

УДК 631.372

UDC 631.372

05.00.00 Технические науки

Technical sciences

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗГОНА
МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТА НА
БАЗЕ ТРАКТОРА КЛАССА 1,4 С
ПЕРЕМЕННОЙ ВРАЩАЮЩЕЙСЯ МАССОЙ
ДВИГАТЕЛЯ**

**THE INVESTIGATION OF THE
ACCELERATION PROCESS OF A MACHINE
AND TRACTOR UNIT ON THE BASIS OF
CLASS 1,4 TRACTOR WITH A VARIABLE
ROTATING MASS OF THE ENGINE**

Кравченко Владимир Алексеевич
доктор технических наук, профессор кафедры
тракторов и автомобилей
РИНЦ SPIN-код: 9983-4293
4ye@mail.ru

Kravchenko Vladimir Alekseevich
Doctor of Technical Sciences, professor of the Trac-
tors and Automobiles Department
RSCI SPIN-code: 9983-4293
4ye@mail.ru

*Азово-Черноморский инженерный институт
ФГБОУ ВПО «Донской государственный аграр-
ный университет» г. Зерноград, Россия, 347740,
Зерноград Ростовской области, ул. Ленина, 21*

*Azov-Black Sea engineering institute of Don state
agrarian university, Zernograd, Russia*

Целью работы является теоретическое и экспери-
ментальное подтверждение возможности улучше-
ния показателей разгона машинно-тракторных
агрегатов за счёт переменного момента инерции
вращающихся масс двигателя. Применение ско-
ростных тракторов в сельскохозяйственном произ-
водстве встречает ряд трудностей, связанных с
неустановившимися процессами при разгоне ма-
шинно-тракторных агрегатов. Возникающие зна-
чительные инерционные нагрузки при разгоне
приводят к потерям части мощности двигателя, из-
за чего машинно-тракторный агрегат работает с
меньшей производительностью и экономично-
стью. Анализ опубликованных работ показал, что
на показатели разгона машинно-тракторных агре-
гатов большое влияние оказывают вращающиеся
массы двигателя. Предложено устройство, осно-
ванное на применении дополнительной вращаю-
щейся массы в виде свободного маховика, под-
ключаемого или отключаемого автоматически на
соответствующих этапах разгона к основному ма-
ховику двигателя. В результате этого уменьшается
напряженность процесса разгона. Приведены ре-
зультаты экспериментальных исследований по
влиянию дополнительных вращающихся масс дви-
гателя на разгонные характеристики машинно-
тракторных агрегатов на базе трактора класса 1,4.
Доказано, что применение на тракторе дополни-
тельной вращающейся массы, подключаемой или
отключаемой на соответствующих режимах дви-
жения машинно-тракторного агрегата к маховику
двигателя, способствует улучшению показателей
разгона

The aim of the work is theoretical and experimental
confirmation of the possibility of improvement in
tractor unit acceleration due to the variable inertia
moment of the rotating masses of the engine. The use
of high-speed tractors in agricultural production
meets a number of difficulties associated with un-
steady processes during acceleration of the tractor
units. The emerging significant inertial loads during
acceleration result in the loss of engine power be-
cause of what the machine and tractor unit is operat-
ing at reduced productivity and efficiency. An analy-
sis of published works shows that the tractor unit
acceleration is strongly influenced by the rotating
mass of the engine. A device based on the applica-
tion of additional rotating masses in a free flywheel
connected or disconnected automatically to the main
engine flywheel at appropriate stages is offered. As a
result, the tension during acceleration is reduced.
The results of experimental studies on the effect of
the additional rotating masses on the engine accelera-
tion characteristics of the machine and tractor units
on the basis of Class 1.4 tractor are given. It is
proved that the use of the tractor additional rotating
mass connected or disconnected to the respective
modes of movement of a machine and tractor unit to
the flywheel of the engine, improves acceleration
performance

