевірити стропи, гаки, траверса підйомного пристрою на справність. Вантаж піднімати тільки в відповідності до номінальних даних вантажного механізму.

5.2.4 При використанні АКБ під час проведення іспиту акумулятор повинен встановлюватися до захисного огороження з метою захисту від механічного пошкодження від рухомих агрегатів стенду.

5.2.5 При електрозварювальних роботах для запобігання впливу на робітника таких шкідливих виробничих факторів як підвищення температури та розбризкання металу, зварювальник повинен застосовувати такі засоби індивідуального захисту як спеціальний костюм, який складається з штанів і куртки а також, використовувати рукавиці.

5.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

4.3.1 При електрозварювальних роботах для запобігання впливу на робітника ультрафіолетового та інфрачервоного випромінювання для захисту очей зварювальник повинен використовувати такі засоби індивідуального захисту як маску зі світлофільтром або окуляри. Від шкідливих виділень газу та пилу необхідно застосовувати місцеву вентиляцію або респіратор.

5.3.2 Для захисту від отруєння від впливу на організм паливно-мастильних матеріалів необхідно дотримуватись норм зберіганні паливно-мастильних матеріалів не залишати їх упаковки відкритими. При роботі з паливно-мастильними матеріалами слід використовувати засоби індивідуального захисту такі як спец одяг та засоби захисту дихальних шляхів як респіратор, слідкувати за справністю роботи вентиляції повітря в приміщенні.

5.3.3. Для захисту від зниження працездатності або порушення здоров'я у працівника в приміщенні дослідницької лабораторії необхідно утримувати оптимальні параметри мікроклімату. Оптимальні параметри для працівника

середньої важкості – Π_a в холодну пору року повинні відповідати таким параметрам:

- температура від 15 до 23 °С;
- вологість 40-60%;
- швидкість руху повітря не більше 0,2 м/с.

В холодну пору року для створення оптимальних температурних умов слід використовувати систему місцевого опалювання.

Для підтримки оптимальних параметрів вологості необхідно використовувати загальну систему вентиляції.

5.3.4. Для захисту дихальних шляхів при фарбуванні при роботах з отруйними випарами необхідно використовувати засоби індивідуального захисту - респіратори або протигази.

5.3.5. Для створення сприятливих умов для здорової роботи, які б запобігали швидкій втомлюваності очей освітлення в приміщенні повинно відповідати поставленим нормам згідно ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення» згідно яким мінімальна освітленість для VI класу зорової роботи має становити не менше $E=200\text{лм}$.

Для досягнення оптимальних умов освітленості проведемо розрахунок системи загального рівномірного освітлення для приміщення дослідницької лабораторії.

Розміри приміщення: довжина $a=10\text{м}$, ширина $b=5\text{м}$, висота $h=3,2\text{м}$. Приміщення має світлу побілку: коефіцієнт відбиття $\rho_{\text{стелі}}=70\%$, $\rho_{\text{стін}}=50\%$. Висота робочих поверхонь стенду $h_p=0,7\text{м}$. Для освітлення прийнято світильники типу УПМ-15, які підвішуються до стелі; відстань від світильника до стелі $h_c=0,5\text{м}$.

Визначаємо висоту підвісу світильників над підлогою:

$$h_0 = H - h_c = 3,2 - 0,5 = 2,7 \text{ м}; \quad (5.1)$$

Для світильників загального освітлення з лампами розжарювання потужністю до 200Вт мінімальна висота підвісу над підлогою відповідно до

СНиП П-4-79 повинна бути 2,5 – 4,0м, залежно від характеристики світильника. В нашому випадку h_Q відповідає цій вимозі.

Висота підвісу світильника над робочою поверхнею дорівнює:

$$h = h_0 - h_p = 2,7 - 0,7 = 2,0 \text{ м}; \quad (5.2)$$

Рівномірність освітлення досягається при відповідному співвідношенні відстані між світильниками L і висоти їх підвісу h . Визначимо рекомендовану відстань між світильниками:

$$L = 0,7h = 0,7 \times 2 = 1,4 \text{ м}; \quad (5.3)$$

Необхідна кількість світильників становить:

$$N = \frac{ab}{L^2} \div 2 = \frac{10 \cdot 5}{1,4^2} \div 2 = 12,7 \quad (5.4)$$

Приймаємо 12 світильників, враховуючи розміри приміщення розміщуємо їх у два ряди по 6 штук.

Показник приміщення i становить:

$$i = \frac{10 \cdot 5}{2(10 \cdot 5)} = 1,25 \quad (5.5)$$

За таблиці знаходимо коефіцієнт використання $\eta = 0,52$ для світильника УПМ-15 при $i = 1,25$, $\rho_{\text{стЕЛ}} = 70\%$, $\rho_{\text{стП}} = 50\%$.

Світловий потік одного світильника, а значить і лампи, оскільки за конструктивним виконанням у світильнику встановлюється лише одна лампа, дорівнює:

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{ESk_3 Z}{N_{\eta}} = \frac{200 \cdot 50 \cdot 1,3 \cdot 1,15}{12 \cdot 0,52} = 2395 \text{ лм}; \quad (5.6)$$

Для досягнення оптимальної освітленості вибираємо лампу ЛД-40-4 потужністю 40Вт, світловий потік якої становить 2500лм. Хоча це значення

на 5% більше розрахункового, однак не перевищує встановлену норму – 10% $< A\Phi_{\text{Д}} < + 20\%$.

5.4 Заходи з пожежної безпеки

Комплекс протипожежних заходів для виробничого приміщення дослідницької лабораторії, обладнаного стендом для іспитів амортизаторів, розроблений згідно вимог НАПБА.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні».

5.4.1 Для передбачення виникнення пожежі необхідно дотримуватись правил протипожежних заходів під час зварних та металорізальних робіт те проводити при близькій наявності легкозаймистих речовин та слідкувати за правильністю зберігання пожежонебезпечних матеріалів. З метою додаткового захисту, передбачене використання захисного огородження для АКБ з метою передбачення потрапляння амортизаційних олиив або інших пожежонебезпечних речовин.

5.4.2 Для запобігання самозапалення відпрацьованого ганчір'я необхідно дотримуватись правил пожежної безпеки, уникати контакту ганчір'я з відкритим вогнем, відпрацьовані і просочені матеріали зберігати в спеціальному контейнері та в відведеному місці.

Виходячи з аналізу речовин та матеріалів, які використовуються при роботі у приміщенні дослідницької лабораторії, обладнаного стендом для іспитів амортизаторів:

- згідно ДСТУ EN 2:2014 Класифікація пожеж (EN 2:1992; EN 2:1992/A1:2004, IDT) у приміщенні дослідницької лабораторії, обладнаного стендом для іспитів амортизаторів, можлива пожежа класу - В (горіння рідких речовин або твердих речовин, які розтоплюються);

Оскільки приміщення дослідницької лабораторії, обладнаного стендом для іспитів амортизаторів, належить до категорії «А» з пожежної небезпеки, тому відповідно до вимог ДБНВ.1.1-7.2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» воно має II ступінь вогнестійкості.

Оскільки приміщення має площу 50 м², тому відповідно до вимог п. 3.8 розділу «Типові норми належності вогнегасників» ДСТУ 4297:2004 «Пожежна техніка. Технічне обслуговування вогнегасників. Загальні технічні вимоги» для гасіння, передбачена установка порошкового вогнегасника місткістю 5 літрів та 2 пінні вогнегасника місткістю 5 літрів.

Згідно вимог ДБНВ.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту», в приміщенні дослідницької лабораторії, обладнаного стендом для іспитів амортизаторів встановлена система пожежної й охоронної сигналізації «Сигнал-ВК6». Вона забезпечує виявлення теплових і димових ознак пожежі і місця виникнення пожежі з точністю до місця розміщення датчика.

5.5 Заходи з безпеки у надзвичайних ситуаціях

Єдина державна система цивільного захисту її складові та режими функціонування.

Згідно з Кодексом цивільного захисту України забезпечення захисту населення і територій від НС покладено на Єдину державну систему цивільного захисту (ЄДСЦЗ), яка є сукупністю суб'єктів забезпечення цивільного захисту, котрі здійснюють реалізацію державної політики у сфері цивільного захисту.

Підсистеми Єдиної системи цивільного захисту - сукупність підпорядкованих спеціально уповноваженому центральному органу виконавчої влади функціональних та територіальних органів управління, на які покладаються визначені законом завдання у конкретних сферах цивільного захисту.

Структуру Єдиної системи цивільного захисту становлять центральні та місцеві органи виконавчої влади, органи місцевого самоврядування і створювані ними функціональні та територіальні підсистеми єдиної системи цивільного захисту.

Функціональні підсистеми Єдиної системи цивільного захисту створюються центральними органами виконавчої влади для організації

роботи, пов'язаної із запобіганням надзвичайним ситуаціям та захистом населення і територій в разі їх виникнення.

Організація, завдання, склад сил і засобів, порядок діяльності функціональних підсистем єдиної системи цивільного захисту визначаються положеннями про ці підсистеми, затвердженими відповідними центральними органами виконавчої влади за погодженням із спеціально уповноваженим центральним органом виконавчої влади з питань цивільного захисту.

Кожен рівень єдиної системи цивільного захисту має координуючі та постійні органи управління, систему повсякденного управління, сили і засоби, резерви ресурсів, системи зв'язку та інформаційного забезпечення.

Координуючими органами єдиної системи цивільного захисту є:

- на державному рівні: Державна комісія з питань техногенно-екологічної безпеки та НС. Національна рада з питань безпечної життєдіяльності населення.

- на регіональному рівні - комісії міських державних адміністрацій з питань техногенно-екологічної безпеки та НС;

- на місцевому рівні - комісії районних державних адміністрацій і виконавчих органів рад з питань техногенно-екологічної безпеки та НС;

- на об'єктовому рівні - комісії з питань надзвичайних ситуацій.

