

Таким образом, применение для борьбы с однолетними двудольными и злаковыми сорняками в посадках картофеля препарата Гамбит, СК (3,0-4,0 л/га) до всходов картофеля способствует снижению общей численности однолетних сорных растений в зависимости от нормы препарата и срока учета сорной растительности на 69,3-86,2 %.

УДК 631.3 (075.8)

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГОНАСЫЩЕННЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТРАКТОРОВ

Цыбульский Г. С., Бычек П. Н., Филиппов А. И., Эбертс А. А.,
Занемонская Н. Ю.

УО «Гродненский государственный аграрный университет»
г. Гродно, Республика Беларусь

Аннотация. В статье представлено обоснование необходимости использования в отечественном тракторостроении производства энергонасыщенных тракторов с двухпоточной комбинированной гидромеханической трансмиссией, а также тракторов с трансмиссией, обеспечивающих силовое последовательное автоматическое переключение передач (Power Shift) в рабочем диапазоне скоростей для повышения эффективности их использования при ведении полевых механизированных работ.

Summary. The article presents the rationale for the need to use in domestic tractor manufacturing the production of energy-intensive tractors with a dual-flow combined hydromechanical transmission, as well as tractors with a transmission providing power sequential automatic gear shifting (Power Shift) in the operating speed range to increase the efficiency of their use in mechanized field work.

Ключевые слова: энергонасыщенный трактор, двухпоточная комбинированная гидрообъемная механическая трансмиссия, тяговая мощность.

Key words: energy-intensive tractor, two-flow combined hydrostatic mechanical transmission, traction power.

Эффективность использования сельскохозяйственного трактора на полевых механизированных работах определяется коэффициентом полезного действия, %, который определяется по выражению [1]:

$$\eta = \frac{N_e}{N_T} = \eta_{\text{мг}} \cdot \eta_f \cdot \eta_{\delta}, \quad (1)$$

где N_e – эффективная мощность двигателя, кВт; N_T – тяговая мощность, кВт; $\eta_{\text{мг}}$ – механический КПД трансмиссии; η_f , η_{δ} – КПД, учитывающие потери мощности на качение и буксование соответственно.

Эффективная мощность двигателя N_e определяется значениями крутящего момента (M_e) и оборотов коленчатого вала двигателя (n_e) и определяется по выражению:

$$N_e = 6,28 \cdot M_e \cdot n_e, \quad (2)$$

где n_e – частота вращения коленчатого вала двигателя, c^{-1} ; M_e – крутящий момент на коленчатом валу двигателя, $kH\cdot m$.

Максимальная (номинальная) мощность двигателя достигается при определенных значениях крутящего момента (M_e), оборотов коленчатого вала двигателя (n_e), часового и удельного расхода топлива и определяется в результате стендовых испытаний двигателя.

В свою очередь тяговая мощность трактора определяется значениями тягового усилия (P_T) и рабочей скорости (V_p) и может быть найдена по формуле:

$$N_T = P_T \cdot V_p, \quad (3)$$

где P_T – тяговое (крюковое) усилие трактора, kH ; V_p – рабочая скорость движения km/h .

Тяговая мощность зависит от скорости движения и снижается из-за недостаточного сцепления (буксования) и качения колес трактора.

Тяговое усилие трактора определяется сопротивлением сельскохозяйственной машины, агрегатируемой с трактором, а максимальные значения тяговой мощности определяются соответствующими значениями тягового усилия трактора при определенной скорости движения и минимальными потерями на буксование и качение при минимальном удельном расходе топлива.

Взаимосвязь всех представленных эксплуатационных характеристик наглядно представляется на тяговой характеристике (рисунок 1), которая строится по данным полевых испытаний трактора [1]. Таким образом, на каждой передаче трактора есть максимальные значения тяговой мощности, которым, в свою очередь, соответствуют определенные значения тягового усилия трактора.