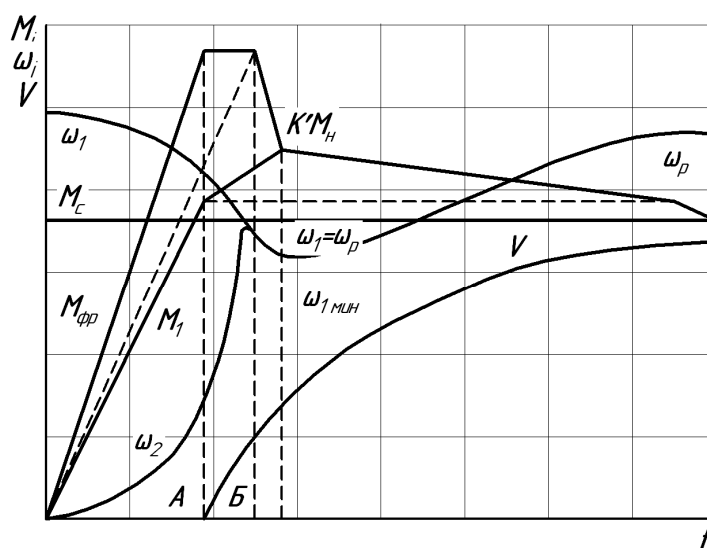
Ключевые слова: МАШИННО-ТРАКТОРНЫЙ
АГРЕГАТ, РАЗГОН, ВРЕМЯ РАЗГОНА, РАБОТА
ТРЕНИЯ МУФТЫ СЦЕПЛЕНИЯ,
КОЭФФИЦИЕНТ МУФТЫ СЦЕПЛЕНИЯ,
МОМЕНТ ИНЕРЦИИ ДВИГАТЕЛЯ

Keywords: MACHINE AND TRACTOR UNIT,
ACCELERATION, ACCELERATION TIME, THE
WORK OF THE FRICTION CLUTCH, CLUTCH
COEFFICIENT, INERTIA MOMENT OF THE
ENGINE

Эффективность агропромышленного комплекса в значительной степени связано с его оснащённостью высокопроизводительной техникой, в том числе скоростными энергонасыщенными тракторами. [1, 3]. Однако для современных тракторов в составе сельскохозяйственных агрегатов характерно повышенное значение приведенных масс, что оказывает большое негативное влияние на характер неустановившегося движения, особенно при разгоне [1, 2]. В результате этого при выполнении сельскохозяйственной операции двигатель трактора работает с низким коэффициентом использования мощности, что приводит к снижению производительности агрегата и увеличению удельного расхода топлива [1, 2].

В теории трактора разгон рассматривают лишь для случая ступенчатой механической трансмиссии и поршневого двигателя, так как эти конструктивные особенности обуславливают наиболее критические условия разгона (рисунок 1).

Рисунок 1 –
Схематизированная
диаграмма разгона
машинно-тракторного
агрегата [4]



Перед разгоном агрегата двигатель работает на холостом ходу с максимальной частотой вращения коленчатого вала. После включения муфты сцепления, её ведомый вал начинает вращаться. Когда момент муфты сцепления становится равным моменту сопротивления на первичном валу трансмиссии, начинается движение трактора и, в дальнейшем, всего агрегата (рисунок 1, точка А).

После полного замыкания муфты сцепления (рисунок 1, точка Б) начинается вращение коленчатого вала двигателя и ведущего вала транс-

миссии с одной угловой скоростью ($\omega_1 = \omega_2$). В этот период двигатель затрачивает энергию на разгон всех приведенных масс агрегата, что приводит к дальнейшему снижению числа оборотов коленчатого вала.

В дальнейшем наблюдается снижение крутящего момента двигателя M_1 и увеличение угловой скорости коленчатого вала двигателя до установившейся величины ω_p , которая соответствует нагрузке двигателя по его регуляторной характеристике.

