

СКІЛЬКИ КОШТУЄ КІНСЬКА СИЛА

«Є гостра необхідність замінити двигун на тракторі Т-150К. Ось тільки який встановити новий – мінський чи ярославський? Відгуки непогані по обох. Але, оскільки модернізація трактора захід достатньо дорогий, хотілося б вибрати кращий варіант, отримавши консультацію фахівців, порівнянням ММЗ Д-260.4 і ЯМЗ-236М2...»

З подібними питаннями аграрії досить часто звертаються в дорадчу сільськогосподарську службу Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка. І хоча по обох двигунів опубліковано немало, спробуємо в даній статті порівняти їх по основних споживчих якостях, щоб допомогти визначитися, який двигун кращий і чому.

Розглянемо конкретно основні споживчі параметри, порівнявши дизелі Мінського моторного заводу – Д-260.4 і Ярославського – ЯМЗ-236М2.

ПОТУЖНІСТЬ

Висока потужність трактору необхідна для якісного виконання технологічних операцій у складі сучасного машинно-тракторного агрегату з комбінованими сільськогосподарськими машинами. Таке агрегування трактора дозволяє зменшити кількість проходів по полю, скоротити до мінімуму розриви між технологічними операціями, що, кінцево кінцем, забезпечить зменшення витрати палива на вирощування сільськогосподарської культури і підвищити її врожайність. Але комбіновані машини вимагають високого тягового зусилля, яке повинне забезпечуватися потужністю двигуна близько 40 – 45 к.с. на один метр захвату. Саме тому за останні роки практично всі тракторобудівні корпорації в світі збільшили кількість моделей тракторів потужністю 200 – 300 к.с. Хто ж відмовиться від запасу потужності? Адже це не тільки забезпечення якісного виконання технологічного процесу, це і значне підвищення продуктивності агрегату.

**Потужність Д-260.4 – 210 к.с.,
ЯМЗ-236М2 – 180 к.с.**

Але за все треба платити. Встановлюючи новий двигун на трактор ми, безумовно, платимо за його здатність створювати тягу, тобто за потужність. Провівши нескладні арифметичні операції, а саме розділивши ціну двигуна із спеціальним перехідним пристроєм на потужність, отримаємо вартість однієї кіньської сили.

**У Д-260.4 – 406,2 грн/к.с.,
ЯМЗ-236М2 – 611 грн/к.с.**

Тобто у ЯМЗ-236М2 на одиницю потужності доводиться платити більше ніж на 50%.

Проведений за наслідками випробувань і спостережень аналіз використаних переобладнаних тракторів показує, що трактор з мінським, більш потужним (210 к.с.) двигуном, оре 10 гектарів поля за той же час, за який трактор з двигуном ЯМЗ-236М2 оре тільки 8 гектарів такого ж поля, тобто використання двигуна ММЗ Д-260.4 на oranці забезпечує підвищення продуктивності трактора на 20%.

КРУТНИЙ МОМЕНТ

Динаміку розгону трактора в першу чергу визначає крутний момент, що розвивається на ведучих колесах.

Крутний момент врешті решт визначає сила, з якою поршні обертають колінчастий вал. Крутний момент є найважливішим динамічним показником і характеризує тягові можливості двигуна. Він є сумою результуючих всіх сил - тиску продуктів згоряння палива, тертя, інерції і т.д., помноженого на плече прикладення, яке дорівнює радіусу кривошипа колінчастого валу. А потужність - достатньо умовний параметр, який відображає корисну роботу, що викону-

Макаренко Микола Григорович, доцент кафедри «Трактори і автомобілі Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка, сільськогосподарський дорадник

ється газами в циліндрах двигуна в одиницю часу, за вирахуванням витрат на подолання сил тертя і приведення в дію допоміжних механізмів. Чим більший крутний момент і, що ще важливіше, чим більш рівномірно він розподілений по діапазону обертів - тим швидше розганяється трактор і тим більші сили протидії (наприклад, при русі в гору) він здатний долати без додаткового перемикавання передач. Але при цьому крутний момент і потужність пов'язані між собою досить простою формулою:

$M_{кр} = kN/p$, де k - коефіцієнт, N - потужність, p - частота обертання колінчастого валу.

