МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до проведення практичних занять з дисципліни
"Дослідження та випробування технічних систем"
для студентів спеціальності G 11.05 «Транспортні засоби»
("Підйомно-транспортні, дорожні, будівельні, меліоративні машини і обладнання"),
усіх форм навчання

Частина 1. Практичні заняття № 1-4

2026

Методичні вказівки до проведення практичних занять з дисципліни «Дослідження та випробування технічних систем» для студентів спеціальності G 11.05 «Транспортні засоби», усіх форм навчання. Частина 1. Практичні заняття № 1-4 М.В. Сидоренко Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2026. 66 с.

Укладачі: М. В. Сидоренко, к.т.н., доцент

Рецензент: Р. О. Фролов, к.т.н.

Відповідальний за випуск: М. В. Сидоренко, доцент, канд. техн. наук

Затверджено
на засіданні кафедри
«Деталі машин і ПТМ»
Протокол № _9_ від 3.06._2026 р.

Рекомендовано
до видання
НМК М-факультета
Протокол № 9 від 9.06.__2026 р

ЗМІСТ

Частина 1
Вступ 5
Практичне заняття № 1. Складання програми й методики приймальних випробувань 6
1.1 Загальні відомості 6
1.2 Завдання до практичного заняття 14
1.3 Порядок проведення практичного заняття 14
Зміст звіту 22
Практичне заняття № 2. Стендові випробування деталей та механізмів ПТМ 21
2.1 Загальні відомості 23
2.2 Завдання до практичного заняття 35
2.3 Порядок проведення практичного заняття 35
Зміст звіту 36
Практичне заняття № 3. Проведення випробувань механізмів кранів **Ошибка! Закладка не определена.**
3.1 Загальні відомості 37
3.2 Завдання до практичного заняття 51
3.3 Порядок проведення практичного заняття 51
Зміст звіту 52
Практичне заняття № 4. Стендові випробування шасі, кузовів і кабін автокранів 54
4.1 Загальні відомості 54
4.2 Завдання до практичного заняття 72
4.3 Порядок проведення практичного заняття 72
Зміст звіту 73
Рекомендована література 75
Основна 75
Додаткова ..... **Ошибка! Закладка не определена.**

Частина 2
Вступ 70
Практичне заняття № 5. Стендові випробування автомобільних кра-

нів… 71
5.1 Загальні відомості 71
5.2 Завдання до практичного заняття 85
5.3 Порядок проведення практичного заняття 85
Зміст звіту 85
Практичне заняття № 6. Випробування на тяглово-швидкісні властивості й паливну економічність 87
6.1 Загальні відомості 87
6.2 Завдання до практичного заняття 101
6.3 Порядок проведення практичного заняття 101
Зміст звіту 101
Практичне заняття № 7. Випробування на стійкість, керованість і маневреність 103
7.1 Загальні відомості 103
7.2 Завдання до практичного заняття 125
7.3 Порядок проведення практичного заняття 126
Зміст звіту 126
Рекомендована література 128
Основна 128
Додаткова 128

ВСТУП

Основною метою практичних занять є ознайомлення з методикою проведення випробувань складних технічних систем: стендових випробувань, а також дорожніх випробувань повнокомплектних автокранів. У процесі виконання практичних занять, у студентів повинні формуватися наступні фахові компетенції:

- Здатність створювати, удосконалювати та застосовувати кількісні математичні, наукові і технічні методи та комп'ютерні програмні засоби, застосовувати системний підхід для розв'язування інженерних задач галузевого машинобудування, зокрема, в умовах технічної невизначеності.
- Критичне осмислення передових для галузевого машинобудування наукових фактів, концепцій, теорій, принципів та здатність їх застосовувати для розв'язування складних задач галузевого машинобудування і забезпечення сталого розвитку.
- Здатність створювати нові техніку та технології в галузі механічної інженерії.
- Усвідомлення перспективних завдань сучасного виробництва, спрямованих на задоволення потреб споживачів, володіння тенденціями інноваційного розвитку технологій галузі.
- Здатність застосовувати та дотримуватися вимог нормативних документів, правил, стандартів у галузі підйомно-транспортного, будівельного машинобудування.

Навчальним планом дисципліни "Дослідження та випробування технічних систем" передбачено 16 годин практичних занять.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 1. СКЛАДАННЯ ПРОГРАМИ Й МЕТОДИКИ ПРИЙМАЛЬНИХ ВИПРОБУВАНЬ

Мета: Вміти складати програму й методику випробування.

1.1 Загальні відомості

У програму випробувань, як правило, включаються наступні розділи.

Підстава для проведення випробувань - розпорядження головного конструктора, поява рекламацій, вимога експлуатуючих організацій і т.п.

Характеристику об'єкта випробувань із вказівкою повного найменування машини, індексу й позначення, кількості випробовуваних зразків і їх пробіг (наробіток) до початку випробувань, опис конструктивних особливостей, що впливають на вимірювані показники, та інші відомості, у тому числі дані про попередню модель і про аналог для зіставлення отриманих результатів випробувань.

Ціль випробувань із вказівкою конкретних завдань, які повинні бути вирішені як у процесі проведення експериментів, так і по їхньому завершенню при аналізі результатів.

Загальні положення із вказівкою:

- переліку документів на проведення випробувань;
- місця й строків проведення випробувань;
- переліку раніше проведених випробувань, у тому числі стендових і поагрегатних, що пояснюють стан доробки конструкції;
- переліку керівних документів, використовуваних при проведенні випробувань;
- обґрунтування послідовності й методів проведення експериментів.

Підготовку об'єктів випробувань - приймання автокранів або дорожніх машин, обкатування, регулювання систем і механізмів (якщо це необхідно) монтаж і розташування іспитового устаткування,

настроювання й тарировку апаратури.

Перед початком випробувань роблять підготовку автокрана до експериментів, яка полягає у відборі, прийманні й обкатуванні зразка.

Спосіб відбору залежить від виду випробувань. Для контрольних випробувань не можна відбирати кращі зразки, усувати виробничі дефекти, виконувати додаткові регулювання й інші заходи, що виявляють вплив на якість виготовлення й складання автокрана.

При приймальних і ресурсних випробуваннях можна перед початком експериментів усувати випадкові дефекти й неполадки, виконувати додаткові регулювання з метою приведення автокрана у відповідність із вимогами технічних умов і конструкторсько-технологічної документації. При прийманні автокрана завод-виготовлювач представляє організації, що проводить випробування, усю необхідну технічну документацію.

Технічний стан автокрана визначають при огляді, установлюючи справність автомобіля в цілому і його окремих агрегатів за допомогою засобів технічної діагностики. Огляд роблять без зняття й розбирання механізмів. Оглядом визначають:

- комплектність автокрана в цілому, його устаткування, спорядження, інструмента й інших складових, передбачених конструкцією;
- наявність видимих ушкоджень або неякісного виконання деталей, фарбування, оббивки, устаткування та ін.;
- наявність незабарвлених поверхонь, не покритих захисними мастиками, корозії, тріщин, неякісного зварювання, ушкодженого скла, ущільнень, підтікань, якість обробки й декоративних деталей.

При огляді автокранів поточного виробництва, крім того, перевіряється наявність знаків приймання ВТК на агрегатах, пломб на механізмах (спідометр, карбюратор, щиток приладів та ін.). Крім того, перевіряється:

- наявність передбаченого технічними умовами кількості масел і рідин в агрегатах і вузлах;
- герметичність з'єднань гідравлічних і пневматичних систем (гальм, рульового керування, регуляторів тиску повітря в ши-

нах, приводів начіпного й причіпного устаткування;
- затягування кріплень, шплінтування;
- справність тяглово-зчіпних пристроїв;
- стан акумуляторних батарей;
- регулювання підшипників коліс;
- компресію в циліндрах двигуна;
- температурні режими роботи агрегатів і систем;
- тиск масла у двигуні;
- вільні ходи органів керування;
- наявність зазорів трансмісії;
- оберти холостого ходу двигуна;
- тиск у шинах, дисбаланс коліс;
- робочі характеристики двигуна, агрегатів і систем;
- регулювання фар, приладів запалювання (випередження упорскування палива та ін.), регуляторів напруги, натягу ременів, зазори в клапанному механізмі, ходу педалей, регулювання гальмових механізмів, регулювання кутів установки керованих коліс.

Усі результати технічного огляду зразків заносять у журнал випробувань. До підготовчих операцій при ресурсних випробуваннях відноситься первісна перевірка розмірів деталей, зношування яких буде визначатися, та обов'язкове їхнє маркування.

Деякі види випробувань проводять із еталонними агрегатами, характеристики яких повністю відповідають технічним умовам і не змінюються в процесі випробувань. Еталонні агрегати застосовують в тих випадках, коли зміна характеристик може відбитися на показниках експлуатаційно-технічних властивостей автомобіля.

До еталонних агрегатів належать: паливоподаюча апаратура двигунів, розподільник і свічі запалювання, агрегати й вузли гальмових систем і рульового керування, амортизатори, шини та ін. Перед установкою на автомобіль перевіряється сертифікат на еталонний агрегат і проводиться обкатування.

Після усунення дефектів, що перешкоджають нормальній безпечній роботі автомобіля та його агрегатів, установлюють іспитову апаратуру або проводять підготовчі роботи для її швидкого монтажу й

настроювання.

Обкатування нового автомобіля проводять відповідно до вимог заводської інструкції для експлуатації машини з метою запобігання ушкодження деталей при великих навантаженнях і швидкостях руху. Випробування, пов'язані з високими швидкостями руху й з більшими навантаженнями на деталі, слід починати після пробігу 3...5 тис. км, (остаточне приробляння сполучених деталей досягається тільки після пробігу 10-20 тис. км.). Як правило, перед випробуваннями призначається додаткове дорожнє обкатування.

Прискоренню приробляння й запобіганню підвищених зношувань і ушкоджень (задирок) тертьових поверхонь деталей сприяє застосування під час обкатування спеціальних масел і присадок (додавання у масла олеїнової або стеаринової кислот у кількості до 1 % прискорює процес приробляння майже в 2 рази).

Перед обкатуванням на автомобілі всі агрегати проходять холодне (примусове обертання) і гаряче (для двигуна це робота на середніх обертах з використанням сертифікованого палива) обкатування на стендах.

Технічне обслуговування автомобіля в процесі випробувань повинне проводитися відповідно до заводської інструкції для експлуатації й діючим положенням про технічний догляд, обслуговування й ремонти.

Метеорологічні умови впливають на стабільність результатів дорожніх випробувань. Визначати більшість експлуатаційно-технічних параметрів рекомендується в суху погоду при температурі повітря від +5ºС до +25ºС. Швидкість вітру не повинна перевищувати 3 м/с. Обмірювану анемометром, швидкість вітру, його напрямок, а також інші метеорологічні умови фіксують у журналі випробувань (або в протоколі).

Теплові режими агрегатів автомобіля обумовлюються їхніми навантажувальними й швидкісними режимами роботи й температурою зовнішнього середовища. Тепловий стан агрегатів випробовуваних зразків контролюється дистанційними термометрами. Перед початком випробувань агрегати автомобіля повинні бути прогріті пробігом, зазначеним у методиці випробувань (звичайний час пробігу вста-

новлюється від 30 хв. до 1 години залежно від зовнішньої температури й умов випробувань).

Вагові стани (навантаження) автомобілів у процесі випробувань залежать від виду випробувань призначення експериментів, інтенсивності їх проведення й вказуються в методиці випробувань. При всіх видах випробувань параметри, регламентовані міжнародними правилами, стандартами, інструкціями та іншими нормативними документами, визначаються при вагових навантаженнях, зазначених у цих документах.

При проведенні випробувань повинні строго дотримуватися заходу щодо забезпечення безпеки водіїв, обслуговуючого персоналу, і спостерігачів, а також заходів щодо забезпечення схоронності автомобіля й встановлених на ньому приладів і пристроїв.

Водії - випробувачі, повинні мати досвід водіння автомобілів з високими швидкостями, у складних дорожніх умовах, в екстремальних випадках. На випробовуваному автомобілі можуть перебувати тільки водій і один контролер-випробувач. Обоє повинні бути пристебнуті ременями безпеки й мати шоломи. При проведенні випробувань, пов'язаних з підвищеною небезпекою (на керованість, на стійкість, пасивну безпеку, рух з високими швидкостями, екстрене гальмування та ін.), на місці випробувань повинні перебувати представник служби безпеки руху, медичне й протипожежне забезпечення.

Умови й порядок проведення випробувань, де вказуються:

- характеристика місця й устаткування (спеціальні іспитові спорудження, дороги) для випробувань;
- метеорологічні умови й припустимі відхилення умов випробувань від заданих у відповідній документації або тактико-технічних завданнях;
- вимоги до завантаження, технічного обслуговування, заправлення пально-мастильними матеріалами й зберіганню випробовуваної машини. При випробуваннях автомобілів обов'язковою умовою є використання сертифікатних пально-мастильних матеріалів, (сертифікат - це документ, що засвідчує якість продукції). Паливо й мастильні матеріали повинні відповідати маркам, зазначеним в інструкції для експлуатації

машини. Фактичні характеристики застосовуваних матеріалів перевіряють контрольними аналізами. На весь період випробувань бажано організувати спеціальний пункт заправлення паливом, маслами й робочими рідинами. Умови зберігання випробовуваних зразків повинні виключати можливість зміни технічного стану машин, порушення їх комплектності, регулювань, безконтрольного заправлення паливом або його зливу, заміни змащень, непланових ремонтів і т.п.;
- взаємодія організацій, що брала участь у випробуваннях;
- матеріально-технічне забезпечення, у тому числі різні технічні засоби, матеріали що витрачаються й запасні частини, транспортне обслуговування, необхідна конструкторська й технологічна документація;
- метрологічне забезпечення, включаючи застосовувані вимірювальні прилади, необхідні для досягнення необхідної точності результатів;
- теплові режими агрегатів у процесі випробувань;
- вимоги до кваліфікації основного й допоміжного персоналу що виконує випробування і обслуговування;
- загальна організація випробувань - добовий пробіг, забезпечення відпочинку випробувачів, оплата праці та ін.;
- вимоги по техніці безпеки.