Как показали наши исследования, существенное влияние на показатели разгона машинно-тракторного агрегата оказывает приведенный момент инерции вращающихся масс двигателя J_1 . При увеличении момента инерции J_1 уменьшается снижение скорости коленчатого вала двигателя, что положительно отражается на процессе разгона агрегата. Однако значительное повышение приведённого момента инерции вращающихся деталей двигателя J_1 приводит к увеличению времени разгона агрегата и ухудшает условия работы муфты сцепления. Для обоснования величины J_1 воспользуемся уравнениями моментов, описывающих процесс движения агрегата.

В начальный период процесса разгона агрегата, когда угловая скорость вращения коленчатого вала двигателя ω_1 больше угловой скорости вращения ведущего вала трансмиссии ω_2 , уравнение баланса моментов имеет вид [4]:

$$M_1 + J_1 \cdot \dot{\omega}_1 = M_c + J_2 \cdot \dot{\omega}_2. \quad (1)$$

После выравнивания угловых скоростей ведущих и ведомых частей агрегата ($\omega_1 = \omega_2$) баланс моментов запишется так:

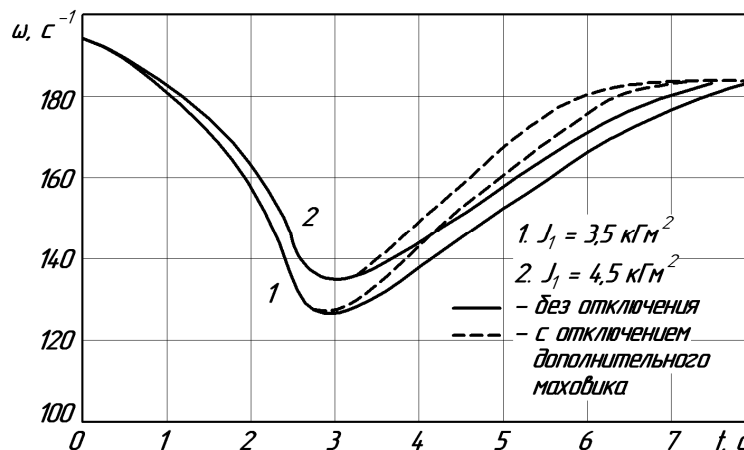
$$M_1 = M_c + (J_1 + J_2) \cdot \dot{\omega}_2, \quad (2)$$

где J_2 – приведённый момент инерции ведомой части агрегата.

Анализ уравнений (1) и (2) показывает, что вращающиеся массы двигателя в начальный период уменьшают его нагрузку, а после замыкания муфты сцепления дополнительно догружают двигатель, что приводит к

существенному увеличению времени разгона агрегата. Поэтому, для улучшения показателей разгона агрегата необходимо увеличивать момент инерции вращающихся деталей двигателя, а во второй – уменьшать (рисунок 2).

Рисунок 2 – Угловая скорость коленчатого вала при изменении момента инерции вращающихся деталей двигателя



Для повышения показателей при разгоне агрегата нами предлагается установка дополнительного маховика, подключаемого и отключаемого в определённые моменты к коленчатому валу двигателя [5, 6].

Уравнения движения агрегата при разгоне с дополнительным маховиком будут выглядеть так:

– в первой фазе разгона

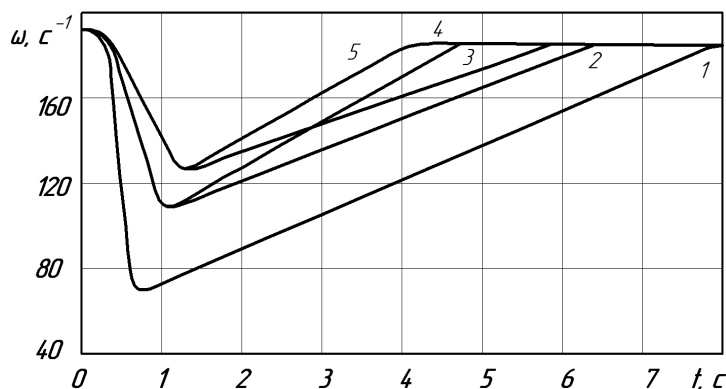
$$(J_1 + J_0) \cdot \dot{\omega}_1 = M_1 - M_f, \quad J_2 \cdot \dot{\omega}_2 = M_f - M_c; \quad (3)$$

– во второй фазе разгона

$$(J_1 + J_2 + J_0) \cdot \dot{\omega}_1 = M_1 - M_c, \quad (4)$$

где J_0 – приведенный момент инерции дополнительного маховика;
 M_1, M_f, M_c – крутящие моменты соответственно двигателя, муфты сцепления и сопротивления на первичном валу трансмиссии.

