

Який двигун потрібен зернозбиральному комбайну

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

Збирання врожаю зерна зернових, зернобобових, круп'яних та технічних культур є завершальним етапом всього процесу їх вирощування. У структурі загальних витрат на виробництво сільськогосподарських культур збирання займає 31-50% витрат енергії і 45-60% трудових витрат. Для збирання їх у оптимальні строки необхідно мати відповідний парк сучасної зернозбиральної техніки.

Забезпечення підприємства комбайнами і досягнутий рівень їх використання істотно впливають на валовий збір сільськогосподарських культур, оскільки запізнення із збиранням призводить до значних втрат вирощеного врожаю. Відомо, наприклад, що втрати зерна досягають 25–30 % при запізненні збирання зернових колосових на 10–12 днів. Тому підприємствам економічно вигідно мати необхідну кількість комбайнів відповідної пропускну здатності, які забезпечать збирання культур в оптимальні строки.

Зернозбиральний комбайн – досить складна сільськогосподарська машина, що одночасно виконує ряд різних технологічних операцій – зрізує стебла культур, обмолочує колоски та очищає зерно від полови, а деяких випадках ще і збирає або подрібнює поживні рештки. Технологічний процес комбайнування об'єднує роботу відразу трьох машин: жатки, молотарки і зерноочистки, які приводяться в дію від одного двигуна та можуть бути виконані різної конструкції.

Головним напрямом удосконалення зернозбиральних комбайнів і їхніх робочих органів є підвищення продуктивності з одночасною мінімізацією втрат урожаю. Ці показники визначаються агротехнічними вимогами. Кожна з машин може працювати доволі ефективно за певних умов.

Ефективною особливістю перспективних комбайнів є збільшення тривалості та інтенсивності дії молотильних робочих органів під час переміщення стебел з колосками. Це досягається за рахунок встановлення додаткових молотильно-сепараторних барабанів, збільшення площі соломотрясів, удосконалення системи очищення зерна. Крім того у них суттєво збільшена місткість зернового бункера і продуктивність вивантажувального пристрою.

В сучасних комбайнах значно підвищена енергонасиченість, для зменшення втрат зерна широко застосовуються електронні системи контролю та автоматичного регулювання технологічного процесу.

Відомо, що для ефективної роботи комбайна потрібно забезпечи-



ти оптимальне завантаження всіх його систем, в першу чергу молотарки. Для цього, наприклад, в комбайнах CHALLENGER корпорація AGCO використала свою фірмову систему автоматичного підтримання оптимального завантаження молотарки Constant Flow, яка регулює швидкість комбайна в залежності від урожайності на полі. Ще однією родзинкою комбайнів CH 654 та CH 658 є наявність 8-ми клавішного соломотрясу з найбільшою на ринку площею сепарації, що складає біля 10м².

Однак, кожна операція потребує затрат енергії, а ще потрібно і переміщувати комбайн по полю, вага якого складає більше 10 тон. І чим більша продуктивність комбайна, тим більша потужність двигуна потрібна для приводу його систем і механізмів. Для забезпечення якісного виконання технологічного процесу двигун комбайна повинен мати відповідні характеристики. Основними з яких є: потужність, достатня для виконання технологічної операції при мінімальній витраті палива; необхідний запас крутного моменту; висока надійність, простота в обслуговуванні і ремонті.

Високу продуктивність та паливну економічність закордонним комбайнам гарантують двигуни останнього покоління. Ці двигуни обладнані електронною системою керування і забезпечують постійну ефективну потужність для збирання урожаю за найскладніших умов.

Однак, ціна сучасного закордонного комбайна з економічним двигуном досить висока. На його покупку здатне не кожне господарство. Ось і продовжують працювати на українських ланах старенькі «Дони» з зношеними двигунами, показники яких, м'яко кажучи, бажають кращого.