Обсяги випробувань, де передбачаються:
- перелік етапів випробувань і експериментів, їх послідовність;
- навантажувальні й швидкісні режими випробувань, їх планові зміни;
- перелік кількісних і якісних показників експлуатаційних і функціональних властивостей і параметрів машини, що підлягають визначенню;
- характеристики дорожно-кліматичних умов випробувань;
- тривалість випробувань, у тому числі посезонну;
- загальний наробіток (пробіг) машини в процесі випробувань;
- циклічність випробувань (при необхідності).

Звітність із вказівкою:

- переліку звітних документів, оформлюваних у процесі випробувань і після їхнього завершення, порядок їх узгодження, твердження й зберігання;
- вимог розсилання або пред'явлення звітних документів.

Будь-який вид випробувань повинен завершуватися складанням технічного звіту. У процесі випробувань оформляються протоколи, акти, журнали випробувань, карти вимірів, відомості, які при необхідності ілюструють світлинами, осцилограмами, графіками, схемами, таблицями й т.п. Ці матеріали становлять основу технічного звіту, який будується за наступною схемою:

- вступ, що визначає ціль і вид проведених випробувань, підставу для їхнього проведення й організацію, що проводила випробування;
- технічну характеристику об'єкта випробувань;
- загальні умови проведення випробувань;
- умови й методики проведення експериментів, виконаний обсяг дослідів, прилади й устаткування, застосовані у випробуваннях, їх характеристики, результати випробувань по всіх розділах програми;
- дані оглядів, вимірів зношень, виявлені відмови й несправності, зроблені регулювання й ремонти, витрачені запчастини;
- аналіз і оцінку результатів випробувань;
- перелік виявлених недоліків автомобіля, їх причини й рекомендації з усунення;
- висновок відповідно до завдань окремих видів випробувань.

Додатки, у яких вказуються: перелік нормативно-технічних документів, застосовуваних при випробуваннях, та інші вітчизняні й міжнародні, пояснювальні або довідкові матеріали.

Методика випробування.

У методику випробувань, як правило, включають наступні розділи.

Об'єкт випробувань - із вказівкою повного найменування машини, індексу й позначення, кількості випробовуваних зразків, їх пробіг (наробіток) до початку випробувань;

Ціль випробувань - із вказівкою конкретних завдань, які повинні бути вирішені як у процесі проведення, так і по їхнім завершенню при аналізі результатів;

Умови й порядок проведення випробувань, де вказується:

- характеристика місця й устаткування (спеціальні іспитові спорудження, дороги) для випробувань;
- метеорологічні умови проведення й припустимі відхилення умов випробувань від заданих у технічних умовах (ТУ) або тактико-технічних завданнях (ТТЗ, ТЗ), або іншої нормативної документації;
- вимоги до технічного обслуговування, зберігання випробовуваної машини;
- взаємодія організацій, що брали участь у випробуваннях;
- матеріально-технічне забезпечення, у тому числі допоміжні технічні засоби, матеріали й запасні частини що витрачаються, транспортне обслуговування, необхідна конструкторська й технологічна документація на машину;
- метрологічне забезпечення, включаючи застосовувані засоби вимірювань (вимірювальні прилади й апаратуру), необхідні для досягнення необхідної точності експериментальних оцінок параметрів;
- вимоги до кваліфікації персоналу що виконує випробування і обслуговування;
- вимоги по техніці безпеки.

Обсяг випробувань, де передбачається:

- перелік етапів випробувань і експериментів (перевірок) і послідовність їх проведення;
- перелік кількісних та якісних показників експлуатаційних властивостей машини, що підлягають визначенню й оцінці;
- тривалість, у тому числі посезонна;
- загальний наробіток (пробіг) машини в процесі випробувань;
- циклічність випробувань (при необхідності).

Етапи й методи випробувань, де вказується:

- методика виконання експериментів (докладно по пунктах) для визначення й оцінки експлуатаційних властивостей і характеристик машини;
- порядок і способи реєстрації, обробки, аналізу й оцінки результатів випробувань;
- вимоги до вірогідності й точності обробки одержуваної інформації;
- вимоги по техніці безпеки експерименту й охороні навколишнього середовища.

Звітність за результатами випробувань (протоколи випробувань, звіт).

1.2 Завдання до практичного заняття

Ознайомитися з рекомендованим змістом програми й методики випробування, а також прикладом програми "Методики випробування заднього мосту автомобіля ЗИЛ-5301". Скласти програму й методику випробування агрегату автомобіля або трактора (за вказівкою викладача). Написати звіт про виконану роботу й здати його викладачеві для перевірки. Дати необхідні пояснення.

1.3 Порядок проведення практичного заняття

Наведені нижче приклади програми і методики випробувань використовувати при складанні звіту з практичного заняття.

Приклад програми випробування.

За розпорядженням головного конструктора скласти програму ходових випробувань заднього ведучого мосту вантажного автомобіля ЗИЛ-5301.

Об'єкт випробувань.

Об'єктом ходових випробувань є задній ведучий міст вантажного автомобіля ЗИЛ-5301. На випробування представляється один автомобіль із пробігом 120 000 км. На автомобіль встановлений зразок

заднього мосту з наробітком 60 мотогодин.

Ціль випробувань.

Метою випробувань є підтвердження нормального функціонування дослідного зразка заднього ведучого мосту автомобіля в реальних умовах експлуатації.

Загальні положення.

Перелік документів на проведення випробувань. Документами на проведення випробувань є: договір між замовником і виконавцем, програма випробувань і методика випробувань.

Місце й строки проведення випробувань.

Випробування проводяться за іспитовому полігоні в період з 14.05.2026 р. по 28.05.2026р.

Проведені раніше випробування.

Раніше проводилися стендові випробування даного мосту протягом 60 мотогодин із середнім навантаженням.

Керівні документи, використовувані при проведенні випробувань.

При проведенні випробувань використовуються наступні документи: програма випробувань, методика випробувань, правила техніки безпеки проведення полігонних випробувань, інструкція для експлуатації автокрана, інструкція для експлуатації дослідного заднього мосту.

Обґрунтування обраного методу випробувань.

Обраний метод випробувань дозволить оцінити функціонування дослідного заднього ведучого мосту автомобіля в реальних умовах експлуатації.

Умови й порядок проведення випробувань.

Характеристика місця й устаткування.

Випробування проводяться на іспитовому полігоні, на асфальтобетонній і ґрунтовій трасі.

Метеорологічні умови проведення випробувань. Випробування проводяться в суху погоду при температурі повітря 10...25°С, середньої вологості.

Вимоги до технічного обслуговування й зберігання. Під час проведення випробувань обслуговування машини повинне проводитися

відповідно до інструкції для експлуатації, надаваної замовником. Зберігання випробовуваної машини необхідно здійснювати в закритому ангарі для зберігання техніки.

Взаємодія організацій, що брав участь у випробуваннях.

Під час випробувань допускається присутність представника замовника й інших зацікавлених осіб (за узгодженням з виконавцем).

Матеріально-технічне забезпечення.

Постачання випробувань пально-мастильними матеріалами, інструментом, допоміжними засобами, і транспортом бере на себе виконавець робіт. Постачання випробувань запасними частинами, необхідною конструкторською й технологічною документацією на машину покладає на замовника робіт.

Метрологічне забезпечення.

Іспитовий полігон атестований, кожне його іспитове спорудження проходить необхідну атестацію відповідно до вимог. Усі засоби виміру (вимірювальні прилади) і інструмент, використовувані при випробуваннях, проходять відповідну перевірку й мають діючу оцінку повірників.

Вимоги до кваліфікації персоналу.

До випробувань допускаються: інженери-випробувачі не нижче 2-ї категорії, водії-випробувачі не нижче 2-го класу, слюсарі-випробувачі не нижче 5-го розряду.

Вимоги по техніці безпеки.

При проведенні випробувань повинні виконуватися вимоги по техніці безпеки іспитових робіт на полігоні, а також при експлуатації, обслуговуванні й ремонті випробуваної машини й агрегатів.

Обсяг випробувань.

Перелік етапів випробувань.

У процесі випробувань машина повинна пройти 70% пробігу по іспитовій трасі з асфальтобетонним покриттям, при тому першу половину цієї дистанції - без навантаження, а другу половину - з повним завантаженням 3 т. 30% пробігу машина повинна пройти по ґрунтовій іспитовій трасі, також першу половину дистанції - без навантаження, а другу половину - з повним навантаженням 3 т. Допускається перестановка етапів випробувань за бажанням виконавця.

Перелік кількісних і якісних показників. У процесі випробувань оцінюються наступні показники: зовнішній стан випробовуваного ведучого мосту, його зовнішня геометрія, температура мосту в районі правої й лівої маточин і редуктора.

Тривалість випробувань.

Випробування проводяться навесні протягом 15 календарних днів.

Загальний наробіток (пробіг).

Загальний пробіг протягом випробувань повинен становити 5000 км.

Етапи й методи випробувань.

Перелік основних пунктів вхідних у методику проведення випробувань.

У методику проведення експериментів будуть включені наступні пункти:

- контрольний огляд машини перед кожним етапом випробувань;
- пробіг машини по асфальтобетонній іспитовій трасі без навантаження;
- пробіг по ґрунтовій іспитовій трасі без навантаження;
- пробіг по асфальтобетонній іспитовій трасі з повним навантаженням;
- пробіг по ґрунтовій іспитовій трасі з повним навантаженням;
- контрольний огляд і дефектовка машини після кожного етапу випробувань.

Порядок і способи реєстрації результатів випробувань.

За результатами кожного етапу випробувань складається відповідний протокол, у який вносяться дані про поточний стан випробуваного дослідного заднього мосту, а також дані про стан машини. Виміри температур, проведені в процесі випробувань, заносяться у відповідний розділ протоколу із вказівкою часу проведення виміру й дистанції пробігу.

Вимоги до вірогідності й точності одержуваної інформації.

Вірогідність отриманих результатів випробувань досягається шляхом їхнього проведення на атестованих іспитових трасах і за ра-

хунок застосування при випробуваннях повірників засобів вимірів (приладів) і інструмента, а також атестованих методик виконання вимірів (МВВ).

Вимоги по техніці безпеки.

При проведенні випробувань повинні виконуватися вимоги по техніці безпеки виконання іспитових робіт, а також вимоги по захисту навколишнього середовища.

Звітність за результатами випробувань.

Після завершення кожного етапу випробувань оформляється протокол випробувань, що підписується керівником робіт. Несправності й ушкодження автомобіля або випробовуваного дослідного зразка мосту відбиваються у відповідному розділі протоколу випробувань.

За результатами випробувань складається звіт у двох екземплярах, що підписується керівником з боку виконавця й керівником з боку замовника. Перший екземпляр звіту залишається у виконавця, другий екземпляр передається замовникові.

Перелік нормативно-технічних документів, застосовуваних при випробуваннях (додаток) При проведенні випробувань використовуються:

- програма випробувань;
- методика випробувань;
- правила техніки безпеки полігонних випробувань;
- інструкція для експлуатації й ремонту вантажного автомобіля ЗИЛ-5301;
- інструкція для експлуатації й ремонту дослідного зразка заднього мосту.

Приклад складання методики випробування.

Методика випробувань.

Об'єкт випробувань.

Об'єктом ходових випробувань є задній ведучий міст автомобіля. На випробування надається один дослідний зразок заднього ведучого мосту встановлений на іспитовий автомобіль. На час початку випробувань: наробіток ведучого мосту - 60 мотогодин, пробіг – 0 км.; пробіг іспитового автомобіля 120 000 км.

Ціль випробувань.

Метою випробувань є підтвердження нормального функціонування дослідного зразка заднього ведучого мосту автомобіля в умовах реальної дорожньої експлуатації.

Умови й порядок проведення випробувань.

Характеристика місця й устаткування для випробувань.

Випробування проводяться на іспитовій асфальтобетонній і ґрунтовій трасі іспитового полігона.

Метеорологічні умови проведення випробувань.

Метеорологічні умови проведення випробувань: суха погода, температура повітря - 10...25 °С, вологість - 60...75%.

Вимоги до технічного обслуговування й зберіганню.

Під час проведення випробувань, обслуговування й ремонт іспитового автомобіля й випробуваного мосту повинні проводитися відповідно до інструкцій для експлуатації й ремонту. Зберігання іспитового автомобіля на полігоні повинне здійснюватися в спеціальному ангарі для зберігання техніки.

Взаємодія організацій, що брав участь у випробуваннях.

Під час випробувань допускається присутність представника замовника й інших зацікавлених осіб (за узгодженням з виконавцем).

Матеріально-технічне забезпечення випробувань.

Постачання випробувань пально-мастильними матеріалами, інструментом, допоміжними засобами, транспортом, документацією по експлуатації, обслуговуванні й ремонту іспитового автомобіля бере на себе виконавець робіт. Постачання випробувань запасними частинами, необхідною конструкторською й технологічною документацією дослідного зразка заднього мосту покладається на замовника робіт.

Метрологічне забезпечення випробувань.

Іспитовий полігон має сертифікат і проходить необхідну метрологічну атестацію відповідно до вимог. Вимірювальні прилади й інструмент, використовувані при випробуваннях, проходять відповідну метрологічну перевірку.

Вимоги до кваліфікації персоналу.

До випробувань допускаються: інженери-випробувачі не нижче 2-й категорії, водії-випробувачі не нижче 2-го класу, слюсарі-

випробувачі не нижче 5-го розряду.

Обсяг випробувань.

Перелік етапів випробувань і послідовність їх проведення.

Етапи проведення випробувань:

1-й етап: рух по асфальтобетонній трасі без навантаження - пробіг 1750 км;

2-й етап: рух по асфальтобетонній трасі з повним навантаженням (3 т) - пробіг 1750 км;

3-й етап: рух по ґрунтовій трасі без навантаження - пробіг 750 км;

4-й етап: рух по ґрунтовій трасі з повним навантаженням - пробіг 750 км.

