

УДК 631.372:001.4

UDC 631.372:001.4

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТА НА БАЗЕ ТРАКТОРА КЛАССА 1,4 С ПЕРЕМЕННОЙ ВРАЩАЮЩЕЙСЯ МАССОЙ ДВИГАТЕЛЯ

THE RESULTS OF MACHINE-TRACTOR UNIT'S TESTS ON THE BASIS OF A 1,4 TRACTOR HAVING A ROTARY MASS OF THE ENGINE

Кравченко Владимир Алексеевич
д.т.н., профессор
*Азово-Черноморский инженерный институт
ФГБОУ ВПО «Донской государственный аграрный
университет» в г. Зернограде, Россия*

Kravchenko Vladimir Alekseevich
Dr.Sci.Tech., professor
*Azov-Black Sea engineering institute FSBHEEPT
“Donskoy state agrarian university” in Zernograd,
Russia*

В статье приведены результаты исследований машинно-тракторного агрегата на базе трактора класса 1,4 с переменной вращающейся массой двигателя. Доказано, что применение на тракторе дополнительной вращающейся массы, подключаемой на соответствующих режимах движения к валу двигателя или первичному валу трансмиссии, способствует улучшению эксплуатационных показателей машинно-тракторного агрегата

The article contains the results of machine-tractor unit's researches on the basis of a class 1,4 tractor having a variable rotary mass of the engine. It is concluded that the use of additional rotary mass being linked at corresponding regimes of motion to the engine's shaft or primary transmission shaft at the tractor furthers the improvement of operation indexes of a machine-tractor unit

Ключевые слова: МАШИННО-ТРАКТОРНЫЙ АГРЕГАТ, ВРАЩАЮЩАЯСЯ МАССА ДВИГАТЕЛЯ, ТЯГОВОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ, ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ, РАСХОД ТОПЛИВА

Keywords: MACHINE-TRACTOR UNIT, ENGINE'S ROTARY MASS, TRACTIVE RESISTANCE, PRODUCTIVITY, FUEL EXPENDITURE

Важным резервом повышения производительности труда в сельскохозяйственном производстве является применение скоростных энергонасыщенных тракторов. Однако решение этой проблемы встречает ряд трудностей, связанных с неустановившимися процессами при движении машинно-тракторных агрегатов (МТА). Машинно-тракторные агрегаты на базе скоростных тракторов характеризуются повышенным значением приведенных масс, что обуславливает большое их влияние на характер неустановившегося движения. Возникающие значительные инерционные нагрузки приводят к потерям части мощности двигателя, из-за чего МТА работает с меньшей производительностью и экономичностью [1, 2, 3 и др.].

Повышение рабочих скоростей МТА и необходимость резервирования мощности двигателя для осуществления разгона заставляют искать пути улучшения показателей машинно-тракторных агрегатов на базе скоростных тракторов [1, 2, 4 и др.].

Как известно, [5 и др.] производительность МТА определяется по зависимости

$$W = C \cdot \frac{N_{eH}}{K_a} \cdot \eta_T \cdot \varepsilon_N \cdot T_{см} \cdot \tau, \quad (1)$$

где C – коэффициент пропорциональности;

N_{eH} – номинальная мощность двигателя;

K_a – удельное сопротивление агрегата;

η_T – тяговый коэффициент полезного действия трактора;

ε_N – степень использования мощности двигателя;

$T_{см}$ – время работы машинно-тракторного агрегата за смену;

τ – степень полезного использования времени смены.

Анализ формулы (1) и опубликованных работ в области исследований функционирования сельскохозяйственных машинно-тракторных агрегатов при неустановившихся тяговых нагрузках показал, что на показатели движения МТА при неустановившихся тяговых нагрузках большое влияние оказывают вращающиеся массы двигателя.

На основании исследований, проведённых нами, было предложено устройство, аккумулирующее потенциальную энергию и отдающее её при изменении тяговой нагрузки (рисунок 1).

