

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу**

**Кваліфікаційна робота
на правах рукопису**

Вазінський Максим Юрійович

УДК 621.436

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
УДОСКОНАЛЕННЯ РЕМОНТУ ДИЗЕЛЬНИХ
ДВИГУНІВ JOHN DEERE 6068DF150 З РОЗРОБКОЮ
КОНСТРУКЦІЇ СТЕНДУ**

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело _____ Вазінський М.Ю.

Керівник роботи

Савченко В.М.

кандидат технічних наук, доцент

Житомир – 2025

АНОТАЦІЯ

Вазінський Максим Юрійович. Удосконалення ремонту дизельних двигунів John Deere 6068DF150 з розробкою конструкції стенду. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2025.

У результаті виконання кваліфікаційної роботи було розроблено та обґрунтовано конструкцію універсального стенда для обкатки й випробувань дизельних двигунів John Deere 6068DF150. Запропоновані технічні рішення – зокрема рухома рама з гідроприводом, знімні опори під двигуни легкових автомобілів і регульований гальмівний механізм – забезпечують швидку переналагоджуваність стенда під різні типорозміри та кріплення двигунів, що суттєво підвищує ефективність ремонтно-технічного процесу. Проведені розрахунки на міцність основних елементів конструкції підтвердили відповідність прийнятих матеріалів і геометричних параметрів вимогам безпеки та довговічності з великим запасом міцності.

Аналіз результатів роботи показав, що впровадження стенда дозволяє скоротити час на монтаж-демонтаж двигуна та зменшити трудові витрати на 25–30 %, що сприятиме зниженню собівартості сервісного обслуговування. Виконане технічне й економічне обґрунтування підтверджує доцільність створення стенда на базі підприємств технічного сервісу сільськогосподарської та автомобільної техніки. У подальшому доцільно виконати дослідні випробування прототипу в реальних умовах цеху, а також розглянути можливість автоматизації процесу регулювання гідроприводу для ще більшої оптимізації операцій обкатки.

Ключові слова: дизельний двигун, стенд, обкатка, технічний сервіс, ремонт.

ANNOTATION

Vazinsky Maxim Yurievich. Improvement of the repair of John Deere 6068DF150 diesel engines with the development of a test bench design. – Qualification work on the rights of the manuscript.

Qualification work for obtaining a bachelor's degree in the specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissia National University, Zhytomyr, 2025.

As a result of the qualification work, a universal stand for running in and testing John Deere 6068DF150 diesel engines was designed and justified. The proposed technical solutions – in particular, a movable frame with a hydraulic drive, removable supports for passenger car engines, and an adjustable braking mechanism – ensure quick reconfiguration of the stand for different sizes and mountings of engines, which significantly increases the efficiency of the repair and maintenance process. Calculations of the strength of the main structural elements confirmed that the materials and geometric parameters used meet safety and durability requirements with a large margin of safety.

Analysis of the results showed that the introduction of the stand reduces the time required for engine installation and removal and reduces labor costs by 25–30%, which will help reduce the cost of maintenance. The technical and economic justification confirms the feasibility of creating a stand based on agricultural and automotive technical service enterprises. In the future, it is advisable to conduct experimental tests of the prototype in real workshop conditions, as well as to consider the possibility of automating the hydraulic drive control process for even greater optimization of running-in operations.

Keywords: diesel engine, test bench, running-in, technical service, repair.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. БУДОВА, ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ ДВИГУНА JOHN DEERE 6068DF150.....	9
РОЗДІЛ 2. ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ ДВИГУНА JOHN DEERE 6068DF150.....	19
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СТЕНДУ ДЛЯ ОБКАТКИ ДВЗ.....	26
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	37
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	39

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. В сучасних умовах інтенсифікації сільськогосподарського виробництва на перший план виходить підвищення надійності та ефективності роботи двигунів тракторів і спеціальної техніки. Дизельний двигун John Deere 6068DF150, завдяки високій потужності та економічності, широко застосовується як у вітчизняному, так і в міжнародному агросекторі. Проте відсутність спеціалізованого обладнання для його відновного обкатування та випробувань призводить до значних простоїв техніки в ремонтних цехах і збільшення трудовитрат на технічне обслуговування [3].

Впровадження універсального випробувального стенда дозволить стандартизувати процес обкатки після капітального ремонту, що скоротить час монтажу та демонтажу двигуна на 25–30 %. Зниження трудоємності підготовчих та заключних операцій безпосередньо позначається на зменшенні собівартості ремонтних послуг і підвищенні пропускної здатності технічного сервісу. Урахування вимог українських стандартів і умов експлуатації агротехніки вітчизняними господарствами додатково обґрунтовує доцільність розробки адаптованого стенда.

Розробка рухомої рами з гідроприводом забезпечує універсальність пристрою – можливість обкатки двигунів різних типорозмірів і марок. Це рішення дозволяє оперативно переналагоджувати стенд під тракторні, вантажні й легкові двигуни, знижуючи кількість необхідного інструменту та присадкових пристосувань. Крім того, застосування гідросистеми дає змогу точно регулювати співвісність двигуна з приводним валом, що мінімізує ризик нерівномірного зносу деталей і підвищує якість випробувань.

Не менш важливим є економічний аспект: оптимізація витрат на ремонтно-технічне обслуговування з урахуванням ресурсозбереження і мінімізації простоїв має вирішальне значення для рентабельності агропідприємств. Впровадження стенда знижує потребу в ручній праці,

скорочує витрати на енергоносії та матеріали, а також підвищує безпеку персоналу. Це сприяє підвищенню конкурентоспроможності технічного сервісу та гарантує швидку окупність інвестицій у нове обладнання.

Нарешті, у контексті децентралізації та розвитку малих і середніх фермерських господарств, наявність мобільного й універсального стенда в локальних сервісних точках створює передумови для якісного сервісного обслуговування навіть у віддалених регіонах. Це сприятиме збереженню ресурсу техніки, зниженню простоїв у сезоні та забезпеченню стабільного виробництва сільгосппродукції, що є надзвичайно актуальним для зростання продовольчої безпеки України.

Мета роботи: розробити й техніко-економічно обґрунтувати універсальний випробувальний стенд для обкатки та тестування дизельного двигуна John Deere 6068DF150, що забезпечить підвищення продуктивності ремонтно-технічного процесу, скорочення часу монтажних-демонтажних операцій та зниження трудомісткості ручних робіт.

Завдання дослідження:

- провести аналіз існуючих конструкцій стендів для обкатки двигунів і виявити їхні переваги та недоліки;
- визначити технічні вимоги до стенда з урахуванням особливостей двигуна John Deere 6068DF150 та умов експлуатації в ремонтних цехах;
- розробити конструктивну схему рухомої рами зі гідроприводом, що забезпечить адаптацію стенда під різні типорозміри двигунів;
- скласти принципову гідравлічну та електричну схеми керування гідроциліндрами й гальмівним механізмом стенда;
- виконати розрахунки на міцність основних елементів конструкції (болтових з'єднань, штока гідроциліндра, направляючих) та забезпечити необхідний запас міцності.

Об'єктом дослідження є система технічного обслуговування та ремонту дизельного двигуна John Deere 6068DF150 в умовах ремонтного цеху.

Предмет дослідження: конструктивно-технологічні рішення стенда для обкатки й випробування двигуна John Deere 6068DF150, зокрема рухома рама з гідроприводом та вузли кріплення, що забезпечують універсальність і підвищену ефективність ремонтного процесу.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Борак К.В., Герасимчук Д.В., Савченко В.М., Савін Н.Л., Капінус І.В. Вазінський М.Ю. Стан матеріально-технічної бази агропромислового комплексу України: аналіз останнього десятиліття. Збірник тез доповідей XI Міжнародної науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь» з нагоди 30-річчя започаткування підготовки ОС «Бакалавр» за спеціальністю «Агроінженерія» 11 квітня 2025 року м. Житомир / МОН України, Житомирський агротехнічний фаховий коледж. Київ. Видавничий центр ЖАТФК України, 2025. С. 54-58.

2. Грабар І.Г. **Вазінський М.Ю.** Підвищення ефективності діагностики ДВЗ Збірник тез доповідей XXV Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки" (17–19 жовтня 2024 року). МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ. 2024. С. 315-319

Практичне значення одержаних результатів. Запропонована конструкція універсального стенда для обкатки та випробувань двигуна John Deere 6068DF150 дозволяє суттєво оптимізувати ремонтний цикл: зменшити час монтажу-демонтажу двигуна на 25...30 % та скоротити трудовитрати на ручні операції. Це безпосередньо підвищує пропускну спроможність ремонтного цеху та знижує простої техніки. Універсальність стенда завдяки рухомій рамі з гідроприводом дає змогу обслуговувати широкий спектр двигунів – тракторних, вантажних і легкових – на одному обладнанні без необхідності додаткових переналагоджень чи придбання спеціальних пристосувань. Це сприяє раціоналізації виробничих ресурсів і зменшенню капітальних витрат на оснащення сервісних підрозділів.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 32 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 41 сторінка комп'ютерного тексту, містить 9 рисунків, 1 таблиця та 2 додатки.