Загальний пробіг у процесі випробувань - 5000 км.

Перелік обумовлених параметрів.

У процесі випробувань оцінюються наступні показники: зовнішній стан випробовуваного ведучого мосту, його зовнішня геометрія, температура мосту в районі правої й лівої маточин і редуктора.

Тривалість випробувань.

Випробування проводяться протягом 15 календарних днів, кожна іспитова зміна триває протягом 8 годин.

*Загальний пробіг (*наробіток) у процесі випробувань. Загальний наробіток у процесі випробувань повинен становити 5000 км.

Порядок проведення випробувань.

Методика виконання випробувань.

При проведенні випробувань проводити операції в наступній послідовності:

- провести зовнішній контрольний огляд іспитового автомобіля й випробовуваного заднього мосту перед кожною іспитовою зміною;
- перевірити технічний стан іспитового автомобіля: рівень змащення й охолодної рідини у двигуні, стан ходової частини;
- запустити двигун машини й вивести її з ангара зберігання на іспитову трасу;
- провести випробування на трасі в режимах, відповідних до даної методики, протягом 8 годин.

По закінченню іспитової зміни провести контрольний огляд і дефектовку іспитового автомобіля й випробуваного мосту, усі замічені несправності й недоліки відбити в протоколі випробувань.

Порядок і способи реєстрації результатів випробувань.

По закінченню кожного етапу випробувань скласти відповідний протокол, у який внести дані про поточний стан випробуваного дослідного заднього мосту, а також дані про стан іспитового автомобіля. Виміри температур, проведені в процесі випробувань, заносяться у відповідний розділ протоколу із вказівкою часу проведення виміру й пробігу.

Вимоги до вірогідності й точності результатів.

Вірогідність отриманих результатів випробувань досягається шляхом їхнього проведення на атестованому іспитовому полігоні й за рахунок застосування при випробуваннях повірників засобів вимірів (приладів) і інструмента, а також атестованих методик виконання вимірів (МВВ).

Вимоги по техніці безпеки й охороні навколишнього середовища.

При проведенні випробувань повинні виконуватися вимоги по техніці безпеки виконання іспитових робіт на полігоні, а також вимоги техніки безпеки при експлуатації, обслуговуванні й ремонті іспитового автомобіля й випробуваного агрегату. Необхідно проводити заходи щодо недопущення забруднення навколишнього середовища паливно-мастильними матеріалами й технічним сміттям.

Звітність за результатами випробувань.

Після завершення кожного етапу випробувань оформляється протокол випробувань, що підписується керівником робіт. Несправності й ушкодження випробовуваного заднього мосту або іспитового автомобіля відбиваються у відповідному розділі протоколу випробувань. Копії протоколів випробувань підшиваються в додаток звіту випробувань.

За результатами випробувань складається звіт у двох екземплярах, що підписується керівником з боку виконавця й керівником з боку замовника. Перший екземпляр звіту залишається у виконавця, другий екземпляр передається замовникові.

Зміст звіту

За вказівкою викладача скласти програму й методику випробування агрегату автокрана або трактора. Написати звіт про виконану роботу й здати його викладачеві для перевірки.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 2.
СТЕНДОВІ ВИПРОБУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ТА МЕХАНІЗМІВ ПТМ

Мета: Ознайомитися з методикою випробування деталей та механізмів, двигунів внутрішнього згоряння, застосовуваними приладами й дефектами, які можна виявити при стендових випробуваннях.

2.1 Загальні відомості

Випробування двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) регламентуються спеціальними правилами (1585-82 і 2534-74), розробленими міжнародною організацією по стандартизації (ISO). У нашій країні випробування ДВЗ ще можуть проводитися відповідно до ГОСТ 14846-81.

Випробування ДВЗ проводяться на стендах зі спеціальними гальмовими установками - гідравлічними, електричними й індукторними. При цьому випробування на стендах з електричними приводами реверсивної дії вигідно відрізняються тим, що дозволяють оцінити роботу двигуна в режимах примусового холостого ходу, визначити механічні втрати у ньому, здійснити пуск без стартера, провести холодне обкатування після складання.

Для проведення всіх видів випробувань двигунів стенди повинні бути оснащені не тільки гальмовими установками з динамометрами, але й паливною, повітреподаючою, газовивідною, мастильною, охолоджуючою, пусковою, протипожежною та іншими системами.

Залежно від програми випробувань стенди оснащуються спеціальним устаткуванням і приладами, що дозволяють імітувати різні умови роботи двигунів і вимірювати необхідні параметри й показники об'єктів випробувань. Повітреподаюча система повинна бути обладнана пристроями й приладами, що забезпечують визначення витрати повітря, його підігрів або охолодження, визначають вологість й запиленість. Паливна система стендів оснащується пристроями для визначення витрати палива на різних режимах роботи ДВЗ, а системи охолодження й змащення - пристроями для оцінки тепловідводу в охоло-

дну рідину й масло. Для визначення індикаторних показників стенди оснащуються відповідними індикаторами й записуючими приладами.

У стендових випробуваннях ДВЗ в основному визначаються:

робочі показники й характеристики двигуна при регулюваннях і комплектації, зазначених заводом-виготовлювачем. Випробування проводяться як при повній подачі палива, так і при часткових подачах палива; додатково випробування проводяться без подачі палива на режимах примусового холостого ходу. За результатами випробувань будуються характеристики індикаторної потужності, зовнішня швидкісна характеристика, (у тому числі з регуляторною гілкою), часткові характеристики, характеристики холостого ходу, навантажувальні характеристики потужності й витрати палива при постійних частотах обертання колінчастого валу, часткові характеристики при фіксованій подачі палива, а також при заданих законах змін частоти й навантаження;

детонаційні характеристики;

надійність, включаючи безвідмовність і зносостійкість;

граничні показники потужності й крутного моменту ДВЗ при виключенні впливу параметрів недосконалості технології виготовлення, заводських допусків на виготовлення, регулювань приладів систем живлення й запалювання.

Такі показники виходять при зміні тільки однієї характеристики (наприклад, параметрів випередження запалювання) в області стійкої роботи двигуна з повним навантаженням, за межами якої, як правило, відбувається падіння потужності й збільшення витрати палива;

гучність роботи й вібрації двигуна;

токсичність, включаючи проби на різних режимах роботи, а також димність.

Останній вид випробувань двигунів у цей час стає усе більш актуальним і законодавчо позначеним для виконання при діагностичних заходах. Ці випробування базуються на оцінці складених компонентів вихлопних газів.

Виникаючі при згорянні палива у двигунах автомобілів компоненти вихлопних газів діляться на шкідливі й нешкідливі. Окис вуглецю (CO), вуглеводні (CH), окисли азоту (NO_x), свинець (Pb) і його

з'єднання, двоокис сірки (SO_2), тверді частки (наприклад, сажа) - це шкідливі складові.

У той же час азот (N_2), кисень (O_2), двоокис вуглецю - вуглекислий газ (CO_2) і водяна пара (H_2O) - це нешкідливі речовини. Співвідношення цих складових визначається експлуатаційним станом двигуна і якістю згоряння суміші, яка у свою чергу залежить від процесу сумішоутворення, запалювання, параметрів камери згоряння й систем впуску й випуску газів. Тому цей вид стендових випробувань двигунів внутрішнього згоряння вимагає вибірково й з високою точністю визначати зміст усіх компонентів вихлопних газів. Це проводиться за допомогою приладів, що працюють по методу інфрачервоного випромінювання. Метод заснований на здатності зазначених вище компонентів вихлопних газів абсорбувати інфрачервоне випромінювання, а саме випромінювання строго певної, характерної для кожного газу окремо, довжини хвилі.

Азот є найбільш істотною складовою частиною повітря, його частка дорівнює 70 %. Він надходить у двигун разом з усмоктуваним повітрям і здебільшого знову виходить із нього, не беручи участь у процесі згоряння.

Кисень є у вихлопних газах у тому випадку, якщо через занадто бідну суміш або погане перемішування в камері згоряння не весь кисень, що втримується в повітрі, використовується в процесі згоряння для окиснення палива. Водяна пара і вуглекислий газ є кінцевими продуктами згоряння.

Окис вуглецю - це шкідлива речовина виникає, якщо із-за нестачі кисню (O_2) у суміші неможливо повне окиснення вуглецю (С) з перетворенням його у вуглекислий газ (СО). Оскільки окис вуглецю вже в малих концентраціях впливає на компоненти крові (вона з'єднується із червоними кров'яними тельцями (еритроцитами) і тим самим зменшує їхню здатність до поглинання кисню), то він в першу чергу привернув увагу законодавчих органів. Окис вуглецю став тою складовою частиною вихлопних газів, яка першої була включена в якості компонента вихлопних газів, що підлягає обов'язковому контролю на автомобілях. Найбільша концентрація СО створюється в циліндрах під час згоряння палива, в атмосфері окис вуглецю порівняно швидко

окислиться, перетворюючись у нешкідливий вуглекислий газ.

Як і у випадку утвору окису вуглецю, недостатня кількість повітря приводить до неповного згоряння й внаслідок цього до емісії незгорілих або частково згорілих вуглеводнів. У вихлопних газах перебувають, тому не тільки вуглеводень, але й різні вуглеводневі з'єднання, у тому числі ароматичні вуглеводні з'єднання, що мають різкий запах і частково стосовні до речовин, що викликають ракові захворювання, якими вважаються, наприклад, бензапирени або ненасичені вуглеводні, які під впливом сонячного випромінювання в комбінації з окислами азоту беруть участь в утворі смогу.

Насичені вуглеводні практично не мають запаху, але мають, однак, наркотичну дію й дратують слизуваті оболонки, щоправда, у легкій формі. Таким чином, високі концентрації незгорілих вуглеводнів можуть бути шкідливими для здоров'я, крім того, з ними зв'язують також загибель лісових насаджень.

Азот, який є головною складовою частиною повітря, при нормальних температурах не з'єднується з киснем. Тільки при особливо великому підведенні енергії, що має місце в процесі згоряння палива у двигуні при великому тиску й високій температурі, відбувається хімічна реакція, у результаті якої утворюється окис азоту (NO).

Після виходу із циліндрів окис азоту продовжує з'єднуватися з киснем, утворюючи двоокис азоту (NO_2). NO і NO_2 вважаються стабільними газами й звичайно їх поєднують під загальною назвою окисли азоту й позначають NO_X. Висока концентрація NO_X викликає роздратування органів подиху й властиві отруєнням ознаки. Тривале вдихання окислів азоту може привести до руйнування тканини легенів.

З'єднання свинцю звичайно використовуються в якості антидетонаційних засобів. Саме тому вони й виявляються у вихлопних газах двигуна. Крім того, свинцеві добавки є своєрідним мастильним засобом для впускних і випускних клапанів, оскільки відкладання свинцю на них зменшує їхнє зношування. З'єднання свинцю діють як клітинна отрута на кров, кістковий мозок і нервову систему.

Двоокис сірки виникає за рахунок окиснення сірки, що втримується в паливі. Оскільки зміст сірки в бензині досить малий (< 0,1 %), то емісії двоокису сірки (SO_2) особливого значення не надається.

Сажа з'являється тільки при екстремальній нестачі повітря. Звичайно таких умов на правильно відрегульованих бензинових двигунах не виникає.

Великий вплив на виникнення трьох найважливіші шкідливі речовин - окису вуглецю (CO), незгорілих вуглеводнів (HC) і окислів азоту (NO_X) виявляє співвідношення в суміші бензину й повітря.

У середньому для повного згоряння 1 кг палива потрібно 14,7 кг повітря. При такій, так званій стехіометричній суміші коефіцієнт складу суміші (або коефіцієнт надлишку повітря) лямбда рівний 1 ($\lambda=1$).

По величині коефіцієнта складу суміші (коефіцієнта надлишку повітря) можна безпосередньо судити про те, чи є суміш бідною або багатою. Наприклад, якщо $\lambda=0,8$, що відповідає співвідношенню ваги, що витрачається повітря до ваги палива, що витрачається, 0,8x14,4:1 = 11,76:1, то суміш є екстремально й зайво багатою. Мінімальні значення окису вуглецю досягаються при коефіцієнтах складу суміші λ, що перевищують 1,1.

Із цього значення частка окису вуглецю у вихлопних газах практично не залежить від співвідношення повітря й палива. У цьому діапазоні двигуни працюють із невеликим надлишком повітря. Система сумішоутворення подає у двигун повітря більше, ніж йому необхідно для процесу згоряння. Передумовою для бездоганного функціонування моторів з бідною сумішшю є наявність потужної системи запалювання - особливо бідні суміші, а також особливо багаті, вимагають енергії запалювання, яка до 15 раз перевищує значення цієї енергії при $\lambda=1$. При значенні коефіцієнта складу суміші $\lambda=1,25$ у двигунів звичайної конструкції досягається межа запалення суміші, понад це значення сумішей без використання спеціальних заходів запалити неможливо.

У діапазоні багатих сумішей, тобто при значеннях коефіцієнта складу суміші, меншому 1, частка окису вуглецю CO у вихлопних газах змінюється залежно від величини співвідношення повітря й палива практично лінійно.

Виходячи з жорсткості вимог закону до емісії вихлопних газів, виготовлювачі двигунів посилено прагнуть зберегти значення коефіцієнта складу суміші в сприятливому з погляду викиду шкідливих

речовин діапазоні поблизу 1. Точне узгодження процесу утвору суміші, і системи запалювання на відповідному двигуні привели до того, що викид окису вуглецю сучасними двигунами різко поменшився.

Значення від 0,5 до 1,5 % за обсягом стали в цей час правилом. Таким чином, занадто високий зміст CO завжди є ознакою утвору багатої суміші, наприклад, як наслідок неправильного регулювання карбюратора або порушень у роботі системи упорскування. Причинами можуть стати також неправильний рівень поплавця, занадто високий тиск палива, забруднений повітряний фільтр, несправна вентиляція картера колінчатого вала або некоректно працюючий пристрій прогріву двигуна.

Для незгорілих вуглеводнів (HC) також можна одержати мінімальне значення, а саме при значеннях λ приблизно рівних від 1,1 до 1,2.