Ось, до речі, відповідь на питання, чому дизелі з малою частотою обертання колінчастого валу мають більш високі крутні моменти, ніж бензинові двигуни такої ж потужності.

Так що ж врешті решт важливіше – крутний момент чи потужність? Відповідь однозначна – потрібен високий крутний момент – в широкому діапазоні обертів колінчастого валу!

**Крутний момент
Д-260.4 – 813Н·м,
ЯМЗ-236М2 – 667Н·м.**

ХАРАКТЕР ЗМІНИ КРУТНОГО МОМЕНТУ ДВИГУНА ЗАЛЕЖНО ВІД ОБЕРТІВ

Для подолання сил, що протидіють руху трактора, потрібен більший момент, максимально «зміщений» до мінімальних обертів. Для розгону ж

необхідна оптимальна комбінація розподілу крутного моменту по діапазону обертів, величини моменту, і величини максимальної потужності.

Важливим параметром двигуна, який дозволяє оцінити стійкість його режиму при роботі по зовнішній швидкісній характеристиці, є коефіцієнт пристосованості (запас крутного моменту). Його значення визначається відношенням максимального крутного моменту до номінального, що розвивається двигуном на номінальній потужності при номінальній частоті обертання колінчастого валу. Він у наддувального двигуна Д-260.4 значно більший, ніж у безнаддувального ЯМЗ-236М2.

Особливо помітна важливість цього параметра виявляється у разі подолання трактором значних навантажень. Чим більше значення коефіцієнта пристосованості, тим більший опір руху може подолати трактор без перемикавання коробки передач на нижчу передачу.

**Коефіцієнт пристосованості (запас крутного моменту)
Д-260.4 – 24%, ЯМЗ-236М2 – 15%.**

ЕКОНОМІЧНІСТЬ

Системи подачі палива на порівнюваних двигунах виконані по класичній схемі з розділеним розташуванням паливного насоса і форсунок. Більш висока повнота згоряння палива у дизеля Д-260.4 забезпечується застосуванням турбонаддува. І не простого, а регульованого. Перш за все, це дає можливість досягти заданих характеристик силового агрегату при менших габаритах і масі, ніж при застосуванні «атмосферного двигуна». Звідси витікає ще один важливий наслідок: у турбодвигуна краща паливна економічність. Адже він більш компактний і ефективніше витрачає паливо ніж «атмосферний двигун».

У нього менша тепловіддача, насосні втрати і відносні втрати на тертя. Економії палива сприяє також і більший крутний момент при низьких частотах обертання колінчастого валу. Крім того, у турбодвигуна кращі екологічні показники. Менше споживання палива «при інших рівних» означає менші сумарні викиди шкідливих речовин.



Крім того, за рахунок конструктивних особливостей механізмів і систем у мінського дизеля зменшені внутрішні втрати енергії.

Мінський 6-ти циліндровий, рядний, а значить, більш урівноважений тракторний двигун, при більшій потужності має меншу вагу, більш економічний, ніж двигун ЯМЗ-236М2 (ЯМЗ-236Д). Як показали випробування, проведені в Українському науково-дослідному інституті прогнозування і випробування сільськогосподарської техніки і технологій (УкрНДІПВТ) ім. Л. Погорілого, завдяки газотурбінному регульованому наддуву і проміжному охолодженню повітря, застосуванню сучасних матеріалів і технологій, мінські двигуни є новим сучасним поколінням енергоустановок для тракторів і комбайнів. При роботі тракторів ХТЗ і ХТА-200 «Слобожанець» на номінальному навантаженні, витрата палива при виконанні однакових робіт у трактора, обладнаного дизелем Д-260.4 на 15-20% менше ніж у такого ж трактора, обладнаного безнаддувним двигуном ЯМЗ-236М2 або ЯМЗ-236Д.