Решение уравнений (3) и (4) показывает, что подключение дополнительного маховика способствует увеличению в начальный период разгона агрегата минимальной угловой скорости коленчатого вала, а уменьшение во второй фазе момента инерции вращающихся деталей двигателя путём отключения дополнительного маховика обеспечивает интенсивный разгон агрегата, улучшая показатели t_2 и t_p (рисунок 3).



1 – серийный вариант $J_o=0$;
 2, 3 – опытный вариант,
 соответственно,
 $J_o=1,5 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ и $J_o=3,0 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$
 без отключения дополнительного
 маховика во 2-й фазе разгона;
 4, 5 – опытный вариант,
 соответственно,
 $J_o=1,5 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ и $J_o=3,0 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$
 с отключением его во 2-й фазе

Рисунок 3 – Изменение угловой скорости вала двигателя при разгоне агрегата на базе трактора класса 1,4

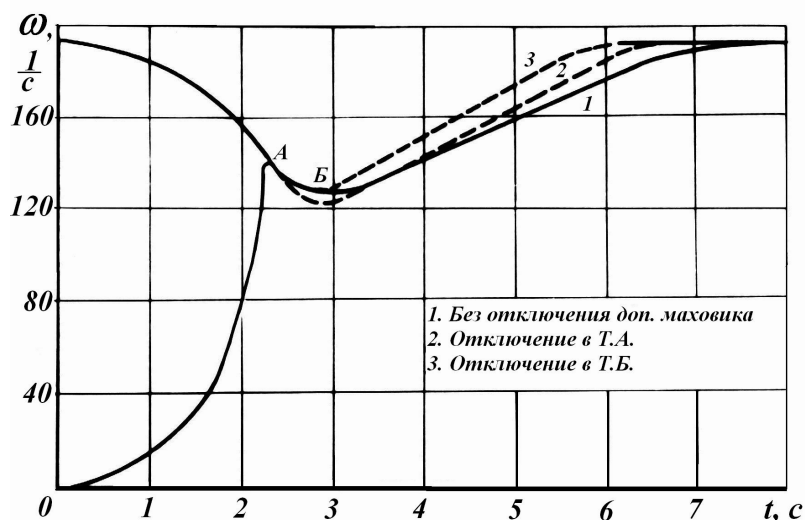
Аналитические расчеты показали, что при разгоне агрегата с увеличенным моментом инерции двигателя на $3,0 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$:

– минимальная угловая скорость коленчатого вала двигателя выше в 1,48 раз по сравнению с разгоном с серийным маховиком;

– время разгона при отключении дополнительного маховика снижается в 1,66 раз.

– время разгона агрегата наиболее существенно уменьшается при отключении дополнительного маховика в точке Б (рисунок 4), который соответствует минимальной угловой скорости вала двигателя.

Рисунок 4 – Параметры разгона машинно-тракторного агрегата при различных вариантах отключения дополнительного маховика



1. Без отключения доп. маховика
 2. Отключение в Т.А.
 3. Отключение в Т.Б.

После окончания разгона дополнительный маховик снова подключается к коленчатому валу двигателя, что снижает действительную скорость движения агрегата всего на 5...6% [4].

Показателями разгона машинно-тракторного агрегата являются минимальная частота вращения вала двигателя, работа трения и коэффициент полезного действия (КПД) муфты сцепления, время разгона, а также коэффициент снижения угловой скорости вала двигателя.