В аграрному виробництві нових комбайнів не вистачає, а наявні – гранично застарілі та спрацьовані. При зниженні потужності двигуна нижче за значення, яке закладає завод-виробник, як наслідок загального спрацьовання та порушення оптимальних регулювань, зменшується продуктивність, погіршується якість технологічного процесу, збільшується втрата зерна та значно зростають витрати паливо-мастильних матеріалів. Крім того така робота двигуна приводить до виникнення аварійної несправності з значними затратами на ремонт. Неодинокі випадки, коли реальна потужність двигуна комбайна була на 30...40 кВт нижча за номінальне значення.

Як компромісний варіант, є модернізація комбайна встановленням нового двигуна. Варіантів небагато: ярославський ЯМЗ-238АК та мінський Д-262.2S2. Обидва двигуни мають відповідні характеристики і адаптовані до встановлення на зернозбиральних комбайнах.

Проведемо їх порівняльний аналіз по основних споживачьких показниках в руслі тенденцій вдосконалення кращих комбайнів світового рівня.

ПОТУЖНІСТЬ

Якщо проаналізувати конструкцію закордонних самохідних зернозбиральних комбайнів, то легко помітити, що всі вони комплектуються потужними двигунами, які найкраще придатні для роботи у важких умовах з постійно змінним навантаженням.

На ринку комбайнів України пропонуються машини з різними типами і схемами молотильних пристроїв: однобарабанні («Ростсільмаш», John Deere), багатобарабанні (New Holland, Massey Ferguson), ротор-



ні (Case, John Deere) та гібридні (Claus). Кожен з виробників наводить власні аргументи на підтримку вибраної схеми обмолоту і вказує на відповідні переваги.

Важливо зазначити, що для визначення переваг тієї чи іншої моделі комбайна потрібно орієнтуватися не лише на ціну його придбання й окремі техніко-економічні характеристики, а й на вартість намоту тонни врожаю. Адже в цьому показнику знаходять відображення ціна комбайна, експлуатаційні витрати, вартість запасних частин та надійність.

Основним показником зернозбирального комбайна є пропускна здатність, що є найбільш інтегральною його технічною характеристикою і дозволяє оцінити технічний рівень конструкції машини та тип молотильно-сепаруючого пристрою. Саме тип молотильно-сепаруючого пристрою визначає вимоги до потужності двигуна, оскільки в класичній схемі молотарки оптимальна енергонасиченість для забезпечення номінальної продуктивності за мінімального рівня втрат становить близько 27 к.с. для обмолоту 1 кг маси за 1 секунду, у гібридній схемі – 30, у роторній 32 к.с.

Таким чином, якщо пропускну здатність комбайна, виражену в кілограмах маси, яку він може обмолотити за 1 сек. помножити на 27...32 (залежно від типу молотильно-сепаруючого пристрою), то отримаємо потужність двигуна, обчислену в кіньських силах, необхідну для реалізації заданої продуктивності.

Використання будь-якої машини в технічному процесі обґрунтовується технологічною доцільністю та економічною ефективністю. При недостатній потужності двигуна продуктивність комбайна не буде відповідати заданій та не буде забезпечуватись якісне виконання технологічного процесу.

Аналіз динаміки розвитку комбайнового ринку показав, що за останні роки практично на всіх моделях спостерігається збільшення потужності двигунів, оскільки необхідна потужність забезпечує значне підвищення продуктивності комбайна при якісному виконанні технологічного процесу.

Напрошується думка, що зернозбиральний комбайн з потужним двигуном забезпечить успішне та швидке проведення збиральної компанії. Але при виборі моделі насамперед слід звертати увагу не просто на потужність двигуна, а на збалансованість отриманої потужності та потреби потужності усіх робочих агрегатів та вузлів комбайна (тип молотильно-сепаруючого пристрою, ширина захвату жатки, ємність бункера тощо), бо саме вони значною мірою визначатимуть рівень витрат пального при комбайнуванні. Надто потужний двигун комбайна, без урахування зазначених меж, не зможе повністю реалізувати свої потенційні можливості, що призведе до невиправданого збільшення питомої витрати палива та значно підвищить його ціну.

