УДК 621.43.06:539.4:004.942

У.І. ЗЮГАН, асистент, Д.Ю. КРАВЦОВА, канд. фіз.-мат. наук, доц.,
Д.М. ВОЛОДЧЕНКОВ, аспірант, В.П. НЕЧАЄВ, канд. техн. наук, доцент
Криворізький національний університет

ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕРМОМЕХАНІЧНОГО СТАНУ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ВИПУСКНОГО КОЛЕКТОРА ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА ПРОМИСЛОВОЇ СПЕЦТЕХНІКИ

Двигун Isuzu 4JB1T об'ємом 2.8 л з турбонаддувом належить до категорії силових установок із високим експлуатаційним ресурсом, що на практиці підтверджено його статусом двигуна-«мільйонника». Даний агрегат набув широкого розповсюдження в Україні. Його застосування охоплює як комерційний транспорт (малотоннажні вантажівки Isuzu Elf, пікапи серії TF/TFR), так і сектор позашляхової техніки. Особливе значення Isuzu 4JB1T має для промислового комплексу України, де він масово використовується як основний привод для: малотоннажної спецтехніки та міні-самоскидів, що працюють у складних умовах кар'єрів та будівельних майданчиків; навантажувальної техніки різної модифікації; стаціонарних установок, таких як дизель-генератори та насосні станції високого тиску.

Незважаючи на високу загальну надійність двигуна, робота в режимах тривалого термічного навантаження, характерних для промислового використання, висуває підвищені вимоги до вузлів вихлопної системи. Випускний колектор, що працює в умовах екстремальних температур та інтенсивного газодинамічного впливу, є одним із найбільш навантажених елементів, чий технічний стан безпосередньо впливає на ефективність турбонаддуву та загальний ККД установки.

Враховуючи активне використання даного двигуна для переоснащення вітчизняної та закордонної промислової техніки, питання оптимізації конструкції та вибору матеріалу випускного колектора є актуальним науково-технічним завданням. Це дозволить не лише підвищити термін служби вузла, а й забезпечити прогнозовану роботу силової установки в умовах важких робочих режимів, типових для підприємств гірничо-видобувної та енергетичної галузей України.

Методика дослідження базується на комплексному чисельному моделюванні у середовищі SolidWorks, що поєднує інструменти газодинамічного аналізу Flow Simulation та міцнісного статичного аналізу Simulation. На першому етапі проведено розрахунок руху багатокомпонентної суміші газів, до складу якої входять азот, діоксид вуглецю, водяна пара та повітря, що імітує реальні продукти згоряння дизельного палива. Параметри потоку, такі як швидкість 120 м/с та температура 850 °С, відповідають важкому режиму роботи двигуна. Обраний підхід є максимально ефективним, оскільки він дозволяє автоматично імпортувати отримані температурні поля як зовнішні навантаження для міцнісного розрахунку.

Обчислено газодинамічні параметри потоку, поля температур у твердому тілі та відповідні їм еквівалентні напруження за Мізесом, а також коефіцієнти запасу міцності для різних сценаріїв. Дослідження охоплювало два типи конструкції: із суцільним та з окремими фланцями для кожного циліндра. Для забезпечення достовірності результатів було проведено верифікацію сітки на основі змішаної кривизни з оптимізацією коефіцієнта Якобіана, що дозволило досягти збіжності розрахунку. Обчислення проводилися для чотирьох типів матеріалів.

Висновки дослідження вказують на те, що конструкція із суцільним фланцем демонструє вищий рівень внутрішніх напружень через обмеження ступенів свободи, що підвищує ризик виникнення тріщин. Використання жаростійких сталей призводить до збільшення температурного градієнта та зниження запасу міцності конструкції порівняно з чавунами. Найбільш раціональним матеріалом для виготовлення колекторів промислових двигунів визначено високоміцний чавун ВЧ400, який за умови використання роздільних фланців забезпечує оптимальний коефіцієнт запасу міцності та кращу стійкість до короблення.

Як логічне продовження теми дослідження, у подальшій роботі буде проведено оптимізацію геометрії колектора за допомогою модуля Design Study. Зокрема, планується варіювання товщини фланців у діапазоні від 8 до 12 мм для мінімізації маси виробу та пошуку найбільш збалансованого розподілу напружень у зонах механічної обробки.