

ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ЗАТРАТЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ АГРЕГАТОВ

Селиванов Николай Иванович, доктор технических наук,
профессор кафедры «Тракторы и автомобили», ИИСиЭ
Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия
e-mail: zaprudskii@list.ru

Аверьянов Виктор Владимирович, аспирант
кафедры «Тракторы и автомобили», ИИСиЭ
Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия
e-mail: v-averyanov@bk.ru

Уштык Дарина Валерьевна, магистр
кафедры «Тракторы и автомобили», ИИСиЭ
Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия
e-mail: valierievna@mail.ru

Аннотация. Сформированы модели, разработан алгоритм и установлены фактические топливно-энергетические затраты при использовании скоростных почвообрабатывающих агрегатов разного назначения на базе колесных тракторов, которые следует принять за основу для совершенствования нормативов расхода топлива в зональных технологиях почвообработки.

Ключевые слова: длина гона, агрегат, технология, производительность, топливные и энергетические затраты.

FUEL AND ENERGY COSTS WHEN USING TILLAGE UNITS

Selivanov Nikolay Ivanovich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department "Tractors and Automobiles", Institute of engineering systems and energy
Krasnoyarsk state agrarian university, Krasnoyarsk, Russia
e-mail: zaprudskii@list.ru

Averyanov Viktor Vladimirovich, postgraduate student of the department "Tractors and Automobiles",
Institute of engineering systems and energy
Krasnoyarsk state agrarian university, Krasnoyarsk, Russia
e-mail: v-averyanov@bk.ru

Ushtyk Darina Valerievna, Master degree student of the Department of "Tractors and Automobiles",
Institute of engineering systems and energy
Krasnoyarsk state agrarian university, Krasnoyarsk, Russia
e-mail: valierievna@mail.ru

Abstract. Models are formed, an algorithm is developed and actual fuel and energy costs are established when using high-speed tillage units for various purposes based on wheeled tractors, which should be taken as a basis for improving fuel consumption standards in zonal tillage technologies.

Key words: rut length, unit, technology, productivity, fuel and energy costs.

Основными оценочными показателями ресурсосбережения почвообрабатывающих агрегатов являются удельные эксплуатационные затраты на единицу выполненной работы или урожайности. Среди составляющих указанных затрат до 50% приходится [2] на топливо и смазочные материалы. Поэтому для эффективного использования агрегатов разного технологического назначения необходимо установить соответствующие количественные соотношения между их эксплуатационными параметрами и удельным расходом топлива g_{II} (кг/га) с учетом воздействия основных природно-производственных факторов.

Цель работы – оценка топливно-энергетических затрат при использовании почвообрабатывающих агрегатов с учетом влияния природно-производственных условий.

Задачи для достижения поставленной цели:

1) обосновать условия формирования удельного расхода топлива при работе агрегатов;

2) определить фактические топливно-энергетические затраты при использовании агрегатов в зональных технологиях почвообработки.

Условия и методы исследования:

Расход топлива на гектар обрабатываемой площади определяют значения часового расхода и продолжительности работы на режимах рабочего хода $G_{TP} * T_P$, холостого хода $G_{TX} * T_X$ и остановках $G_{TO} * T_O$ при эксплуатационной производительности агрегата $\Pi = W * \tau$

$$g_{\Pi} = (G_{TP} * T_P + G_{TX} * T_X + G_{TO} * T_O) / (W * \tau) \quad (1)$$

$$g_{\Pi} = \frac{(G_{TP} * T_P)}{\Pi} [1 + G_{TX} * T_X + G_{TO} * T_O] / (G_{TP} * T_P). \quad (2)$$

Относительное значение среднесменного расхода топлива \bar{G}_{Tp}^0 при коэффициенте использования времени смены τ , $G_{TX}^0 = G_{TX} / G_{TP}$ и $G_{TO}^0 = G_{TO} / G_{TP}$

$$\bar{G}_{Tp}^0 = \bar{G}_{Tpo} / G_{TP} = \tau \left[1 + \frac{G_{TX}^0 * T_X + G_{TO}^0 * T_O}{T_P} \right]. \quad (3)$$

Применительно к полному балансу времени смены средний расход топлива (кг/ч) в период $(T_{CM} - T_P)$ на подготовительных и вспомогательных операциях

$$\bar{G}_{Tpo}^0 = \bar{G}_{Tpo} / G_{TP} = (G_{TX}^0 * T_X + G_{TO}^0 * T_O) / (T_{CM} - T_P). \quad (4)$$

