

Выводы

1. Процесс цеповой окорки принципиально отличается от других известных способов. Кора разрушается воздействием на нее в нормальном направлении ударной силой. Определяющим в этом случае является уже предел прочности коры на сжатие поперек волокон.

2. Произведенные экспериментальные исследования [1] показали, что удельная работа при встречной подаче в среднем на 25,7% больше, чем при попутной.

Литература

1. Палкин Е.В., Курицын В.Н. Результаты исследования цеповой окорки с промышленными скоростями подачи // Вестн. КрасГАУ. – 2010. – Вып. 10. – С. 152–155.
2. Крисько А.С. Повышение эффективности процесса окорки пиленых лесоматериалов гибкими рабочими органами: автореф. дис. ...канд. техн. наук: 05.21.01. – Красноярск, 2003. – 20 с.
3. Курицын В.Н., Гришин К.М., Коробкин А.В. Экспериментальное определение коэффициента восстановления // Проблемы химико-лесного комплекса: сб. ст. – Красноярск: Изд-во КГТА, 1997. – Ч. 1. – С. 173–177.
4. Курицын В.Н., Лозовой В.А. Основы расчета лесозаготовительного оборудования: метод. пособие. – Красноярск: Изд-во СибГТУ, 2005. – Ч. 2. – 44 с.



УДК 629.114.2

Н.И. Селиванов

РЕГУЛИРОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ ТРАКТОРОВ

Дано обоснование интервалов и способов регулирования эксплуатационных параметров тракторов для адаптации к природно-производственным условиям основной обработки почвы.

Ключевые слова: технология обработки почвы, производительность агрегата, массоэнергетические параметры трактора, интервалы и способы регулирования.

N.I. Selivanov

REGULATION OF TRACTOR OPERATIONAL PARAMETERS

The substantiation of intervals and regulation ways of tractor operational parameters for the adaptation to natural-production conditions of the soil main processing is given.

Key words: soil processing technology, aggregate productivity, tractor mass and energy parameters, intervals and regulation ways.

Введение. Результаты системной оптимизации и экспериментальных исследований показывают необходимость дифференциации эксплуатационной мощности и массы тракторов общего назначения для повышения энергетической и топливной эффективности их использования в различных природно-производственных условиях. При принятии решения о выборе трактора для основной обработки почвы следует учитывать не только мощность, но и характеристику двигателя, а также эксплуатационную массу, определяющие его тяговый класс и уровень энергонасыщенности для эффективного агрегатирования.

Адаптация тракторов к природным условиям (длина гона) и разным технологическим процессам об-

работки почвы по эксплуатационной массе, мощности и скоростной регуляторной характеристике двигателя предполагает знание интервалов изменения этих параметров и возможность их регулирования до начала рабочего хода. Интервалы регулирования указанных параметров зависят от характеристики тягового сопротивления рабочих машин и скоростных режимов использования тракторов на выполняемых родственных операциях каждой из установленных групп. Обоснование основных (базовых) значений и интервалов регулирования эксплуатационных параметров тракторов производится на пятом, шестом и седьмом уровнях общей системы адаптации с использованием разработанных математических моделей и алгоритмов оптимизации параметров мобильного энергетического средства для конкретных природно-производственных условий [1].

В условиях вероятностного характера тяговой нагрузки главной выходной координатой трактора как динамической системы является скорость поступательного движения, допустимые значения которой определяют зону его эффективного функционирования при выполнении технологических операций в составе агрегата.

Цель работы. Обоснование интервалов и способов регулирования эксплуатационных параметров тракторов для выполнения операций основной обработки почвы.

Достижение поставленной цели предусматривает решение следующих задач:

- 1) обосновать модели адаптации тракторов к природно-производственным условиям;
- 2) определить соотношения эксплуатационных параметров для отдельных групп родственных операций основной обработки почвы;
- 3) установить интервалы и способы регулирования массоэнергетических параметров тракторов для использования в составе почвообрабатывающих агрегатов разного технологического назначения.