Потужність ярославського ЯМЗ-238АК - 240 к. с., мінського Д-262.2S2 - 250 к. с.

При встановленні даних двигунів на комбайн «Дон» з класичною схемою молотарки, використовуючи наведену вище залежність, отримуємо пропускну здатність комбайна, виражену в кілограмах маси за секунду:

з ЯМЗ-238АК - 8,89 кг/сек.; з Д-262.2S2 – 9,26 кг/сек.

Різниця невелика. Однак, іноді саме цієї прибавки і не вистачає для стабільної роботи, особливо в важких умовах.

Але за все треба платити. Встановлюючи новий двигун на комбайн ми, безумовно, платимо за його здатність виконувати технологічний процес обмолоту та сепарації, тобто за потужність.

Ціна ЯМЗ-238АК з перехідним пристроєм - 149300 грн.;

Д-262.2S2 з перехідним пристроєм - 114000 грн.

Провівши нескладні арифметичні операції, а саме розділивши ціну двигуна на потужність, отримуємо вартість однієї кіньської сили.

з ЯМЗ-238АК - 622 грн./к. с.

з Д-262.2S2 - 456 грн./к. с.

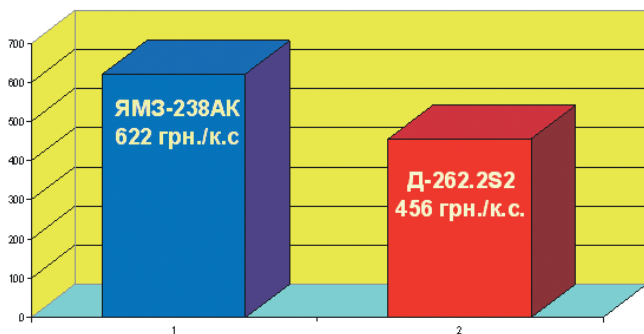
КРУТНИЙ МОМЕНТ

Навантаження на робочі органи комбайна залежить від багатьох факторів: перш за все від урожайності, співвідношення маси соломи і зерна, густоти та висоти хлібостою, рельєфу поля, вологості ґрунту і зерна та ще багатьох чинників, що постійно змінюються і значно варіюють навіть у межах поля. Але для якісного обмолоту колосків, сепарації та очищення зерна з мінімальними втратами відповідні механізми комбайна повинні мати оптимальну робочу швидкість (частоту обертання). Тому комбайновий двигун повинен мати не тільки достатню потужність, а і значний запас крутного моменту для стабільного забезпечення необхідних обертів приводу робочих органів молотильно-сепаруючого пристрою незалежно від рівня навантаження. Саме для реалізації заданих характеристик для комбайнів використовують спеціальні двигуни, що працюють на стабільних обертах у значному діапазоні навантажень та в умовах стрибкоподібного характеру їх зміни, що дає можливість комбайну успішно та продуктивно працювати з важкими типами культур, легко підніматися на схили та працювати у важких польових умовах.