Точно також, як і зміст CO, частка вуглеводнів через неповне згоряння зростає в міру збільшення кількості палива в суміші (тобто в міру того, як суміш стає все багатшою).

Але й у діапазоні бідних сумішей емісія вуглеводнів HC знову зростає. Занадто низькі температури в усмоктувальному колекторі й камері згоряння, нерівномірний розподіл суміші, передчасне припинення горіння суміші через вплив холодних стінок циліндрів, затримка процесу згоряння при дуже бідній суміші, включаючи також перебої запалювання - усе це веде до різкого збільшення змісту HC у вихлопних газах.

Навантаження двигуна також змінює емісію вуглеводнів. З підвищенням навантаження рівень температури в камері згоряння збільшується. Тому площа зони стінок циліндрів, на якій гаситься полум'я, у міру росту навантаження зменшується. Крім того, більш розширення й випуску. Цей ефект викликає зниження емісії незгорілих вуглеводнів у міру росту навантаження двигуна. Те ж саме відноситься й до емісії окису вуглецю CO.

Насамперед на абсолютне значення емісії HC у дуже сильному ступені впливають регулювання й робота системи, а також механічний стан мотора. Неправильне регулювання запалювання, нагар на свічах запалювання, дефектні кабелі запалювання, тотальні перебої запалю-

вання, негерметична система усмоктування, нещільності в циліндрах або несправні клапани упорскування є причинами занадто великого змісту незгорілих вуглеводнів у вихлопних газах. Тому визначення змісту у вихлопних газах вуглеводнів, поряд зі змістом CO є найважливішим заходом для всебічної діагностики двигуна.

Залежність емісії окислів азоту (NO_X) від значення коефіцієнта состава суміші й протікає прямо протилежно тому, як вона протікає у випадку вуглеводнів. Хоча завдяки збідненню суміші вуглеводні в значній мірі згоряють, але вільний кисень, що залишається, вступає в реакцію з азотом, насамперед через температуру, що збільшується, і підвищення тиску в камері згоряння. Передумовою для вимірювань, що мають практичний зміст, є наявність стенду для перевірки двигуна під навантаженням (стенд перевірки характеристик потужності двигуна).

Причиною того, що при подальшому збідненні суміші зміст окислів азоту знову знижується, є зниження температур у камері згоряння, яке знову наступає в міру збільшення коефіцієнта состава суміші, тобто в міру "розрідження" суміші, кількість палива в якій зменшується. Тим самим знову усувається передумова утвору окислів азоту.

Зі збільшенням випередження запалювання, тобто все більшим зсувом його в напрямку раннього запалювання і пов'язане із цим підвищення температур у камері згоряння приводять до збільшення емісії окислів азоту у всьому діапазоні співвідношенні повітря й палива.

Двоокис вуглецю або вуглекислий газ CO_2 не є так званою шкідливою речовиною: як кінцевий продукт згоряння він досягає максимуму в так званій стехіометричній точці при коефіцієнті $\lambda=1$. Тому зміст CO у вихлопних газах можна узяти за міру, що показує ступінь більш-менш повного згоряння.

Максимально можливе значення при коефіцієнті $\lambda=1$ і ідеальному повному згорянні становило б приблизно 14 % за обсягом. Чим більше зміст CO_2 у вихлопних газах наближається до цього значення, тим повніше відбувається згоряння й тим менше частка окису вуглецю CO і незгорілих вуглеводнів HC. З іншого боку, при невеликому змісті шкідливих речовин у вихлопних газах занадто низьке значення рівня CO, є ознакою неприпустимого розведення вихлопних газів через ная-

вність негерметичності або прогарів (дір) у вихлопній системі.

Вільний кисень (O_2) з'являється у вихлопних газах при надлишку повітря в суміші. Як тільки значення коефіцієнта λ починає перевищувати 1, відбувається чітке збільшення змісту O_2. Разом з максимальною величиною рівня вуглекислого газу зміст кисню є однозначним показником переходу від діапазону багатих сумішей до бідних сумішей, а також ознакою негерметичності в системі усмоктування й у вихлопній системі.

При температурах, що перевищують 600°С. у вихлопній системі відбувається подальше окиснення CO і HC киснем до H_2O и CO_2, причому для підвищення ефективності цього процесу можливе підведення вторинного повітря поблизу випускних клапанів. Верхом досягнення в цій області є так званий термореактор.

Він сконструйований таким чином, що при роботі на багатих сумішах, коли у вихлопних газах підвищується вміст CO і HC, у газ додається повітря й ця суміш запалюється при високих температурах, у результаті чого шкідливі речовини згоряють. Через підвищені витрати палива при використанні термічного допалювання цю технологію на більшості сучасних автомобілів замінила каталізаторна система.

Втім, на деяких автомобілях з каталізаторами також проводиться підведення додаткового повітря, наприклад, з метою більш швидкого нагрівання каталізатора у фазі прогріву й досягнення більш кращого допалювання при роботі на холостому ходу.

Залежно від застосовуваної концепції обробки вихлопних газів розрізняють три види систем каталізаторів:

- каталізатори, що окислюють:
- двоконтурні (або двоступінчасті) каталізатори;
- 3-х компонентні каталізатори вихлопних газів, що впливають на такі компоненти вихлопу, як NO_X, HC, CO (вони можуть бути регульованими й нерегульованими каталізаторами).

Тільки 3-компонентні каталізатори мають здатність одночасно знизити вміст усіх трьох шкідливих компонентів вихлопних газів CO, HC і NO_X, причому в дуже значному розмірі. У комбінації з регулю-

ванням коефіцієнта состава суміші 3-компонентний каталізатор у цей час являє собою найбільш ефективну систему очищення вихлопних газів і тому його застосовують для виконання самих строгих приписань по змісту шкідливих речовин у вихлопі автомобілів.

Каталізатор складається із активного каталітичного шару, основи (носія) для цього шару й корпуса зі сталевого листа. У якості носія каталітичного шару використовуються три системи:

- насипна основа (європейськими виготовлювачами автомобілів практично не застосовується);
- керамічні моноліти (найпоширеніші в цей час);
- металеві моноліти.

Керамічні моноліти являють собою керамічне тіло, через яке проходить кілька тисяч маленьких каналів. По цих каналах протікає вихлопний газ. Кераміка складається зі стійкого до високих температур матеріалу на основі магнію, алюмінію й кремнію. Чутливий до ударів моноліт еластично закріплюється в листовому корпусі.

Для цього між стінками корпуса й носієм перебуває металева сітка з високолегованого сталевого дроту діаметром приблизно 0,25 мм. Ця сітка повинна бути еластичною, щоб запобігти ушкодженням моноліту внаслідок допусків при виготовленні, різних коефіцієнтів розширення матеріалів корпуса й основи, механічних навантажень при русі й діючих на керамічне тіло газових сил.

Металеві моноліти поки застосовуються рідко. У більшості випадків їх установлюють поблизу двигунів у якості так званих попередніх або пускових каталізаторів на додаток до головного каталізатора, щоб при пуску холодного двигуна швидше досягти ефективності каталітичного перетворення.

Керамічні й металеві моноліти потребують шару носія з окису алюмінію ("wash-coat" - "промивне покриття"), який збільшує ефективну поверхню каталізатора з коефіцієнтом 7000. Нанесене на цей шар активне каталітичне покриття в окислюючих каталізаторах, складається з благородних металів платини й паладія, у трикомпонентних каталізаторів - із платини й родію. Платина прискорює процес окиснення вуглеводнів і окису вуглецю, родій сприяє редукції (зменшенню) оки-

слів азоту. Кількість благородних металів в одному каталізаторі становить приблизно 2...3 грами.

Вимога, вибірково й з великою точністю визначати вміст усіх компонентів вихлопних газів привели до того, що із усіх відомих методів вимірів у практиці залишився тільки метод вимірів за допомогою інфрачервоного випромінювання. На цьому принципі працює прилад фірми Bosch ETT 008.14.

Прилад Bosch ETT 008.14 для виміру вмісту CO також, як і всі інші прилади для дослідження вихлопних газів, що відносяться до системи перевірочного встаткування Bosch-Compac-Tesl-System, управляється мікропроцесором і в основному працює автоматично. Тим самим у значній мірі виключаються вплив на хід перевірки навколишнього середовища й обслуговуючого персоналу.

Після включення приладу здійснюється його самоперевірка й цикл прогріву. Після витікання часу прогріву, рівного приблизно 3 хвилинам, проводиться усмоктування так званого "нульового" газу, тобто повітря, а також продувка газового тракту. Після цього прилад готовий до роботи.

Вимір починається із включення насоса. Також і в цьому випадку спочатку приблизно протягом 10 секунд знову всмоктується чисте повітря й проводиться автоматична установка нуля. Отримана в результаті виміру величина запам'ятовується мікропроцесором приладу як діюче значення нуля. Тільки після цього магнітний клапан перемикає газовий тракт на проходження вихлопних газів.

Залежність методу вимірів від температури врахована в обчислювальній програмі мікропроцесора, який проводить із цією метою контроль прийомної камери. Ураховується також барометрична висота й частота мережі.

В іншому процесор стежить за всіма функціями приладу в плані дотримання запропонованих граничних величин. Про неприпустимі відхилення повідомляється користувачеві й процес проведення перевірок негайно припиняється. Виміри проводяться у відсотках від загального обсягу (в % за обсягом). Найменший дозвіл становить 0,01 % за обсягом.

У процесі виміру повідомляється про наступні дефекти:

- неправильне регулювання карбюратора;
- несправну систему сумішоутворення, утворюється занадто багата або занадто бідна суміш;
- неправильний рівень поплавця карбюратора;
- несправність пристрою збагачення суміші при прискореннях;
- неправильне число обертів холостого ходу;
- неправильна робота пристрою збагачення суміші при прогріві двигуна;
- несправна вентиляція картера колінчатого вала;
- прогар ущільнювальної прокладки головки циліндрів;
- забруднення повітряного фільтра;
- про функцію каталізатора, включаючи НС, якщо є можливість проведення вимірів до й після каталізатора.

Оцінка вуглеводнів (НС) проводиться в частках на мільйон (ppm). 1 000 000 ppm =100 % за обсягом. Найменший дозвіл 2 ppm. Виводиться інформація про наступні дефекти:

- неповне згоряння;
- несправна система сумішоутворення, перебої процесу згоряння через занадто бідну суміш;
- несправна система запалювання, перебої запалювання, наприклад, через відкладання нагару на свічах, дефектних кабелів, неправильної установки запалювання;
- негерметичність у системі усмоктування, нещільності в карбюраторі, у системі упорскування, у клапанах упорскування, негерметичність впускних або випускних клапанів;
- про функцію каталізатора, включаючи СО, якщо є можливість проведення вимірів до й після каталізатора.

Виміри двоокису вуглецю (CO_2) проводяться у відсотках від загального обсягу (в % за обсягом). Найменший дозвіл становить 0,1 % за обсягом. Виводиться інформація про наступні дефекти:

- неповне згоряння (у зв'язку із СО і НС);
- неточне регулювання системи сумішоутворення, коефіцієнта состава суміші 1 (у зв'язку із СО і O_2).

Виміри кисню (O_2) проводяться у відсотках від загального обсягу (в % за обсягом). Найменший дозвіл становить 0,1 % за обсягом. Виводиться інформація про наступні дефекти:

- неточне регулювання системи сумішоутворення у зв'язку із CO і CO_2.

Виміри окислів азоту проводяться в частках на мільйон (ppm). Найменший дозвіл 5 ppm.

Виводиться інформація про наступні дефекти (тільки в комбінації з випробуваннями на стенді по визначенню характеристик потужності двигуна):

- про якість функціонування системи очищення вихлопних газів від отрутних (шкідливих) речовин у їхньому зв'язку із CO і HC;
- про роботу системи зворотного підведення вихлопних газів.

Вимір приросту HC (ΔHC) є методом, при якому можна вибірково оцінити процес сумішоутворення і якість процесу згоряння в кожному окремому циліндрі. Передумовою для проведення таких вимірів служить наявність поряд з вимірювальним приладом, що мають можливість визначення частки HC у вихлопних газах, також і моторного тестера із пристосуванням для короткого замикання циліндрів, розробленим спеціально для проведення вимірів дельти HC (ΔHC). Такі пристосування є в моторних тестерів Bosch MOT 301 і MOT 501.

При роботі двигуна на холостому ходу у вихлопних газах створюється цілком певний зміст вуглеводнів HC.

Якщо замкнути накоротко запалювання одного із циліндрів, то цей циліндр повністю викине всю суміш, яка змішається з іншими вихлопними газами. Відповідно до цього збільшиться заміряний вміст HC у вихлопних газах. Збільшення частки HC є масштабом для оцінки состава суміші в даному циліндрі.

Багата суміш викликає велике збільшення змісту HC. Невелике підвищення означає бідну суміш. Порівняння результатів вимірів окремих циліндрів між собою показує рівномірність утвору суміші для кожного циліндра або відповідно, про властиві даному циліндру дефе-

кти збільшення, що є причиною, вмісту НС.

Щоб створити рівні умови вимірів для всіх циліндрів, необхідно здійснювати коротке замикання циліндрів і вимір НС відповідно до точно визначеної програмою проведення цієї операції, що повною мірою забезпечується у випадку використання моторних тестерів Bosch MOT 301 і MOT 501. Тільки в цьому випадку можна гарантувати однозначні результати вимірів. Зрозуміло, що вимір приросту частки НС, тобто ΔНС слід робити тільки перед каталізатором, оскільки перетворення вуглеводнів у каталізаторі зведе нанівець ефект зростання змісту НС.

Вимір приросту частки вуглеводнів у вихлопних газах ΔНС звичайно проводиться на ненавантаженому двигуні при обертах холостого ходу.

Як було зазначено, правила й методи випробувань двигунів визначаються відповідними вітчизняними й міжнародними стандартами й спеціальними нормативними документами, але в деяких країнах використовуються національні стандарти, що трохи відрізняються комплектністю двигуна і його систем, формулами приведення результатів до стандартних (нормальних) умов.