Условия и методы исследования. По энергоемкости и техническому обслуживанию родственные операции основной обработки почвы разделены [1] на три группы:

- 1) отвальная вспашка и глубокое рыхление с удельным тяговым сопротивлением при $V_0 = 1,4 \text{ м с}$ $K_{O1} = 11,0 - 14,0 \text{ кН м}$, его приращении в зависимости от скорости $\Delta K_1 = 0,15 - 0,18 \text{ с}^2 \text{ м}^2$, коэффициенте вариации $\nu_{K_{O1}} = 0,10$ и рациональном интервале рабочих скоростей $V_{opt}^* - V_{max}^* = 1,80 - 2,10 \text{ м с}$;
- 2) послеуборочная безотвальная комбинированная обработка (сплошная культивация), дискование на глубину $0,14 - 0,16 \text{ м}$ и чизелевание ($0,18 - 0,30 \text{ м}$) при $K_{O2} = 4,7 - 6,5 \text{ кН м}$, $\Delta K_2 = 0,10 \text{ с}^2 \text{ м}^2$, $\nu_{K_{O2}} = 0,07$ и $V_{opt}^* - V_{max}^* = 2,10 - 2,80 \text{ м с}$;
- 3) послеуборочная поверхностная обработка (лушение стерни), предпосевная обработка и посев по нулевой технологии при $K_{O3} = 3,1 - 5,1 \text{ кН м}$, $\Delta K_3 = 0,06 \text{ с}^2 \text{ м}^2$, $\nu_{K_{O3}} = 0,07$ и $V_{opt}^* - V_{max}^* = 2,80 - 3,80 \text{ м с}$.

В основу адаптации тракторов с механической ступенчатой трансмиссией к природно-производственным условиям положено обеспечение оптимальной чистой производительности агрегатов $W_i \rightarrow W_i^*$, установленной по экономическим критериям оптимальности [1] для каждой технологической операции и соответствующего класса длины гона при функционировании в интервале допустимых значений рабочей скорости $V_{Hi}^* \pm \Delta V_i$ и тяговом диапазоне, соответствующем $\varphi_{кр\text{ }opt} \leq \varphi_{крн} \leq \varphi_{кр}$.

Влияние длины гона и вида обработки почвы на эксплуатационную мощность $N_{эз}$ и массу $m_{э}$ трактора определяется величиной чистой производительности W^* , характеристиками удельного сопротивления агрегата K_o и $\mu_k = 1 + \Delta K \frac{V_H^2}{V_0^2}$, номинальной рабочей скоростью V_H^* , показателями номинального тягового режима $\eta_{тн}$ и $\varphi_{крн}$ и значениями коэффициента использования мощности двигателя ξ_N^* :

$$N_{эзj} = W_i^* * K_{oi} * \mu_{ki} * \eta_{тнj} * \xi_{Nj}^*, \quad (1)$$

$$m_{эji} = W_i^* * K_{oi} * \mu_{ki} * V_{Hi}^* * \varphi_{крj} * g. \quad (2)$$

Относительное передаточное число трансмиссии i_k при установленном динамическом радиусе ведущего колеса r_δ из условия допустимого буксования $\delta_{opt} \leq \delta_n < \delta_\delta$ в номинальном режиме $\xi_\omega^* * n_n$ определится как

$$i_{kji}^* = i_{mpji} \quad r_{\partial j} = \frac{\pi * n_H * \xi_{\omega}^* (1 - \delta_H)}{30 * V_H^*} j i. \quad (3)$$

В общем случае при изменении природно-производственных условий и тягово-скоростных режимов работы, соотношения потребной мощности и массы трактора определяются из выражений [1]:

$$\lambda_{N_{e\partial}} = \lambda_{W^*} * \lambda_{K_o} * \lambda_{\mu_k} \lambda_{\eta_{mn}} * \lambda_{\xi_N^*}, \quad (4)$$

$$\lambda_{m_3} = \lambda_{W^*} * \lambda_{K_o} * \lambda_{\mu_k} \lambda_{V_H^*} * \lambda_{\varphi_{крН}}. \quad (5)$$

Выбор массоэнергетических параметров трактора зависит от его занятости и условий работы на разных видах обработки почвы в течение года. Если трактор предполагается использовать на родственных операциях обработки почвы одной (превалирующей) группы в составе соответствующих агрегатов, значения $N_{e\partial}$ и m_3 целесообразно выбирать для интервала $V_{opt}^* - V_{max}^*_i$ этой группы и тягового режима, соответствующего η_{mmax} гусеничного и $\varphi_{кр} = 0,5 \varphi_{крopt} + \varphi_{крmax}$ колесного тракторов. В этом случае решается проблема энергосбережения на разных технологиях почвообработки за счет создания и использования типоразмерного ряда тракторов, отличающихся указанными параметрами. Такой подход наиболее рационален при разработке системы машин для отдельных регионов и комплектовании парка тракторов крупных предприятий зернового направления.