**Питома витрата палива Д-260.4 – 216 г/кВт·год,
ЯМЗ-236М2 – 252 г/кВт·год**

Досвід господарств, які вже експлуатують трактори ХТЗ і ХТА-200 «Слобожанець» з мінськими двигунами Д-260.4, оснащених регульованими турбокомпресорами (а таких по полях України і Росії працює понад 2000) показує, що за день роботи на оранці економиться до 40-50 літрів дизельного палива в порівнянні з тракторами, обладнаними двигунами ЯМЗ. При існуючій ціні дизельного палива економія складає 380 – 475 грн. за день роботи. За місяць і сезон, отримані числа вражають.

**ТІЛЬКИ ЗА РАХУНОК ЕКОНОМІЇ ПАЛИВА
МІНСЬКИЙ ДВИГУН
ОКУПАЄТЬСЯ МЕНШ НІЖ ЗА РІК!**

РЕГУЛЬОВАНИЙ ТУРБОНАДДУВ

Отримання високих показників дизеля Д-260.4 стало можливим перш за все завдяки корекції подачі палива, вдосконаленню сумішеутворення і застосуванню регульованого турбонаддува. В цьому дизелі застосовується регульований турбокомпресор типу WGT в якому передбачені додаткові конструктивні пристрої для зміни швидкості відпрацьованих газів на вході в колесо газової турбіни залежно від навантаження двигуна.

Застосування регульованого турбокомпресора дозволяє забезпечити необхідний закон зміни тиску наддуву по швидкісній характеристиці двигуна і запобігти надмірному підвищенню частоти обертання ротора турбокомпресора на режимі максимальної потужності. **Аналіз зовнішньої швидкісної характеристики дизельного двигуна Д-260.4 показує, що турбокомпресор забезпечує:** максимальне підвищення тиску наддуву в діапазоні частот обертання колінчастого валу від 1000 до 2000 хв, **підтримку максимального тиску наддуву** в діапазоні номінальних частот обертання колінчастого валу, **можливість збільшення максимального тиску наддуву** від 1,8 до 2,5 Бар у міру переходу від Євро 0 до Євро 3, при цьому літрово потужність дизелів зростає від 34,7 до 57,9 кВт/л.

Зменшення ступеня стиснення у дизеля Д-260.4 до 15 і зменшення розмірів турбіни покращують типово слабкі сторони двигуна з турбонаддувом, а саме: дозволяють збільшити крутний момент при низьких частотах обертання колінчастого. Від характеристики системи турбонаддува залежать показники двигуна, а відповідно і трактора. Прискорення підвищення тиску наддуву при збільшенні частоти обертання сучасного двигуна, яким є Д-260.4, відбувається в результаті порівняно малого моменту інерції ротора турбокомпресора, оскільки для наддуву застосовується турбокомпресор малої розмірності. В результаті прискорення надходження повітря в камеру згоряння при роботі на перехідних режимах забезпечується добра приємність (швидке прискорення частоти обертання) двигуна і повнота згоряння палива, а, відповідно, зменшується його витрата.

Спостереження підтверджують, що при установці турбонаддувного двигуна Д-260.4 на тракторах типу Т-150К (ХТЗ-170) істотно підвищується питома потужність, поліпшується приємність, навіть на низьких обертах двигуна (оскільки такі двигуни мають значний запас крутного моменту), його експлуатація має більш високу паливну економічність, а робота супроводжується меншим виходом токсичних речовин у відпрацьованих газах.