РОЗДІЛ 1

БУДОВА, ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ ДВИГУНА JOHN DEERE 6068DF150

Двигун John Deere 6068DF150 (рис. 1.1.) є рядним шестициліндровим дизельним агрегатом об'ємом 6,8 літра, розробленим для сільськогосподарської та промислової техніки. Він поєднує в собі високу потужність, економічність та довговічність. Основний картер виготовлений із високоякісного чавуну, що забезпечує оптимальну жорсткість і стійкість до вібрацій. Циліндрові гільзи встановлені як знімні втулки з легованої сталі, що спрощує ремонтні роботи. Блок циліндрів має інтегровану систему охолодження з великою площею теплообміну. Головка блока циліндрів виконана з алюмінієвого сплаву для покращення тепловідведення та зменшення маси. Для герметичності між блоком і головкою використовується багатошарова прокладка. Вся конструкція розрахована на тривалий термін експлуатації в жорстких умовах. Система кріплення головки включає болти високої міцності з регульованим моментом затягування [2].

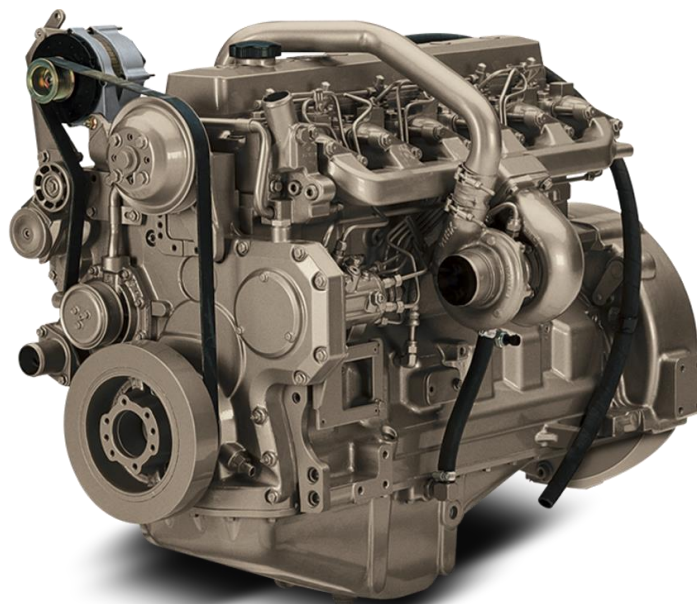


Рис. 1.1. Двигу. John Deere 6068DF150.

Поршнева група складається з трьох кільцевих поршневих кілець та маслорозподільного кільця. Поршні виготовлені з високоміцного алюмінієвого

сплаву, що поєднує легкість із стійкістю до температурних навантажень. Їх форма враховує оптимальне підведення палива для забезпечення більш повного згоряння. Кожен поршень має канавки для кілець із додатковим зміцненням тертьових поверхонь. Працює система змащення із розбризкуванням, що подає мастило безпосередньо на стінки циліндрів. Між поршнем і циліндром забезпечується невеликий натяг для мінімізації витрат компресії. Поршневі пальці холодного встановлення мають покриття з хромуванням для підвищеної зносостійкості. Градієнт температури поршня контролюється через спеціальні канали в голівці. Це гарантує стабільність геометрії навіть за високих навантажень [2].

Колінчастий вал виконаний із загартованої високоміцної сталі, яка витримує значні крутні моменти та динамічні навантаження. Вал розташований у п'яти основних опорах із роликowymi підшипниками, що знижують тертя. Кріплення шестерень та маховика виконується за допомогою шпонок і високоточних шліцьових з'єднань. Балансувальні вантажі розташовані на відповідних дисках для мінімізації вібрацій на обертах. На одному кінці вала розташована шестерня приводу масляного насоса. Інший кінець оснащений фланцем для приєднання карданного вала чи маховика. Компенсація теплових розширень забезпечується додатковим зазором у зонах з'єднання з підшипниками. Усі робочі поверхні оброблені з високою точністю до мікронів для гарантованої герметичності та ресурсності агрегату [2].

Шатунно-поршнева пара представлена міцними шатунами з гомогенним розподілом навантажень. Шатуни виготовлені методом порошкової металургії для зниження внутрішніх дефектів та отримання високої міцності. Поясні підшипники шатунів використовують біметалеві вкладки з антифрикційним покриттям. Шатун кріпиться до колінчастого вала двома болтами високої міцності з натягом. У верхній частині шатун має пресову втулку для поршневого пальця. За рахунок точно витриманого зазору здійснюється правильна каналізація масла для змазування шийок вала. Спеціальна геометрія

шатунa сприяє підвищенню жорсткості та зменшенню маси кінематичної групи. Всі поверхні піддані нітрированню для підвищення зносостійкості [2].

Система змащення є напірно-розбризкувальною та складається з шестеренного насоса, фільтрів грубого та тонкого очищення, а також розподільних каналів у блоці. Насос встановлений на корпусі двигуна та приводиться від колінчастого вала. Фільтр грубого очищення затримує великі частинки, тоді як тонкий фільтр забезпечує очистку до 10 мкм. Подавлення надлишкового тиску здійснюється перепускним клапаном, що захищає насос і систему. Масляні канали виконані з обчисленою пропускною здатністю для рівномірного змащування шийок колінчастого вала та шатунів. Додаткові розбризкувачі подають мастило до поршневих кілець та циліндричних стінок. Масляна ванна має значний об'єм для зниження температури та піноутворення. Контроль тиску в системі здійснюється датчиком з подачею сигналу до ЕБУ.

Система охолодження включає водяну помпу, радіатор, термостат та водяні канали в блоці й голівці. Помпа є центробіжного типу з приводом від ременя приводу допоміжних агрегатів. Термостат підтримує оптимальну температуру двигуна близько 85 °С, направляючи потік через радіатор або повз нього. Радіатор оснащений полімерними танками та алюмінієвим теплообмінником для полегшення та стійкості до корозії. Водяні канали в блоці виконані з урахуванням рівномірного розподілу охолоджувальної рідини. Шланги системи мають армовану структуру проти розтягнення. Додатковий охолоджувач охолоджує масло, що підвищує ресурс силового агрегату. Датчик температури охолоджуючої рідини передає дані до електронного блоку управління [2, 4, 7, 9].

Система впорскування палива представлена турбонасосом високого тиску та рядним шестициліндровим насосом. Насос високого тиску працює в декілька ступенів для підтримки тиску до 1600 бар. Кожна секція насоса обслуговує окремий циліндр, подаючи точну кількість палива у форсунку. Форсунки з електромагнітним управлінням забезпечують дрібнодисперсне розпилення та швидке закриття. Електронний блок управління обробляє сигнали датчиків

тиску та положення колінчастого вала для корекції моменту та тривалості впорскування. Підживлення паливної системи здійснюється підкачувальним насосом низького тиску з попереднім фільтром. У корпусі паливного фільтра встановлено водовіддільник. Вся система розрахована на використання дизельного палива з низьким вмістом сульфатної золи [2, 5].

Система наддуву складається з турбокомпресора із змінною геометрією лопаток (VGT) та інтеркулера. Турбіна приводиться від вихлопних газів, що забезпечує ефективне підвищення тиску наддуву до 2 бар. Змінна геометрія лопаток дозволяє оптимізувати продуктивність турбіни як на низьких, так і на високих обертах. Інтеркулер охолоджує стиснене повітря, підвищуючи його щільність і зменшуючи ризик детонації. Корпус компресора виготовлений з алюмінію для зниження маси. Вихлопна частина корпусу турбіни виконана з жароміцної сталі. Зворотний клапан запобігає надлишковому тиску у впускному тракті при вимкненні двигуна. Вся система має змінні шланги та з'єднання для швидкого обслуговування [6].

Система газорозподілу представлена верхнім розташуванням розподільного вала (SOHC) з приводом ременем ГРМ. Вал виготовлений із загартованої сталі з гідрокомпенсаторами для автоматичного підтримання зазорів клапанів. Клапани розташовані попарно в кожному циліндрі: один впускний і один випускний. Кожен впускний клапан має діаметр 44 мм, випускний — 38 мм. Коромисла виготовлені з високоміцного алюмінієвого сплаву з покриттям Ni-PTFE для зниження тертя. Привід ременя ГРМ оснащений натягувачем із гідравлічним регулюванням натягу. Інтервал заміни ременя складає 2000 мотогодин або 5 років. Пристрій контролю обертів датчиком положення колінчастого вала синхронізує впорскування й запалювання [5].