Её устройство основано на применении дополнительной вращающейся массы в виде свободного маховика, подключаемого автоматически на соответствующих режимах движения к основному маховику двигателя или к первичному валу трансмиссии. В результате этого уменьшается напряженность процесса разгона, улучшается переключение передач на ходу и обеспечивает уменьшение колебаний скорости вала двигателя при изменении тяговой нагрузки [4].

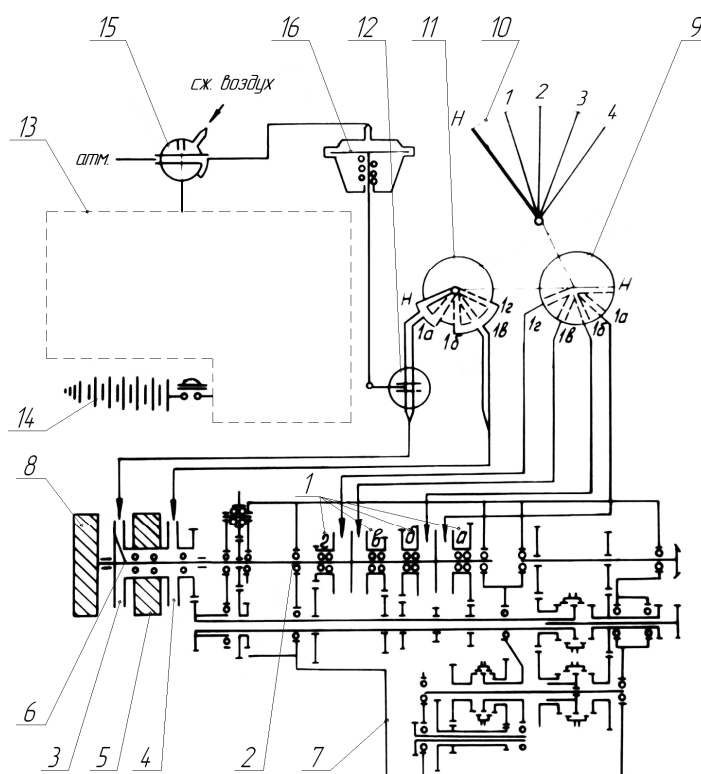


Рисунок 1 – Установка для автоматического управления дополнительной вращающейся массой двигателя

На валу, соединяющем двигатель и коробку передач, установлена дополнительная вращающаяся масса в виде свободного маховика 5. Этот маховик может быть соединен с основным маховиком двигателя 8 с помощью фрикционной муфты 3 или с промежуточным валом коробки с помощью фрикционной муфты 4 через шестеренчатую передачу. Основной золотник 9 соединен с рычагом переключения передач 10. Механизм управления муфтами дополнительного маховика состоит из дополнительного золотника 11, связанного с рычагом управления, и золотника 12 управления включения дополнительного маховика к основному.

Автоматическое устройство включения дополнительного маховика содержит PIC-контроллер 13 DD1 (рисунок 2), к входным портам которого подключены датчики положения рейки топливного насоса K1 и K2, а к выходному порту через усилительный элемент – транзистор VT1 обмотка электромагнита Y1.