У міжнародних каталогах зустрічаються результати стендових випробувань двигунів з показниками, визначеними по методиках стандартів DIN (Німеччина). SAI (США) і по інших методиках, на що необхідно звертати увагу при зіставних оцінках.

2.2 Завдання до практичного заняття

Уважно ознайомитися з методикою випробування двигунів внутрішнього згоряння, застосовуваними приладами й дефектами, які можна виявити при стендових випробуваннях. Зрозуміти, які вимоги пред'являються до підготовки випробувань, як проводяться випробування двигунів внутрішнього згоряння. Написати звіт про виконану роботу.

2.3 Порядок проведення практичного заняття

Ознайомитися з загальною теоретичною частиною практичного заняття. Оформити звіт з практичного заняття у відповідності до поставленої мети заняття.

Зміст звіту

У звіті про практичне заняття дати відповіді на наступні питання.

1. Якими установками й стендами повинен бути оснащений стенд для випробування двигунів?
2. Які показники й характеристики визначаються в стендових випробуваннях двигунів?
3. Чи містять вихлопні гази нешкідливі речовини? Якщо так, то які?
4. На чому заснований метод інфрачервоного випромінювання?
5. Чи приймає участь азот у процесі згоряння палива?
6. Чи містять вихлопні гази кисень, якщо так то в яких випадках?
7. Чому утворюється окис вуглецю?
8. Який показник характеризує якість робочої суміші?
9. Чи запалиться паливна суміш при коефіцієнті надлишку повітря λ=1,3?
10. Який показник характеризує ознаку утвору багатої суміші?
11. Які причини можуть викликати різке збільшення змісту незгорілих вуглеводнів (*CH*) у вихлопних газах?
12. Про які дефекти виводиться інформація на підставі виміру рівня вуглеводнів *CH*, двоокису вуглецю CO_2, кисню O_2, окислів азоту NO_X?
13. Як визначається й оцінюється процес сумішоутворення в кожному циліндрі двигуна?
14. Для чого призначений термореактор? Принцип його дії.
15. Які існують види систем каталізаторів і який з них найбільш ефективний?
16. Порядок роботи приладу Bosch ETT 008.14 для виміру вмісту CO?
17. Про які дефекти повідомляє прилад Bosch ETT 008.14 у процесі виміру?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 3. ПРОВЕДЕННЯ ВИПРОБУВАННЯ МЕХАНІЗМІВ АВТОКРАНІВ

Мета: Ознайомитися й зрозуміти методику проведення стендових випробувань муфт зчеплення, механічних коробок передач, роздавальних коробок і коробок відбору потужності, автоматичних коробок передач, карданних передач і ведучих мостів.

3.1 Загальні відомості

Стендові випробування трансмісій мають на меті визначення параметрів міцності, утоми, твердості, надійності, внутрішніх енергетичних втрат, температурних характеристик, спеціальних показників роботи окремих елементів та інших характеристик. У більшості випадків випробування трансмісій автомобілів проводяться на універсальних стендах для оцінки одночасно досліджуваних багатьох показників робочих процесів.

Для випробувань окремих вузлів і агрегатів трансмісії в цей час використовуються стенди як прямого навантаження з розімкнутим потоком потужності, так і стенди із замкненим контуром і з динамічним навантаженням від махових мас або від спеціальних навантажувальних пристроїв.

З метою підвищення економічності стендових випробувань трансмісій часто використовуються установки, що використовують явище рекуперації потужності. При такій схемі навантаження можна автоматизувати процес випробувань шляхом установки простих електронних програмуючих пристроїв, що дозволяють створювати різні комбінації крутних моментів і кутової швидкості при будь-якій послідовності їх чергування. У цьому випадку режими стендових випробувань наближаються до експлуатаційних, що дає можливість більш об'єктивно оцінювати характеристики об'єктів випробувань.

Випробування муфт зчеплень включають визначення коефіцієнта запасу-величини й стабільності моменту тертя, пружних деформацій елементів натискного механізму, надійності при підвищених час-

тотах обертання, термостійкості фрикційних елементів, дослідження параметрів балансування, характеристик демпфера крутильних коливань, зносостійкості фрикційних накладок, їх намокаємості у воді й маслі, коефіцієнта корисної дії (ККД) приводу й деяких інших властивостей.

Перед випробуваннями механізм зчеплення в зборі, складальні одиниці його приводу, а також окремі елементи, наприклад відомий диск, призначають усім необхідним контрольним вимірам і зважуванням, а обертові деталі, крім того - балансуванню.

Пружні деформації елементів натискного механізму визначаються при повному включенні зчеплення. Вони виміряються індикаторами при установці зчеплення на спеціальну плиту. Ці деформації не повинні викликати зміни ходу натискного диска більш 10 % від теоретично переліченого.

Програми комплексних випробувань муфт зчеплень передбачають циклічну повторюваність процесів включення й вимикання з імітацією різних режимів роботи.

Для випробувань зчеплень застосовуються стенди, постачені механізмами навантаження крутним моментом і осьовим зусиллям, а також пристроями виміру моменту, осьового зусилля, переміщення й кута закручування.

Характеристика коефіцієнта запасу зчеплення визначається за результатами виміру крутного моменту, при якому починається проковзування відомого диска відносно ведучих частин зчеплення, закріплених нерухомо. Перед зняттям цієї характеристики поверхня фрикційних накладок відомого диска приробляється з робочими поверхнями маховика й натискного диска.

Крутний момент виміряється при повному включенні зчеплення й обертанні відомого диска у двох напрямках із частотою обертання 2 об/хв. У деяких випадках внаслідок впливу відцентрових сил на переданий крутний момент коефіцієнт запасу зчеплення визначається при обертанні зчеплення з різною частотою аж до максимальної. При цьому початок проковзування визначається за результатами порівняння показань двох тахометрів, встановлених на провідній й відомій частинах зчеплення.

Для зняття характеристик натискного механізму встановлюється залежність зусилля на важелях від їхнього переміщення. Зусилля може створюватися механічним або пневматичним пристроєм. Воно визначається динамометром, а переміщення важелів - індикатором годинного типу.

Характеристики гасителя крутильних коливань визначаються при закріпленні маточини ведомого диска на шліцах нерухливого валу. При цьому до диска прикладається крутний момент і заміриться кут його переміщення при поступовому збільшенні моменту (для побудови петлі гістерезису).

Крім того, ведомий диск випробується на центрифузі, де оцінюються його параметри міцності від впливу відцентрових сил. У цьому випадку випробування проводяться при частоті обертання, у два рази перевищуючі максимальні оберти колінчатого вала двигуна. Перед початком випробувань зчеплення нагрівається приблизно до 250°С.

Основними характеристиками привода, які одержують у лабораторних умовах, є ККД приводу й залежність переміщення натискного диска від ходу педалі зчеплення. ККД привода оцінюється по відношенню роботи, необхідної на переміщення натискного диска, до всієї витраченої роботи в процесі вимикання зчеплення.

Після зняття перерахованих вище характеристик механізм зчеплення в зборі й найбільш відповідальну його частину - ведомий диск із фрикційною обшивкою - випробовують на центрифузі. У процесі випробувань визначається надійність деталей при впливі відцентрових сил.

Ведомі диски й зчеплення в зборі легкових автомобілів перевіряють при частоті обертання, що перевищує в 2 рази, а вантажних автомобілів в 1,5 рази максимальну частоту обертання колінчатого валу двигуна. Випробування проводяться звичайно протягом 15 хв.

Перед початком випробувань зчеплення або окремо ведомий диск із накладками нагріваються до температури 250°С. По закінченню випробувань деталі ретельно оглядаються з метою виявлення можливих ушкоджень

Випробування на надійність, включаючи випробування на дов-

говічність і зносостійкість механізму зчеплення в зборі й окремих його елементів, проводяться, як правило, на стендах, постачених ведучою масою, момент інерції якої відповідає моменту інерції обертових мас автомобіля, що поступально рухаються.

При цьому ведуча маса, з'єднана з електродвигуном стенда, і звичайно значно перевищує ведому масу. Ведома (навантажувальна) маса підбирається по сумарній масі обертових частин трансмісії з обліком її загального передаточного числа. Ведома маса, як правило, складається з набору дисків, що дозволяють регулювати режими навантаження зчеплення.

Випробування полягають у періодичному включенні зчеплення й вільному прискоренні ведомої маси до частоти обертання рівній частоті обертання ведучої маси, після чого зчеплення вимикається й здійснюється гальмування ведомої маси. Потім цикл повторюється.

Надійність зчеплення лімітується стійкістю фрикційних накладок та інших деталей, підданих зношування й міцностним руйнуванням. Тому великий обсяг становлять випробування окремо взятих фрикційних накладок, шарнірів і важелів натискного диску, пружин і вижимних підшипників, у процесі яких обов'язково визначаються опір міцностним руйнуванням, термостійкість, зносостійкість, а для накладок ще й стабільність коефіцієнта тертя.

Випробування механічних коробок передач, роздавальних коробок і коробок відбору потужності в основному регламентуються відповідними галузевими стандартами (ОСТ) для автомобілів і включають: визначення надійності, статистичної міцності (по навантаженнях, тих що руйнують найбільш слабку ланку), твердості конструкції, згинного й контактного опору, втоми зубчастих зачеплень, величини й положення плям контактів зубів шестерень усіх передач під навантаженням, довговічності підшипників, коефіцієнта корисної дії, побудову температурної характеристики (за часом безперервної роботи в режимі максимальної потужності двигуна), визначення якості ущільнень, оцінки рівня вібрацій й шуму, легкості перемикання передач, якості роботи синхронізаторів, муфт перемикання й механізмів керування.

При випробуваннях на надійність визначається довговічність

шестерень (по згинній і контактній утомі зубів), підшипників кочення (по контактній утомі й зношуванню), підшипників ковзання муфт перемикання передач, синхронізаторів, торцевих поверхонь шестерень, сальників, картера й опору агрегатів. Крім того, досліджується вплив різних конструктивних і технологічних факторів на роботу цих редукторів.

Стенди, застосовувані для випробувань механічних редукторів автомобілів, повинні створювати необхідні навантажувальні й швидкісні режими, дозувати й контролювати їх у всьому робочому інтервалі, а також забезпечувати регулювання температурних умов роботи агрегатів. Для цих випробувань застосовуються як стенди розімкнутого типу (стенди із прямим потоком потужності), у яких навантаження здійснюється гальмовими пристроями, так і стенди замкненого типу (із замкненим потоком потужності) з навантаженням внутрішніми силами, що виникають у результаті попереднього й примусового закручування валів кінематичного контуру.

На стендах першого типу звичайно проводяться короткочасні нескладні випробування, тоді як стенди другого типу, як більш економічні, знайшли застосування для тривалих випробувань.

Випробування редукторів в основному проводяться при навантаженнях, близьких до максимальних крутних моментів двигуна на кожній передачі, або по спеціальних програмах, розроблених на основі вивчення навантажувальних режимів в умовах реальної експлуатації. Однак слід ураховувати, що максимальний крутний момент двигуна використовується в автомобілів не часто - близько 10 % від загального часу експлуатації. Разом з тим іноді на трансмісію передається крутний момент вище максимального розрахункового по двигуну.

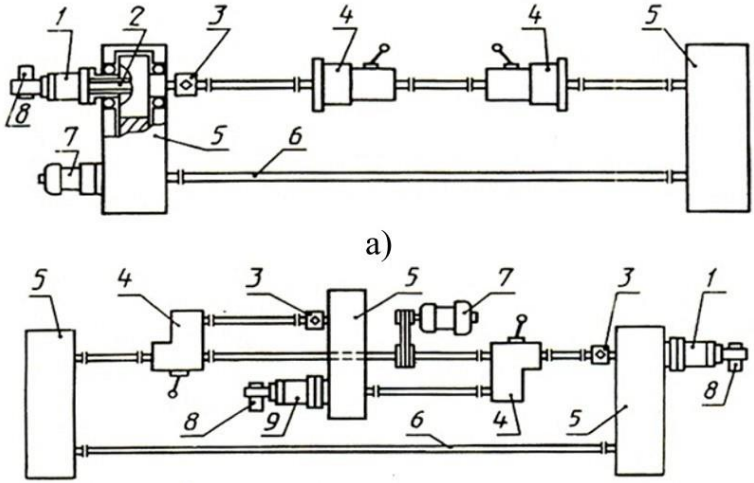
Прості одноступінчасті випробування деталей коробки зміни передач та інших редукторів у гармонійному режимі навантаження проводяться на стендах будь-яких схем побудови. Однак, з економічних міркувань переважніше вибирати стенди з резонансним приводом, що дозволяють при невеликих витратах енергії реалізовувати високу частоту й величину навантажень.

На рис. 3.1 показані схеми таких стендів, розроблених фірмою "Шенк". Для навантажень до 600 кН переважніше використовувати

механічні резонансні стенди, при навантаженнях понад 600 кН слід використовувати гідрорезонансні стенди. До недоліків резонансних стендів слід віднести обмеження по властивостях що демпфірують, і деформаціям випробовуваного об'єкта, а також недолік свободи вибору частотних параметрів навантаження.

Механізми перемикання передач випробовуються по спеціальних програмах на стендах з електричним або пневматичним приводом включення й вимикання. Випробування полягають у послідовному включенні й вимиканні передач на частоті обертання, що становить 75 % від максимальних обертів кожної передачі. Випробування проводяться доти, поки не стане прослуховуватися характерний шум, створюваний зубчатими колесами, що свідчить про зношування механізмів перемикання передач.

Випробування автоматичних коробок передач вхідних до складу автоматичних автомобільних або тракторних трансмісій, додатково включають дослідження залежності моменту перемикання від швидкості руху машини й навантаження ведомому валу, а також характеристики керуючих систем і моменти тертя в гальмах і фрикціонах коробки.