Режими функціонування залежать від масштабів і особливостей НС, що прогнозується або виникла, рішенням Ради міністрів Автономної Республіки Крим, відповідної обласної, міської, районної державної адміністрації, виконавчого органу місцевих рад у межах конкретної території може запроваджуватися один із таких режимів функціонування єдиної системи цивільного захисту:

- режим повсякденної діяльності - нормальній виробничо-промисловій, радіаційній, хімічній, біологічній, сейсмічній, гідрогеологічній і гідрометеорологічній обстановці;

- режим підвищеної готовності — при істотному погіршенні виробничо-промислової, радіаційної, хімічної, біологічної, сейсмічної, гідрогеологічної гідрометеорологічної обстановки;
- режим діяльності у надзвичайній ситуації - при реальній загрозі виникнення надзвичайних ситуацій і реагуванні на них;
- режим діяльності у надзвичайному стані - в порядку, визначеному Конституцією України та Законом України "Про надзвичайний стан".

Висновки за розділом

В розділі охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях було проведено аналіз небезпечних та шкідливих факторів які здатні привести до травм або ушкодження здоров'я дослідників.

Для виключення можливих травмувань персоналу розроблені технічні, санітарно-гігієнічні та протипожежні заходи по забезпеченню безпеки, які були складені зважаючи на законодавчі та нормативно-правові акти.

Виконання цих заходів здатне забезпечити комфортні та безпечні умови праці.

6 ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ РОБОТИ

В рамках роботи над магістерським дослідженням було розроблено імітаційно-випробувальний стенд для визначення сил опору переміщення штоку поршня гідравлічного амортизатора.

Оскільки виконання будь-якої науково-дослідної роботи завжди вимагає певних витрат, необхідно проводити їх економічне обґрунтування адже на основі економічних розрахунків можна довести економічну доцільність та ефективність впровадження отриманих результатів виконаних науково-дослідних робіт.

Усі економічні розрахунки, виконуються з використанням цін, тарифів і норм, актуальними на момент написання роботи.

Прогнозований обсяг потреб на стенд за дослідженням ринку складає 100 одиниць. Обсяг діагностичних робіт складає 800 одиниць на рік.

6.1 Розрахунок витрат на проектування стенду

Витрати збираються за статтями калькуляції.

1. Основна заробітна плата визначається за формулою:

$$ЗП_{\text{ОСН}} = M \cdot O_k \cdot N, \quad (6.1)$$

де M – кількість місяців розробки;

O_k – оклад конструктора (грн.);

N – кількість осіб, яка бере участь у розробці.

$$ЗП_{\text{ОСН}} = 2 \cdot 6000 \cdot 4 = 48000 \text{ грн.}$$

2. Додаткова заробітна плата становить 40% від основної заробітної плати і дорівнює:

$$ЗП_{\text{доп}} = 0,4 \cdot ЗП_{\text{осн}}, \quad (6.2)$$

$$ЗП_{\text{доп}} = 0,4 \cdot 48000 = 19200 \text{ грн.}$$

3. Внески на соціальні заходи приймаються 22% (УСМ) від основної та додаткової заробітної плати працівників відповідно до чинного в 2018р. законодавства України:

$$З_{\text{см}} = (ЗП_{\text{осн}} + ЗП_{\text{доп}}) У_{\text{см}} / 100, \quad (6.3)$$

$$З_{\text{см}} = 0,22(48000 + 19,200) = 14784 \text{ грн.}$$

4. Матеріали і комплектуючі для проведення роботи включають в себе папір, канцелярське приладдя тощо, що в загальній сумі складає 1600 грн.

Таблиця 6.1 – Кошторисна вартість проектування стенду

Стаття витрат	Питома вага, %	Сума витрат
1. Матеріали	1,2	1600
2. Основна заробітна плата	35,0	48000
3. Додаткова заробітна плата	14,0	19200
4. Відрахування на соціальне страхування	10,8	14784
5. Накладні витрати	39	53485,72
Разом	100	137142,86

6.2 Розрахунок витрат на виготовлення стенду

Кошторисна вартість створення стенду складається з таких витрат:

1) Вартість матеріалів з урахуванням транспортно-заготівельних витрат:

$$З_{\text{м}} = \sum_{i=0}^n (H_{\text{мі}} \cdot Ц_{\text{мі}}) \cdot K_{\text{т.з.}} \quad (6.5)$$

де $H_{\text{мі}}$ – норма витрат i -го матеріалу, нат. один.;

$Ц_{\text{мі}}$ – ціна i -го матеріалу без ПДВ, грн;

$K_{\text{т.з.}}$ – коефіцієнт транспортно-заготівельних витрат, який приймається як 1,1.

Розрахунок витрат на матеріали проводимо в таблиці 5.2

Таблиця 6.2 – Розрахунок витрат на матеріали

№	Найменування матеріалів	Норма витрат	Одиниця виміру	Вартість матеріалів, грн.	Сума витрат, грн.
1	Труба профільна 60x40	5	м.	95	475
2	Фарба	2	шт.	70	140
3	Кріплення (болти, гайки, дюбеля)	23	шт.	10	230
4	Електроди	1	упк.	75	75
5	Свердла	3	шт.	80	240
6	Диск відрізний по металу	5	шт.	10	50
Разом матеріалів, <i>грн.</i>		-	-	-	1210
Транспортно-заготівельні витрати, <i>грн.</i>		-	-	-	121
Разом витрат, <i>грн.</i>		-	-	-	1331

2) Витрати на комплектуючі визначаємо в табл.5.3 за формулою:

$$З_{\text{м}} = \sum_{i=0}^n (H_{\text{мі}} \cdot Ц_{\text{мі}}) \cdot K_{\text{т.з.}} \quad (6.6)$$

де $H_{\text{кі}}$ – норма витрат i -х комплектуючих виробів, один.;

$Ц_{\text{кі}}$ – ціна i -х комплектуючих виробів без ПДВ, грн;

$K_{\text{т.з.}}$ – коефіцієнт транспортно-заготівельних витрат, який приймається як 1,1.

Таблиця 6.3 – Розрахунок витрат на покупні комплектуючі

№	Найменування комплектуючих	Кількість	Вартість, <i>грн.</i> за одиницю	Сума витрат, <i>грн.</i>
1	Динамометр механічний ДПУ-0,01-2	1	1500	1500
2	АКБ	1	1480	1480
3	Амортизатор 3АЗ 1102	4	330	1320
4	Стартер СТ-221	1	900	900
5	Вантажі	4	200	800
6	Аметр Э-365-1	1	280	280
7	Реостат повзунковий	1	200	200
8	Мультиметр Digital Tech DT838	1	138	138
9	Ролики	2	40	80
10	Електропроводка	2	50	100
11	Трос сталевий оцинкований 3мм	3	8	24
Разом комплектуючих, <i>грн.</i>		—	—	6822
Транспортно-заготівельні витрати, <i>грн.</i>		—	—	682
Разом витрат, <i>грн.</i>		—	—	7504

3) Витрати на монтажні роботи, які складаються з витрат на енергію, на заробітну плату, внесків на соціальні заходи та витрат на використання обладнання та спеціального інструменту для монтажу стенду.

Основна заробітна плата робітників за операціями монтажних робіт визначається за формулою:

$$ЗП_0 = \sum_{i=0}^n (l \cdot t_i), \text{ грн} \quad (6.7)$$

де l - часова тарифна ставка, грн.;

t_i – трудомісткість i -ї операції, н-годин.

Розрахунок розцінки (заробітної плати на одиницю продукції) наводиться в табл.5.4.

Таблиця 6.4 – Основна заробітна плата

Найменування операції	Норма часу, н-годин	Розряд робіт	Часова тарифна ставка, грн.	Заробітна плата на одиницю продукції (розцінка), грн.
Заготівельна	21,7	5	35,7	774,69
Складальна	31	5	35,7	1106,7
Контрольна	9,3	5	35,7	332,01
Разом	62	—	—	2213

Додаткова заробітна плата робітників визначається у відсотках до основної заробітної плати:

$$ЗП_д = \frac{ЗП_0 \cdot Y_{доп}}{100\%}, \quad (6.8)$$

$$ЗП_д = \frac{2213,40 \cdot 30}{100\%} = 664,02 \text{ грн.}$$

де Y_{don} – питома вага додаткової заробітної плати.

Внески на соціальні заходи визначаються у відсотках до основної та додаткової заробітної плати робітників (формула 5.3) :

$$З_{см} = \frac{(2213,40 + 666,02) \cdot 22}{100\%} = 633,03 \text{ грн.} \quad (6.9)$$

В зв'язку с тим, що вартість інструменту, що використовується на монтажних роботах менше 6000 гривень, то приймаємо норму амортизації як 100%.

Суму амортизаційних відрахувань на рік визначаємо за формулою:

$$A_p = \frac{B_{обл} \cdot H_a}{100\%} \quad (6.10)$$

де $B_{обл}$ - вартість обладнання, яке використовується для монтажу стенду, грн.;

H_a – норма амортизації на рік, визначається окремо на кожну одиницю обладнання пропорційне терміну його використання за формулою:

$$H_a = \frac{1}{T_b} \cdot 100\% \quad (6.11)$$

Сума амортизаційних відрахувань, яка буде входити в склад витрат на монтаж стенду визначається за формулою:

$$A_M = \frac{A_p}{F_{еф}} \cdot t_M \quad (6.12)$$

де $F_{еф}$ – ефективний фонд часу роботи обладнання на рік, 1860 годин;

t_M – кількість годин використання обладнання, нормо-годин.

Розрахунок проводиться в таблиці 5.5.

Таблиця 6.5 Розрахунок амортизаційних відрахувань

Вид основних засобів	Первісна вартість, грн.	Кількість, од.	Загальна вартість, грн.	Норма амортизації, %	Час використання, год	Амортизаційні відрахування, грн.
Електро-дріль	930	1	930	100	1.5	0,75
Зварювальний апарат	2350	1	2350	100	3	3,79
Кутова шліфувальна машина	760	1	760	100	2	0,82
Паяльник	310	1	310	100	1.5	0,30
Разом	4350	4	4350	-	-	5,66

Витрати на електроенергію визначаються за формулою:

$$Z_{\text{вл}} = P n_{\text{сум}} \cdot t_{\text{м}} \cdot C_{\text{вп}} \quad (6.13)$$

де $P_{\text{сум}}$ - сумарна встановлена потужність двигунів, кВт;

$t_{\text{м}}$ – кількість годин використання обладнання, год.;

$C_{\text{ел}}$ - ціна 1 кВт. год. електроенергії, приймається за цінами енергетичного ринку, грн.