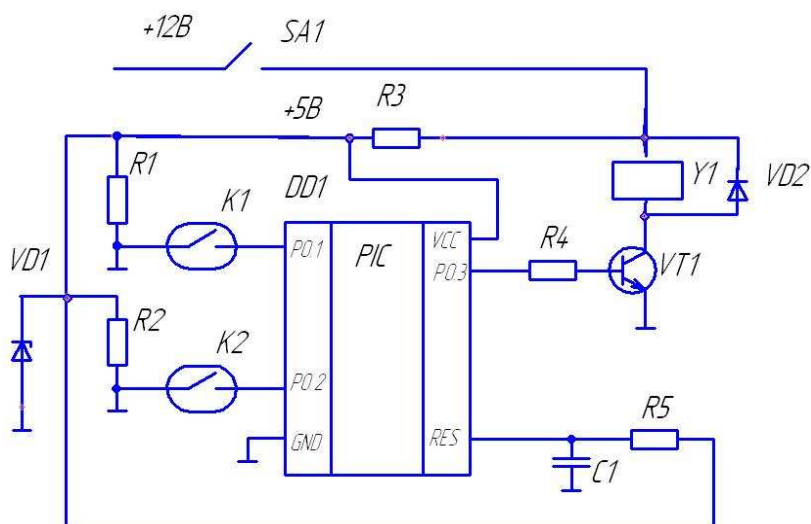


Рисунок 2 – Схема автоматики

Для защиты транзистора VT1 от ЭДС самоиндукции при коммутации служит защитный диод VD2. Питание обмотки электромагнита осуществляется от бортовой сети через переключатель SA1, а питание PIC-контроллера – через параметрический стабилизатор R3-VD1. Сердечник электромагнита соединен с краном управления 15 вакуумной камеры 16, которая механическими связями соединена с золотником управления включения дополнительного маховика к основному.

Устройство для автоматического управления коробкой передач работает в соответствии с алгоритмом, представленным на рисунке 3.

При включении питания происходит сброс PIC-контроллера на нулевой адрес программы, записанной в ПЗУ, с помощью цепочки C1-R5.

При работе двигателя на холостом ходу рычаг переключения передач 10 находится в нейтральном положении (рисунок 1). Муфты 1 выключены, а муфта 3 включена и дополнительный маховик 5 подключен к основному маховику двигателя 8. PIC-контроллер 13 проверяет состояние датчиков положения рейки топливного насоса.

При трогании МТА снижается частота вращения коленчатого вала двигателя до минимального значения. При одновременно включенных ма-

ховиках, дополнительного и основного, снижение частоты вращения вала двигателя в первой фазе разгона будет меньше вследствие большего запаса кинетической энергии маховика.