а) без відбору потужності, б) з відбором потужності

1, 2 - статор і вал ротора поворотного циліндра; 3 - крутильний вимірювальний динамометр; 4 - випробовувані коробки передач;
5 - замикаючі зубчасті передачі навантажувального моменту;
6 - вал затягування контуру; 7 - електродвигун привода валів;
8 - основний електродросельний підсилювач поворотного гідроциліндра закручення кінематичному ланцюга стенда;
9 - гідроциліндр нагружения валів відбору потужності

Рисунок 3.1 - Схеми установок фірми "Шенк" для випробувань коробок передач

Гідромеханічні передачі (ГМП) зазнають випробуванням на спеціальних стендах. Їхня методика регламентована ГОСТ 12118-75. У цих випробуваннях визначається безрозмірна характеристика гідротрансформатора, включаючи залежності коефіцієнта трансформації крутного моменту, коефіцієнта корисної дії й вхідного моменту від передаточного числа механізму.

Випробування проводяться на режимі постійного крутного моменту на ведучому валу в межах від 0,5 до 0,9 максимального крутного моменту двигуна.

Статична міцність гідропередачі визначається при передаточному числі, рівному нулю, і моменті на вході, більшого максимального значення моменту двигуна.

Крім того, на стендах визначається герметичність, міцність і довговічність ущільнень, а також довговічність муфт вільного ходу.

Крім того, на стендах визначається герметичність, міцність і довговічність ущільнень, а також довговічність муфт вільного ходу.

Випробування на працездатність передбачають визначення можливостей гідропередачі виконувати задані функції, зберігаючи значення основних параметрів у межах, встановлених відповідною технічною документацією. Поелементно в гідродинамічних передачах випробовуються всі основні вузли: гідротрансформатор, насоси, фрикційні механізми, муфти вільного ходу, зубчасті передачі й механізми блокування вихідного валу.

При випробуваннях на довговічність автоматичних коробок пе-

редач і ГМП у зборі визначається час роботи (число циклів), протягом якого об'єкт випробувань зберігає працездатність. Навантаження при цих випробуваннях створюється або таке саме як при роботі ГМП на автомобілі в умовах експлуатації, або збільшеної для прискорення випробувань.

Перевищення числа циклів до настання граничного стану, який виникає за час реальної експлуатації, характеризує, так званий, "запас" потенційних властивостей об'єкта випробувань. Однак надмірне збільшення циклів навантаження й форсування режимів випробувань може привести до перекручених і навіть неправильних результатів.

Тому тимчасові параметри й режими прискорених випробувань вибираються після ретельного аналізу декількох пробних експериментів, щоб характер руйнувань або граничного зношування деталей був еквівалентний експлуатаційному.

Стендові випробування карданних передач проводяться відповідно до ГОСТ 14023-81 і включають вимір усіх лінійних і кутових розмірів, зазорів у з'єднаннях, визначення зусилля осьового переміщення шліцевого валу в шліцевій втулці, радіального биття труби карданного валу, контроль якості зварених швів і плавність роботи карданних шарнірів.

Випробування починаються з визначення міцності під статичним навантаженням крутним моментом до руйнування слабкої ланки. Потім досліджується вібрація й проводиться балансування.

При динамічних випробуваннях на спеціальних стендах, оцінюється критична частота обертання до появи вигинних коливань, а також ККД передачі. Критична частота обертання встановлюється при поступовому збільшенні обертів до розрахункового значення, яке повинне перевищувати на 30 % частоту обертання карданної передачі, відповідну до максимальної швидкості руху машини.

При випробуваннях по оцінці довговічності карданної передачі програмуються зміни навантаження по чотирьом досліджуваним параметрам: крутному моменту, частоті обертання, куту між валами й осьовому переміщенню в шліцевому з'єднанні.

Карданні передачі в умовах експлуатації працюють як при постійних режимах навантаження (наприклад, під час руху автомобіля з

постійною швидкістю), так і при змінних навантаженнях (наприклад, при рушанні машини з місця або при русі по пересіченій місцевості).

Тому випробування карданних передач на стендах проводяться як при фіксованому значенні крутного моменту, звичайно близького до максимального, так і при змінних крутних моментах відповідно до заданої програми експериментів.

Безвідмовність карданних передач у специфічних умовах експлуатації перевіряється на спеціально обладнаних установках, наприклад, на стендах із грязьовою або водяною ваннами, у пиловій або кліматичній камерах.

В основному випробування карданних передач проводяться на крутильних машинах і інерційних стендах зі зміною діючого крутного моменту в часі й по величині. Динамічні навантаження створюються відповідно до реально діючих в експлуатації по спеціальних програмах.

Стендові випробування ведучих мостів проводяться як у зборі, так і поелементно відповідно до діючих нормативних документів. Випробовуються основні вузли й деталі ведучих мостів: головна передача, диференціал, півосі, балка мосту, поворотні кулаки (керованих ведучих мостів повнопривідних автомобілів).

Методично процес випробувань головних передач схожий з випробуваннями коробок передач. При визначенні статистичної міцності й твердості ведучих мостів обов'язково дотримується схема навантаження балок мостів, відповідна до додавання вертикальних навантажень від підвіски або несучої системи.

У зварних конструкціях картер ведучого мосту доводять до руйнування, навантаженням що скручує, з метою визначення якості зварних швів.

При динамічних випробуваннях визначається ККД ведучого мосту, коефіцієнт блокування диференціала, довговічність зубів шестерень головної передачі, підшипників, деталей диференціала, сальників та інших ущільнень, півосей і балки мосту.

Основною причиною відмов ведучих мостів є ушкодження шестерень головної передачі, режим роботи яких у трансмісії найбільш важкий, внаслідок високого навантаження й частої її зміни, причому в

широких межах прикладеного крутного моменту й швидкості обертання.

При складанні програм випробувань ураховується, що руйнування відбуваються при легких і середніх навантаженнях; відшарування цементованого шару - при середніх і важких, поломки зубів шестерень - при вкрай важких режимах навантаження. Режими навантаження складаються на підставі вивчення й узагальнення дослідних спостережень, порівняльного аналізу робочих процесів у конструкції аналогів і прототипів, фактичних даних експлуатації.

Довговічність півосей визначається на стендах циклічного знакозмінного навантаження крутним моментом по програмах, що включають блоки низькочастотних і високочастотних навантажень зі східчастою зміною амплітуди коливальних процесів.

Опір утоми балок мостів оцінюється шляхом випробувань на спеціальних стендах-пульсаторах, що створюють тривале змінне навантаження. Для випробувань ведучих мостів в основному використовуються стенди із замкненим потоком потужності.

Прискореним стендовим випробуванням найбільш часто піддають трансмісії в зборі, що включають у загальному випадку коробки передач, роздавальну коробку, ведучий міст і кінцеву передачу. Така комбінація агрегатів обумовлена тим, що й коробка передач, і роздавальна коробка, і ведучий міст, і кінцева передача містять зубчасті зачеплення, підшипники, вали, а підхід до їхніх випробувань в основному - ідентичний.

На стендах можуть імітуватися як звичайні експлуатаційні навантаження, так і підвищені динамічні різного характеру для створення умов прискорених випробувань.

В основу методики прискорених випробувань покладена якісна ідентичність ушкоджень деталей по виду й характеру проміжних і граничних станів, отриманих у стендових умовах і при реальній експлуатації машини. Прискорення випробувань досягається за рахунок скорочень перерв у роботі, збільшення числа циклів і підвищення рівня навантаження вузла або агрегату в порівнянні з експлуатаційними режимами, посилення впливу факторів, пов'язаних із впливом навколишнього середовища й різних зовнішніх впливів.

Для оцінки вірогідності результатів стендових випробувань застосовується коефіцієнт порівнянності відмов і зношень на стенді й в умовах рядової експлуатації. Критерієм руйнування звичайно служить повна втрата деталлю несучої здатності. Іноді за критерій руйнування ухвалюється початок утвору макротріщин, обумовлених візуально або за допомогою дефектоскопу.

Факт руйнування деталі або вузла іноді встановлюється по різкій зміні режиму роботи іспитового стенду: падінню навантаження, зміні його амплітуди й частоти, росту деформацій в об'єкті випробувань, появі додаткових шумів і вібрацій та ін.

Методичною основою прискорених випробувань елементів трансмісії є використання статичної залежності між кількістю циклів навантаження й напруженнями, що викликає їхнє руйнування або граничне зношування:

$$N_{\text{ц ст.}}\sigma^{x} = N_{\text{ц.э}}\sigma_{\text{э}}^{x} = const\ , \tag{3.1}$$

звідки:

$$N_{\text{ц ст.}} = N_{\text{ц.э}}(\sigma_{\text{э}}/\sigma_{\text{ст}})^{x}\ , \tag{3.2}$$

де $N_{\text{ц.ст}}$, $N_{\text{ц.э}}$ - число циклів навантаження деталі при випробуваннях на стенді й в умовах реальної експлуатації;

$\sigma_{\text{ст}}$ і $\sigma_{\text{э}}$ - напруги в деталі, відповідні до зазначених умов;

x - показник ступеня, що залежить від виду деталі і її напруги.

При однаковій частоті обертання на стенді й в умовах реальної експлуатації ($n_{\text{ст}} = n_{\text{э}}$), виходячи із залежностей:

$$N_{\text{ц ст.}} = n_{\text{ц.ст}}T_{\text{ц.ст}}\ ;\ N_{\text{ц э}} = n_{\text{ц.э}}T_{\text{ц.э}}\ , \tag{3.3}$$

можна визначити тривалість прискорених стендових випробувань:

$$T_{\text{ст}} = T_{\text{.э}}(\sigma_{\text{э}}/\sigma_{\text{ст}})^{x} \tag{3.4}$$

Для виключення викривлень результатів стендових випробувань і їх порівнянності з результатами випробувань в умовах експлуатації при виборі режимів експериментів уводиться ряд обмежень: напруги повинні бути не нижче $0{,}7_{\sigma\text{-}1}$ для прояву утомного характеру роботи

деталей і не перевищувати межі пропорційності.

Крім того, фактичні навантаження не повинні викликати перекосів і деформацій, що порушують якість сполучень деталей, а також підвищення температури випробовуваної складальної одиниці, що приводить до погіршення властивостей мастильних матеріалів.

При стендових випробуваннях елементів фрикційних складальних одиниць відтворюється сумарна робота тертя, яка має місце при роботі машини в умовах експлуатації й визначається статистичними методами за результатами експлуатаційних випробувань.

Для фрикційних елементів обов'язково обмежується робота тертя - питомі робота й потужність тертя не повинні перевищувати граничних значень. Крім того, інтервал часу між циклами повинен бути достатнім для забезпечення охолодження поверхонь тертя.

Прискорення ресурсних випробувань трансмісій автомобілів можна досягти головним чином на стендах із замкненим силовим контуром, тому що на них простіше відтворюється необхідне збільшення всіх режимів.

Найбільш проста схема стенда прискорених випробувань показана на рис. 3.2.

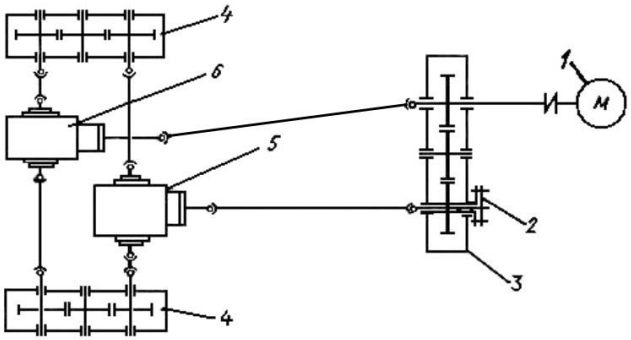


Рисунок 3.2 - Схема стенда із замкненим контуром потужності

На стенді встановлюються дві трансмісії 5 і 6 з роздавальним редуктором 3, двома бічними редукторами 4 і карданними валами, що утворюють замкнений контур, який навантажується статичним крутним моментом за рахунок попереднього закручування пружних еле-

ментів стенда й трансмісій за допомогою механізму навантаження 2. Обертання від приводного двигуна 1 передається через редуктор 3 до випробовуваних трансмісій.

При цьому потужність двигуна витрачається тільки на подолання сил тертя в контурі, а ефект прискорення випробувань за часом досягається попереднім навантаженням контуру крутним моментом, що перевищує експлуатаційний. Значення крутного моменту, що навантажує контур, вибирається або по потужності двигуна випробовуваної машини, або з умов реалізації крутного моменту по зчепленню її рушія з опорною поверхнею.

Прискорення випробувань досягається також за рахунок збільшення крутного моменту, переданого трансмісією на кожній передачі. Цей стенд не дозволяє відтворювати у випробовуваних трансмісіях змінний крутний момент.

У реальних умовах експлуатації при режимі, що встановився, руху машини крутний момент міняється як по частоті, так і по амплітуді, характерними для певної моделі автомобіля й дорожнього покриття, по якому рухається автомобіль. При розгоні машини момент у трансмісії значно перевищує момент, переданий при усталеному русі.

Схема, наведена на рис. 3.3, ілюструє подальший розвиток стенда, представленого на рис. 3.2.

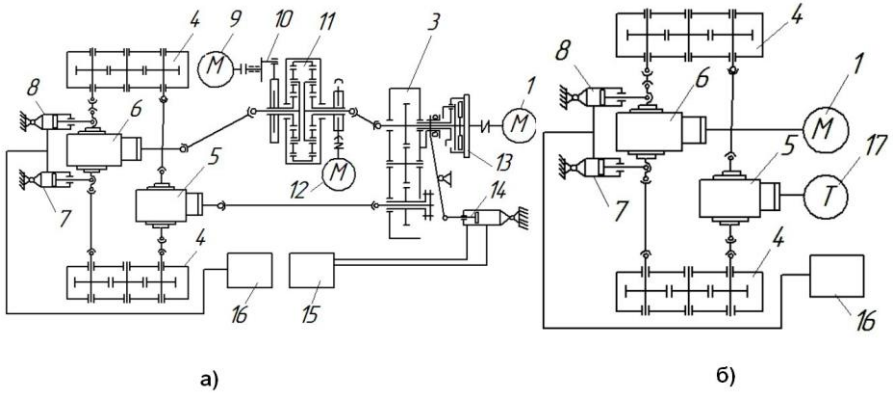


Рисунок 3.3 - Схема розвитку стенда із замкненим контуром потужності

Такий стенд забезпечує періодична зміна крутного моменту в

замкненому контурі трансмісії (рис. 3.3 а). Це досягається за рахунок забезпечення різних кутів закручування валів за допомогою планетарного навантажувача 77, розташованого між роздавальним редуктором 3 і випробовуваними трансмісіями 5 і 6.