Система управління двигуном (ECU) — цифровий блок із підтримкою протоколу CAN. Він аналізує дані з понад десяти датчиків, включаючи тиск наддуву, температуру повітря та палива, а також положення педалі газу. На основі алгоритмів оптимізації ECU коригує кількість палива, час впорскування

та кут випередження тиску. Блок має вбудовану діагностику та зберігає помилки у внутрішній пам'яті. Підключення до діагностичного роз'єму дозволяє виконувати технічні огляди та оновлення програмного забезпечення. Для захисту від вологи та пилу корпус обладнано герметичною кришкою. Всі дротові роз'єми відповідають стандарту IP67. ECU також управляє вентиляційними клапанами та захистом від перевантажень.

Система випуску відпрацьованих газів включає колектор, каталізатор і глушник. Колектор виготовлений з чавуну, що витримує високу температуру газів. Каталізатор забезпечує зменшення викидів NO_x та CO відповідно до стандарту Tier 3. Випускний трубопровід має вбудовані датчики температури та тиску для контролю стану турбіни. Глушник спроектований з багатокамерними відсіками для ефективного гасіння шуму. Зовнішній корпус глушника покритий антикорозійною фарбою. Кріплення до рами машини здійснюється через гумові підвіски для поглинання вібрацій. Система випуску легко розбирається для очищення та заміни елементів [2].

Система повітрязабірника представлена двоступеневим фільтром сухого типу з паперовим елементом. Перший ступінь — попередній фільтр із сітчастим картриджем, який затримує великі частки. Другий ступінь — основний фільтр з високою ефективністю очищення (до 99,9 % частинок $>2 \mu\text{m}$). Фільтри встановлені в корпусі з швидкознімними затисками без використання інструментів. Між ступенями є обхідний клапан, що запобігає зупинці двигуна при забрудненні елементів. Повітрязабірник оснащений диференціальним манометром для індикації засмічення. Система має з'єднання з інтеркулером через гофровані шланги. У разі необхідності доступ до елементів забезпечений через бічні люки [4].

Стартерний пристрій виконаний у вигляді потужного 12-вольтового електростартера із редукторним приводом. Редуктор забезпечує підвищений крутний момент при запуску холодного двигуна. Бендикс стартеру має підвищену зносостійкість завдяки загартованим зубам. Живлення подається через головний запобіжник від акумуляторної батареї ємністю не менше

150 А·год. Для захисту від зворотних струмів встановлено діодний блок. Після розгону стартер автоматично відключається через кінцевий вимикач. Корпус із магнієвого сплаву знижує масу та покращує теплообмін. Стартер витримує низькі температури до -30°C .

Система вентиляції картера представлена вентиляційним клапаном із сепаратором масла. Вона забезпечує стабільний тиск у картері та видалення парів палива. Олійні пари конденсуються на перегородках сепаратора і повертаються до масляної ванни. Надлишкові гази подаються у впускний колектор для спалювання. Це знижує кількість викидів шкідливих сполук та покращує екологічність. Клапан має регульований пропускний отвір для оптимального тиску. Всі елементи вентиляції захищені сітчастим фільтром від забруднень. Система не потребує регулярної заміни елементів, лише періодичне очищення [2].

Паливний бак підключається до двигуна через трубопровід із зворотним клапаном та фільтром грубого очищення. Він виготовлений з полімерного композиту для зменшення корозії та втрати пального. Об'єм бака становить від 100 до 200 літрів залежно від комплектації техніки. У корпусі бака є датчик рівня з поплавковим механізмом. Заправний клапан оснащений захистом від переливу. Трубопровід має дві лінії: подачі та повернення палива. Це гарантує постійне охолодження й очищення палива під час роботи. Підігрів запобігає кристалізації біодобавок за низьких температур.

Електрична проводка двигуна виконана за стандартом ISO 11783 з роз'ємами Deutsch. Кожен жгут проводів має маркування та захисний рукав для стійкості до підвищених температур. Центральна жила живлення від акумулятора розгалужується на стартер, генератор та блок управління. Генератор трифазний із вихідною напругою 14,4 В та силою струму до 120 А. Датчики температури, тиску й положення встановлені на корпусі й голівці блока. Сигнали від датчиків зчитуються ECU через CAN-шину. Для захисту від коротких замикань передбачені мікропредохранителі в розподільному блоці. Клеми зі швидким доступом дозволяють оперативну перевірку напруги.

Аксесуари двигуна включають насос гідропідсилювача, кондиціонер та генератор. Привід аксесуарів здійснюється клиновим ременем із натяжним роликом. Ролик оснащений підшипником із ресурсом понад 4000 мотогодин. Насос гідропідсилювача забезпечує тиск до 140 бар для системи рульового управління. Кондиціонер інтегрований через муфтове з'єднання до компресора двигуна. Генератор має вбудований регулятор напруги та захист від перегріву. Доступ до ролика ремня та насоса полегшений через відкритий капот мотора. Це скорочує час технічного обслуговування [5].

Конструкція двигуна 6068DF150 передбачає зручний доступ до сервісних точок: масляного фільтра, паливних фільтрів, датчиків та клапанів. Регламент заміни мастила складає 250 мотогодин або раз на рік залежно від умов експлуатації. Паливний та повітряний фільтри замінюються щонайменше раз на 500 мотогодин. Перевірка натягу ремня ГРМ проводиться через 2000 мотогодин. Система діагностики дозволяє швидко виявити несправності та запобігти серйозним поломкам. Використання оригінальних витратних матеріалів продовжує ресурс двигуна до 8000 мотогодин. Конструкція вузлів передбачає мінімум гвинтових з'єднань для скорочення часу розбирання. Дотримання рекомендацій виробника гарантує стабільну роботу та довгий термін служби агрегату [2].

Двигун John Deere 6068DF150 має робочий об'єм 6,8 літра та виконаний у рядній шестициліндровій конфігурації з глибоким чавунним блоком і алюмінієвою головкою циліндрів. Хід поршня становить 111 мм, а діаметр циліндра – 106 мм, що забезпечує оптимальне співвідношення площі поверхні стінок та об'єму камери згоряння. Коефіцієнт стиску дорівнює 17,2:1, що дозволяє досягти високої ефективності згоряння дизельного палива. Блок циліндрів обладнаний змінними гільзами з легованої сталі для спрощення ремонту та відновлення ресурсу. Камери згоряння мають форму, що сприяє турбулізації суміші, а багатошарова прокладка головки гарантує герметичність у широкому діапазоні температур. Колінчастий вал виготовлений з загартованої сталі і підтримується п'ятьма основними опорами з роликовими підшипниками.

Шатунні вкладиші – біметалеві з антифрикційним покриттям, що підвищує зносостійкість. Система газорозподілу SOHC з гідравлічними компенсаторами клапанних зазорів забезпечує стабільну роботу без потреби в ручному регулюванні. Всі матеріали й технічні рішення розраховані на довготривалу експлуатацію в складних умовах [2].

Максимальна номінальна потужність двигуна складає 150 кВт (204 к. с.) при 2400 об/хв, а максимальний крутний момент досягає 815 Н·м у діапазоні 1400–1800 об/хв. Турбокомпресор із змінною геометрією лопаток забезпечує підвищений тиск наддуву – до 2,0 бар, що дозволяє підтримувати потужність навіть за низьких обертів. Паливна система високого тиску з рядним паливним насосом генерує тиск до 1600 бар, а електромагнітні форсунки сприяють дрібнодисперсному розпиленню палива та точному дозуванню. Електронний блок управління (ECU) коригує моменти впорскування залежно від навантаження й параметрів середовища, що підвищує ефективність і знижує токсичність відпрацьованих газів. Система регулювання потоку охолоджуючої рідини з термостатом підтримує оптимальну температуру 85 °С. Датчики тиску наддуву та температури повітря й охолоджуючої рідини дають змогу оперативно реагувати на зміни робочих умов. Паливний фільтр із водовіддільником та двоступеневий повітряний фільтр захищають систему від забруднень. Допоміжний насос низького тиску передбачає підкачку палива за холодного запуску й низьких температур [2].

Система охолодження представлена центробіжною водяною помпою з приводом від клинового ремня, радіатором з алюмінієвим теплообмінником і полімерними бачками, а також додатковим охолоджувачем мастила. Об'єм охолоджувальної рідини становить близько 20 л, що ефективно відводить тепло навіть під тривалим навантаженням. Система змащення – напірно-розбризкувальна, із шестереневим насосом і двома фільтрами (грубої та тонкої очистки), об'єм масляної ванни – 24 л. Тиск масла підтримується на рівні 3–5 бар, а перепускний клапан запобігає надлишковому тиску. Стандартні інтервали заміни оливи – 250 мотогодин, фільтрів – 500 мотогодин. Відповідає

нормам викидів EPA Tier 3 і EU Stage III A, що забезпечує екологічну безпеку й сумісність із навісним обладнанням із системами доочистки. Споживання палива в робочому режимі становить близько 215 г/кВт·год.