В первой фазе разгона, когда $\omega_1 > \omega_2$ общая энергия двигателя затрачивается на работу трения дисков муфты сцепления и преобразуется в полезную работу.

Полезная работа L включает в себя тепловую работу и работу вращающихся масс двигателя:

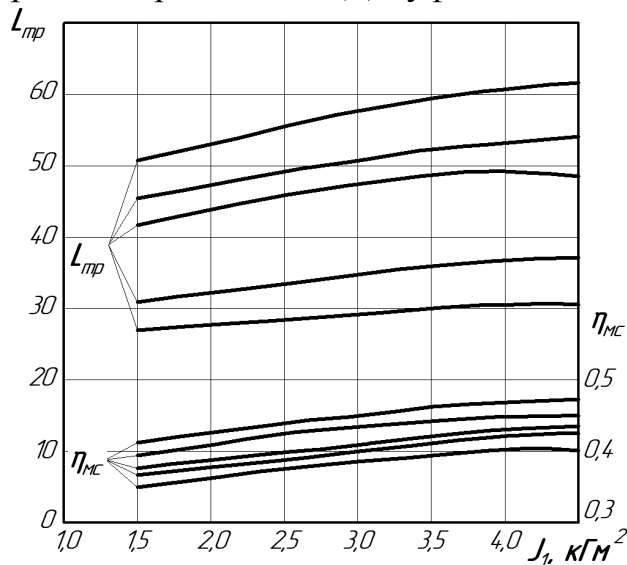
$$L = L_m + L_{ин}, \tag{6}$$

где L_m , $L_{ин}$ – соответственно тепловая работа и работа вращающихся масс двигателя.

Величину работ L_i обычно рассчитывают по зависимости

$$L_i = \int_0^{t_1} M_{сц} (\omega_1 - \omega_2) dt. \tag{7}$$

По результатам экспериментальных исследований разгона транспортного агрегата на базе трактора класса 1,4 нами были построены графики работы трения и КПД муфты сцепления (рисунок 5) в зависимости от величины момента инерции вращающихся деталей двигателя.



величины момента инерции вращающихся деталей двигателя.

Рисунок 5 – Зависимость работы трения и КПД муфты сцепления от момента инерции маховика двигателя

Результаты наших экспериментальных исследований подтверждают аналитические выводы и показывают, что работа трения и КПД муфты

сцепления при разгоне зависят, в основном, от приведенных масс двигателя J_1 , трансмиссии J_2 , ведущих колёс трактора J_3 , сельскохозяйственной машины J_4 и их соотношения. Так, при увеличении момента инерции вращающихся деталей двигателя J_1 с $1,5 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ до $4,33 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ работа трения муфты сцепления возрастает на 13...20%. Причём работа трения муфты сцепления растёт с уменьшением передаточного числа трансмиссии трактора и увеличением момента инерции деталей двигателя (таблицы 1, 2, 3).

Таблица 1 – Показатели разгона машинно-тракторного агрегата на пару

Передачи	J_1 , кг·м ²	Показатели						
		ω_1 , с ⁻¹	α_ω	t_1	t_2	t	L_{mp} , кДж	η , м.с
VI	1,5	104	0,54	1,3	4,6	5,9	50,8	0,27
	2,5	126	0,65	1,5	4,3	5,8	55,3	0,30
	3,0	135	0,70	1,5	4,2	5,7	57,2	0,32
	4,3	146	0,75	1,7	4,0	5,7	59,8	0,33
VII	1,5	79	0,40	1,4	6,0	7,4	52,6	0,27
	2,5	101	0,52	1,6	5,5	7,1	58,7	0,30
	3,0	109	0,56	1,6	5,3	6,9	61,0	0,31
	4,3	124	0,64	1,8	5,0	6,8	64,2	0,31
VIII	1,5	58	0,30	1,4	8,5	9,9	56,4	0,26
	2,5	77	0,40	1,6	8,2	9,8	63,0	0,29
	3,0	86	0,44	1,7	8,0	9,7	65,3	0,30
	4,3	95	0,49	1,9	7,8	9,7	68,0	0,36