В классической механической ступенчатой трансмиссии трактора выбрать необходимую передачу и установить требуемую подачу топлива на заданной сельскохозяйственной операции без вспомогательных устройств довольно сложно. На практике может быть такая ситуация, когда на какой-то передаче трактор недогружен (колеса буксуют), а на следующей – перегружен (двигатель не тянет). В обоих случаях тяговая мощность ниже номинальной, так как в зависимости от рабочей скорости движения (передаточного числа трансмиссии) изменяется как тяговое усилие, так и характер (соотношение) потерь на качение и буксование.

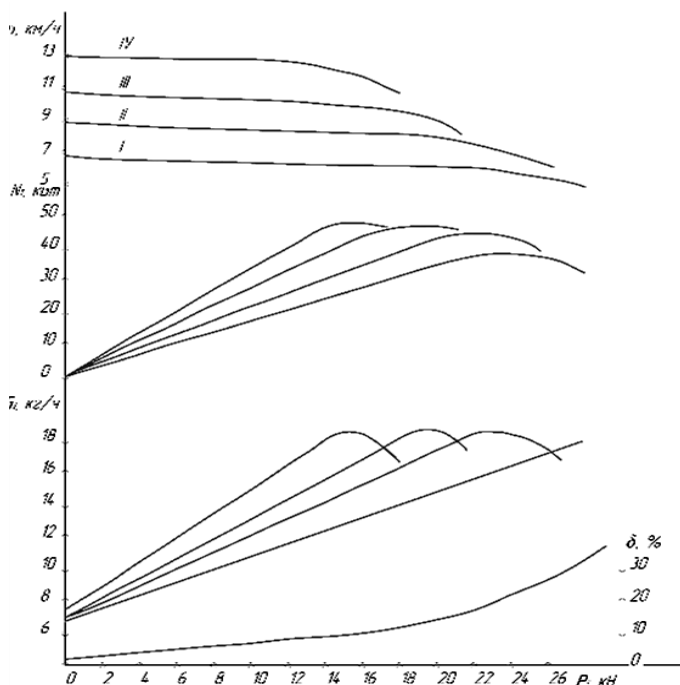
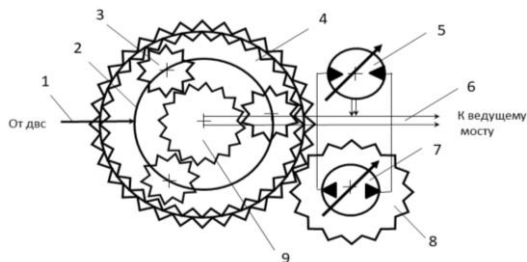


Рисунок 1 – Тяговая характеристика колесного трактора

Для того чтобы при заданном тяговом усилии, определяемом сопротивлением сельскохозяйственной машины, агрегатируемой с трактором, достичь максимальной тяговой мощности, необходимо соответствующим образом подобрать оптимальное передаточное отношение передачи крутящего момента от двигателя к колесам. Данная задача решается установкой трансмиссий с большим числом передач или установкой специальных бесступенчатых передач.

Одной из самых удачных и надежных, позволяющих передавать высокие крутящие моменты, является широко применяемая в тракторостроении бесступенчатая двухпоточная комбинированная гидрообъемная механическая трансмиссия (рисунок 2). Такая трансмиссия включает две ветви передачи крутящего момента от двигателя к колесам – механическую и гидрообъемную.



1 – входной вал; 2 – водило; 3 – сателлит; 4 – коронная шестерня; 5 – регулируемый гидромотор; 6 – выходной суммирующий вал; 7 – регулируемый гидронасос; 8 – приводная шестерня гидронасоса; 9 – солнечная шестерня

Рисунок 2 – Схема бесступенчатой двухпоточной комбинированной гидрообъемной механической передачи