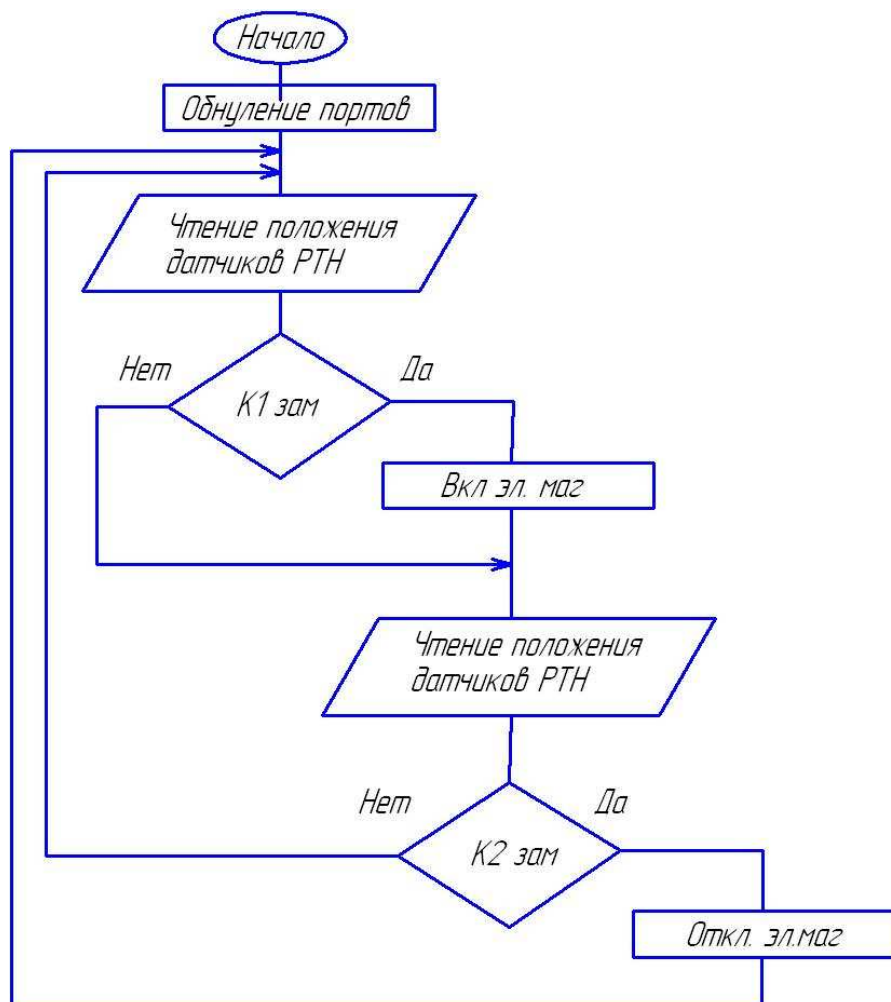


Рисунок 3 – Алгоритм работы устройства

В начале второй фазы разгона дополнительный маховик 5 отключается с помощью муфты 3 автоматически, отчего уменьшается нагрузка на двигатель и разгон облегчается. Отключение дополнительного маховика происходит потому, что при минимальной частоте вращения вала двигателя с помощью рейки топливного насоса замыкаются контакты К1 (рисунок 2) датчика положения рейки топливного насоса. Включится электромагнит У1, втянется его сердечник, кран 15 повернется так, что соединится по-

лость вакуумной камеры 20 с ресивером сжатого воздуха, от чего повернется золотник 12 и выключится подача масла к муфте 3, дополнительный маховик 5 отключится от основного.

Разгон агрегата будет происходить с основным маховиком двигателя 8 ускоренно по времени до установившейся частоты вращения коленчатого вала двигателя. При этом разгон МТА протекает менее напряженно, уменьшается нагрузка на двигатель. Когда агрегат выйдет на установленный режим работы, дополнительный маховик 5 должен быть подключен к основному маховику 8 с помощью включения муфты 3. Это происходит тогда, когда при разгрузке двигателя и обратном ходе рейки топливного насоса замкнутся контакты К2 датчика положения рейки топливного насоса. Электромагнит У1 отключится. Под действием пружины вакуумной камеры 16 повернется кран 15, соединит замкнутую полость камеры с атмосферой, золотник 12 повернется, отчего включится муфта 3 и дополнительный маховик 5, потеряв часть кинетической энергии, подключится к основному маховику 8.

Переход на вторую передачу осуществляется переключением рычага 10 на вторую позицию, в результате чего золотник 9 и 11 повернутся в позицию 16 и включится вторая передача, выключится муфта 3 и включится муфта 4, а дополнительный маховик 5 подключится к промежуточному валу коробки передач. На втором этапе кинетическая энергия дополнительного маховика 5 будет расходоваться на поддержание скорости движения на участке перехода, а энергия двигателя и основного маховика 8 – на разгон агрегата. В результате двухпоточной передачи кинетической энергии дополнительного и основного маховика в трансмиссию процесс движения на втором этапе.

Переход на третью и четвертую передачи будет протекать аналогично.

Режим остановки машинно-тракторного агрегата характеризуется тем, что рычаг переключения передач 10 переводится в нейтральную позицию,

в результате чего выключится передача, а дополнительный маховик 5 подключится с помощью муфты 3 к основному маховику двигателя 8.

Изменения момента сопротивления и тягового усилия на крюке трактора носят случайный характер [1, 2 и др.]. Поэтому при исследовании рабочих процессов МТА и выборе оптимальных его параметров и режимов работы необходимо учитывать стохастический характер сопротивления движению и оценивать процессы изменения сил сопротивления статистическими показателями.

Для оценки влияния переменных вращающихся масс двигателя на основе корреляционного и спектрального анализов был записан процесс работы культиваторного агрегата на базе трактора класса 1,4 в серийном и опытном вариантах.

В результате обработки были получены значения математических ожиданий, среднеквадратических отклонений угловой скорости вала двигателя, поступательной скорости агрегата и тяговой нагрузки (таблица 1), нормированных корреляционных функций и спектральных плотностей выходных показателей агрегата (рисунки 4 и 5).