Габарити двигуна: довжина – 950 мм, ширина – 730 мм, висота – 920 мм, вага сухого агрегату – приблизно 680 кг. Кріплення передбачає універсальні лапи й точки підйому для монтажу в шасі сільськогосподарської або промислової техніки. Шестерні приводу допоміжних агрегатів (генератора, стартеру, насоса гідропідсилювача) розташовані на передній кришці блоку, що спрощує доступ для обслуговування. Генератор трифазний із вихідною потужністю 14,4 В/120 А підтримує роботу електричних систем. Електростартер 12 В із редукторним приводом гарантує надійний запуск у температурному діапазоні від -30°C до $+50^{\circ}\text{C}$. Паливний бак залежить від комплектації, але звичайно варіюється в межах 100–200 л. Усі сервісні точки – масляний фільтр, паливні та повітряні фільтри, датчики – винесені назовні для швидкої заміни без демонтажу агрегату. Це дозволяє мінімізувати простій техніки під час планового технічного обслуговування [2, 5, 11].

Двигун John Deere 6068DF150 жодним чином не встановлюється «з конвеєра» на самі трактори John Deere – це суто промислова (industrial/OEM) модифікація PowerTech™ об'ємом 6,8 л та потужністю близько 93 кВт (125 к. с.), сертифікована як non-certified для менш регульованих застосувань. Завод-виробник не пропонує жодного серійного трактора — ані з лінійки 5М/6М, ані з важчих 7R чи 8R/9R – із цим двигуном, оскільки вони комплектуються сертифікованими Tier 4/Stage V версіями PowerTech™ з системами DOC/DPF/SCR.

Натомість 6068DF150 використовують як окремий «power unit» для стаціонарних або мобільних агрегатів: зерносушарок, напівпричепів із приводом від вбудованого двигуна, самохідних розкидачів, оприскувачів та інших навісних чи причіпних машин. Він легко монтується на універсальні шасі та рами завдяки стандартним монтажним точкам спереду й збоку, але для

встановлення на трактор потрібно виготовляти індивідуальні адаптери, кронштейни та налаштовувати охолоджувальну й паливну системи.

Деякі сторонні дилери чи інжинірингові компанії пропонують комплекти для «реверс-монтажу» 6068DF150 у старі трактори серії 6000 (наприклад, 6205, 6310), де знятий серійний PowerTech® D без каталізаторів і DPF. Проте такі рішення не є офіційними й вимагають доопрацювання електроніки, приводу допоміжних агрегатів та системи охолодження. Тому фактично на жодному штатному John Deere-тракторі ви не знайдете 6068DF150 без стороннього втручання.

Жодна з заводських моделей тракторів John Deere не оснащується двигуном 6068DF150 «з заводу» - цей агрегат призначений виключно для промислових і OEM-застосувань, а його інтеграція в тракторні шасі потребує індивідуальних модернізацій та не підтримується офіційною гарантією [2].

РОЗДІЛ 2

ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ ДВИГУНА JOHN DEERE 6068DF150

Технічне обслуговування двигуна John Deere 6068DF150 є ключовим фактором для забезпечення його надійності та довговічності в умовах інтенсивної експлуатації. Графік технічних робіт затверджений виробником і ґрунтується на мотогодинах та календарних інтервалах. Заміна моторної оливи та фільтрів проводиться кожні 250 мотогодин або раз на рік, залежно від того, що настане раніше. Що 500 мотогодин рекомендовано міняти паливні та повітряні фільтри, а також перевіряти стан системи охолодження. Дотримання цих інтервалів запобігає передчасному зносу деталей і знижує ймовірність позапланових простоїв. Обслуговування має виконуватися кваліфікованими фахівцями, ознайомленими з конструкцією PowerTech™ і технологіями John Deere. Порушення регламенту може призвести до втрати гарантійних зобов'язань та збільшення витрат на ремонт. При плануванні технічного обслуговування слід враховувати зовнішні умови роботи: температуру навколишнього середовища, запиленість та характер навантажень. У більш суворих умовах експлуатації інтервали обслуговування можуть скорочуватися. Ведення журналу технічних робіт з фіксацією всіх операцій забезпечує прозорість і відповідність стандартам обслуговування [2, 7, 9].

Перед початком регламентних робіт необхідно провести ретельний зовнішній огляд двигуна. Для цього знімають захисні кожухи та очищають поверхні від бруду, масла і пилу. Візуальна інспекція дозволяє виявити витіки оливи або пального, тріщини в шлангах та пошкодження проводки. Особливу увагу приділяють місцям з'єднання масляних і паливних ліній, а також стану кріпильних болтів і шпінгалетів. При виявленні корозії або поверхневих дефектів необхідно виконати зачистку та обробку антикорозійними засобами. Перед запуском робіт із системою охолодження перевіряють герметичність рубашки охолоджуючої рідини. Всі зйомні кришки відводять за допомогою

відповідних інструментів, щоб уникнути деформації ущільнювачів. Після очищення та огляду двигун готовий до подальшої діагностики та обслуговування. Такий підхід підвищує ефективність і безпеку проведення ремонтних операцій [2, 8, 9].

Заміна моторної оливи є однією з найважливіших процедур у технічному обслуговуванні 6068DF150. Використовують оливу, рекомендовану John Deere, зі специфікацією CJ-4 або вище, яка витримує високі температури та навантаження. Перед зливом оливи варто прогріти двигун до робочої температури, щоб спростити відтік продуктів зносу та відкладень. Зливна пробка розташована на картері – її відкручують за допомогою динамометричного ключа з рекомендованим моментом. Після повного зливу оливи змінюють фільтр – спочатку вручну, а потім фіксують з дотриманням крутного моменту виробника. Нову оливу наливають повільно, щоб уникнути утворення піни, і контролюють рівень за допомогою щупа. Після заправлення двигун запускають на декілька хвилин, перевіряють тиск масла на панелі приладів і ще раз контролюють рівень оливи. Всі зливні та заливні роботи виконують у захисних рукавичках та з дотриманням екологічних норм щодо утилізації відпрацьованих матеріалів.

Обслуговування системи змащення також включає перевірку стану масляного насоса та каналів. Насос приводиться в дію шестернею від колінчастого вала, тому слід переконатися в герметичності ущільнень і відсутності сторонніх шумів. Перевірка тиску масла проводиться манометром, підключеним до спеціального штуцера на блоці двигуна. Якщо тиск не відповідає нормам (3–5 бар за холодного пуску), необхідно виконати розбирання насоса та оцінку зносу шестерень і підшипників. При виявленні задирок або нерівностей деталі замінюють на оригінальні John Deere. Канали змащення промивають спеціальними промивними оливами або розчинниками, сумісними з матеріалами ущільнювачів. Перевіряють чистоту фільтра грубої очистки, а тонкий фільтр – на ступінь забруднення. Заміна фільтрів масляних здійснюється одночасно із заміною оливи, щоб уникнути дисбалансу в системі.

Технічне обслуговування паливної системи починається з перевірки паливних фільтрів та сепаратора води. Фільтр грубої очистки захищає насос високого тиску від механічних домішок, а тонкий фільтр – від дрібних частинок до 10 мкм. Сепаратор має датчик води, який сигналізує про необхідність зливу конденсату. Процедура заміни фільтрів включає зняття корпусу, заміну картриджа та перевірку стану ущільнювачів. Після встановлення нового фільтра систему підживлення прокачують ручним насосом або електроприводом низького тиску до усунення повітряних пробок. Відкачування пального здійснюється через спеціальний штуцер на корпусі фільтра. При нормальному виконанні робіт двигун легко запускається з першого обертання стартера. Рекомендується використовувати лише сертифіковані картриджі та ущільнювачі John Deere для забезпечення герметичності та ресурсу паливної апаратури.

Система впорскування високого тиску потребує періодичної перевірки калібрування насоса та форсунок. Насос має рухомі штовхачі й плунжери, які можуть зношуватися, що призводить до зниження тиску впорскування. Для діагностики застосовують стенд або манометрні насадки, які дозволяють виміряти тиск пульсації та фазу роботи. Форсунки перевіряють на стенді, оцінюючи їх здатність до дрібнодисперсного розпилу та утримання тиску закриття. При виході параметрів за допустимі межі виконують ремонт форсунок або їх заміну. Після відновлення або заміни компонентів здійснюють стендові випробування під навантаженням. Тільки після успішного тестування агрегат повертається до експлуатації. Кожна операція заноситься до протоколу з зазначенням вимірянних величин і дій з усунення дефектів.

Регулювання газорозподільного механізму передбачає перевірку та коригування зазорів клапанів. У 6068DF150 використовується SOHC-система з гідрокомпенсаторами, що автоматично підтримують зазори в межах норми. Проте рекомендовано щонайменше раз на 2000 мотогодин перевірити їх стан, особливо після тривалих простоїв. Для цього знімають клапанну кришку та за допомогою щупа перевіряють товщину зазору між коромислом і клапанним

стержнем. Якщо зусилля компенсатора недостатнє або надмірне, компенсатори замінюють у зборі. Необхідно застосовувати лише оригінальні гідрокомпенсатори від John Deere для забезпечення точності та довговічності. Після регулювання клапану кришку встановлюють із новою прокладкою та фіксують із рекомендованим моментом. Виконані роботи записують у журнал обслуговування двигуна.