Двигун 9 навантажувача приводить у рух кривошипно-шатунний механізм 10 зі змінним радіусом кривошипа, що впливає через зубчасто-рейковий механізм на сонячну шестірню планетарного навантажувача 77. Частота обертання двигуна 9 обумовлює частоту зміни моменту в контурі, а радіус кривошипного механізму - амплітуду його коливань.

Завантаження замкненого контуру статичним крутним моментом здійснюється навантажувачем 11 при обертанні електродвигуна 12. Особливість стенда полягає також у тому, що на ньому забезпечується пульсація згинаючих навантажень на півосях і корпусних деталях трансмісії за допомогою гідропульсаторів 7 і 8, керованих механізмом 16.

На такому стенді забезпечуються також періодично повторювані пуско-зупинюючі режими роботи випробовуваних трансмісій шляхом послідовного включення й вимикання фрикційної муфти 13 за допомогою механізмів 14 і 15. Цей режим роботи стенда забезпечує підвищене завантаження елементів трансмісії.

Поряд зі стендами із замкненим силовим контуром для прискорених ресурсних випробувань використовуються також стенди з відкритим контуром або з рекуперацією потужності. Такі стенди простіше по конструкції, споживають менше енергії, займають менші площі й тому досить поширені в практиці випробувань.

Як приклад такої установки на рис. 3.3 б наведена схема стенда з відкритим навантажуючим контуром для випробувань трансмісійних редукторних механізмів. Тут у якості приводного пристрою використовується електродвигун 1 постійного струму, а навантаження всього контуру здійснюється електрогальмом 17.

Окремі зубчасті передачі в коробках зміни передач, у роздавальних коробках, у коробках відбору потужності й у бортових передачах випробовуються в прискореному режимі, як правило, у тих же картерах, у яких вони початково зібрані й працюють на машині, з метою

відтворення реальних умові їх роботи (режиму змазування, ідентичності твердості валів, опор і корпусних деталей, температурного режиму та ін.).

Якщо ж метою випробувань є оцінка впливу на довговічність зубчастих передач, їх конструктивних особливостей або технології виготовлення (геометрії зачеплення зубчастих коліс, матеріалу з якого вони виготовлені, виду термообробки, чистоти поверхні та ін.) то за інших рівних умов випробувань їх доцільніше проводити в спеціальних універсальних корпусах. Такі стендові установки менші по габаритах, дешевші у виготовленні й експлуатації, споживають менше енергії, але менш точні, тому що не відтворюють повністю реальні навантаження.

У той же час обов'язково слід ураховувати, що дослідження різних характеристик, у тому числі властивостей міцності і довговічності, окремих деталей і найпростіших вузлів дозволяє суттєво зменшити вартість випробувань агрегатів і систем у цілому, виготовити більше дослідних зразків і вивчити розвиток ушкоджень при однотипних режимах, тому що в цьому випадку експлуатаційну навантаженість окремої деталі або окремого елемента завжди можна відтворити простіше й більш точно, ніж при стендових випробуваннях агрегату.

Це дуже важливо, тому що така методика дозволяє заздалегідь визначити слабку ланку, модернізувати її й вирішувати багато питань підвищення технічного рівня агрегатів, систем і повнокомплектних автомобілів.

3.2 Завдання до практичного заняття

Уважно прочитати й зрозуміти представлену методику випробування трансмісій на стендах і після цього скласти звіт про виконану роботу й представити його для перевірки викладачеві.

3.3 Порядок проведення практичного заняття

Ознайомитися з загальною теоретичною частиною практичного заняття. Оформити звіт з практичного заняття у відповідності до пос-

тавленої мети заняття.

Зміст звіту

У звіті про практичне заняття дати відповіді на наступні питання.

1. З яких агрегатів складається трансмісія?
2. Яка мета випробувань?
3. Які показники визначають при випробуванні муфт зчеплень?
4. Як визначити коефіцієнт запасу зчеплення?
5. Як випробовують ведомий диск?
6. Як проводиться випробування на надійність?
7. Які показники визначаються в процесі випробування механічних КПП, роздавальних коробок і коробок відбору потужності?
8. Чим відрізняється стенд розімкнутого типу від стенда замкненого типу?
9. У чому полягають випробування механізму перемикання передач?
10. Які вузли в гідромеханічній передачі випробовують поелементно?
11. Що визначається при випробуванні на довговічність в автоматичній КПП і гідромеханічній передачі в зборі?
12. Які вузли й деталі ведучих мостів випробовують?
13. Як визначається якість звареного шва в нероз'ємному ведучому мості?
14. Що визначається при динамічних випробуваннях?
15. Що враховується при складанні програми випробувань ведучих мостів?
16. Чому трансмісію в зборі піддають прискореним випробуванням?
17. Як визначити тривалість прискорених стендових випробувань при однаковій частоті обертання на стенді й в умовах реальної експлуатації?
18. Що містить у собі найбільш проста схема із замкненим контуром?
19. Яка (по величині) потрібна потужність приводного двигуна стенду?
20. Чим досягається ефект прискорення випробування за часом?
21. З яких елементів складається стенд для прискорених випробувань при періодичній зміні моменту?

22. У якому випадку проводяться випробування зубчастих передач у спеціальних універсальних корпусах?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 4. СТЕНДОВІ ВИПРОБУВАННЯ ШАСІ, КУЗОВІВ І КАБІН АВТОКРАНІВ

Мета: Ознайомитися й зрозуміти методику проведення стендових випробувань рам, кузовів, кабін, підвісок, шин, коліс, рульового керування й гальмових систем.

4.1 Загальні відомості

Стендові випробування рам, кузовів і кабін.

Ці випробування проводяться на стендах статичного й динамічного навантаження роздільно від шасі або спільно в різній комплектації. Програми й методики цих випробувань, як правило, визначаються заводом-виготовлювачем, або науково-дослідною організацією, що проводить експерименти.

Ціль статичних випробувань - перевірка міцності й твердості при дії навантажень, що викликають вигин і крутіння несучих систем. При цьому виявляються ослаблені й перевантажені елементи й з'єднання, оцінюються деформації конструкцій під дією встановлюваних агрегатів і вантажів, а також від різних видів зовнішнього навантаження (рис. 4.1-4.4).



Рисунок 4.1 – Кузов підготовлений до випробувань



Рисунок 4.2 – Маркери нанесені на кузов для оцінки якості поверхні під навантаженням



Рисунок 4.3 – Використання технологій "доповненої реальності": планшет використовується для порівняння форми випробуваного кузова з 3D-моделлю

При цих випробуваннях переважно реалізуються два види навантаження:

- вигин у вертикальному напрямку під дією сил і реакцій, прикладених у місцях реального впливу (опори ресор, двигуна, кабіни, кузова й інших агрегатів) з перевантаженням (наприклад, для легкових автомобілів в - 2 рази, для вантажних автомобілів - в 3 рази);
- закручування моментом, відповідним до граничного перекосу в реальних умовах експлуатації при подоланні екстремальних перешкод.



Рисунок 4.4 – Аналіз результатів випробувань кузова
по контрольним точкам

Напруги в будь-якому перетині елементів конструкції при цих випробуваннях не повинні перевищувати границі текучості матеріалу, а будь-які деформації в перетинах - припустимих величин для збереження зазорів між елементами конструкцій у дверних і віконних прорізах, у зчленуваннях з різними панелями, не порушувати інших показників форм і допусків на геометричні розміри, передбачені конструкторсько-технологічною документацією на виготовлення й складання кузовних складальних одиниць.

Важливим завданням стендових випробувань є вивчення напруженого стану всіх елементів несучої системи під навантаженням.

Статичні стендові випробування застосовуються в багатьох програмах експериментальних досліджень, наприклад, при тензометруванні рам або кузовів у багатьох точках. Результати цих випробувань служать підставою істотного скорочення обсягів вимірів у наступних динамічних випробуваннях.

Ефективним у цьому плані слід уважати й інформативний метод крихких лаків-розплавів, який використовується перед тензометричними вимірами. Статичні стендові випробування використовуються й

при оцінці пасивної безпеки різних машин, наприклад, вертикальне навантаження кабіни вантажного автомобіля, відповідне до подвійної ваги спорядженого автомобіля служить нормативом стійкості при перекиданні.

Стендові випробування з динамічними навантаженнями виконуються по тим же схемам установки несучих систем, кабін і кузовів, що й при статичних випробуваннях. На сучасних стендах з гідропульсаторами динамічне навантаження регулюється в широких межах зміни амплітуд і діапазонів частот, причому одночасно на вигин і крутіння, що наближає умови випробувань на стендах до умов роботи в реальній експлуатації.

Застосовується також динамічне локальне навантаження на окремих ділянках конструкції за допомогою різних вібраторів спрямованої дії для оцінки міцності окремих деталей і зчленувань, визначення частот власних коливань великих елементів (наприклад, панелей капота, багажника, даху, дверей), виявлення зон і форм небезпечних резонансних коливань для виробітку заходів щодо їхнього зменшення або повного усунення.

На стендах з динамічним навантаженням насамперед оцінюється довговічність конструкції в цілому (у зборі рам, кузовів, кабін), їхніх складальних одиниць (наприклад, лонжеронів із траверсами й кронштейнами, окремих панелей у зборі) і окремих вузлів (наприклад, петель і замків дверей, тримачів, підйомників і очисників стекол, буксирних пристроїв та ін.).

Динамічні стендові випробування кузовів і кабін є обов'язковим атрибутом оцінки властивостей міцності цих конструкцій і у той же час, ефективним способом оцінки багатьох параметрів пасивної безпеки машини в цілому. При цьому імітуються умови перекидання (рис. 4.5), фронтального або бічного зіткнення, наїзди позаду, наїзди із заданою швидкістю на масивну перешкоду під різними кутами (стенди-катапульти) (рис. 4.6 - 4.7), удари в різні місця конструкції (копрові стенди). Наприклад, удар попереду по верхньому куту кабіни імітує падіння машини з укосу, а прямій удар по задній стінці імітує вплив незакріпленого вантажу при різкій зупинці.



Рисунок 4.5 – Випробовування кабріолета на перекидання

Схожими методами, але з певною специфікою, випробовуються різні знімні елементи кузовів і кабін (наприклад, капот, кришка багажника, двері тощо). Сучасні методики краш-тестів строго регламентовані й застосовуються різними організаціями відповідно до діючих міжнародних вимог і стандартів.

Стендові випробування підвісок.

Випробування підвісок проводяться відповідно до діючих нормативних документів і включають визначення характеристик пружності при вертикальних і поперечних кутових деформаціях властивостей що демпфірують, і кінематики. Випробування підвісок у цілому, а також окремих їхніх елементів і деталей проводяться з метою оцінки їх надійності (в основному безвідмовності, довговічності й ремонтопридатності). Дослідження пружності підвіски з торсіонами, листовими ресорами й пружинами обмежуються статичною тарировкою. Пневма-

тичні й гідропневматичні підвіски випробовуються на спеціальних стендах як при квазістатичному (повільному) стиску при різних початкових тисках пружного середовища, так і в режимі динамічного навантаження за гармонійним законом з різними амплітудами й частотами.





Рисунок 4.6 – Випробування автомобіля на фронтальний удар

Амортизатори випробовуються на стендах для визначення залежності сили опору що розвивається, від швидкості переміщення поршня (залежно від параметрів не підресорених частин). При контрольних і приймальних випробуваннях амортизаторів визначаються герметичність, а також гучність і плавність їх роботи.



Рисунок 4.7 – Кузова автомобілів після проведення випробувань на фронтальний удар

Крім того, перевіряється стабільність робочої діаграми й оцінюється залежність енергії, що поглинається, за цикл стиску й відбою від температури заповнюючої робочої рідини. Стендові випробування на довговічність проводяться поелементно для пружних елементів, деталей напрямних пристроїв і для амортизаторів при динамічних навантаженнях відповідно до програм. Випробовуються також комплекти сполучених вузлів (наприклад, листові ресори разом із шарнірами й кронштейнами кріплення до рами). Останнім часом одержують поширення стендові випробування підвісок з одночасним навантаженням на стиск, вигин і крутіння при циклічному впливі.

Стендові випробування шин.

Робота шин багато в чому визначається їхніми пружними характеристиками, зокрема, коефіцієнтами нормальної, бічної, крутильної й кутової твердостей, що представляють собою відношення відповідно нормального й бічного зусиль, а також крутного і повертаючих моментів у місці контакту шини з дорогою, до викликуваних ними деформаціями шин у відповідних напрямках.

Випробування шин на стендах проводяться для визначення геометричних параметрів (радіусів: вільного, статичного, динамічного й кочення, площі контакту з опорною поверхнею по виступах малюнка протектора, по контуру відбитка), силових параметрів (характеристик пружності й демпфірування при навантаженні, нормальною, бічною і окружною силами, характеристик бічного відведення, зчіпних властивостей, довговічності по зношуванню протектора й розшаруванню каркаса), а також характеристик, що визначають взаємодію шин з опорною поверхнею.

Перед випробуваннями шини зважуються, обміряються, включаючи глибину протектора, і ретельно балансуються (рис. 4.8 – 4.10).



Рисунок 4.8 – Обладнання фірми Tikka для контролю протектору шин

Характеристики пружності й демпфірування визначаються на стендах у режимах квазістатичного й динамічного навантаження.



Рисунок 4.9 – Замір глибини протектора шини



Рисунок 4.10 – Пристрій для виміру глибини протектора шини

В останньому випадку випробування проводяться при порушенні й реєстрації вільних коливань маси що опирається на шину на необертовому колесі, або при змушених коливаннях маси на колесі що котиться. Шукані характеристики виходять після обробки зареєстрованих коливань дисипативної системи, еквівалентній стендовій установці, з обліком заздалегідь відомих її параметрів.