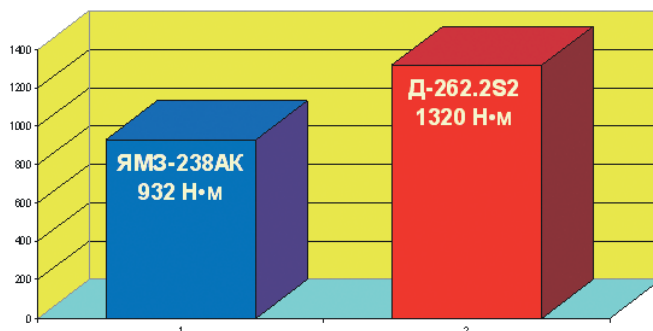
Відомо, що крутний момент є найважливішим динамічним показником двигуна і характеризує його тягові можливості. Він є сумою результуючих всіх сил - тиску продуктів згоряння палива, тертя, інерції і т.д., помноженого на плече прикладення, яке дорівнює радіусу кривошипа колінчастого валу. А потужність - достатньо умовний параметр, який відображає корисну роботу, що виконується газами в циліндрах двигуна за одиницю часу, за вирахуванням втрат на подолання сил тертя і приведення в дію допоміжних механізмів. Чим більший крутний момент двигуна і, що ще важливіше, чим краще він розподілений по діапазону обертів - тим швидше розганяються робочі органи молотильно-сепаруючого пристрою комбайну і тим більші сили протидії (наприклад, при раптовій подачі більшої кількості хлібної маси) він здатний долати без значного зменшення частоти обертання. Це дає можливість здійснити обмолот з меншими затратами енергії та з мінімальними втратами та пошкодженням зерна.

Таким чином, можна зробити висновок, що потрібен високий крутний момент двигуна в широкому діапазоні обертів колінчастого валу! Крутний момент ЯМЗ-238АК - 932 Н·м; Д-262.2S2 - 1320 Н·м.

Затрати на придбання однієї кіньської сили двигуна комбайна



Порівняння крутних моментів двигунів комбайнів



ХАРАКТЕР ЗМІНИ КРУТНОГО МОМЕНТУ ДВИГУНА ЗАЛЕЖНО ВІД ОБЕРТІВ

Для подолання сил, що протидіють роботі молотильно-сепаруючого пристрою та рухові комбайну, 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.

Відомо, що найбільш об'єктивну оцінку динамічних якостей двигуна можна отримати при аналізі його зовнішньої швидкісної характеристики. Зовнішня швидкісна характеристика є залежністю показників роботи двигуна (потужності, крутного моменту, коефіцієнту наповнення циліндрів, питомої та годинної витрати палива і ін.) від частоти обертання колінчастого валу при незмінному положенні органу керування, який забезпечує максимальну подачу палива в циліндри.

Аналізуючи залежність зміни крутного моменту в зовнішній швидкісній характеристиці двигуна ММЗ Д-262.2S2, помітно, що максимум крутного моменту відповідає частоті обертання 1540 об/хв. Тобто, при розгоні молотильно-сепаруючого пристрою, коли потрібно перебороти опір не тільки хлібної маси, а і значних інерційних сил, двигун матиме великий крутний момент. Крім того, при збільшенні навантаження, збільшується відповідно і крутний момент, тяга підвищується.

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-262.2S2 значно більший, ніж у безнаддувального ЯМЗ-238АК. За даними випробувань в УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого запас крутного моменту Д-262.2S2 складає 28%.

Особливо помітна важливість цього параметра виявляється у разі подолання комбайном значних навантажень. Чим більше значення коефіцієнта пристосованості, тим більший опір може подолати комбайн. Важливе значення при цьому має і розширений діапазон зміни частоти обертання колінчастого валу, в якому двигун стійко працює, оскільки, чим більший цей діапазон, тим кращі динамічні якості має комбайн, тим легше управління двигуном і комбайном в цілому.