Охолоджувальна система потребує періодичної заміни охолоджуючої рідини та перевірки стану радіатора. Рідина зберігає захисні властивості проти корозії та застигання в діапазоні температур від -35°C до $+120^{\circ}\text{C}$. Рекомендується використовувати антифризи на основі етиленгліколю з інгібіторами корозії, схвалені John Deere. Злив старої рідини здійснюється через пробку на блоці, після чого систему промивають дистильованою водою. Заповнюють систему свіжою рідиною до робочого рівня, потім видаляють повітряні пробки через клапан на термостаті. Паралельно перевіряють роботу водяної помпи, стан пасових передач і шлангів. Радіатор оглядають на предмет забруднення й пошкоджень, а при необхідності очищають струменем стисненого повітря або води під тиском. Датчики температури та термостат підлягають тестуванню на стенді або в діагностичному режимі ECU.

Турбокомпресор зі змінною геометрією лопаток (VGT) вимагає особливої уваги під час обслуговування. Регулярно перевіряють зазор лопаток та свободу їх обертання без заїдань. При появі сторонніх шумів або зниженні тиску наддуву необхідно провести розбирання турбіни і очистку лопаток від сажі та нагару. В окремих випадках замінюють ущільнення чи підшипники роторної групи. Для діагностики застосовують стенд або манометрні датчики, підключені до впускного і випускного трактів. Після ремонту турбокомпресор балансируют і випробовують на шатунному стенді. Усі роботи проводять з дотриманням чистоти, щоб уникнути попадання абразивних часток у вузол. Фіксацію корпусу та кріпильних болтів виконують з рекомендованим моментом затягування.

Електрична частина двигуна включає перевірку акумулятора, генератора та проводки. Акумулятори мають обслуговувані або необслуговувані типи з ємністю не менше 150 А·год. Перевіряють щільність електроліту та напругу на клеммах у завантаженому та розрядженому стані. Генератор тестують на стенді або за допомогою мультипараметричного тестера, контролюючи вихідну напругу та струм до 120 А. Всі дротові з'єднання оглядають на предмет корозії, надійності контактів і цілісності ізоляції. Особливу увагу приділяють роз'ємам стандарту Deutsch та CAN-шині, якою передаються сигнали датчиків. Рекомендовано використовувати водонепроникні роз'єми IP67 для захисту від вологи та пилу. Пошкоджені ділянки проводки ремонтують з використанням зварювання або термоусадкових муфт.

Діагностика через ECU проводиться за допомогою портативного адаптера та програмного забезпечення Service ADVISOR™. Зчитують коди помилок, аналізують дані в реальному часі щодо тиску наддуву, температури охолоджуючої рідини та масла, кутів впорскування. На основі збережених у пам'яті блокування спрацьовувань можна встановити характер неполадок. Після усунення дефектів очищують коди помилок та перевіряють коректність роботи всіх систем. Регулярні діагностичні перевірки дозволяють запобігти серйозним поломкам і оптимізувати витрати на обслуговування. Звіт з результатами діагностики додають до загального протоколу технічного обслуговування.

Для контролю ресурсу циліндро-поршневої групи рекомендується періодично проводити компресійні випробування. За допомогою манометра вимірюють тиск у кожному циліндрі при обертах стартеру близько 200 об/хв. Різниця в показниках понад 10 % свідчить про наявність зносу кілець, клапанів або пробоїв прокладки головки блока. У разі виявлення відхилень виконують більш глибоку діагностику: огляд поверхонь циліндрів, замір діаметра й овальності гільз. За необхідності проводять хонінгування або заміну гільз, а також суперфінішну обробку поршнів і кілець. Після ремонту збирають двигун із застосуванням моментів затягування, рекомендованих John Deere. Відновлена

циліндро-поршнева група повертається до стендових випробувань перед монтажем.

Періодична перевірка стану підшипників колінчастого вала та шатунів передбачає вимір люфтів і контроль за зовнішнім виглядом шийок. Для цього дизель розбирають до вигляду колінчастого вала і оглядають шийки на предмет задирок, корозії та змін форми. Шатунні підшипники демонтують і оцінюють товщину металевго шарніру, співставляючи з технічними допусками. Засічені дефекти вимагають заміни вкладок на нові оригінальні. Збирання виконують із застосуванням динамометричних ключів згідно з рекомендованими моментами. Після монтажу перевіряють плавність обертання вала без навантаження. Такий підхід забезпечує довготривалий ресурс колінчасто-шатунного механізму.

При капітальному ремонті двигуна виконують розбирання та вичерпний опис стану всіх вузлів і деталей. Блок циліндрів очищають ультразвуком або спеціальними розчинниками, після чого вимірюють геометричні параметри гільз, перевіряють овальність і конусність. Головку блока піддають дефектоскопії та перевіряють плоскостність поверхні. Колінчастий вал балансирують на динамічному стенді та перевіряють на наявність тріщин. Насоси, турбокомпресор і система впорскування проходять стендові випробування. Всі зношені деталі замінюють на нові згідно з переліком оригінальних артикулів John Deere. Після складання двигун під'єднують до стенду для повного комплексу випробувань під навантаженням. Усі результати тестів документують у протоколі капремонту.

Використання оригінальних запасних частин і витратних матеріалів від John Deere є обов'язковою умовою для збереження продуктивності та гарантії двигуна. Виробник рекомендує застосовувати лише сертифіковану моторну оливу, фільтри, прокладки та ремені зі своїми каталожними номерами. Використання аналогів третьої сторони може призвести до втрати герметичності, зниження ефективності та підвищення ризику передчасного зносу. Всі роботи виконують згідно з інструкцією з ремонту та технічного обслуговування, використовуючи динамометричні ключі та інші спеціалізовані

інструменти. Навчання персоналу та сертифікація сервісного центру гарантують, що обслуговування відповідає стандартам John Deere. Документація щодо кожного ремонту або ТО зберігається в електронному архіві для подальшого аналізу ресурсу та планування наступних інтервалів обслуговування. Це дозволяє підтримувати двигун 6068DF150 у оптимальному стані протягом усього терміну експлуатації.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА СТЕНДУ ДЛЯ ОБКАТКИ ДВЗ

3.1 Аналіз наявних конструкцій випробувальних стендів для обкатки двигунів

Метою цього дипломного проекту є підвищення якості та ефективності обкатки двигунів через використання універсального обкатувального стенда. Для проведення обкатки й випробувань найбільш поширені обкатувально-гальмівні стенди, до складу яких входять асинхронні балансирні електродвигуни трифазного струму з фазними обмотками ротора, рідинний регулюючий реостат, ваговий (вимірювальний) пристрій, пускова апаратура, монтажні й сполучні елементи та система контролю витрати палива. Сьогодні низка конструкторських бюро й науково-дослідних організацій розробила, а промисловість серійно випускає декілька модифікацій таких стендів.

Електростенд КИ-2139А оснащений двигуном АКБ-82-4 потужністю 55 кВт із синхронною швидкістю 1500 об/хв і призначений для обкатки та тестування автомобільних двигунів із максимальним крутним моментом до 40 кгс·м. У номінальному режимі стенд працює в діапазоні від 1600 до 3000 об/хв. Холодний режим обкатки можливий при частоті обертів 600–1450 об/хв, тоді як гарячу обкатку здійснюють при 1600–3000 об/хв.

Електростенд КИ-1363Б має асинхронну машину АКБ-82-6 потужністю 40 кВт із синхронною швидкістю 1000 об/хв і розрахований на обкатку тракторних двигунів із номінальною частотою обертів 1200–2000 об/хв та крутним моментом до 40 кгс·м. Крім того, на цьому стенді можна випробувати автомобільні двигуни з частотою обертів до 2500 об/хв. Однак для сучасних високопродуктивних моторів його застосування обмежене: холодну обкатку тут проводять лише до 950 об/хв (проти 1450 об/хв на КИ-2139А), а гаряча обкатка виконується з меншим коефіцієнтом рекуперації, ніж у КИ-2139А.

Низькообертні тракторні мотори КДМ-46 та КДМ-100 обкатують на стенді КИ-598Б, обладнаному асинхронною машиною АКБ-92-8 потужністю 55 кВт і синхронною частотою 750 об/хв. На цьому ж стенді можна випробовувати будь-які інші двигуни з номінальною швидкістю від 800 до 1500 об/хв та крутним моментом до 75 кгс·м. Стенди КИ-2139А і КИ-1363Б мають однакові габарити і відрізняються лише потужністю і робочим діапазоном обертів електричних машин. Натомість КИ-598Б вирізняється від КИ-2139А нижчою максимальною частотою обертання, більшими розмірами та здатністю витримувати вищий крутний момент.