Розрахунок проводиться в таблицю 5.6.

Таблиця 5.6 – Розрахунок витрат енергії для монтажу стенду

Вид основних засобів	Потужність, кВт	Кількість, од.	Загальна потужність, кВт	Час використання, год	Ціна 1кВт. год.	Витрати енергії, грн.
Електродріль	0,8	1	0,8	1.5	1.78	2,14

Продовження таблиці 5.6

Зварювальний апарат	5,4	1	5,4	3	1.78	28,84
Кутова шліфувальна машина	0,85	1	0,85	2	1.78	3,03
Паяльник	1,7	1	1,7	1.5	1.78	4,54
Разом	8,75	4	8,75	8	—	38,55

Інші витрати складаються з витрат цінного та спеціального інструмент, витрат на обслуговування та ремонт обладнання та загальновиробничих витрат.

Витрати цінного та спеціального інструменту визначаються за їх вартістю.

Загальновиробничі витрати, які приймаються у відсотках до основної заробітної плати робітників, а саме $\mu = 100\text{-}200\%$, приймаємо $170,1\%$ за даними переддипломної практики.

$$З_{\text{пр}} = \frac{З_{\text{по}} \cdot Y_{\text{пр}}}{100\%}, \quad (6.14)$$

$$З_{\text{пр}} = \frac{2213 \cdot 170,1}{100\%} = 3765,34 \text{ грн.}$$

де $Y_{\text{звв}}$ – питома вага загальновиробничих витрат, визначається за даними підприємства, %.

Кошторисна вартість стенду визначається в таблиці 6.7.

Таблиця 6.7 – Кошторисна вартість об'єкту

Статті витрат	Сума, грн.
Витрати матеріалів	1331
Витрати комплектуючих	7504
Заробітна плата	2877,42
Внески на соціальні заходи	633,03
Амортизація обладнання	5,66
Витрати енергії	38,55
Інші витрати	3765,34
Разом витрат	$C_v=16155$

Повна собівартість стенду визначається як добуток виробничої собівартості та інших накладних витрат на проектування.

Інші накладні витрати складаються з адміністративних витрат та витрат на збут. Адміністративні витрати (B_a) визначаються як 15% від виробничої собівартості стенду. Витрати на збут ($B_{зб}$) приймаємо як 1,5% від виробничої собівартості.

Таким чином повна собівартість буде визначена за формулою:

$$C_{\pi} = C_v + B_i = C_v + B_a + B_{зб} + B_{ндр}/N \quad (6.14)$$

$$C_{\pi} = 20196,63 \text{ грн.}$$

Ціна стенду буде дорівнювати сумі повної собівартості та прибутку, який хоче отримати підприємство від реалізації цих стендів. Прибуток слід виразити через рентабельність (p), яка визначається або за даними переддипломної практики, або відповідно ринковому становищу.

$$\text{Ц}_\text{п} = \text{C}_\text{п} \cdot \left(1 + \frac{p}{100\%}\right) \quad (6.15)$$

$$\text{Ц}_\text{п} = 20196,63 \cdot \left(1 + \frac{20}{100\%}\right) = 24235,96 \text{ грн.}$$

де p – рентабельність стенду, приймається 20%.

Ціна реалізації враховує ПДВ = 20% та складатиме:

$$\text{Ц}_\text{р} = \text{Ц}_\text{п} \cdot \left(1 + \frac{\text{НДС}}{100\%}\right) \quad (6.16)$$

$$\text{Ц}_\text{р} = 24235,96 \cdot \left(1 + \frac{20}{100\%}\right) = 29083,15 \text{ грн.}$$

Тоді сума капітальних вкладень споживача буде дорівнювати:

$$\text{K} = \text{Ц}_\text{п} + \text{В}_\text{н} + \text{В}_\text{т} \quad (6.17)$$

$$\text{K} = 29083,15 + 2908,3 + 581,66 = 32573,11 \text{ грн.}$$

де $\text{В}_\text{т}$ – транспортні витрати, приймаються 2% від $\text{Ц}_\text{р}$;

$\text{В}_\text{н}$ – витрати з встановлення та налагодження стенду, приймається 10% від $\text{Ц}_\text{п}$.

6.3 Розрахунок витрат на проведення діагностичних робіт

Далі розраховуються витрати на проведення діагностики при використанні розрахованого стенду, які слід порівняти з базовим варіантом стенду.

Витрати збираються за умовно-постійними ($\text{В}_{\text{у.п}}$) та умовно-змінними ($\text{В}_{\text{у.з}}$) елементами витрат.

Розрахунок умовно-змінних витрат заносимо в табл. 5.8.

Таблиця 6.8 – Умовно-змінні витрати

Статті витрат	Розрахунок	Сума витрат, грн	
		Базовий варіант	Проект
Витрати на оплату праці	$ЗП = t_g \cdot G_v \cdot k_g$ $ЗП_6 = 1,0 \cdot 42 \cdot 1,35 = 56,7$ $ЗП_{\Pi} = 2,5 \cdot 42 \cdot 1,35 = 141,75$	56,7	141,75
Внески на соціальні заходи	$B_{\text{соц}} = ЗП \cdot k_{\text{соц}}$ $B_{\text{соц}\Pi} = 56,7 \cdot 0,22 = 31,7$ $B_{\text{соц}6} = 141,7 \cdot 0,22 = 12,47$	12,47	31,17
Витрати на експлуатацію	Приймаємо 10% від вартості стенду. $B_{\text{експ}6} = \frac{70000 \cdot 0,1}{800} = 8,75$ $B_{\text{експ}\Pi} = \frac{32573,11 \cdot 0,1}{800} = 4,07$	8,75	4,07
Амортизація стенду	$B_{A6} = \frac{70000}{5 \cdot 800} = 17,5$ $B_{A\Pi} = \frac{32573,11}{5 \cdot 800} = 8,14$	17,5	8,14
Інші прямі витрати	Приймаємо коефіцієнт за даними переддипломного проекту як 10% від ЗП. $B_{\text{інш}} = 56,7 \cdot \frac{10}{100} = 5,67$ $B_{\text{інш}} = 141,75 \cdot \frac{10}{100} = 14,17$	5,67	14,17
Всього		101,09	199,3

До умовно-постійних витрат відносяться ті витрати, які не змінюються від зміни обсягу виконання робіт. Тому до таких витрат можна віднести витрати на утримання апарату управління, обслуговуючого персоналу, утримання будівель і споруд та їх поточний ремонт, та інші витрати, які не ввійшли до умовно-змінних витрат приймаються у відсотках до основної заробітної плати основних виробничих робочих на рівні 50%.

Загальна собівартість одиниці діагностичних робіт, якщо умовно-постійні витрати визначаються у відсотках від основної заробітної плати, буде визначена за формулою:

$$C_d = B_{уп} + B_{уз} \quad (6.18)$$

$$B_{уп_6} = 56,7 \cdot 0,5 = 28,35 \text{ грн.}$$

$$B_{уп_п} = 141,75 \cdot 0,5 = 70,88 \text{ грн.}$$

$$C_{д_6} = 28,35 + 101,09 = 129,44 \text{ грн.}$$

$$C_{д_п} = 70,88 + 199,3 = 270,18 \text{ грн.}$$

Ціна діагностичних робіт визначається за формулою:

$$Ц_d = C_d \cdot 1,35 \quad (6.19)$$

$$Ц_{д_6} = 129,44 \cdot 1,35 = 175 \text{ грн.}$$

$$Ц_{д_п} = 270,18 \cdot 1,35 = 364,74 \text{ грн.}$$

Сума річного доходу визначаються за формулою:

$$Д_p = Ц_d \cdot И_d \quad (6.20)$$

$$Д_{p_6} = 175 \cdot 800 = 140000 \text{ грн.}$$

$$Д_{p_п} = 364,74 \cdot 800 = 291792 \text{ грн.}$$

Прибуток за рік визначмо за формулою:

$$П = (Ц - C) \cdot И_d \quad (6.21)$$

$$\Pi_6 = (175 - 129,44) \cdot 800 = 49000 \text{ грн.}$$

$$\Pi_{\pi} = (377,24 - 270,18) \cdot 800 = 78243,2 \text{ грн.}$$

Термін окупності стенду визначмо за формулою:

$$T_{\text{ок}} = \frac{B_{\text{етеп}}}{\Pi} \quad (6.21)$$

$$T_{\text{ок}_6} = \frac{70000}{49000} = 1,5$$

$$T_{\text{ок}_{\pi}} = \frac{32573,11}{78243,2} = 0,4$$

Проведемо порівняння технічно-економічних показників базового та проектного стенду табл. 5.9.

Таблиця 6.9 – Порівняння технічно-економічних показників.

№	Показник	k_T весом.	Базовий стенд			Проектний стенд		
			Значення	Бали	k_T , кв	Значення	Бали	k_T , кв
1	Розмір	0,5	4	5	2,5	5	4	2
2	Вага	0,5	30	5	2,5	40	4	2
3	Ціна стенду	0,3	70000	1	0,3	42000	5	1,5
4	Ціна роботи	0,2	175	5	0,2	377	3	0,5
5	Кількість можливих здійснюваних задач	0,4	4	5	2	2	2,5	1
Загальна оцінка		-	7,5			7,0		

Висновки за розділом

Не зважаючи на те, що за результатами оцінки техніко-економічних характеристик отриманий показник $k_T < 1$, використання запропонованого стенду може бути економічно доцільно в умовах малого підприємництва. Тому, що при невеликих капітальних вкладах вирішуються основні завдання діагностичних робіт.

Термін окупності в 3,7 рази менше ніж у базового стенду. Рівень ціни діагностичних робіт в межах ринкових

ВИСНОВКИ

Аналіз тенденцій розвитку активних підвісок показав, що конструкція підвіски і особливо системи її управління визначають найважливіші експлуатаційні якості автомобіля, такі як плавність ходу, стійкість і керованість. Розглянувши рівень теоретичних розробок, підходів, точок зору різних авторів, були виявленні напрямки за допомогою яких можливо вдосконалити керування елементами конструкції підвісок легкових автомобілів. Доцільним для подальшого дослідження обрано методику дослідження складових амортизаційних магнітно-реологічних рідин.