Для небольших и средних сельскохозяйственных предприятий, в которых культивируются несколько технологий почвообработки, массоэнергетические параметры можно определить с учетом занятости трактора на этих операциях по времени $T_i = V_i W_i^*$:

$$\begin{aligned} \xi_N N_{e\partial j}^* &= \frac{1}{T_0} \sum_1^3 \xi_N N_{e\partial ji}^* * T_i; \\ m_{3j}^* &= \frac{1}{T_0} \sum_1^3 m_{3ji}^* * T_i. \end{aligned} \quad (6)$$

При известных соотношениях объемов работ по разным технологиям $V_0 = \sum_1^3 V_i$ и сменной производительности агрегатов для их выполнения

$$T_i = V_i * K_{oi} * \mu_{ki} \xi_N N_{e\partial j}^* * \eta_{mnj} * \tau_i, \quad (7)$$

где $\tau_i = T_p / T_{cm}$ – коэффициент использования времени смены; $T_0 = \sum_1^3 T_i$.

Более экономичным вариантом решения проблемы энергосбережения является создание мобильных энергосредств с управляемыми массоэнергетическими параметрами на единой элементарно-агрегатной базе, обеспечивающих образование требуемого типоразмерного ряда путем комбинирования мощности и массы.

Величину шага $\Delta \xi_N N_{e\partial ji}^*$ и общее количество типоразмеров мощностей следует выбирать с учетом конструктивных, экономических и других соображений. При этом должно соблюдаться общее для всех типов энергомашин соотношение между основными параметрами-адаптерами, определяющее их энергонасыщенность [2]

$$\Theta = \frac{N_{e\partial}}{m_3} = \frac{g^* \varphi_{крН} V_H}{\eta_m \xi_N}. \quad (8)$$

Результаты исследования и их обсуждение. В таблице 1 приведены осредненные значения массоэнергетических параметров колесных и гусеничных тракторов для каждой группы родственных технологических операций основной обработки почвы при установленных диапазонах рабочих скоростей $V_{opt}^* - V_{max}^*_i$ и длине гона $L_2 = 600 - 1000$ м, характерной для АПК Красноярского края.

Таблица 1

**Осредненные параметры колесных и гусеничных тракторов для групп родственных операций
основной обработки почвы при длине гона $l_r = 600-1000$ м**

Группа родственных операций	$V_{opt}^* \quad V_{max}^*$, м/с	K_m	4к4б ₁ (4к4а ₁)		4к4б ₂ * (4к4а ₂ *)		Гусеничный	
			$N_{eэ}$, кВт	$m_э$, Т	$N_{eэ}$, кВт	$m_э$, Т	$N_{eэ}$, кВт	$m_э$, Т
1-я группа Вспашка отвальная и глубокое рыхление $K_o = 13,65$ кН м, $\Delta K = 0,15$ с ² м ²	1,8	1,2	157,8	11,9-	139,2	11,9-	120,2	7,1-
		1,4	133,3	13,2	117,7	14,0	101,6	7,5
	(2,1)	1,2	181,4	11,8-	161,0	11,8-	164,9	8,3-
		1,4	153,1	13,0	135,8	13,8	139,2	8,8
2-я группа Безотвальная комбинированная обработка и сплошная культивация $K_o = 4,8$ кН м, $\Delta K = 0,10$ с ² м ²	2,1	1,2	196,6	14,0-	172,4	13,9-	158,4	8,7-
		1,4	171,3	15,5	150,3	16,3	137,8	9,2
	(2,8)	1,2	254,8	13,3-	225,7	13,3-	218,8	8,8-
		1,4	222,1	14,8	196,8	15,6	190,5	9,3
3-я группа Поверхностная обработка и сев $K_o = 3,9$ кН м, $\Delta K = 0,06$ с ² м ²	2,8	1,2	231,2	12,1-	204,8	12,1-	191,6	7,7-
		1,4	201,6	13,4	178,6	14,2	167,0	8,1
	(3,8)	1,2	303,7	11,5-	268,5	11,5-	-	-
		1,4	264,8	12,8	233,4	13,5	-	-

* – на сдвоенных колесах.