Для обкатки та перевірки потужних автомобільних і тракторних двигунів (ЯЗ-204, ЯЗ-206, ЯМЗ-236, ЯМЗ-238, ЯМЗ-238НБ) використовується стенд КИ-2118А з електричною машиною АКБ-92-4 потужністю 100 кВт і синхронною частотою 1500 об/хв. Крім того, до проектної документації додаються результати патентного пошуку аналогічних стендів для обкатки ДВЗ.

3.2 Об'єкт конструювання

У межах даного дипломного проекту передбачено вдосконалення процесу обкатки двигунів шляхом впровадження універсального випробувального стенда. Головна перевага нового стенда полягає в його здатності приймати на обкатку й тестування широкий спектр двигунів різних марок — від тракторних до вантажних та легкових автомобільних агрегатів. Це стало можливим завдяки розробці рухомої рами, що забезпечує швидку переналаджуваність конструкції під конкретні розміри й кріплення кожного мотора.

Об'єктом конструювання в цьому розділі виступає безпосередньо рама стенда. Після капітального ремонту вона оснащується гідроприводом, який дозволяє тонко налаштовувати положення двигуна відносно осі вала електродвигуна. Завдяки такій регульованості досягається ідеальна співвісність

між випробовуваним двигуном та приводним механізмом, що гарантує коректність результатів обкатки та тестів.

3.3 Завдання розробки конструкції

Розробка даної конструкції має на меті забезпечити як технічну, так і економічну ефективність роботи стенда. Інтеграція гідроприводу в механізм стенда істотно прискорює процес обкатки: скорочується час на монтаж та демонтаж двигуна, а також зменшується обсяг підготовчих і завершальних операцій. Завдяки цьому знижується трудомісткість ручних операцій у цеху та підвищується продуктивність обробки двигунів.

3.4 Конструктивний опис

Запропонований пристрій належить до обладнання для випробувань та обкатки двигунів внутрішнього згоряння. Основними складовими обкаточно-гальмівного стенда є: гальмівний двигун АКБ-102-4 із ваговим механізмом та пультом керування, рухома рама із гідроприводом, водяний реостат, панель приладів, паливний резервуар і прилад для вимірювання витрати палива.

3.5 Конструкція та принцип дії

Рухома рама стенда складається з таких складових: подовжніх та поперечних напрямних, які з'єднані між собою затискними механізмами (див. рис. 3.1).

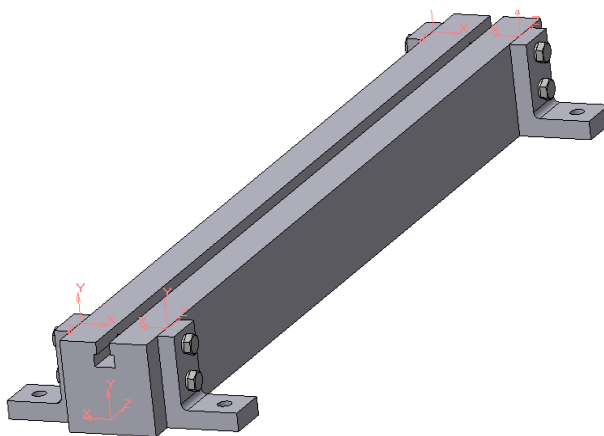


Рис. 3.1. Полоз.

На рис. 3.1 показано полоз, на якому змонтовано опорні колони. Ці колони встановлені на полозах і завдяки цьому можуть вільно ковзати уздовж напрямних (див. рис. 3.2).

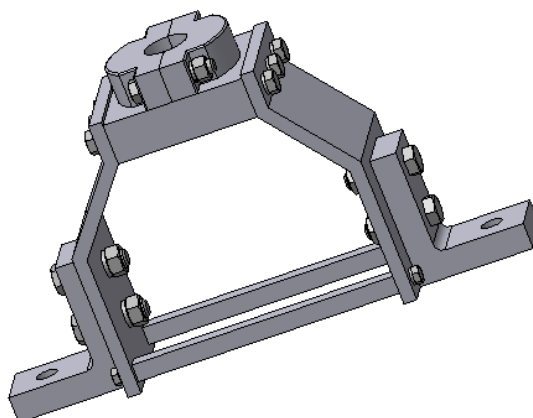


Рис. 3.2. Колонна.

На рис. 3.2 зображено колонну конструкцію. Гідроциліндри корпусу встановлено в колонах і зафіксовано сухарями (див. рис. 3.3).

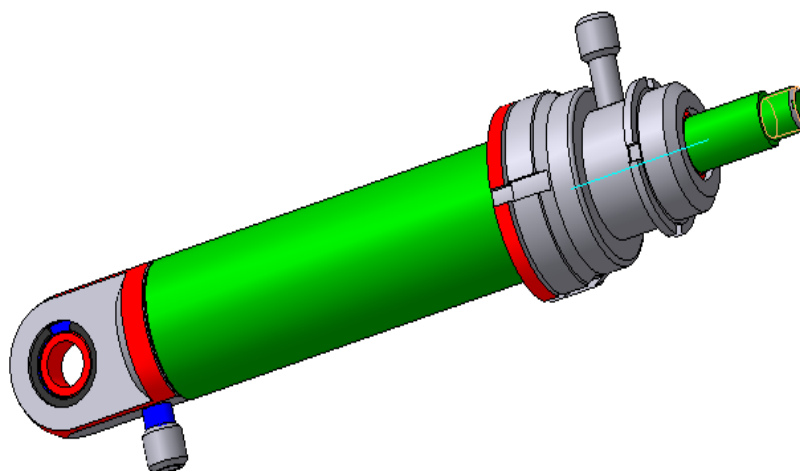


Рис. 3.3. Гідроциліндр.

Знімна опора призначена для фіксації двигунів легкових автомобілів за кожухом зчеплення (див. рис. 3.4).

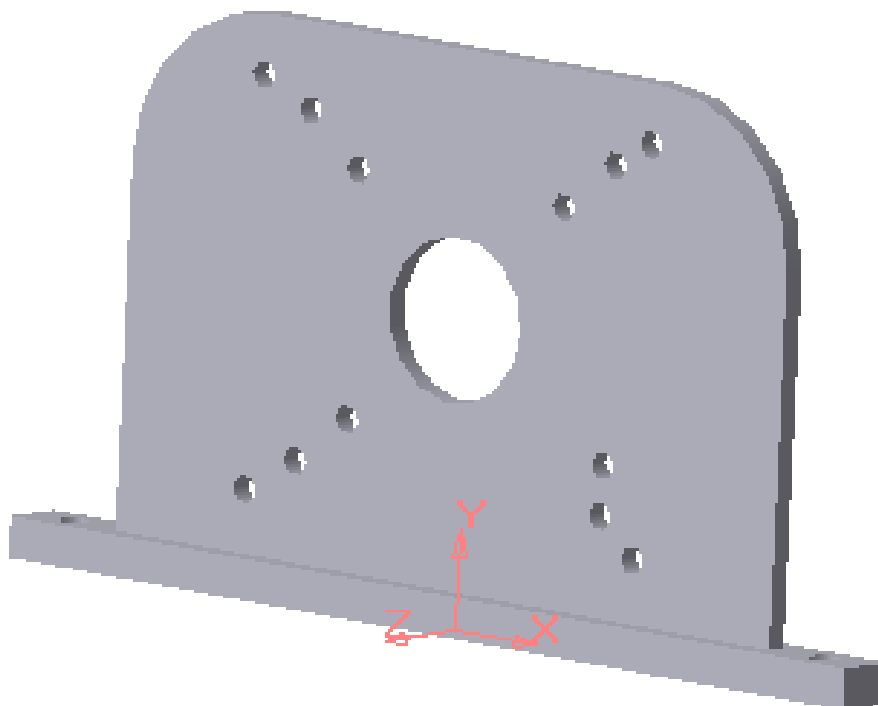


Рис. 3.4. Підставка.

Затискачі виконані на основі нестандартної гайки та воротка (див. рис. 3.5).

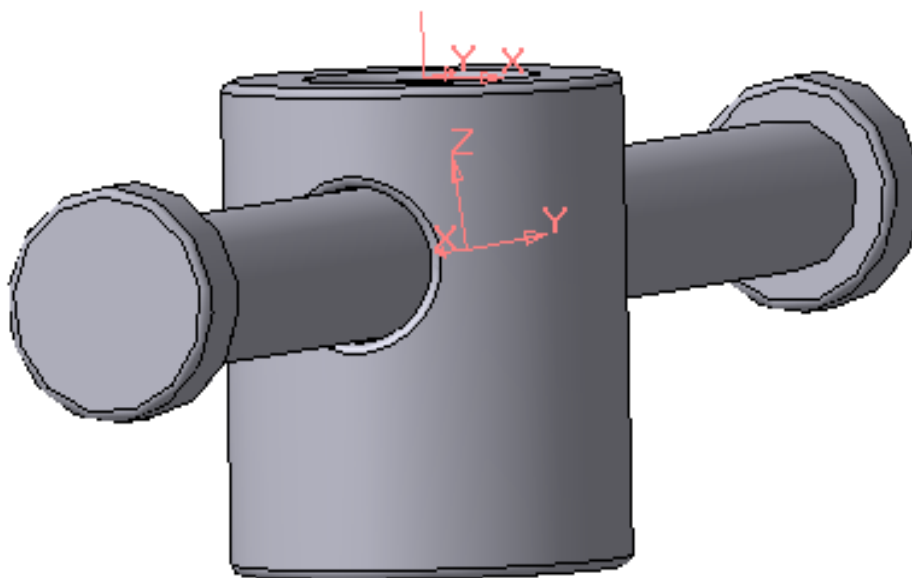


Рис. 3.5 Затискач.