Таблица 2 – Показатели разгона машинно-тракторного агрегата на бетоне

Передачи	J_1 , кг·м ²	Показатели						
		ω_1 , с ⁻¹	α_ω	t_1	t_2	t	L_{mp} , кДж	η , м.с
VI	1,5	110	0,57	1,3	4,7	6,0	21,3	0,40
	2,5	134	0,69	1,4	4,2	5,6	23,1	0,42
	3,0	140	0,72	1,4	4,0	5,4	23,7	0,43
	4,3	151	0,78	1,5	3,5	5,0	25,1	0,43
VII	1,5	89	0,46	1,4	6,6	8,0	23,1	0,37
	2,5	117	0,60	1,5	6,1	7,6	25,5	0,37
	3,0	124	0,64	1,5	5,8	7,3	26,7	0,37
	4,3	138	0,71	1,6	5,2	6,8	28,9	0,37
VIII	1,5	79	0,41	1,5	8,0	9,5	27,7	0,31
	2,5	103	0,53	1,6	7,4	9,0	31,5	0,31
	3,0	112	0,58	1,6	7,1	8,7	33,2	0,31
	4,3	128	0,66	1,7	6,6	8,3	35,7	0,31

Таблица 3 – Показатели разгона пахотного агрегата на стерне

Передачи	$J_1, \text{кг}\cdot\text{м}^2$	Показатели						
		$\omega_1, \text{с}^{-1}$	α_ω	t_1	t_2	t	$L_{mp}, \text{кДж}$	$\eta, \text{м.с}$
IV	1,5	157	0,81	0,9	1,8	2,7	27,0	0,41
	2,5	165	0,85	1,0	1,7	2,7	28,0	0,45
	3,0	169	0,87	1,0	1,6	2,6	28,9	0,45
	4,3	173	0,89	1,1	1,5	2,6	29,9	0,47
V	1,5	140	0,72	1,0	3,5	4,5	31,0	0,40
	2,5	152	0,78	1,1	3,4	4,5	32,8	0,42
	3,0	157	0,81	1,1	3,1	4,4	34,3	0,44
	4,3	165	0,85	1,2	3,1	4,3	36,3	0,45
VI	1,5	124	0,64	1,2	4,4	5,6	42,2	0,38
	2,5	141	0,73	1,2	4,2	5,4	45,1	0,39
	3,0	149	0,77	1,3	4,1	5,4	47,1	0,40
	4,3	160	0,83	1,3	3,8	5,1	48,0	0,43
VII	1,5	107	0,55	1,3	6,1	7,4	45,1	0,37
	2,5	124	0,64	1,4	5,8	7,2	48,5	0,39
	3,0	132	0,68	1,4	5,6	7,0	50,0	0,41
	4,3	143	0,74	1,5	5,2	6,7	53,0	0,42
VIII	1,5	84	0,43	1,4	7,2	8,6	50,0	0,35
	2,5	107	0,55	1,5	6,9	8,4	54,5	0,38
	3,0	115	0,59	1,5	6,7	8,2	56,4	0,38
	4,3	128	0,66	1,6	6,3	7,9	60,3	0,40

Работа трения муфты сцепления при разгоне также зависит от условий, в которых эксплуатируется агрегат: на стерне работа трения муфты сцепления от полутора до двух раз больше аналогичных значений, полученных на бетоне, а коэффициент полезного действия муфты сцепления на стерне меньше, чем на бетоне.

Коэффициент полезного действия изменяется в пределах 0,28...0,58, причём меньшие значения он принимает при снижении момента инерции двигателя и увеличении передаточного числа трансмиссии трактора.