При цьому визначено, що параметром на який можливо впливати під час керування силою опору є в'язкісний стан рідини. Цей параметр залежить від сукупності інших параметрів впливу. До них слід віднести конструктивні параметри - зазори через які перетікає рідина, об'єми, в яких створюється магнітне поле, концентрація феромагнітних частинок у рідинних, та температура, як некерований параметр.

На підставі зазначеного та за напрямком магістерського дослідження розроблено методологічне забезпечення дослідження, яке спрямовано на оцінку в'язкісного стану товарних гідравлічних рідин з обґрунтованим вмістом магнітно-активних часток, та здійсненням керованого впливу на в'язкісний стан в цілому за рахунок створення магнітного поля постійним струмом у межах 20-30А.. Теоретично обґрунтовано та обрано гідравлічні рідини та магнітні частинки для приготування магнітно-активних рідин та електричні прилади для створення магнітного поля.

Експериментально підтверджено вплив магнітного поля на зміну в'язкісного стану амортизаційної рідини АЖ-12Т і індустріальної оливи И-40А та як наслідок на характеристики опору гідравлічного автомобільного амортизатора при їх застосуванні.

Розроблене методологічне забезпечення включає експериментально апробовані методики, за якими отримано ряд порівняльних результатів. До цих методик відносяться:

- методика спрощеного визначення характеристики опору поршня штоку амортизатора при ході відбою за двома режимами навантаження - плавного та різкого ходу, а також під дією магнітного поля;
- методика приготування магнітно-активних рідин;
- методика визначення коефіцієнта коригування в'язкості магнітно-активних рідин;
- методика визначення щільності виготовлених рідин;

Встановлені закономірності впливу концентрації магнітно-активних частинок $C_{мч}$: 2,4; 4,7; 9,1; 13% та сили струму від 20А до 30А на зміни сили опору відбою гідравлічного амортизатора. Результати вказують на можливість здійснення керованого впливу на робочі процеси, що протікають у порожнини амортизатора. При цьому при використанні рідини АЖ-12Т та $C_{мч} = 2,4\%$ при збільшенні струму від 20А до 30А та швидкості переміщення поршня 300 мм/с і $T = 14^{\circ}\text{C}$ збільшення сили опору складає 17 %, а при $C_{мч} = 13\%$ за визначеними умовами – 18 %. Тобто збільшення концентрації значного впливу на силу опору не робить, але потрібні додаткові дослідження в цьому питанні. Порівняння з характеристикою амортизатора без магнітно-активних часток показало, що збільшення опору при додаванні останніх $C_{мч} = 2,4\%$ складає у середньому від 7% до 27% при зазначених вище умовах.

Виконано прогностична оцінка впливу сукупності параметрів: сили струму; концентрації магнітно-активних часток; швидкості переміщення поршня; температури навколишнього середовища на силу опору переміщення поршня, яка представлена у вигляді математичної моделі та поверхонь відгуку. Аналіз отриманих даних вказав на неоднозначність впливу домішок магнітно-активних частинок на об'ємно – вязкісні

властивості виготовлених рідин, та їх участі на створення сили опору. Висше зазначене потребує проведення додаткових досліджень.

Вважаю, що напрямками подальшого розвитку отриманих результатів дослідження є:

- поширення застосування визначених магнітно-активних часток на інші гідравлічні рідини;
- динамічне тестування амортизаторів з альтернативними магнітно-активними рідинами;
- отримання необхідних даних для побудови алгоритмів керування амортизаторами з альтернативними магнітно-активними рідинами;
- визначення впливу магнітно-активних частинок на експлуатаційні характеристики рідин за часом їх використання та зношування робочих прямуючих поверхонь клапанних груп.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Рожков П.П., Дослідження впливу умов руху автомобіля на вибір раціонального коефіцієнту затухання коливань. / Автомобіль і електроніка. Сучасні технології. Випуск 10/2016. С. 77-80
2. Артюшенко А. Д., Суярков О. Г. Дослідження впливу характеристик підвіски автомобіля малого класу на плавність ходу та її модернізація. / Вісник НТУ «ХП». Серія: Транспортне машинобудування. Х. : НТУ «ХП», 2013. № 31 (1004). С. 21-27. Бібліогр.: 5 назв.
3. Сахно В.П., Мисько Е.М. Идентификация параметра жесткости подвески колесного транспортного средства. /Міжвузівський збірник "НАУКОВІНОТАТКИ". Луцьк, 2016. Випуск № 55. С. 355-359
4. Рожков П. П., Рожков С. П. Комп'ютерний аналіз оптимального співвідношення динамічних параметрів підвіски автомобіля. /ХНАДУ
5. Торлин В.Н., Ветрогон О.А. Розробка і експериментальна перевірка системи стабілізації параметрів плавності ходу автомобіля. /Севастопольський НТУ. Випуск 09/2011.
6. Човнюк Ю.В. Мехатронні системи цифрового управління активною підвіскою вантажопідйомних машин з адаптацією до зовнішнього збурення. /Вестник ХНАДУ, вып. 73, 2016. С. 130-137
- 7.Рожков П.П. Моделі та засоби автоматичного керування плавністю ходу мобільних машин і агрегатів в агропромисловому комплексі: автореф. дис. на здобуття наук. Ступеня канд. техн. наук : спец. 05.13.07 "автоматизація технологічних процесів" / Харків. 2004. 12 с.
8. Шилов А.І. Вдосконалення процесу керування пневматичною підвіскою автотранспортних засобів: автореф. дис. на здобуття наук. Ступеня канд. техн. наук : спец. 05.22.02 " Автомобілі та трактори " / Харків. 2002. 15 с.
9. Рожков С.П. Розробка системи керування адаптивною підвіскою автомобіля з урахуванням умов експлуатації : дис. ... канд. тех. наук : 05.22.20 / Рожков С.П.; [наук. керівник О. В. Бажинов]. Харків. 2016. 112 с.

10. Сіндєєв М.В. Інтелектуалізація підвіски транспортного засобу з використанням транспортного порталу. / Автомобіль і електроніка. Сучасні технології. Випуск 09/2016. С. 62-65
11. Шуляков В.М. Розробка інтелектуальної системи керування параметрами адаптивної підвіски автомобіля. / Автомобіль і електроніка. Сучасні технології. Випуск 07/2015. С. 70-73
12. Серіков Г.С. Адаптивна виброизоляция современного автомобиля. /ХНАДУ. Випуск 10/2011.
13. Магнитореологические жидкости: технологии создания и применение: монография / Е.С. Беляев [и др.]; под ред. А.С. Плехова. - Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева, 2017. 94 с.
14. Дюнов В. А. Управляемая подвеска с магнитореологическими амортизаторами. / Казанцев С. Н., Проданов А. Д., Алксне Я. Э. // Вестник ИжГТУ. 2014. № 1(61). С. 30-20
15. Стефановський О. Б. Застосування магнітно-реологічних рідин в автомобільній техніці. / Праці ТДАТУ Вип. 13, Т. 6. С. 212-219
16. Гордеев Б. А. Применение магнитореологических жидкостей в машиностроении. / Охулков С. Н., Плехов А. С., Злобин П. А. // Приволжский научный журнал, 2014, № 4. С. 29-41
17. Гурский Н. Н. Имитационная модель колебательных систем мобильных машин с использованием интеллектуальных жидкостей. / Гурский Н. Н., Рейхани О. // Системный анализ и прикладная информатика 1-3, 2014. С. 24-28
18. Магнитные эффекты в газожидкостных системах с магнитной жидкостью / В. М. Полунин, П. А. Ряполов, К. С. Рябцев, А. А. Моцар // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2017. Т. 7, № 4 (25). С. 138-145.
19. Колбашов М.А. Магнитожидкостный амортизатор для гашения колебаний. / М.А. Колбашов, А.П. Сизов, В. С. Еловский, В.А. Комельков,

А.Н. Бочкарев // Вестник Воронежского института ГПС МЧС 4(25) 2017 – С. 163-166

20. Пат. 12327 А, Україна, МПК F16F 6/00 (2006.01) Керований магнітореологічний амортизатор з додатковим демпфіруванням / Буцацький О.В. - 15.02.2006, Бюл. № 2, 2006 р.

21. Пат. СССР №1437253, кл. 1360017/02, БИ 42, 1988

22. Пат. F 16 F6/00 /Багатокамерний магнітодинамічний амортизатор/ А.с.№ 870799, кл. F 16 F 6 / 00 „Бюллетень”, № 37,. 07. 10. 81.

23. Пат. 38788 А , Україна, МПК F16F 6/00 (2006.01). Магніторідинний амортизатор / Кірей П.С. - 15.05.2001, Бюл. № 4, 2001 р

24. Пат. 38665 А , Україна, МПК F16F 6/00 (2006.01). Магніторідинний амортизатор / Кірей П.С. 15.05.2001, Бюл. № 4, 2001 р.

25. Пат. 38790 А , Україна, МПК F16F 6/00 (2006.01). Магніторідинний амортизатор / Кірей П.С. - 15.05.2001, Бюл. № 4, 2001 р

26. Пат. 40018 А, Україна, МПК F16F 6/00 (2006.01). Багатокамерний магнітодинамічний амортизатор/ Буцацький О.В. - 15.02.2001, бюл. № 1

27. Дербаремдкер А.Д. Гидравлические амортизаторы автомобилей— М. : Машиностроение, 1969. 236 с.

28. Кушвид Р.П. Испытания автомобиля: учебник. - М.: МГИУ, 2011. 351 с. ISBN 978-5-2760-2017-4.

29. Колосюк Д.С., Зеркалов Д.В. Експлуатаційні матеріали: Підручник. Видання друге. Доповнене. К.: Арістей, 2006. 244 с. ISBN 966-8458-72-9.

30. Лабораторная работа № 8 определение вязкости жидкости капиллярным вискозиметром. Ярославль: ЯГПУ, 2007. 8с

31. Грушко И.М., Сиденко В.М. Основы научных исследований: Учебное пособие . 3-е изд. доп. и перераб. - Харьков: Вища школа, Изд-во при Харьковском университете, 1983. 224 с.