Таблица 1 – Математическое ожидание и среднеквадратические отклонения показателей движения МТА на культивации

Показатели	Параметры	Варианты агрегата	
		серийный	с дополнительной вращающейся массой двигателя
Математическое ожидание	$P_{кр}$, кН	7,0	6,6
	ω_1 , с ⁻¹	182,7	190,3
	V , м/с	2,35	2,46
Среднеквадратическое отклонение	$P_{кр}$, кН	1,8	1,5
	ω_1 , с ⁻¹	8,3	7,5
	V , м/с	0,29	0,28

Из данных таблицы 1 следует, что с дополнительной вращающейся массой ($J_{1экен} = 4,3 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ по сравнению с $J_{1сер} = 2,5 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$) тяговое сопротив-

ление культиватора снижается на 5,7%, одновременно возрастает угловая скорость вала двигателя на 4,2% и поступательная скорость трактора на 4,7%. Снижаются и колебания (среднеквадратическое отклонения) этих величин относительно их средних значений. Для тягового сопротивления снижение составляет 16,7%, для угловой скорости вала двигателя 9,6%, для скорости трактора 3,5%.

Отмеченное влияние вращающихся масс двигателя и жесткости силовой передачи объясняется следующим:

- тяговое сопротивление является для МТА внутренней силой связи между трактором и культиватором, величина которой определяется внешним воздействием почвы на рабочие органы культиватора и взаимодействием звеньев через упругие и демпфирующие связи между ними;

- применение переменной вращающейся массы двигателя создает более благоприятные условия для формирования характера нагрузки узлов трактора, как при неустановившихся режимах движения, так и при установившихся.

Следствием этого является снижение нагрузки на двигатель и ведущие колеса трактора, отчего поступательная скорость трактора возрастают по сравнению с серийным вариантом.

Корреляционные функции (рисунок 4), характеризующие случайный процесс во временной области, быстро убывают, что свидетельствует о его стационарности. Затухание функций показывает отсутствие в случайном процессе периодических составляющих.

Однако на графиках спектральных плотностей (рисунок 5), характеризующих случайный процесс в частотной области, явно выражены преобладающие частоты, на которые приходится максимум дисперсий.

Особенностью этих зависимостей является то, что у агрегата с дополнительной вращающейся массой двигателя величины спектральных плотностей для тяговой нагрузки и скорости движения агрегата меньше, а пре-

обладающие в случайном процессе частоты сдвинуты в зону более низких частот, чем у серийного агрегата.

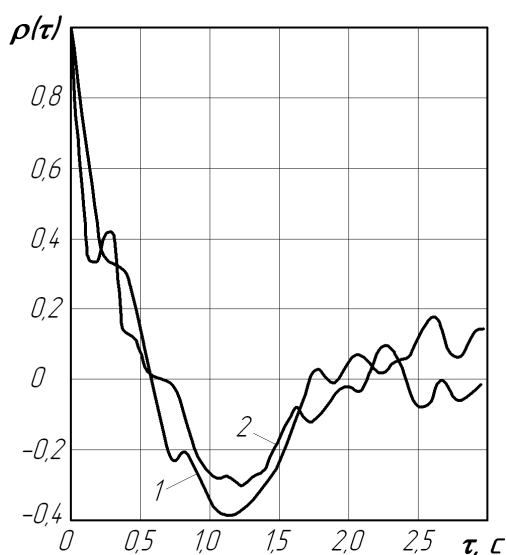
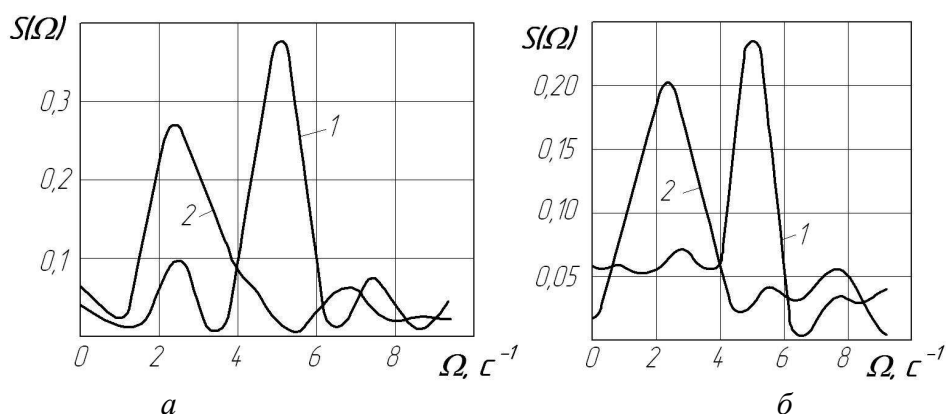