Значения номинальной эксплуатационной мощности получены с учетом изменения коэффициента ξ_N при разной приспособляемости двигателя по крутящему моменту ($K_{m1}=1,2$; $K_{m2}=1,4$). Минимальные $m_{э min}$ и максимальные $m_{э max}$ значения эксплуатационной массы соответствуют $\varphi_{кр}$ и $\varphi_{кр opt}$.

Наименьшие значения $N_{eэ}$ и $m_э$ характерны для отвальной вспашки и глубокого рыхления при $V_{opt 1}^* = 1,8$ м/с. Наивысшая мощность двигателя требуется для поверхностной обработки почвы и посева по нулевой технологии на скорости $V_{max 3}^* = 3,8$ м/с, а максимальная масса трактора – для сплошной культивации на скорости $V_{max 2}^* = 2,8$ м/с.

Повышение рабочей скорости от $V_{opt i}^*$ до $V_{max i}^*$ приводит к опережающему росту мощности двигателя, обусловленному увеличением $m_э$ и снижением тягового КПД η_T . В рассматриваемых интервалах рабочих скоростей и тяговых режимов мощность двигателя и масса трактора на одинарных (сдвоенных) колесах изменяются соответственно в 1,93 и 1,35 (1,41) раза, а гусеничных – в 1,85 и 1,31 раза. По сравнению с колесным трактором мощность двигателя и масса гусеничного трактора ниже на 17–20 и 54–60 % соответственно. Установка сдвоенных колес снижает потребную мощность в среднем на 10,5 %. Увеличение коэффициента приспособляемости K_m от 1,2 до 1,4 уменьшает номинальную эксплуатационную мощность двигателя в 1,18 раза на отвальной вспашке и в 1,15 раза на безотвальной глубокой и поверхностной обработке почвы.

Приведенные данные свидетельствуют о существенном отличии оптимальных массоэнергетических параметров как колесных, так и гусеничных тракторов для наиболее эффективного выполнения родственных операций каждой группы при определенной длине гона. Изменение класса длины гона увеличивает численность оптимальных типоразмеров тракторов.

Использование на каждой длине гона и для каждой группы родственных операций своего типоразмера трактора потребует минимум 21-й типоразмер с нерегулируемыми параметрами. На практике это сделать не представляется возможным.

Для сокращения количества типоразмеров тракторов и достижения максимального соответствия их характеру внешней нагрузки необходимо регулирование основных параметров до начала выполнения технологической операции и управление некоторыми из них в процессе рабочего хода.

В таблице 2 приведены результаты расчетов оптимальных значений и интервалов регулирования эксплуатационных параметров колесных и гусеничных тракторов для операций основной обработки разных групп при длине гона $l_2 = 600 - 1000$ м.

С учетом перспективности технологий основной обработки почвы оптимальные значения $m_3 + m_6$, N_{e3} , n_H и K_M для операций второй группы можно принять за базовые всех типов тракторов. Характерными признаками тракторов базовой комплектации являются балластирование при $m_{6max} = 0,075 - 0,098 m_3$ (без учета установки сдвоенных колес) и использование ДПМ с $n_H = 2100 \text{ мин}^{-1}$. Интервал рабочих скоростей 2,1–2,8 м/с обеспечивается тремя передачами основного диапазона (I, II, III) при $q = 1,15$.

При отборе мощности через ВОМ (МОМ) и выполнении операции третьей группы ДПМ переводится на режим «Boost» путем однократного или ступенчатого повышения его мощности на 11–16% соответствующим увеличением цикловой подачи топлива $V_{ц}$ на коррекционной ветви регуляторной характеристики. Интервалу рабочих скоростей 2,8–3,8 м/с операций третьей группы соответствует использование также трех передач (III, IV – основного диапазона и I – повышенного) при $q = 1,14$. Режим «Boost» применяется также в транспортном диапазоне скоростей.

Для выполнения почвообрабатывающих операций первой группы в интервале рабочих скоростей 1,8–2,1 м/с используется I передача основного диапазона с регулированием мощности изменением номинального скоростного режима двигателя от n_{Hmin} до n_{Hmax} и переводом его на традиционную характеристику $K_M \approx 1,20$. При отборе мощности через ВОМ двигатель переводится на режим ДПМ изменением $V_{ц}$.