32. Рішення системи лінійних рівнянь методом Крамера : [сайт]. – Режим доступа: <https://math.semestr.ru/kramer/kramer.php>

Додаток А

Вимірювання часу заповнення капілярної трубки рідинами на основі індустріальної оливи И-40А

Таблиця А.1 – Вимірювання часу заповнення капілярної трубки індустріальною оливою И-40А без впливу магнітного поля

№ Дослід	И-40А	С _{мч} 2.4 %	С _{мч} 4.7 %	С _{мч} 9.1 %	С _{мч} 13 %
1	9,1	8,5	6.6	7,5	6,9
2	9	8,5	7.8	7,5	8,8
3	9,3	8,5	7,2	7	5
4	9,3	8,5	7,1	6,7	6,5
5	9,7	8,5	7,1	6,9	5
6	8,3			6,9	6
7	9,6			6,9	6,5
8	7,5			6,9	5,3
9	9				5,2
10	9,1				6,6
11	9,2				5,9
12	9,2				6
13	9,1				6
14	9,1				5,3
15					5,5
16					5,3
Приведенні значення	5,49	5,88	7,04	8,19	9,43

Таблиця А.2 - Вимірювання часу заповнення капілярної трубки індустріальною оливою И-40А під впливом магнітного поля з силою струму 20А.

№ Дослід	С _{мч} 2.4 %	С _{мч} 4.7 %	С _{мч} 9.1 %	С _{мч} 13 %
1	14,4	18	18,4	25
2	14,8	16,2	22	18,3
3	14,9	18,3	15,8	25,8

Продовження таблиці А.2

4	14,5	17,3	23	19,6
5	13,2	16,2	16,3	23,6
6	12,3	15,3	17,5	21,8
7	15,1	14,9	19,8	19,8
8		16,5	17,1	
9		13,6	18,1	
10		16,8	15,2	
11		17,3		
Приведенні значення до 5мл	7	8,2	9,16	10,1

Таблиця А.3 - Вимірювання часу заповнення капілярної трубки індустріальною оливою И-40А під впливом магнітного поля з силою струму 25А.

№ Дослід	С _{мч} 2.4 %	С _{мч} 4.7 %	С _{мч} 9.1 %	С _{мч} 13 %
1	19,2	18	19	25,2
2	17,8	17,1	20,2	20,3
3	16,4	19,2	19,8	21,1
4	16,9	17,5	19	24
5	17,9	19,5	20,5	23,7
6	16	19,2	23,3	21,3
7	15,9	19,6	19,5	
8		21	21,3	
9			23,2	
Приведенні значення до 5мл	8,5	9,5	10,32	11,3

Таблиця А.4 - Вимірювання часу заповнення капілярної трубки індустріальною оливою И-40А під впливом магнітного поля з силою струму 30А.

№ Дослід	С _{мч} 2.4 %	С _{мч} 4.7 %	С _{мч} 9.1 %	С _{мч} 13 %
1	15,4	21,1	23,2	26,6
2	21,2	21,1	23,3	24,4
3	17,7	19	23	25

Продовження таблиці А.4

4	16,2	19,7	23,2	25,1
5	19	20,2	25,5	26,7
6	18,3	21	23,2	25,2
7	16,2	20,5	23,5	
8	17	20,2	23,2	
9				
Приведенні значення до 5мл	8,81	10,1	11,75	12,78

Додаток Б

Вимірювання часу заповнення капілярної трубки рідинами на основі амортизаційної рідини АЖ-12Т

Таблиця Б.1 - Вимірювання часу заповнення капілярної трубки рідинами на основі амортизаційної рідини АЖ-12Т без впливу магнітного поля

№ Дослідів	АЖ-12 Т	С _{мч} 2.4 %	С _{мч} 4.7 %	С _{мч} 9.1 %	С _{мч} 13 %
1	6,10	6,31	7,41	9,39	9,95
2	6,04	6,46	7,30	9,96	10,45
3	5,17	6,07	7,48	9,33	10,36
4	5,59	6,38	7,45	9,22	10,42
5	6,02	7,71	7,40	9,20	10,13
6	5,43	6,91	7,42	9,36	10,43
7	5,03	7,61	7,16	9,37	10,66
8	6,16	6,71	7,94	8,21	10
9	5,71	6,49	7,42	9,25	10,68
10	5,57	6,91	7,38	9,30	10,52
11	6,10	6,68		9,28	10,43
12	6,65				
13	6,06				
14	5,20				
15	6,06				
Приведенні значення до 5мл	2,86	3,07	3,38	4,63	5,1

Таблиця Б.2 - Вимірювання часу заповнення капілярної трубки рідинами на основі амортизаційної рідини АЖ-12Т під впливом магнітного поля з силою струму 20А.

№	С _{мч} 2.4 %	С _{мч} 4.7 %	С _{мч} 9.1 %	С _{мч} 13 %
1	6,24	7,60	9,40	11,40
2	7,17	8,58	9,30	10,60
3	6,43	7,50	9,43	11,05
4	6,81	7,80	9,51	11,20

Продовження таблиці Б.2

5	6,98	8,71	9,82	10,85
6	8,17	8,66	9,87	11,17
7	7,31	7,80	9,89	10,87
8	7,37	8,57	9,86	10,94
9	8,08	8,60	9,90	10,69
10	6,10	8,30	9,55	11,20
11	7,60	8,06	9,70	
12	7,51	8,30		
13	7,40	8,36		
14	7,63	8,32		
Приведенні значення до 5мл	3,6	4,15	4,82	5,49

Таблиця Б.2 - Вимірювання часу заповнення капілярної трубки рідинами на основі амортизаційної рідини АЖ-12Т під впливом магнітного поля з силою струму 25А.

№ Досліду	C _{мч} 2.4 %	C _{мч} 4.7 %	C _{мч} 9.1 %	C _{мч} 13 %
1	7,88	8,83	10,27	11,77
2	8,03	8,87	10,73	11,71
3	7,70	8,47	10,58	11,69
4	8,12	8,86	10,68	12,14
5	7,70	9,10	10,79	12,45
6	7,95	8,90	10,63	11,96
7	7,77	9,05	10,58	12,08
8	7,80	9,69	10,02	11,61
9	7,52	8,80	10,55	11,73
10	7,94	8,92		11,75
11		9,65		
Приведенні значення до 5мл	3,92	4,5	5,2	5,94

Таблиця Б.3 - Вимірювання часу заповнення капілярної трубки рідинами на основі амортизаційної рідини АЖ-12Т під впливом магнітного поля з силою струму 30А.

№ Дослід	C _{мч} 2.4 %	C _{мч} 4.7 %	C _{мч} 9.1 %	C _{мч} 13 %
1	7,90	9,90	10,87	12,34
2	9,12	9,10	12,87	13,82
3	8,74	9,38	11,61	13,52
4	7,69	9,31	10,53	12,63
5	7,89	9,90	11,06	12,53
6	9,15	9,53	10,58	13,59
7	8,45	9,07	11,10	
8		9,28	12,10	
Приведенні значення до 5мл	4,21	4,7	5,5	6,5

Додаток В

Визначення щільності рідин

Таблиця В.1 - Визначення щільності рідин на основі індустріальної оливи И-40А

№ Дослід	И-40А	С _{мч} 2.4 %	С _{мч} 4.7 %	С _{мч} 9.1 %	С _{мч} 13 %
1	16,81	16,84	14,06	16,85	16,94
2	16,82	16,85	14,06	16,86	16,94
3		16,84	14,06	16,86	16,93
4		16,84	14,06		16,94
Приведені значення, г/см ³	0,888	0,891	0,892	0,839	0,901

Таблиця В.2 - Визначення щільності рідин на основі амортизаційної рідини АЖ-12Т

№ Дослід	АЖ-12Т	С _{мч} 2.4 %	С _{мч} 4.7 %	С _{мч} 9.1 %	С _{мч} 13 %
1	16,61	16,68	16,70	16,74	16,77
2	16,60	16,67	16,71	16,74	16,78
3	16,62	16,65	16,70		16,94
4	16,61	16,64			16,95
5		16,67			
6		16,68			
Приведені значення, г/см ³	0,868	0,873	0,877	0,881	0,893

Додаток Г

Визначення коефіцієнту коригування в'язкості

Коефіцієнт коригування в'язкості рідин на основі И-40А без впливу магнітного поля:

$$K_{2.4\%} = \frac{t}{t_o} \cdot \frac{\rho}{\rho_o} = \frac{5.88}{5.49} \cdot \frac{0.891}{0.888} = 1.074$$

$$K_{4.7\%} = \frac{t}{t_o} \cdot \frac{\rho}{\rho_o} = \frac{7.04}{5.49} \cdot \frac{0.892}{0.888} = 1.287$$

$$K_{9.1\%} = \frac{t}{t_o} \cdot \frac{\rho}{\rho_o} = \frac{8.19}{5.49} \cdot \frac{0.893}{0.888} = 1.5$$

$$K_{13\%} = \frac{t}{t_o} \cdot \frac{\rho}{\rho_o} = \frac{9.43}{5.49} \cdot \frac{0.901}{0.888} = 1.743$$

Коефіцієнт коригування в'язкості рідин на основі И-40А під впливом магнітного поля з силою струму 20А:

$$K_{2.4\%} = \frac{t}{t_o} \cdot \frac{\rho}{\rho_o} = \frac{7}{5.49} \cdot \frac{0.891}{0.888} = 1,279$$

$$K_{4.7\%} = \frac{t}{t_o} \cdot \frac{\rho}{\rho_o} = \frac{8,2}{5.49} \cdot \frac{0.892}{0.888} = 1,5$$

$$K_{9.1\%} = \frac{t}{t_o} \cdot \frac{\rho}{\rho_o} = \frac{9,16}{5.49} \cdot \frac{0.893}{0.888} = 1,677$$

$$K_{13\%} = \frac{t}{t_o} \cdot \frac{\rho}{\rho_o} = \frac{10,1}{5.49} \cdot \frac{0.901}{0.888} = 1,866$$