**Двигун Д-260.4 має регульований турбонаддув,
у ЯМЗ-236М2 – наддув відсутній.**

ПРОМІЖНЕ ОХОЛОДЖЕННЯ НАДДУВНОГО ПОВІТРЯ

При стисненні в компресорі повітря нагрівається, внаслідок чого його щільність зменшується. Це призводить до того, що в робочому об'ємі циліндра маси повітря, а, отже, і кисню, стає менше ніж могло б поміститися за відсутності нагрівання. Щоб створити умови для того, щоб в циліндрах згорала більша кількість палива, вживають додаткових заходів для збільшення коефіцієнту наповнення циліндрів. Для цього повітря, яке стискається в компресорі, перед подачею його в циліндри двигуна охолоджується в холодильнику, який став невід'ємною частиною більшості сучасних двигунів з наддувом. Двигун Д-260.4 оснащений холодильником-інтеркуллером, в якому охолодження наддувочного повітря здійснюється шляхом обдування його зовнішньої ребристої поверхні повітряним потоком. Охолоджувач наддувочного повітря відбирає у всмоктаного повітря тепло (повітря охолоджується з 70-90 °С практично до температури навколишнього середовища), що збільшує його щільність і, тим самим, відповідно, потужність двигуна.

Приблизні розрахунки показують, що пониження температури наддувочного повітря на 10° дозволяє збільшити його густину приблизно на 3%. Це, у свою чергу, збільшує потужність двигуна приблизно на такий же відсоток, так що, наприклад, охолодження повітря на 33° дає збільшення потужності приблизно на 10 %.

З другого боку, охолодження повітряного заряду приводить до пониження температури на початку такту стиснення і дозволяє реалізувати ту ж потужність двигуна при зменшеному ступені стиснення в циліндрі. Наслідком цього є зменшення температури відпрацьованих газів, що позитивно відображається на зменшенні теплового навантаження деталей камери згоряння.

НАДІЙНІСТЬ, ПРОСТОТА ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ

ЯМЗ-236 розроблявся в середині минулого століття як автомобільний двигун, а на тракторі він працюватиме теж, але із значно меншим ресурсом. А якщо постійно високі навантаження, значить, і кількість деталей, що зношуються, значно зростає. Причому, зношуються деталі не тільки поршневої групи, а і приводу водяного насоса, паливного насоса.

Дизель Д-260.4 створений конструкторами Мінського моторного заводу спеціально для тракторів і комбайнів. В нього втілені всі кращі напрацювання добре відомого Д-240. Двигун постійно удосконалюється, підвищується його надійність і ресурс. На шляху від Д-260.1 (135 к.с.) до Д-260.4 (210 к.с.) цими доробками стали: установка нових чеських деталей циліндро-поршневої групи і регульованого турбокомпресора з тиском наддуву до 2 атмосфер, збільшення діаметра поршневого пальця від 38 до 42 мм, застосування ярославського паливного насоса високого тиску, а потім фірми MOTORPAL і BOSCH, вдосконалення водяного насоса, збільшенням опор його валу до 3-х підшипників. Крім того установка картера маховика (задньої балки) дозволила підвищити надійність і ресурс кріплення елементів трансмісії.

Всі названі удосконалення дозволили створити практично новий двигун Д-260.4-432 (489) потужністю 210 к.с, а з ним і більш потужний і економічний трактор, надійність і продуктивність якого вже перевірена в період восьми сезонів експлуатації на полях України і Росії (таких тракторів, - нових і переобладнаних, - вже більше 2000!).

Крім того, на тракторах ХТА-200 «Слобожанець» і тракторах ХТЗ обладнаних двигуном Д-260.4 застосовується сучасне однодискове зчеплення німецької фірми LUK (добре збалансоване), спеціально розраховане на потужність 210 к.с.

Для підтримки оптимального теплового стану двигуна і виключення його перегріву в системі охолодження використовується 9-ти лопатевий вентилятор підвищеної продуктивності і водяний радіатор більшої теплопередачі.

Двигун Д-260.4 – рядний, добре вписується в компоновку трактора, має легкий доступ до агрегатів для технічного обслуговування і ремонту. Він має меншу вагу, ніж двигун ЯМЗ-236М2 (ЯМЗ-236Д) і більш урівноважений.

Продуманість конструкції двигуна Д-260.4 спрощує процес його ремонту. Мережа сервісних центрів по обслуговуванню і ремонту мінських двигунів розвинута. Запасні частини не дефіцитні.

У зв'язку з меншим числом замінюваних деталей при ремонті, вартість ремонту Д-260.4 порівняно з ЯМЗ-236М2 дешевша на 1/3.