Приведенный вариант изменения массоэнергетических параметров позволяет обеспечить адаптацию трактора к технологиям основной обработки почвы с наименьшими затратами, максимально повысив его универсальность.

Таблица 2

Оптимальные значения и интервалы регулирования параметров тракторов для родственных операций основной обработки почвы на длине гона $l_r = 600 - 1000$ м

Тип трактора	Группы родственных операций	V_H^* , м/с	ΔV , м/с	N_{e3} , кВт	m_3 , т	m_6 , т	K_M	n_H , мин ⁻¹	i_K , 1/м
4к4 одинарные колеса	1-я группа	1,80	-0,3	168	12,3	0	1,2	1725	81,7
		2,10	0	205	12,3	0	1,2	2100	81,7
	2-я группа	2,45	$\pm 0,35$	205	13,5	1,2	1,4	2100	71,0
	3-я группа	3,30	$\pm 0,50$	235	13,5	1,2	1,4	2100	54,6
4к4 сдвоенные колеса	1-я группа	1,80	-0,3	155	13,3	0	1,2	1750	83,8
		2,10	0	185	13,3	0	1,2	2100	83,8
	2-я группа	2,45	$\pm 0,35$	185	14,3	1,0	1,4	2100	73,5
	3-я группа	3,30	$\pm 0,50$	215	14,3	1,0	1,4	2100	56,2
Гусеничный	1-я группа	1,80	-0,3	145	8,6	0	1,2	1750	97,4
		2,10	0	175	8,6	0	1,2	2100	97,4
	2-я группа	2,45	$\pm 0,35$	175	9,5	0,9	1,4	2100	80,3
	3-я группа	3,30	$\pm 0,50$	195	9,5	0,9	1,4	2100	60,7

Приведенные значения массоэнергетических параметров тракторов, интервалы и способы их регулирования можно принять за основу при адаптации тракторов к другим классам длины гона.

Выводы

1. Обоснованы модели адаптации тракторов к природно-производственным условиям, позволяющие установить взаимосвязь их массоэнергетических параметров с оптимальной производительностью агрегатов и характеристиками рабочих машин при функционировании в интервалах допустимых значений рабочей скорости и буксования движителей.

2. Определены осредненные значения массоэнергетических параметров тракторов для каждой группы родственных операций основной обработки почвы на характерной для АПК Красноярского края длине гона $l_2 = 600 - 1000$ м.

3. Установлены базовые значения, интервалы и способы регулирования мощности и эксплуатационной массы трактора для адаптации к технологиям основной обработки почвы с наименьшими затратами.

Литература

1. Селиванов Н.И. Технологические основы адаптации тракторов. – Красноярск, 2012 – 259 с.
2. Селиванов Н.И. Эффективное использование энергонасыщенных тракторов. – Красноярск, 2008. – 231 с.



УДК 630.377.4

Д.В. Черник

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ БОКОВЫХ НАГРУЗОК НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ЛЕСОПОГРУЗЧИКА

В статье приведены результаты исследования влияния скорости движения, высоты препятствия, смещения центра тяжести дерева относительно продольной оси гусеничного лесопогрузчика на уровень динамических нагрузок.

В результате машинного эксперимента были найдены величины динамических нагрузок, возникающих на корпусе лесопогрузчика и технологическом оборудовании при воздействии возмущающих факторов. Приведены графики зависимости динамических нагрузок от возмущающих факторов.

Ключевые слова: гусеничный лесопогрузчик, имитационная модель, динамические нагрузки, возмущающие факторы.

D.V. Chernik

MATHEMATICAL MODELING OF LATERAL LOAD DYNAMICS ON THE LOGGER TECHNOLOGICAL EQUIPMENT

The research results of influence of movement speed, obstacle height, tree gravity center displacement relative to the caterpillar logger longitudinal axis are presented in the article.

As a result of the machine experiment the values of the dynamic loads arising on the logger case and the technological equipment at the disturbing factor influence are found. The dynamic load dependence graphs according to disturbing factors are given.

Key words: caterpillar logger, imitating model, dynamic loads, disturbing factors.

Введение. В режиме грузового хода гусеничного лесопогрузчика возникают динамические нагрузки на технологическое оборудование в боковом направлении при наезде на препятствие одним бортом машины,