Коефіцієнт коригування в'язкості рідин на основі И-40А під впливом магнітного поля з силою струму 25А:

$$K_{2.4\%} = \frac{t}{t_o} \cdot \frac{\rho}{\rho_o} = \frac{8,5}{5.49} \cdot \frac{0.891}{0.888} = 1,553$$

$$K_{4.7\%} = \frac{t}{t_o} \cdot \frac{\rho}{\rho_o} = \frac{9,5}{5.49} \cdot \frac{0.892}{0.888} = 1,738$$

$$K_{9.1\%} = \frac{t}{t_o} \cdot \frac{\rho}{\rho_o} = \frac{10,32}{5.49} \cdot \frac{0.893}{0.888} = 1,890$$

$$K_{13\%} = \frac{t}{t_o} \cdot \frac{\rho}{\rho_o} = \frac{11,3}{5.49} \cdot \frac{0.901}{0.888} = 2,088$$

Коефіцієнт коригування в'язкості рідин на основі И-40А під впливом магнітного поля з силою струму 30А:

$$K_{2.4\%} = \frac{t}{t_o} \cdot \frac{\rho}{\rho_o} = \frac{8,81}{5,49} \cdot \frac{0,891}{0,888} = 1,610$$

$$K_{4.7\%} = \frac{t}{t_o} \cdot \frac{\rho}{\rho_o} = \frac{10,1}{5,49} \cdot \frac{0,892}{0,888} = 1,847$$

$$K_{9.1\%} = \frac{t}{t_o} \cdot \frac{\rho}{\rho_o} = \frac{11,75}{5,49} \cdot \frac{0,893}{0,888} = 2,15$$

$$K_{13\%} = \frac{t}{t_o} \cdot \frac{\rho}{\rho_o} = \frac{12,78}{5,49} \cdot \frac{0,901}{0,888} = 2,36$$

Коефіцієнт коригування в'язкості рідин на основі АЖ-12Т без впливу магнітного поля:

$$K_{2.4\%} = \frac{t}{t_o} \cdot \frac{\rho}{\rho_o} = \frac{3,07}{2,86} \cdot \frac{0,873}{0,868} = 1,079$$

$$K_{4.7\%} = \frac{t}{t_o} \cdot \frac{\rho}{\rho_o} = \frac{3,38}{2,86} \cdot \frac{0,877}{0,868} = 1,194$$

$$K_{9.1\%} = \frac{t}{t_o} \cdot \frac{\rho}{\rho_o} = \frac{4,63}{2,86} \cdot \frac{0,881}{0,868} = 1,643$$

$$K_{13\%} = \frac{t}{t_o} \cdot \frac{\rho}{\rho_o} = \frac{5,1}{2,86} \cdot \frac{0,893}{0,868} = 1,834$$

Коефіцієнт коригування в'язкості рідин на основі АЖ-12Т під впливом магнітного поля з силою струму 20А:

$$K_{2.4\%} = \frac{t}{t_o} \cdot \frac{\rho}{\rho_o} = \frac{3,6}{2,86} \cdot \frac{0,873}{0,868} = 1,265$$

$$K_{4.7\%} = \frac{t}{t_o} \cdot \frac{\rho}{\rho_o} = \frac{4,15}{2,86} \cdot \frac{0,877}{0,868} = 1,46$$

$$K_{9.1\%} = \frac{t}{t_o} \cdot \frac{\rho}{\rho_o} = \frac{4,82}{2,86} \cdot \frac{0,881}{0,868} = 1,71$$

$$K_{13\%} = \frac{t}{t_o} \cdot \frac{\rho}{\rho_o} = \frac{5,49}{2,86} \cdot \frac{0,893}{0,868} = 1,974$$

Коефіцієнт коригування в'язкості рідин на основі АЖ-12Т під впливом магнітного поля з силою струму 25А:

$$K_{2.4\%} = \frac{t}{t_o} \cdot \frac{\rho}{\rho_o} = \frac{3,92}{2,86} \cdot \frac{0,873}{0,868} = 1,378$$

$$K_{4.7\%} = \frac{t}{t_o} \cdot \frac{\rho}{\rho_o} = \frac{4,5}{2,86} \cdot \frac{0,877}{0,868} = 1.589$$

$$K_{9.1\%} = \frac{t}{t_o} \cdot \frac{\rho}{\rho_o} = \frac{5,2}{2,86} \cdot \frac{0,881}{0,868} = 1.845$$

$$K_{13\%} = \frac{t}{t_o} \cdot \frac{\rho}{\rho_o} = \frac{5,94}{2,86} \cdot \frac{0,893}{0,868} = 2.136$$

Коефіцієнт коригування в'язкості рідин на основі АЖ-12Т під впливом магнітного поля з силою струму 30А:

$$K_{2.4\%} = \frac{t}{t_o} \cdot \frac{\rho}{\rho_o} = \frac{4,21}{2,86} \cdot \frac{0,873}{0,868} = 1.48$$

$$K_{4.7\%} = \frac{t}{t_o} \cdot \frac{\rho}{\rho_o} = \frac{4,7}{2,86} \cdot \frac{0,877}{0,868} = 1.660$$

$$K_{9.1\%} = \frac{t}{t_o} \cdot \frac{\rho}{\rho_o} = \frac{5,5}{2,86} \cdot \frac{0,881}{0,868} = 1.951$$

$$K_{13\%} = \frac{t}{t_o} \cdot \frac{\rho}{\rho_o} = \frac{6,5}{2,86} \cdot \frac{0,893}{0,868} = 2.338$$

Додаток Д

**Визначення характеристики опору плавного ходу штоку поршня
при відбої амортизатора**

Таблиця Д.1 - Плавне переміщення штоку, базова рідина, $T = 22^{\circ}\text{C}$,
навантаження 10 кг.

№ Дослід	$S_n, \text{мм}$	$t, \text{с}$	$P_{от}, \text{кгс}$
1	218	12,6	8
2	218	13	8
3	218	12,3	8
4	218	11,9	8
5	218	12,8	8
Приведенні значення	218	12,52	8

Таблиця Д.2 - Плавне переміщення штоку, базова рідина, $T = 22^{\circ}\text{C}$,
навантаження 15 кг.

№ Дослід	$S_n, \text{мм}$	$t, \text{с}$	$P_{от}, \text{кгс}$
1	218	6,8	14
2	218	6,9	14
3	218	7,1	14
4	218	6,9	14
5	218	6,8	14
Приведенні значення	218	6.86	14

Таблиця Д.3 - Плавне переміщення штоку, базова рідина, $T = 22^{\circ}\text{C}$,
навантаження 20 кг.

№ Дослід	$S_n, \text{мм}$	$t, \text{с}$	$P_{от}, \text{кгс}$
1	218	5,4	17
2	218	5,2	17
3	218	5,0	17
Приведенні значення	218	5.2	17

Таблиця Д.4 - Плавне переміщення штоку, базова рідина, $T - 22^{\circ}\text{C}$, навантаження 25 кг.

№ Досліду	$S_n, \text{мм}$	$t, \text{с}$	$P_{от}, \text{кгс}$
1	218	4,2	23
2	218	4,2	23
3	218	3,7	23
Приведенні значення	218	4.03	23

Таблиця Д.5 - Плавне переміщення штоку, базова рідина, $T - 22^{\circ}\text{C}$, навантаження 29 кг.

№ Досліду	$S_n, \text{мм}$	$t, \text{с}$	$P_{от}, \text{кгс}$
1	218	3,4	26,5
2	218	3,2	26,5
3	218	3,3	26,5
Приведенні значення	218	3,3	26,5

Таблиця Д.6 - Загальні значення плавного переміщення штоку, базова рідина, $T - 22^{\circ}\text{C}$,

№	$S_n, \text{мм}$	$t, \text{с}$	$P_i, \text{Н}$	$V \text{ мм/с}$
1	218	12.52	78.4	17.4
2	218	6.86	137.2	31.8
3	218	5.2	166.6	41.1
4	218	4.03	225.4	54
5	218	3.3	259.7	66

Таблиця Д.7 - Плавне переміщення штоку, АЖ-12Т, $C_{мч} 2,4 \%$, $T - 8^{\circ}\text{C}$, навантаження 10 кг.

№ Досліду	$S_n, \text{мм}$	$t, \text{с}$	$P_{от}, \text{кгс}$
1	218	48,7	8
2	218	43,7	8
3	218	43,5	8
4	218	49,5	8
5	218	50,7	8
Приведенні значення	218	47,22	8

Таблиця Д.8 - Плавне переміщення штоку рідина АЖ-12Т, $C_{мч}$ 2,4 %, Т – 8°C, навантаження 15 кг.

№ Досліду	$S_n, \text{мм}$	$t, \text{с}$	$P_{от}, \text{кгс}$
1	218	22,9	14
2	218	24,7	14
3	218	24,7	14
4	218	23,7	14
5	218	24,6	14
Приведенні значення	218	24,12	14

Таблиця Д.9 - Плавне переміщення штоку, рідина АЖ-12Т, $C_{мч}$ 2,4 %, Т – 8°C, навантаження 20 кг.

№ Досліду	$S_n, \text{мм}$	$t, \text{с}$	$P_{от}, \text{кгс}$
1	218	16,6	17
2	218	16,8	17
3	218	17,6	17
4	218	17	17
Приведенні значення	218	17	17

Таблиця Д.10 - Плавне переміщення штоку, АЖ-12Т, $C_{мч}$ 2,4 %, Т – 8°C, навантаження 25 кг.

№ Досліду	$S_n, \text{мм}$	$t, \text{с}$	$P_{от}, \text{кгс}$
1	218	12,5	23
2	218	13,9	23
3	218	13,6	23
Приведенні значення	218	13,3	23

Таблиця Д.11 - Плавне переміщення штоку, АЖ-12Т, $C_{мч}$ 2,4 %, $T - 8^{\circ}C$, навантаження 29 кг.

№ Дослід	$S_n, мм$	$t, с$	$P_{от}, кгс$
1	218	11,7	26,5
2	218	11,6	26,5
3	218	12	26,5
Приведенні значення	218	11,76	26,5

Таблиця Д.12 - Загальні значення плавного переміщення штоку, рідина АЖ-12Т, $C_{мч}$ 2,4 %, $T - 8^{\circ}C$

№	$S_n, мм$	$t, с$	$P_i, Н$	$V мм/с$
1	218	47,22	78.4	4,61
2	218	24,12	137.2	9,03
3	218	17	166.6	12
4	218	13,3	225.4	16,39
5	218	11,76	259.7	18,537

Таблиця Д.13 - Плавне переміщення штоку, АЖ-12Т, $C_{мч}$ 2,4 %, $T - 40^{\circ}C$, навантаження 10 кг.