Трансмиссия работает следующим образом. Крутящий момент от двигателя через входной вал 1 передается на водило 2 планетарного механизма, на котором через сателлиты 3 передается на солнечную шестерню 9 и далее на выходной суммирующий вал 6 и далее к заднему мосту трактора. Передача крутящего момента в данном случае возможна при неподвижной коронной шестерне 4. При этом в данной конструкции коронная шестерня 4 имеет возможность через зубчатую передачу 8 приводить гидравлический регулируемый насос 8, который, в свою очередь, может приводить регулируемый гидромотор 5, который также приводит выходной суммирующий вал 6. Таким образом, имеются две ветви передачи крутящего момента: механическая и гидравлическая. Регулируя производительность гидронасоса и гидромотора через электронную систему управления, можно бесступенчато изменять скорость движения трактора на полевых и транспортных работах. При этом трактор будет работать с максимальной тяговой мощностью.

Использование на тракторе такой трансмиссии имеет явные преимущества перед обычной ступенчатой трансмиссией ввиду максимального использования мощности двигателя за счет бесступенчатого изменения крутящего момента, передаваемого на ведущие колеса трактора, снижение удельного расхода топлива.

К недостаткам таких трансмиссий [2] следует отнести сложность гидравлической ветви трансмиссии, меньший КПД, чем у чисто механических трансмиссий, трудность уплотнения при больших давлениях (28-35МПа), высокая стоимость и сложность изготовления, зависимость

КППД от температурных условий. Сложная конструкция и электронная система управления также повышают риск случайных отказов.

Минский тракторный завод выпустил опытный образец трактора с бесступенчатой трансмиссией под маркой Беларусь 3326, который впервые был представлен на Белагро в 2024 году.

Хорошей альтернативой бесступенчатой трансмиссии является ступенчатая трансмиссия Power Shift (переключение передач под нагрузкой). Такие КПП устанавливают многие производители тракторов. В частности, на тракторы Джон-Дир серии 8R, где в рабочем диапазоне от 6 до 15 км/ч может использоваться 10 передач, то есть изменение скорости движения при переходе с одной передачи на другую составляет 1 км/ч, что практически приближает такую трансмиссию к бесступенчатой. При этом предлагается функция автоматического контроля выбранной скорости движения на полевых работах и ее удержание за счет изменения оборотов двигателя и автоматического переключения передач для достижения максимальной тяговой мощности.

Стоящий на производстве трактор Минского тракторного завода Беларусь 3522 в своей конструкции имеет ступенчатую трансмиссию Power Shift с ручным переключением передач под нагрузкой (без выключения муфты сцепления) в рамках каждого из четырех диапазонов. Однако при наличии 24 передач переднего хода их последовательное переключение на ходу под нагрузкой (по мере увеличения скорости движения) не представляется возможным, так как диапазоны необходимо переключать при остановленном тракторе и выключенной муфте сцепления.

Такая трансмиссия для энергонасыщенного трактора является устаревшей и требует совершенствования [3], чтобы все передачи рабочего диапазона последовательно переключались под нагрузкой. При этом для удобства оператора и экономии топлива необходимо ввести опцию поддержания заданной скорости движения электронной системой трактора за счет автоматического переключения передач и изменения оборотов двигателя при переменном тяговом усилии. При этом такой трактор будет соответствовать современным требованиям по эффективности при ведении полевых механизированных работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Будько, Ю. В. Эксплуатация сельскохозяйственной техники / Ю. В. Будько. – Мн. Беларусь, 2006. – 510 с.
2. Тракторы. Конструкция / И. П. Ксеневич [и др.]; Под общ. ред. И. П. Ксеневича, В. М. Шарипова. – М.: МГТУ «МАМИ», 2001. – 821 с.
3. К вопросу технического совершенства тракторов Беларусь 3522 / Г. С. Цыбульский [и др.] // Современные технологии сельскохозяйственного производства: материалы XXV междунар. науч.-практ. конф., Гродно, 23 марта, 2022 г. / Гродненский гос. аграрный ун-т; отв. за вып. канд. с.х. наук О. В. Вертинская. – Гродно, 2022. – С. 182-184.