Коэффициент изменения угловой скорости двигателя, характеризующий возможность осуществления разгона агрегата определяется по зависимости, предложенной А.С. Солонским:

$$\alpha_\omega = \frac{\omega_{1, \text{мин}}}{\omega_x}, \tag{8}$$

где ω_x – угловая скорость коленчатого вала двигателя на холостом ходу;

ω_{\min} – минимальная угловая скорость коленчатого вала двигателя в конце первой фазы разгона.

Исследованиями установлено, что коэффициент изменения угловой скорости двигателя α_{ω} увеличивается на пониженных передачах. На него влияют, в основном, приведенные массы J_1 и J_4 (таблицы 1, 2, 3). При уменьшении J_1 на высших передачах коэффициент изменения угловой скорости двигателя α_{ω} снижается, что может привести к значительной перегрузке двигателя и существенному увеличению продолжительности t_1 . Аналогичное действие на процесс разгона агрегата оказывает повышенное значение приведённого момента инерции J_4 .

Аналитические расчёты и результаты экспериментальных исследований показали, что существенное улучшение основных показателей разгона агрегатов на базе тракторов класса 1,4 приходит при увеличении момента инерции двигателя на 2,5...3,0 кг·м². Правда при этом происходит повышение работы трения муфты сцепления на 10...20%. Однако для современных тракторных муфт сцепления это допустимо [7].

Первую фазу также оценивают по значению скорости агрегата в её конце. Темпы роста действительной скорости машинно-тракторного агрегата, как показали исследования, в первой фазе зависят от величины приведенного момента инерции вращающихся деталей двигателя (таблица 4).

Таблица 4 – Скорость агрегата в конце первой фазы разгона (км/ч)

Передачи	Моменты инерции двигателя, кг·м ²			
	1,5	2,5	3,0	4,3
VI	4,9	5,2	5,8	6,1
VII	5,3	6,2	7,6	8,3
VIII	5,4	6,4	7,8	8,5

Основными показателями второй фазы разгона являются время t_2 .

Время второй фазы разгона t_2 зависит от значения приведенного момента инерции агрегата J_4 (t_2 увеличивается при разгоне на повышенных

передачах и, особенно, для инерционных агрегатов). Оно также зависит от значения коэффициента изменения угловой скорости двигателя α_ω : при большем его значении время t_2 уменьшается (таблица 5).

Таблица 5 – Показатели разгона пахотного агрегата с трактором класса 1,4 на 8 передаче

J_1 , кг·м ²	$J_{откл}$ кг·м ²	Показатели разгона					
		$\omega_{1,мин}$, с ⁻¹	t_1 , с	t_2 , с		t , с	
				без откл.	с откл.	без откл.	с откл.
1,50	0	<u>83,7</u>	<u>1,3</u>	<u>8,5</u>	<u>8,5</u>	<u>9,8</u>	<u>9,8</u>
		84,6	1,5	8,2	8,2	9,7	9,7
1,95	0,45	<u>95,5</u>	<u>1,3</u>	<u>8,2</u>	<u>7,3</u>	<u>9,5</u>	<u>8,6</u>
		96,3	1,5	8,0	6,9	9,5	8,4
2,35	0,85	<u>105,7</u>	<u>1,4</u>	<u>7,8</u>	<u>6,8</u>	<u>9,2</u>	<u>8,2</u>
		106,2	1,6	7,6	6,4	9,2	8,0
3,00	1,50	<u>117,2</u>	<u>1,5</u>	<u>7,5</u>	<u>5,4</u>	<u>9,0</u>	<u>6,9</u>
		118,3	1,6	7,3	5,1	8,9	6,7
4,30	2,80	<u>132,9</u>	<u>1,6</u>	<u>7,0</u>	<u>4,0</u>	<u>8,6</u>	<u>5,6</u>
		134,5	1,7	6,8	3,8	8,5	5,5

Примечание:

$J_{откл}$ – момент инерции маховика, отключаемого в конце первой фазы разгона;

$\omega_{1,мин}$ – минимальная угловая скорость двигателя при разгоне;

В числителе расчётные данные, в знаменателе – опытные данные.