№ Дослід	$S_n, мм$	$t, с$	$P_{от}, кгс$
1	218	14,9	8
2	218	16,1	8
3	218	15,3	8
Приведенні значення	218	15,43	8

Таблиця Д.14 - Плавне переміщення штоку, АЖ-12Т, $C_{мч}$ 2,4 %, $T - 40^{\circ}C$, навантаження 15 кг.

№ Дослід	$S_n, мм$	$t, с$	$P_{от}, кгс$
1	218	8,7	14
2	218	7,7	14
3	218	8,3	14
Приведенні значення	218	8,23	14

Таблиця Д.15 - Плавне переміщення штоку, АЖ-12Т, $C_{мч}$ 2,4 %, T - 40°C, навантаження 20 кг.

№ Дослід	$S_n, мм$	$t, с$	$P_{от}, кгс$
1	218	7	17
2	218	6,8	17
3	218	7,6	17
Приведенні значення	218	7,13	17

Таблиця Д.16 - Плавне переміщення штоку, рідина АЖ-12Т, $C_{мч}$ 2,4 %, T - 40°C, навантаження 25 кг.

№ Дослід	$S_n, мм$	$t, с$	$P_{от}, кгс$
1	218	6	23
2	218	6,4	23
3	218	6,5	23
Приведенні значення	218	6,3	23

Таблиця Д.17 - Плавне переміщення штоку, АЖ-12Т, $C_{мч}$ 2,4 %, T - 40°C, навантаження 29 кг.

№ Дослід	$S_n, мм$	$t, с$	$P_{от}, кгс$
1	218	4,9	26,5
2	218	4,7	26,5
3	218	4,9	26,5
Приведенні значення	218	4,83	26,5

Таблиця Д.18- Загальні значення плавного переміщення штоку, рідина АЖ-12Т, $C_{мч}$ 2,4 %, T – 40°C

№	$S_n, мм$	$t, с$	$P_i, Н$	V мм/с
1	218	15,43	78.4	14,12
2	218	8,23	137.2	26,48
3	218	7,13	166.6	30,57
4	218	6,3	225.4	34,60
5	218	4,83	259.7	45,134

Таблиця Д.19 - Плавне переміщення штоку, АЖ-12Т, $C_{мч}$ 2,4 %, Т - 14°C, I - 20А, навантаження 10 кг.

№ Дослід	$S_n, мм$	t, с	$P_{от}, кгс$
1	218	26,23	8
2	218	24,93	8
3	218	24,28	8
Приведенні значення	218	25,13	8

Таблиця Д.20 - Плавне переміщення штоку, АЖ-12Т, $C_{мч}$ 2,4 %, Т - 14°C, I - 20А, навантаження 15 кг.

№ Дослід	$S_n, мм$	t, с	$P_{от}, кгс$
1	218	14,19	14
2	218	13,73	14
3	218	14,16	14
Приведенні значення	218	14,026	14

Таблиця Д.21 - Плавне переміщення штоку, АЖ-12Т, $C_{мч}$ 2,4 %, Т - 14°C, I - 20А, навантаження 20 кг.

№ Дослід	$S_n, мм$	t, с	$P_{от}, кгс$
1	218	10,21	17
2	218	10,38	17
3	218	10,26	17
Приведенні значення	218	10,283	17

Таблиця Д.22 - Плавне переміщення штоку, АЖ-12Т, $C_{мч}$ 2,4 %, Т - 14°C, І - 20А, навантаження 25 кг.

№ Досліду	$S_n, мм$	$t, с$	$P_{от}, кгс$
1	218	8,55	23
2	218	8,30	23
3	218	8,50	23
Приведенні значення	218	8,45	23

Таблиця Д.23 - Плавне переміщення штоку, АЖ-12Т, $C_{мч}$ 2,4 %, Т - 14°C, І - 20А, навантаження 29 кг.

№ Досліду	$S_n, мм$	$t, с$	$P_{от}, кгс$
1	218	6,86	26,5
2	218	6,93	26,5
3	218	6,82	26,5
Приведенні значення	218	6,87	26,5

Таблиця Д.24 - Загальна значення плавного переміщення штоку, рідина АЖ-12Т, $C_{мч}$ 2,4 %, І - 20А, Т - 14°C, навантаження 29 кг.

№	$S_n, мм$	$t, с$	$P_i, Н$	$V, мм/с$
1	218	25,13	78.4	8,674
2	218	14,026	137.2	15,542
3	218	10,283	166.6	21,2
4	218	8,45	225.4	25,798
5	218	6,87	259.7	31,732

Таблиця Д.25 - Плавне переміщення штоку, АЖ-12Т, $C_{мч}$ 2,4 %, Т - 14°C, І – 30А, навантаження 10 кг.

№ Досліду	$S_n, мм$	$t, с$	$P_{от}, кгс$
1	218	26,54	8
2	218	26,46	8
3	218	27,02	8
Приведенні значення	218	26,67	8

Таблиця Д.26 - Плавне переміщення штоку, АЖ-12Т, $C_{мч}$ 2,4 %, Т - 14°C, I – 30А, навантаження 15 кг.

№ Дослід	$S_n, мм$	$t, с$	$P_{от}, кгс$
1	218	14,56	14
2	218	14,29	14
3	218	14,28	14
Приведенні значення	218	14,376	14

Таблиця Д.27 - Плавне переміщення штоку, АЖ-12Т, $C_{мч}$ 2,4 %, Т - 14°C, I – 30А, навантаження 20 кг.

№ Дослід	$S_n, мм$	$t, с$	$P_{от}, кгс$
1	218	10,45	17
2	218	10,88	17
3	218	10,91	17
Приведенні значення	218	10,746	17

Таблиця Д.28 - Плавне переміщення штоку, АЖ-12Т, $C_{мч}$ 2,4 %, Т - 14°C, I – 30А, навантаження 25 кг.

№ Дослід	$S_n, мм$	$t, с$	$P_{от}, кгс$
1	218	8,95	23
2	218	8,86	23
3	218	9,10	23
Приведенні значення	218	8,97	23

Таблиця Д.29 - Плавне переміщення штоку, АЖ-12Т, $C_{мч}$ 2,4 %, Т - 14°C, I – 30А, навантаження 29 кг.

№ Дослід	$S_n, мм$	$t, с$	$P_{от}, кгс$
1	218	7,56	26,5
2	218	7,63	26,5
3	218	7,68	26,5
Приведенні значення	218	7,62	26,5

Таблиця Д.30 - Загальні значення плавного переміщення штоку, рідина АЖ-12Т, $C_{мч}$ 2,4 %, T - 14°C, I – 30А

№	$S_n, \text{мм}$	$t, \text{с}$	$P_i, \text{Н}$	$V \text{ мм/с}$
1	218	26,67	78.4	8,173
2	218	14,376	137.2	15,164
3	218	10,746	166.6	20,286
4	218	8,97	225.4	24,3
5	218	7,62	259.7	28,6

Таблиця Д.31 - Плавне переміщення штоку, АЖ-12Т, $C_{мч}$ 2,4 %, T - 40°C, I – 20А, навантаження 10 кг.

№ Досліду	$S_n, \text{мм}$	$t, \text{с}$	$P_{от}, \text{кгс}$
1	218	12,77	8
2	218	13,57	8
3	218	13,7	8
Приведенні значення	218	13,34	8

Таблиця Д.32 - Плавне переміщення штоку, АЖ-12Т, $C_{мч}$ 2,4 %, T - 40°C, I – 20А, навантаження 29 кг.

№ Досліду	$S_n, \text{мм}$	$t, \text{с}$	$P_{от}, \text{кгс}$
1	218	4,1	26,5
2	218	3,67	26,5
3	218	3,89	26,5
Приведенні значення	218	3,886	26,5

Таблиця Д.33 - Загальні значення плавного переміщення штоку, рідина АЖ-12Т, $C_{мч}$ 2,4 %, T - 40°C, I – 20А

№	$S_n, \text{мм}$	$t, \text{с}$	$P_i, \text{Н}$	$V \text{ мм/с}$
1	218	13,34	78.4	16,34
2	218	3,886	259.7	56,098

Таблиця Д.34 - Плавне переміщення штоку, АЖ-12Т, $C_{мч}$ 2,4 %, Т - 40°C, I – 30А, навантаження 10 кг.

№ Дослід	$S_n, \text{мм}$	t, с	$P_{от}, \text{кгс}$
1	218	15,17	8
2	218	14,1	8
3	218	13,93	8
Приведенні значення	218	14,4	8

Таблиця Д.35 - Плавне переміщення штоку, АЖ-12Т, $C_{мч}$ 2,4 %, Т - 40°C, I – 30А, навантаження 29 кг.

№ Дослід	$S_n, \text{мм}$	t, с	$P_{от}, \text{кгс}$
1	218	4,25	26,5
2	218	4,52	26,5
3	218	4,30	26,5
Приведенні значення	218	4,35	26,5

Таблиця Д 36 - Загальні значення плавного переміщення штоку, рідина АЖ-12Т, $C_{мч}$ 2,4 %, Т - 40°C, I – 30А

№	$S_n, \text{мм}$	t, с	$P_i, \text{Н}$	V мм/с
1	218	14,4	78.4	15,13
2	218	4,35	259.7	50,11

Таблиця Д.37 - Плавне переміщення штоку, АЖ-12Т, $C_{мч}$ 13 %, Т - 6°C, I – 0А, навантаження 10 кг.

№ Дослід	$S_n, \text{мм}$	t, с	$P_{от}, \text{кгс}$
1	10	16,76	8
2	10	16,76	8
3	10	16,75	8
Приведенні значення	10	16,76	8

Таблиця Д.38 - Плавне переміщення штоку, АЖ-12Т, $C_{мч}$ 13 %, $T - 6^{\circ}C$,
 $I - 0A$, навантаження 25 кг.