Рисунок 4 – Нормированные автокорреляционные функции тяговой нагрузки (1) и скорости движения опытного агрегата (2)



1 – серийный вариант; 2 – вариант с дополнительной вращающейся массой двигателя;

Рисунок 5 – Нормированные спектральные плотности тяговой нагрузки (а) и скорости движения машинно-тракторного агрегата (б) на культивации

Для серийного культиваторного агрегата преобладающими в случайном процессе частотами являются $5,0...5,3 \text{ c}^{-1}$, для экспериментального агрегата – $2,2...2,5 \text{ c}^{-1}$. Такой характер зависимостей свидетельствует о снижении динамической нагруженности звеньев агрегата при повышении вращающейся массы двигателя.

При проведении экспериментальных исследований было установлено:
– максимальная производительность серийного пахотного агрегата на базе трактора класса 1,4 составила 0,36...0,52 га/ч при расходе топлива 24,8...15,8 кг/га, а максимальная производительность экспериментального пахотного агрегата – 0,55...0,64 га/ч при расходе топлива 15,6...13,4 кг/га.

Таким образом, установка переменной массы маховика двигателя представляется весьма эффективным конструктивным мероприятием улучшения показателей функционирования сельскохозяйственного МТА.

Список литературы

1. Агеев, Л.И. Основы расчета оптимальных и допустимых режимов работы машинно-тракторных агрегатов / Л.И. Агеев. – Л.: Колос, 1978. – 296 с.
2. Барский, И.Б. Динамика трактора / И.Б. Барский, В.Я. Анилович, Г.М. Кутьков. – М.: Машиностроение, 1973. – 280 с.
3. Иофинов, С.А. Определение эксплуатационных параметров и показателей работы агрегатов при вероятностном характере исследуемых величин / С.А. Иофинов, Б.К. Микуберг // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1971. – № 12. – С. 42...46.
4. Кравченко, В.А. Исследование влияния дополнительной инерционной массы двигателя на разгон машинно-тракторного агрегата / В.А. Кравченко, Н.Н. Мелешик // Совершенствование конструкций и повышение эффективности функционирования колёсных и гусеничных машин в АПК: сб. науч. тр. / ФГОУ ВПО АЧГАА. – Зерноград, 2007. – С. 59...63.
5. Аллилуев, В.А. Техническая эксплуатация машинно-тракторного парка / В.А. Аллилуев, А.Д. Ананьин, В.М. Михлин. – М.: Агропромиздат, 1991. – 367 с.

References

1. Ageev, L.I. Osnovy rascheta optimal'nyh i dopustimyh rezhimov raboty mashinno-traktornyh agregatov / L.I. Ageev. – L.: Kolos, 1978. – 296 s.
2. Barskij, I.B. Dinamika traktora / I.B. Barskij, V.Ja. Anilovich, G.M. Kut'kov. – M.: Mashinostroenie, 1973. – 280 s.
3. Iofinov, S.A. Opredelenie jekspluatacionnyh parametrov i pokazatelej raboty agregatov pri verojatnostnom haraktere issleduemyh velichin / S.A. Iofinov, B.K. Mikuberg // Mehanizacija i jelektrifikacija socialisticheskogo sel'skogo hoz'zaj-stva. – 1971. – № 12. – S. 42...46.
4. Kravchenko, V.A. Issledovanie vlijanija dopolnitel'noj inercionnoj massy dvigatelja na razgon mashinno-traktornogo agregata / V.A. Kravchenko, N.N. Meleshik // Sovershenstvovanie konstrukcij i povyszenie jeffektivnosti funkcionirovanija koljosnyh i gusenichnyh mashin v APK: sb. nauch. tr. / FGOU VPO AChGAA. – Zernograd, 2007. – S. 59...63.

5. Alliluev, V.A. Tehniceskaja jekspluatacija mashinno-traktornogo parka /
V.A. Alliluev, A.D. Anan'in, V.M. Mihlin. – M.: Agropromizdat, 1991. – 367 s.