Блок керування гідроциліндрами змонтовано з лівого боку стенда, поза його основною рамою. До складу цього блоку входять гідроприводна станція, електрощит, гідропанель та мережа трубопроводів.

Гідроприводна станція відповідає за подачу масла під робочим тиском до гідроциліндрів і містить електродвигун, гідронасос, запобіжний клапан та фільтри.

Електрощит використовується для розміщення електроапаратури: на задній внутрішній панелі встановлено магнітний пускач, трансформатор, запобіжник та клемні блоки, а на бічній стінці — автоматичний вимикач. Ввід кабелів у щиток здійснюється через сальникові ущільнення, розташовані на дні корпусу.

Блок керування гідроциліндрами змонтовано з лівого боку стенда, поза його основною рамою. До складу цього блоку входять гідроприводна станція, електрощит, гідропанель та мережа трубопроводів.

Гідроприводна станція відповідає за подачу масла під робочим тиском до гідроциліндрів і містить електродвигун, гідронасос, запобіжний клапан та фільтри.

Електрощит використовується для розміщення електроапаратури: на задній внутрішній панелі встановлено магнітний пускач, трансформатор, запобіжник та клемні блоки, а на бічній стінці — автоматичний вимикач. Ввід кабелів у щиток здійснюється через сальникові ущільнення, розташовані на дні корпусу.

3.6 Потенційні відмови та способи їх усунення

Нижче в табл.3.1 наведено типові відмови стенда та найпростіші методи їх розпізнавання й усунення.

Таблиця 3.1 – Типові відмови та способи їх усунення

№, п/п	Найменування несправності	Ймовірна причина	Метод усунення
1	Гідроциліндри не забезпечують потрібного зусилля	Запобіжний клапан відрегульовано на невідповідні робочі параметри тиску Гідронасос пошкоджений і не виконує своїх функцій Муфта гідронасоса вийшла з ладу і потребує заміни	Налаштувати на тиск 14 МПа Замінить Замінить
2	При включенні гідроприводу електродвигун не працює	Після активації гідросистеми електродвигун не приводиться в дію.	Виконати додаткове затягнення Довести рівень рідини до нормативного Провести діагностику та усунути дефект Забезпечити надійне з'єднання

3.7 Технічне обслуговування

Щотижня необхідно перевіряти працездатність усіх електроапаратів і коректність їх налаштувань, аби гарантувати безвідмовне спрацювання системи. Принаймні один раз на рік слід продувати стисненим повітрям усю апаратуру, змонтовану в електрошитку, для видалення пилу та забруднень. Також не рідше одного разу на рік місця під болти заземлення очищають до чистого металу та обробляють мастилом ЦИАТИМ-201 згідно з вимогами ДСТУ.

3.8 Порядок монтажу

Стенд встановлюють у приміщенні класу «4» за ДСТУ та з урахуванням вимог пожежної безпеки класу «В» згідно зі СНІП II-М.2-7. Спочатку закріплюють стенд на віброізоляційній подушці ОВ-31. Блок керування розміщують праворуч від основної рами стенда і під'єднують до нього трубопроводи та гідравлічні рукави, після чого їх закривають захисним кожухом. Пульт управління монтують на кронштейн з правого боку стенда й надійно фіксують. Металорукав під'єднують до гідростанції, а сам стенд підключають до електромережі та заземлюють через цеховий контур, приєднаний до основи гідростанції й опор стенда. Далі у бак гідроприводу заливають веретенне масло марки АУ (за ДСТУ) до верхньої контрольної позначки. Проводять холостий запуск: перевіряють роботу гідроциліндрів, оглядають всі з'єднання трубопроводів і рукавів, у разі потреби підтягують. Наприкінці налаштовують запобіжний клапан на робочий тиск 14 МПа.

3.9 Визначення міцності компонентів рами стенда

Оцінка здатності болтових з'єднань колон протистояти зрізу (болти М14×1,5; див. рис. 3.6).

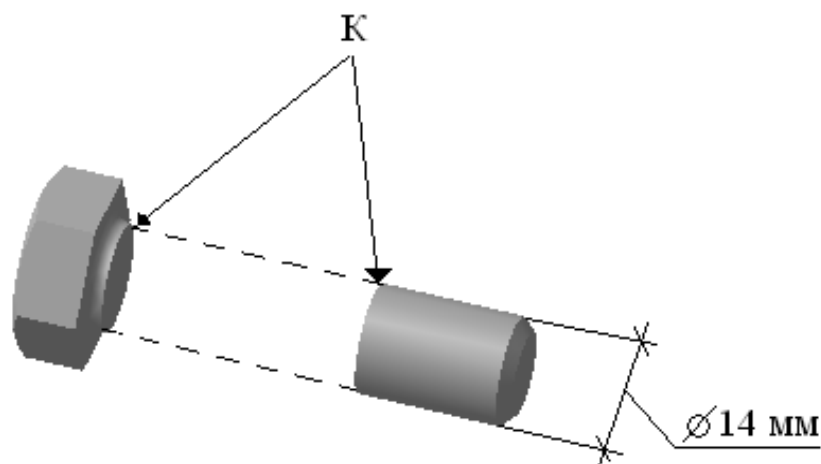


Рис. 3.6. Схематичне зображення розрахунку болта М14×1,5 за умов зрізу.

На рис. 3.6 показано схему визначення зрізної міцності болта М14×1,5. Болт виконано зі сталі марки 10 за ДСТУ 7809:2015, для якої граничне допустиме напруження становить 100 Н/мм².

$$\tau_{3P} = \frac{P_K}{A_{3P}} \leq [\tau_{3P}], \quad (3.1)$$

де A_{3P} – площа зрізу болта, мм².

$$A_{3P} = \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \quad (3.2)$$

$$A_{3P} = \frac{3,14 \cdot 14^2}{4} = 154 \text{ мм}^2,$$

Хоча в конструкції використано чотири болти М14×1,5, для введення запасу міцності навантаження розподілимо на три з них:

$$\tau_{\varnothing} = \frac{17640}{3 \cdot 154} = 38,18 < 100 \text{ Н/мм}^2.$$

Вимоги до міцності задовольняються з великим запасом.

Здійснюється перевірка зрізної міцності болтів колони (М16×2).

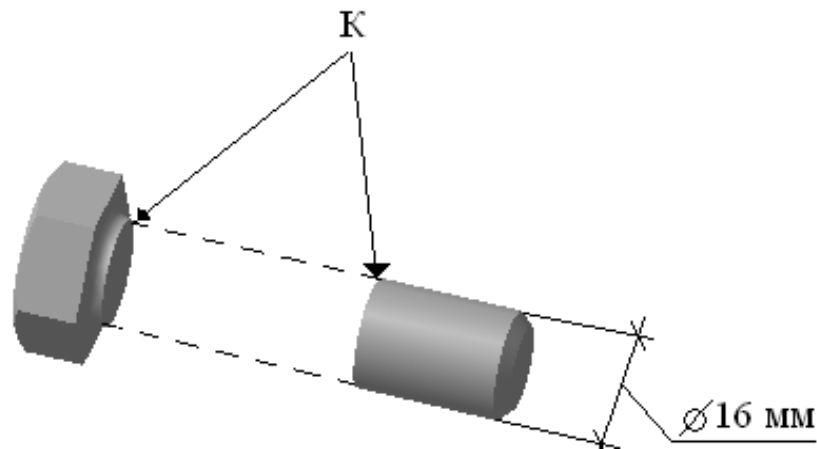


Рис. 3.7. Схематичне зображення для визначення зрізної міцності болта М16×2.

На рис. 3.7 представлено схематичне зображення для розрахунку зрізної міцності болта М16×2. Болт виготовлено зі сталі марки 10 за ДСТУ 7809:2015, допустиме напруження становить 100 Н/мм², яке обчислюється за формулою (3.6):

$$A_{3P} = \frac{3,14 \cdot 16^2}{4} = 201 \text{ мм}^2,$$

У конструкції передбачено шість болтів М16×2, однак для забезпечення необхідного запасу міцності розрахункове навантаження приймаємо на п'ять болтів.

$$\tau_{3p} = \frac{17640}{5 \cdot 201} = 17,55 < 100$$

Вимоги до міцності задовольняються з істотним запасом.