№ Дослід	$S_n, мм$	$t, с$	$P_{от}, кгс$
1	10	11,33	23
2	10	11,33	23
3	10	11,32	23
Приведенні значення	10	11,33	23

Таблиця Д.39 - Загальні значення плавного переміщення штоку, рідина
 АЖ-12Т, $C_{мч}$ 13 %, $T - 6^{\circ}C$, $I - 0A$

№	$S_n, мм$	$t, с$	$P_i, Н$	V мм/с
1	10	16,76	78.4	0,596
2	10	11,33	225.4	0,882

Таблиця Д.40 - Плавне переміщення штоку, АЖ-12Т, $C_{мч}$ 13 %, $T - 6^{\circ}C$,
 $I - 20A$, навантаження 10 кг.

№ Дослід	$S_n, мм$	$t, с$	$P_{от}, кгс$
1	10	18,55	8
2	10	18,55	8
3	10	18,55	8
Приведенні значення	10	18,55	8

Таблиця Д.41 - Плавне переміщення штоку, АЖ-12Т, $C_{мч}$ 13 %, $T - 6^{\circ}C$,
 $I - 20A$, навантаження 25 кг.

№ Дослід	$S_n, мм$	$t, с$	$P_{от}, кгс$
1	10	12,2	23
2	10	12,2	23
3	10	12,2	23
Приведенні значення	10	12,2	23

Таблиця Д.42 - Загальні значення плавного переміщення штоку, рідина АЖ-12Т, $C_{мч}$ 13 %, $T - 6^{\circ}C$, $I - 20A$

№	$S_n, мм$	$t, с$	$P_i, Н$	$V мм/с$
1	10	18,55	78.4	0,539
2	10	12,2	225.4	0,819

Таблиця Д.43 - Плавне переміщення штоку, АЖ-12Т, $C_{мч}$ 13 %, $T - 6^{\circ}C$, $I - 30A$, навантаження 10 кг.

№ Дослід	$S_n, мм$	$t, с$	$P_{от}, кгс$
1	10	20	8
2	10	20	8
3	10	20	8
Приведенні значення	10	20	8

Таблиця Д.44 - Плавне переміщення штоку, АЖ-12Т, $C_{мч}$ 13 %, $T - 6^{\circ}C$, $I - 30A$, навантаження 25 кг.

№ Дослід	$S_n, мм$	$t, с$	$P_{от}, кгс$
1	10	13,4	23
2	10	13,4	23
3	10	13,4	23
Приведенні значення	10	13,4	23

Таблиця Д.45 - Загальні значення плавного переміщення штоку, рідина АЖ-12Т, $C_{мч}$ 13 %, $T - 6^{\circ}C$, $I - 30A$

№	$S_n, мм$	$t, с$	$P_i, Н$	$V мм/с$
1	10	20	78.4	0,497
2	10	13,14	225.4	0,761

Таблиця Д.46 - Плавне переміщення штоку, АЖ-12Т, $C_{мч}$ 13 %, Т - 40°C,
I – 0А, навантаження 10 кг.

№ Дослід	$S_n, \text{мм}$	$t, \text{с}$	$P_{от}, \text{кгс}$
1	13,75	3,835	8
2	13,75	3,835	8
3	13,75	3,835	8
Приведенні значення	13,75	3,835	8

Таблиця Д.47 - Плавне переміщення штоку, АЖ-12Т, $C_{мч}$ 13 %, Т - 40°C,
I – 0А, навантаження 25 кг.

№ Дослід	$S_n, \text{мм}$	$t, \text{с}$	$P_{от}, \text{кгс}$
1	10	4,04	23
2	10	4,04	23
3	10	4,04	23
Приведенні значення	10	4,04	23

Таблиця Д.48 - Загальні значення плавного переміщення штоку, рідина
АЖ-12Т, $C_{мч}$ 13 %, Т - 40°C, I – 0А

№	$S_n, \text{мм}$	$t, \text{с}$	$P_i, \text{Н}$	$V \text{ мм/с}$
1	13,75	3,835	78.4	3,5
2	50	4,04	225.4	12,37

Таблиця Д.49 - Плавне переміщення штоку, АЖ-12Т, $C_{мч}$ 13 %, Т - 40°C,
I – 20А, навантаження 10 кг.

№ Дослід	$S_n, \text{мм}$	$t, \text{с}$	$P_{от}, \text{кгс}$
1	10	5,1	8
2	10	5,3	8
3	10	4,9	8
Приведенні значення	10	5,1	8

Таблиця Д.50 - Плавне переміщення штоку, АЖ-12Т, $C_{мч}$ 13 %, Т - 40°C, I – 20А, навантаження 25 кг.

№ Дослід	$S_n, мм$	t, с	$P_{от}, кгс$
1	91,16	8,92	23
2	91,16	8,92	23
3	91,16	8,92	23
Приведенні значення	91,16	8,92	23

Таблиця Д.51 - Загальні значення плавного переміщення штоку, рідина АЖ-12Т, $C_{мч}$ 13 %, Т - 40°C, I – 20А

№	$S_n, мм$	t, с	$P_i, Н$	V мм/с
1	10	5,1	78.4	1,96
2	91,16	8,92	225.4	10,21

Таблиця Д.52 - Плавне переміщення штоку, АЖ-12Т, $C_{мч}$ 13 %, Т - 40°C, I – 20А, навантаження 10 кг.

№ Дослід	$S_n, мм$	t, с	$P_{от}, кгс$
1	8,33	8,19	8
2	8,33	8,19	8
3	8,33	8,19	8
Приведенні значення	8,33	8,19	8

Таблиця Д.53 - Плавне переміщення штоку, АЖ-12Т, $C_{мч}$ 13 %, Т - 40°C, I – 20А, навантаження 25 кг.

№ Дослід	$S_n, мм$	t, с	$P_{от}, кгс$
1	45	4,88	23
2	45	4,88	23
3	45	4,88	23
Приведенні значення	45	4,88	23

Таблиця Д.54 - Загальні значення плавного переміщення штоку, рідина АЖ-12Т, $C_{мч}$ 13 %, T - 40°C, I – 20А

№	$S_n, \text{мм}$	$t, \text{с}$	$P_i, \text{Н}$	$V \text{ мм/с}$
1	8,33	8,19	78.4	1,01
2	45	4,88	225.4	9,22

Додаток Е

**Визначення характеристики опору різкого ходу штоку поршня
при відбої амортизатора**

Таблиця Е.1 – Скидання вантажу, базова рідина Т - 22°C, I – 0А

№	S _n ,мм	t, с	P _i , Н	V мм/с
1	15	0,067	231,93	223,8
2	18,3	0,067	248.2	273,13
3	23,3	0,067	321.76	347,76
4	28,3	0.067	356.06	422,38

Таблиця Е.2 – Скидання вантажу, АЖ-12Т, C_{мч} 2,4 %, Т - 8°C, I – 0А

№	S _n ,мм	t, с	P _i , Н	V мм/с
1	18	0,1066	221,48	168,8
2	21,25	0.1	286,65	212,5
3	28,3	0.111	313,6	254,95
4	3,16	0,111	352,8	284,68

Таблиця Е.3 – Скидання вантажу, АЖ-12Т, C_{мч} 2,4 %, Т - 40°C, I – 0А

№	S _n ,мм	t, с	P _i , Н	V мм/с
1	16,6	0,078	228,34	212,82
2	21,6	0,0886	271,068	243,79
3	30	0,089	326,34	337
4	33,3	0,089	356,034	374,15

Таблиця Е.4 – Скидання вантажу, АЖ-12Т, $C_{мч}$ 2,4 %, Т - 14°C, I - 20А

№	$S_n, \text{мм}$	$t, \text{с}$	$P_i, \text{Н}$	$V \text{ мм/с}$
1	16,6	0,068	228,34	244,1
2	21,6	0,078	271,068	276,9
3	30	0,089	326,34	337,07
4	31,6	0,089	356,034	355,056

Таблиця Е.5 – Скидання вантажу, АЖ-12Т, $C_{мч}$ 2,4 %, Т - 14°C, I - 30А

№	$S_n, \text{мм}$	$t, \text{с}$	$P_i, \text{Н}$	$V \text{ мм/с}$
1	16	0.0734	221,48	217,98
2	20	0.0835	286,65	239,52
3	30	0,1	313,6	283
4	3,16	0,1	352,8	316

Таблиця Е.5 – Скидання вантажу, АЖ-12Т, $C_{мч}$ 13 %, Т - 6°C, I - 0А

№	$S_n, \text{мм}$	$t, \text{с}$	$P_i, \text{Н}$	$V \text{ мм/с}$
1	13,33	0,1	223,88	133,3
2	22,5	0,1	298,5	225

Таблиця Е.6 – Скидання вантажу, АЖ-12Т, $C_{мч}$ 13 %, Т - 6°C, I - 20А

№	$S_n, \text{мм}$	$t, \text{с}$	$P_i, \text{Н}$	$V \text{ мм/с}$
1	11,66	0,1	173,13	116,6
2	20	0,1	242,550	200

Таблиця Е.7 – Скидання вантажу, АЖ-12Т, $C_{мч}$ 13 %, Т - 6°C, I - 30А

№	$S_n, \text{мм}$	$t, \text{с}$	$P_i, \text{Н}$	$V \text{ мм/с}$
1	10	0,1	212,268	100
2	22,5	0,133	339,733	169,17

Таблиця Е.8 – Скидання вантажу, АЖ-12Т, $C_{мч}$ 13 %, Т - 40°C, I - 0А

№	$S_n, мм$	$t, с$	$P_i, Н$	$V \text{ мм/с}$
1	13,33	0,067	196,0	198,95
2	30	0,078	329,28	384,61

Таблиця Е.9 – Скидання вантажу, АЖ-12Т, $C_{мч}$ 13 %, Т - 40°C, I - 20А

№	$S_n, мм$	$t, с$	$P_i, Н$	$V \text{ мм/с}$
1	11,66	0,067	193,550	171,47
2	28,75	0,078	396,90	368,589

Таблиця Е.10 – Скидання вантажу, АЖ-12Т, $C_{мч}$ 13 %, Т - 40°C, I - 30А

№	$S_n, мм$	$t, с$	$P_i, Н$	$V \text{ мм/с}$
1	11,25	0,067	169,6	167,9
2	30	0,1	294,0	300