На основании результатов, представленных в таблице 5, можно сделать следующие выводы:

– с увеличением момента инерции вращающихся масс двигателя J_1 минимальная угловая скорость коленчатого вала при разгоне машинно-тракторного агрегата больше;

– при отключении дополнительного маховика двигателя время разгона во второй фазе сокращается на 30...50%, а общее время разгона – на 11,6...35,3%.

То есть, применение на тракторе переменной вращающейся массы двигателя способствует улучшению показателей разгона, а значит, и производительности агрегата.

ЛИТЕРАТУРА

1. Болтинский В.Н. Научные основы агротехнических требований на скоростные тракторы / В.Н. Болтинский // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1964. – № 1. – С. 13 – 20.
2. Болтинский В.Н. Разгон МТА на повышенных скоростях / В.Н. Болтинский // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1961. – №3. – С. 1– 8.
3. Киртбая Ю.К. Резервы в использовании машинно-тракторного парка / Ю.К. Киртбая. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Колос, 1982. – 319 с.
4. Котляров В.В. О влиянии переменной массы на движение машинно-тракторного агрегата при трогании и разгоне / В.В. Котляров // Механизация и электрификация сельскохозяйственного производства: сб. науч. тр. / ВНИПТИМЭСХ, вып. 12. – Зерноград, 1969. – С. 40 – 54.
5. Кравченко, В.А. Повышение эффективности машинно-тракторных агрегатов на базе колёсных тракторов / В.А. Кравченко, В.А. Оберемок, Л.В. Кравченко // Технология колёсных и гусеничных машин. – 2014. – № 6 (16). С. 45 – 49.
6. Кравченко, В.А. Результаты испытаний машинно-тракторных агрегатов на базе трактора класса 1,4 с переменной вращающейся массой двигателя / В.А. Кравченко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – №99 (05). С. 223 – 233. – IDA [article ID]: 0991405015. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/05/15/>.
7. Кутьков Г.М. Теория трактора и автомобиля / Г.М. Кутьков. – Москва: Колос, 1996. – 287 с.

References

1. Boltinskij V.N. Nauchnye osnovy agrotehnicheskikh trebovanij na skorostnye traktory / V.N. Boltinskij // Mehanizacija i jelektrifikacija socialisticheskogo sel'skogo hozjajstva. – 1964. – № 1. – S. 13 – 20.
2. Boltinskij V.N. Razgon MTA na povyshennyh skorostjah / V.N. Boltinskij // Mehanizacija i jelektrifikacija socialisticheskogo sel'skogo hozjajstva. – 1961. – №3. – S. 1 – 8.
3. Kirtbaja Ju.K. Rezervy v ispol'zovanii mashinno-traktornogo parka / Ju.K. Kirtbaja. – 2-e izd., pererab. i dop. – Moskva: Kolos, 1982. – 319 s.
4. Kotljarov V.V. O vlijanii peremennoj massy na dvizhenie mashinno-traktornogo agregata pri troganii i razgone / V.V. Kotljarov // Mehanizacija i jelek-trifikacija sel'skohozjajstvennogo proizvodstva: sb. nauch. tr. / VNIPTIMJeSH, vyp. 12. – Zernograd, 1969. – S. 40 – 54.
5. Kravchenko, V.A. Povyshenie jeffektivnosti mashinno – traktornyh agregatov na baze koles-nyh traktorov / V.A. Kravchenko, V.A. Oberemok, L.V. Kravchenko // «Tehnologija kolesnyh i gusenichnyh mashin». – 2014. – № 6 (16). S. 45 – 49.
6. Kravchenko, V.A. Rezul'taty ispytanij mashinno-traktornyh agregatov na baze traktora klassa 1,4 s peremennoj vrashhajushhejsja massoj dvigatelja / V.A. Kravchenko // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2014. – №99 (05). S. 223 – 233. IDA [article ID]: 0991405015. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2014/05/15/>.
7. Kut'kov G.M. Teorija traktora i avtomobilja / G.M. Kut'kov. – Moskva: Kolos, 1996. – 287 s.