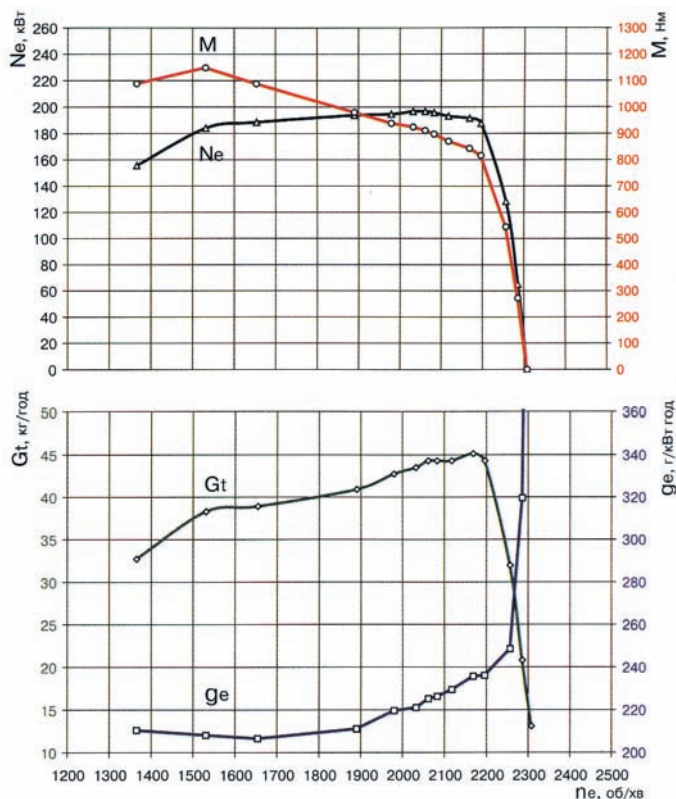
ЕКОНОМІЧНІСТЬ

Економічність двигуна багато в чому визначається технічним рівнем систем і механізмів дизеля і перш за все досконалістю системи живлення, які забезпечують повноту згоряння палива і перетворення отриманої енергії в крутний момент на колінчастому валу.

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-262.2S2 забезпечується застосуванням турбонаддува. І не просто, 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 також 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 комбайновий двигун, при більшій потужності має меншу вагу, більш економічний, ніж двигун ЯМЗ-238АК. 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 техноло-



Швидкісна характеристика двигуна ММЗ Д-262.2S2 (за даними випробувань в УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого)

гій, мінські двигуни є новим сучасним поколінням енергоустановок для комбайнів.

За результатами польових спостережень при роботі комбайнів «Дон» на номінальному навантаженні, витрата палива при виконанні однакових робіт у комбайна, обладнаного дизелем Д-262.2S2 на 15-20% менше ніж у такого ж комбайна, обладнаного безнаддувним двигуном ЯМЗ-238АК.

Досвід господарств, які вже експлуатують комбайни з мінськими двигунами Д-262.2S2, показує, що за день роботи економиться до 50-60 літрів дизельного палива в порівнянні з комбайнами, обладнаними двигунами ЯМЗ. При існуючій ціні дизельного палива економія складає 475 - 570 грн. за день роботи. За місяць і сезон, отримані числа вражають.

НАДІЙНІСТЬ, ПРОСТОТА ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ

При розробці двигуна, безумовно, в його конструкцію закладаються умови його застосування. І це не випадково, оскільки, використання його як силового агрегату на комбайні істотно відрізняється від роботи на інших машинах. Створити ж універсальну конструкцію «для всіх випадків життя» практично нереально – вона буде прогнозовано програвати при всіх варіантах використання.

Дизель Д-262.2S2 створений конструкторами Мінського моторного заводу спеціально для комбайнів. В нього втілені всі кращі напрацювання добре відомого Д-240. Двигун постійно удосконалюється, підвищується його надійність і ресурс.

Двигун Д-262.2S2 – рядний, добре вписується в компоновку комбайна, має легкий доступ до агрегатів для технічного обслуговування і ремонту. Він має меншу вагу, ніж двигун ЯМЗ-238АК і більш урівноважений. Менша вібрація значно зменшує навантаження на деталі двигуна, підвищує їх ресурс і не викликає порушення герметичності очисника повітря і трубопроводів подачі повітря.

Продуманість конструкції двигуна Д-262.2S2 спрощує процес його ремонту. Мережа сервісних центрів по обслуговуванню і ремонту мінських двигунів широко розвинута. Запасні частини не дефіцитні.

У зв'язку з меншим числом замінованих деталей при ремонті, вартість ремонту Д-262.2S2 порівняно з ЯМЗ-238АК дешевша на третину.