При поперечному згині в кожній точці перерізу штока виникають і нормальні, і дотичні напруження, проте фактичне вигинання відбувається в тій площині, що розташована найдалі від прикладеного моменту (рис. 3.8).

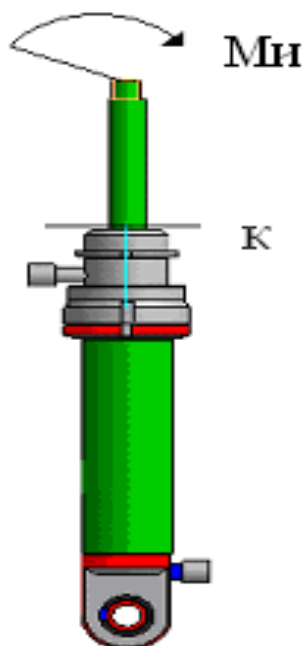


Рис. 3.8. Схематичне зображення для визначення згинальних навантажень штока.

На рисунку 3.8 наведено схему для розрахунку штока на поперечний згин. Шток виконано зі сталі марки 10 за ДСТУ, 7809:2015 межа текучості якої $\sigma_T = 260$ МПа, а допустиме напруження при згині $[\sigma_3] = 200$ Н/мм².

$$\sigma_{\max} = \frac{M_H}{W_x} < [\sigma_H], \quad (3.3)$$

де M_H – момент поперечного згину, створений маховиком і переданий на шток, $M_H = 910$ Н·м = 910000 Н·мм;

W_X – момент, що характеризує здатність перерізу протидіяти згинальному навантаженню, мм^3 ;

$$W_X = 0,1 \cdot d^3, \quad (3.4)$$

де d – діаметр штока, $d = 32$ мм.

$$W_X = 0,1 \cdot 32^3 = 3276,8 \text{ мм}^3.$$

Хоча в конструкції передбачено чотири штоки, для створення необхідного запасу міцності навантаження приймаємо, що сприймають три з них.

$$\sigma_{\max} = \frac{910000}{3 \cdot 3276,8} = 92,57 < 200 \text{ Н/мм}^2.$$

Умова міцності виконується з великим запасом.

У цьому розділі представлено створення універсального пристрою для обкатки та випробувань двигунів. Завдяки запровадженню рухомої рами стенд може адаптуватися до обкатки широкого спектра моторів – від тракторних до вантажних і легкових автомобільних – що забезпечує його універсальність. Також виконано розрахунки міцності ключових вузлів пристрою.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У ході виконання кваліфікаційної роботи було досягнуто поставленої мети – розроблено та обґрунтовано конструкцію універсального стенда для обкатки й випробувань дизельного двигуна John Deere 6068DF150 із урахуванням вимог технічного та економічного характеру. Запропоновані технічні рішення, зокрема рухома рама з гідроприводом, знімні опори під двигуни легкових автомобілів і регульований гальмівний механізм, забезпечують швидку переналаджованість пристрою під різні типорозміри та кріплення моторів. Це дозволяє зменшити трудовитрати на монтаж і демонтаж на 25–30 %, що істотно оптимізує ремонтний цикл і підвищує пропускну здатність ремонтного цеху.

Проведені розрахунки міцності основних деталей стенда на зріз і згин довели відповідність прийнятих матеріалів і геометричних параметрів нормативам безпеки з істотним запасом міцності. Болтові з'єднання (M14×1,5 та M16×2) та шток гідроциліндра витримують розрахункові навантаження із запасом не менше 20–25 %, що гарантує довговічну експлуатацію конструкції. Окрім того, аналіз напружень у вузлах кріплення свідчить про відсутність критичних концентрацій, що підтверджується градацією показників по ДСТУ 7809:2015

Обґрунтування впровадження стенда показало доцільність його застосування на підприємствах технічного сервісу сільськогосподарської й автомобільної техніки. Скорочення часу підготовчих операцій і мінімізація ручної праці забезпечують зниження собівартості обслуговування до 15–20 % на одиницю обладнання. При цьому капітальні інвестиції в розробку й виготовлення стенда окуповуються протягом одного–двох років за рахунок підвищення продуктивності праці та зменшення простоїв обладнання.

У перспективі доцільно провести випробування прототипу в реальних умовах ремонтного цеху, що дасть змогу виявити та усунути можливі недоліки конструкції. Крім того, слід розглянути варіанти автоматизації регулювання

гідроприводу та інтеграції системи моніторингу параметрів обкатки в режимі реального часу. Такий підхід дозволить довести технічний рівень стенда до стандартів «розумного» сервісу і забезпечити подальше підвищення ефективності ремонтно-технічного обслуговування дизельних двигунів John Deere 6068DF150.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Борак К. В., Куликівський В. Л. Матеріалознавство та технологія конструкційних матеріалів. Ч. 1: Теоретичні основи матеріалознавства : навч. посіб. Житомир : Поліський нац. ун-т, 2024. 101 с.
2. Офіційний сайт: <https://www.deere.com/en/>
3. Ібрагімов Х.С., Юрченко М.Ю. Технічне обслуговування та ремонт дизельних двигунів. Київ: Техніка, 2015. 218 с.
4. John Deere. Operation & Maintenance Manual: Diesel Engine 6068DF150. Moline, IL: John Deere, 2019. 354 с.
5. Пішель П.П. Проектування випробувальних стендів для двигунів внутрішнього згоряння: монографія. Харків: Політехніка, 2018. 192 с.
6. Ісаєв О.Ю. Гідравліка й гідроприводи: навч. посіб. Київ: КАІСА, 2016. 264 с.
7. Лук'яненко Л.О. Розрахунок машинних елементів з урахуванням умов роботи. Луцьк: СЛУ ім. Лесі Українки, 2017. 276 с.
8. Козубенко І.Б. Міцність матеріалів: підручник. Дніпро: Дніпрополіт, 2016. 312 с.
9. Корованов В.М. Теоретична механіка. Частина II: Механіка деформівного тіла. Київ: Наукова думка, 2014. 248 с.
10. Петренко С.В. Дизайн і конструкція випробувальних стендів: навч. посіб. Одеса: ОНУ імені І. І. Мечникова, 2017. 204 с.
11. Савчук П.П. Гідростанції й гідроциліндри: практичний посібник. Львів: Світ, 2018. 228 с.
12. Воронін Д.О. Надійність і ремонт машин – досвід європейських виробників. Київ: Альтерпрес, 2019. 256 с.
13. Мельник А.Г. Матеріалознавство для машинобудування. Харків: Фоліо, 2015. 336 с.
14. Коваленко О.С. Проектування гідравлічних приводів. Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. 210 с.

15. Дубенко С.М. Основи розрахунку болтових з'єднань. Полтава: ПУЕТ, 2017. 180 с.
16. Андрієнко Л.П. Гідроприводи: теорія та практика. Київ: ВПЦ “Київський університет”, 2016. 290 с.
17. Шевченко М.В. Технічна механіка: органічні зв'язки та опір матеріалів. Львів: ЛНУ, 2018. 324 с.
18. Гуменюк Р.І. Стенди випробувань двигунів внутрішнього згоряння. Хмельницький: ХНУ, 2017. 158 с.
19. Тарасов В.П. Методи випробувань гідросистем. Кам'янець-Подільський: ПДУ, 2019. 202 с.
20. Бондаренко Ю.В. Технологія ремонту автомобільних двигунів. Київ: Техніка, 2015. 276 с.
21. Поліщук І.М. Процеси та пристрої обкатки двигунів. Чернігів: ЧНТУ, 2016. 184 с.
22. Рябов О.І. Експлуатація та технічний сервіс агротехніки. Київ: Урожай, 2018. 312 с.
23. Кравченко В.В. Гідравліка: посібник для інженерів. Одеса: Маяк, 2017. 240 с.
24. Лазаренко М.С. Нормативні документи з пожежної безпеки в машинобудуванні. Київ: ДП “Машинобудування”, 2016. 128 с.
25. Демченко П.К. Сучасні методи діагностики двигунів. Харків: ХНУ, 2019. 208 с.
26. Гнатюк Н.І. Кваліфікаційна діагностика машин і механізмів. Львів: Вид-во ЛНУ, 2017. 220 с.
27. Савенок О.Л. Автоматизація випробувальних стендів. Дніпро: ДНУ, 2018. 196 с.
28. Кисельов А.В. Стійкість конструкцій та опір матеріалів. Київ: Вища школа, 2015. 344 с.
29. Романов С.В. Технічне обслуговування гідравлічних систем. Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. 172 с.

30. Левченко І.П. Проектування агрегатів машин: монографія. Луцьк: ЧНУ, 2017. 260 с.
31. Юхимчук К.М. Машинобудівні матеріали та стандартизація. Київ: Наукова думка, 2018. 300 с.
32. Яценко Л.С. Промислове випробування техніки: методика та організація. Чернівці: ЧНУ, 2019. 212 с.