Силові показники взаємодії колеса з опорною поверхнею визначаються на стендах як у ведучому, так і гальмовому режимах, включаючи буксування й повне ковзання. Переважними при стендових випробуваннях шин є режими кочення по зовнішніх поверхнях обертових опорних барабанів або опорних поверхонь стрічкового типу що переміщаються.

У більшості випадків такі випробування шин проводяться на шинообкатних верстатах, на яких заміряються всі необхідні параметри й характеристики, й крім того, значно прискорюються настання граничних станів. Випробування шин на довговічність, включаючи довговічність каркаса й зносостійкість протектора, проводяться на уні-

версальних шинообкатних верстатах, на яких у процесі обкатування по барабану зі сталевою рифленою поверхнею на шину діє крутний момент, що поступово збільшується по заданій програмі змін.

Досліджуються на стендах також температурні стани, епюри тисків, знос реакцій та інші показники робочих процесів шин. Характеристики опору коченню колеса із шиною при різних вертикальних навантаженнях визначаються на спеціальних стендах з обертовим у горизонтальній площині диском.

Стендові випробування коліс.

Колеса й маточини випробовуються в стендових умовах, коли необхідно оцінити їхню міцність під дією статичних і динамічних вертикальних і бічних сил. Тангенціальні навантаження й крутні моменти, як правило, не враховуються, тому що їхній вплив на міцність обода й диска колеса незначні.

Тому окружна сила звичайно не прикладається. На стендах для випробувань коліс, ободи коліс із шинами що перебувають під тиском, установлюються нерухомо й навантажуються. При цьому часто застосовується метод крихких лаків-розплавів, що дозволяє виявляти найбільш навантажені ділянки, що надалі визначає місця наклейки тензорезисторів для кількісної оцінки міцності коліс.

Лаки наносяться на поверхню коліс і при випробуваннях тріскаються. По величині й густоті тріщин визначаються найбільш навантажені ділянки, куди надалі клеяться тензодатчики (тріщини завжди розташовуються поперек розтягувальних - стискаючих деформацій).

На таких стендах випробовуються колеса й на утомну міцність. Навантаження при цьому носять знакозмінний циклічний характер. Шини в зборі з ободами випробовуються на міцність у броньовій камері. Поступовим підвищенням тиску шина або обід доводять до руйнування. Для забезпечення безпеки випробувань і запобігання вибуху замість повітря в шину нагнітається вода (рис. 4.11-4.12).



Рисунок 4.11 – Випробування шин водою



Рисунок 4.12 – Результати випробування шин водою

Стендові випробування рульових керувань.

Випробування рульових керувань регламентуються двома нормативними документами: РД 37.001.005-86 і ОСТ 37.001.471-88. Згідно із цими документами в процесі стендових випробувань визначаються передатне відношення рульового керування, рівне сумі передаточних чисел кермового механізму й кермового привода, параметри стабілізації - кути розвалу й сходження коліс, поздовжні кути нахилу шворнів, твердість привода, зусилля на кермовому колесі, його вільний хід і ККД кермового механізму. Крім того, на стендах випробовують на надійність кермові механізми, насоси, гідропідсилювачі, си-

лові циліндри, а на зносостійкість - шарніри тяг і важелів.

При стендових випробуваннях кермових механізмів зовнішнє навантаження прикладається до сошки й до кермового валу при його зворотно-обертальному русі. Режими змінного навантаження встановлюються по моменту, рівному 50 % його значення для повороту керованих коліс на місці й по частоті приблизно 3 об/с.

Крім цього визначаються різні характеристики кермових приводів - силове (залежність моменту на валу сошки від моменту на кермовому колесі) і кутове (залежність тиску в гідропідсилювачі від кута повороту кермового колеса) передаточні числа, зношування деталей, максимальне зусилля на кермовому колесі, герметичність гідравлічного приводу. Усі ці параметри визначаються на спеціальних або універсальних стаціонарних стендах. Певну специфіку мають випробування рульових керувань із електропідсилювачами.

Передаточне число кермового механізму визначається по відношенню кута повороту кермового колеса до кута повороту вала сошки. Загальне передаточне число рульового керування (відношення кута повороту кермового колеса до кута повороту керованих коліс) визначається на спеціальних оптичних стендах, обладнаних електронними кутомірами.

Вимір кутів установки керованих коліс і шкворнів проводяться на статичних і динамічних спеціалізованих установках. До статичних відносяться стенди, на яких не потрібно обертання коліс. Ці стенди не мають високу точність, але прості по конструкції й зручні в експлуатації. Динамічні пристрої застосовуються для точної перевірки й регулювання кутів установки керованих коліс і шворнів, причому забезпечують точне виконання всіх робіт з мінімальними витратами часу.

Важливе значення з погляду кінематики рульового керування, виникнення коливань, зношування шин і стійкості руху має твердість кермового привода. Тому випробування по оцінці твердості кермового привода виконуються при різних зусиллях на кермовому колесі аж до максимального значення, яке відповідає повороту коліс на нерухливій машині (іноді при повороті коліс, що перебувають у глибокій колії).

У цих випробуваннях визначається деформація кожного елемента кермового приводу за допомогою спеціальних індикаторів, а зу-

силля на кермовому колесі - за допомогою самописних динамометричних пристроїв.

Стендові випробування гальмових систем.

Випробування гальмових систем різних автотранспортних засобів регламентовані "Правилами № 13. Однакові приписання, що стосуються офіційного твердження транспортних засобів відносно гальмування. E/ECE/505/5, TRANS, 1973 р.".

У стендових випробуваннях визначаються сумарна гальмова сила, гальмові сили на кожному колесі, зусилля на гальмовій педалі, час спрацьовування гальмового привода, надійність гальмових систем, зношування гальмових накладок, характеристики колісних гальм у різних температурних умовах, герметичність гідро- і пневмоприводів, параметри стояночних гальм.

Поелементно в гальмових системах з гідроприводом визначаються параметри й характеристики головного гальмового циліндра, колісних гальмових циліндрів, регуляторів тиску, трубопроводів і шлангів, а в гальмах із пневмоприводом - в основному гальмових кранів, пневмокамер. регуляторів тиску, клапанних механізмів, ресиверів, компресорів і трубопроводів.

По окремих програмах і методикам випробовуються гальмові приводи з антиблокувальними системами (АБС). Ці випробування регламентовані "Додатком до правил № 13. Приписання, що стосуються випробувань гальмових систем, обладнаних різними антиблокувальними пристроями. TRANS/Scl/P/29/CRF/3".

Оцінка впливу АБС на гальмову ефективність автотранспортних засобів здійснюється визначенням різних параметрів процесу гальмування з урахуванням коефіцієнта використання сил зчеплення.

Ефективність дії гальмових систем визначається на стендах, які по конструктивному виконанню можна розділити на три групи: роликові, з інерційними масами й платформні.

По характеру впливів стенди розділяються на статичні й динамічні, а по способу передачі гальмового моменту - на стенди з використанням сил зчеплення й передачею гальмового моменту через опорну поверхню коліс і на стенди без використання сил зчеплення колеса й з передачею гальмового моменту безпосередньо через маточину колеса.

Найбільше поширення в цей час одержали роликові стенди з використанням сил зчеплення, як найбільш прості й зручні у випробуваннях. Слід зазначити, що при малій частоті обертання роликів гальмові сили на цих стендах відтворюються із трохи більшими значеннями, ніж в дорожніх умовах при реальних швидкостях руху.

Збільшення частоти обертання колеса машини на стенді тягне збільшення потужності, затрачуваної на привод, що, у свою чергу, впливає на вимірювані параметри й вартість стендових випробувань. Тому для реалізації реальних гальмових сил на стендах не використовуються швидкості нижче 10 км/год (для легкових автомобілів) і - 5 км/год (для вантажних автомобілів).

Звичайно роликові стенди включають опорно-приводний і вимірювальний пристрої. Опорно-приводний пристрій складається з рами, декількох пар роликів, на які встановлюються колеса осей машини й приводних електродвигунів, що обертають ролики.

Для реалізації повного гальмового моменту за допомогою сил зчеплення ролики з'єднуються ланцюгом, а їх поверхня робиться рифленою або покритою фрикційним матеріалом. Для цієї ж мети діаметр роликів виконується невеликим, а от відстань між роликами звичайно збільшується й регулюється таким чином, щоб забезпечувалося гарне зчеплення й не було можливості мимовільного виїзду машини при вимірі максимального гальмового моменту.

Один з кожної пари роликів з'єднаний через редуктор із приводним балансирно підвішеним електродвигуном. Статор цього електродвигуна за допомогою важеля з'єднується з датчиком вимірювального пристрою.

Методика випробувань передбачає запис усіх параметрів процесу гальмування, їх автоматичний аналіз і виробіток рекомендацій з усунення виявлених недоліків.

Інерційні гальмові стенди за принципом дії діляться на барабанні й платформні. Барабанні стенди призначені для загальних і заелементних випробувань гальмових систем. Як правило, ці стенди обладнаються вимірювальним комплексом, що дозволяє визначати всі необхідні параметри й характеристики гальмових систем автомобілів.

Барабанні стенди аналогічні роликовим, але опорноприводний

пристрій у них може мати привод від ведучих коліс машини.

Махові маси інерційних стендів поєднують маси бігових барабанів, й маховиків що приєднуються до них. Величини махових мас визначаються з умови рівності кінетичної енергії, що поглинається гальмами автомобіля на повноопорному стенді, і кінетичної енергії поступальної й обертальної мас автомобіля що рухається на дорозі.

Після установки автомобіля на інерційний стенд окружна швидкість коліс доводиться до імітації руху зі швидкістю близько 70 км/год і потім різко гальмується. Одночасно роз'єднуються всі каретки стенда шляхом вимикання електромагнітних муфт. Задана сила натискання на гальмову педаль забезпечується автоматичним пристроєм відповідно до закладеної програми.

Гальмовий шлях визначається по числу обертів барабанів стенда, фіксується лічильником, а затримка - кутовим деселерометром. На інерційному стенді можливо й прямий вимір гальмового моменту по величині реактивного крутного моменту між маховиком і барабаном.

Платформні стенди звичайно застосовуються для експрес-тестування гальмових систем легкових і вантажних автомобілів. Вони мають чотири рухливі платформи, на які в'їжджає колесами машина зі швидкістю близько 10 км/год і зупиняється при різкому гальмуванні.

Під впливом виникаючих при цьому сил інерції й сил тертя між шинами й поверхнею майданчиків відбувається переміщення платформ. Величина переміщення кожної платформи сприймається спеціальними датчиками, фіксується й записується апаратурою стенда (звичайно за допомогою комп'ютерних технологій).

4.2 Завдання до практичного заняття

Уважно прочитати й зрозуміти представлену методику випробування елементів шасі на стендах і після цього скласти звіт про виконану роботу й представити його для перевірки викладачеві.

4.3 Порядок проведення практичного заняття

Ознайомитися з загальною теоретичною частиною практичного

заняття. Оформити звіт з практичного заняття у відповідності до поставленої мети заняття.

Зміст звіту

У звіті про практичне заняття дати відповіді на наступні питання.

1. Які є методи статичних випробувань?
2. Які види навантажень застосовують при статичних випробуваннях?
3. Які по величині деформації допускаються в перетинах?
4. Що є важливим завданням стендових випробувань?
5. Що є нормативом стійкості кабіни вантажного автомобіля при перекиданні?
6. Чим забезпечується наближення умов випробувань на стендах до умов роботи випробовуваних елементів у реальній експлуатації?
7. Що оцінюється в першу чергу при випробуванні на стендах з динамічним навантаженням?
8. Які умови імітуються при динамічних стендових випробуваннях?
9. Яка мета випробування підвісок у цілому, а також окремих їхніх елементів і деталей?
10. У чому полягає дослідження пружності механічних підвісок (торсіонних, ресорних, пружинних)?
11. Що визначають при випробуванні амортизаторів?
12. Як проводяться стендові випробування на довговічність?
13. Що характеризує коефіцієнт нормальної бічної, крутильної й кутової твердості шини?
14. Які параметри визначають при проведенні випробування шин?
15. Які режими є переважними при стендових випробуваннях?
16. Як проводиться випробування шин на довговічність?
17. Як визначається опір коченню колеса із шиною?
18. Для чого застосовується метод крихких лаків-розплавів при випробуванні коліс?
19. Для чого при випробуваннях у шину накачується вода?
20. Які показники визначаються при стендових випробуваннях рульових керувань?

21. Які характеристики кермових приводів визначають при стендових випробуваннях рульового керування?
22. Як визначається передаточне число кермових механізмів і рульового керування?
23. Як виконується випробування по оцінці твердості кермового приводу?
24. Які показники й характеристики визначаються при стендових випробуваннях гальмових систем?
25. Як влаштований роликовий стенд, і чому використовується балансирно підвішений електродвигун?
26. Що входить у методику випробувань гальмових систем?
27. Принцип випробування гальмових систем на інерційному стенді.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Артюх О. М., Дударенко О. В., Кузьмін В. В. та ін. Дослідження та випробування технічних систем : навч. посіб. Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2021. 212 с.
2. Болвашенков І., Каммерманн Й., Френкель І., Герцог Х.-Г. Багаторівнева ієрархічна модель надійності технічних систем: теорія та застосування. In: Ram, M., Pham, H. (eds) Advances in Reliability Analysis and its Applications. Springer Series in Reliability Engineering. Springer, Cham, 2020. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-31375-3_5.
3. Герасимчук О.Н. Теорія технічних систем: навч. посіб. для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання. Луцьк: ЛНТУ, 2023. 112 с.
4. Методичні вказівки з вивчення дисципліни «Дослідження та випробування технічних систем» та виконання контрольних завдань, для студентів спеціальності G 11.05 «Транспортні засоби», усіх форм навчання / Укл. : О. М. Артюх., М.В. Сидоренко Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2026. 119 с.