При $T_P = T_{CM} * \tau$ величину $\bar{G}_{Tpo}^0 = a$ можно принять постоянной для агрегатов каждого типа [3], независимо от типоразмера трактора. Тогда среднесменный относительный расход топлива

$$\bar{G}_{Tp}^0 = \tau \left[1 + a \frac{(T_{CM} - T_P)}{T_P} \right] = \tau \left[1 + a \left(\frac{1 - \tau}{\tau} \right) \right]. \quad (5)$$

Расход топлива на единицу выполненной работы, (кг/га) с учетом выражения (5)

$$g_{\Pi} = g_W [1 - a + a/\tau], \quad (6)$$

где $g_W = G_{Tp} / 0,36 * W$ - расход топлива на единицу чистой производительности.

Используя соотношения эксплуатационной мощности N_{e3} , часового G_{Tp} , удельного g_{en} расходов топлива и чистой производительности W агрегата [1,5]

$$\begin{cases} G_{Tp} = g_{en} \xi_{\bar{N}} N_{e3}; \\ W = \xi_{\bar{N}} N_{e3} / N_{y\delta}; \\ N_{y\delta} = K_0 * M_{KH} / \bar{\eta}_{Tmax}, \end{cases} \quad (7)$$

выражения (5) и (6) для определения \bar{G}_{Tp}^0 и g_{Π} примут вид

$$\begin{cases} \bar{G}_{Tp}^0 = g_{en} \xi_{\bar{N}} N_{e3} [\tau + a - a\tau]; \\ g_{\Pi} = \frac{g_{en} * N_{y\delta}}{0,36} * \left[1 + \frac{a}{\tau} - a \right], \end{cases} \quad (8)$$

где $N_{y\delta}$ - потребная удельная мощность на единицу чистой производительности (затраты энергии на обработку единицы площади поля);

$K_0 * \mu_{KH}$ - удельное сопротивление рабочей машины при номинальной скорости V_H агрегата;

$\bar{\eta}_{Tmax}$ - среднее значение максимального тягового КПД трактора с учетом колебания нагрузки;

$\xi_{\bar{N}}$ - коэффициент использования мощности тракторного двигателя при колебаниях тяговой нагрузки.

Из выражений (8) следует, что для конкретной операционной технологии почвообработки при $(g_{en} * N_{y\delta}) = idem$ среднесменный часовой \bar{G}_{Tp}^0 и удельный g_{Π} расход топлива зависят от величины τ . Соотношение $\lambda_{g_{\Pi}} = g_{\Pi i} / g_{\Pi 1}$ для разных технологий при $\tau = idem$ в основном соответствует величине $\lambda_{N_{y\delta}} = N_{y\delta i} / N_{y\delta}$, при $\lambda_{g_{\Pi}} \approx \lambda_{N_{y\delta}}$.

Топливо-энергетические затраты агрегатов разного технологического назначения на базе колесных 4к4 тракторов зависят от длины гона l_r , $K_0 * \mu_K$ и $z V_H^*$. Основным фактором, определяющим эксплуатационные параметры (N_{e3}, m_3) трактора и топливные затраты g_{Π} является оптимальное значение чистой производительности W^* , соответствующее компромиссному значению прямых эксплуатационных затрат $C_3^* \approx 1,05 * C_{3min}$ [1].

Алгоритм расчета топливно-энергетических затрат включает: оценку природно – производственных факторов (исходные данные) l_r , W^* , V_H^* , $(K_0 * \mu_K)$, $\xi_{\bar{N}}$, g_{en} , a , $\bar{\eta}_{Tmax}$; определение параметров $N_{y\delta i}$ (7), N_{e3} (7), G_{Tp} (7), τ , \bar{G}_{Tp}^0 (8), g_{Π} (8).

Результаты исследования

Оптимальные скоростные режимы V_{Hi}^* , удельные характеристики $(K_0 * \mu_K)$ рабочих машин и параметры тракторов $N_{y\delta}$, $m_{y\delta}$, a (табл. 1), установлены экспериментально для основных групп

операций почвообработки скоростными агрегатами в составе колесных тракторов общего назначения Беларус 1523 (4к4а) и К-744Р2 (4к4б) базовой комплектации [2,3,5].

Таблица 1 – Скоростные режимы и удельные параметры почвообрабатывающих агрегатов

Группа операций (технология почвообработки)	$V_H, м/с$	$\bar{K}_0, кН/м$	μ_{KH}	$N_{y\partial},$ кДжс/м ²	$m_{y\partial},$ кг/кВт	a
1. Отвальная вспашка скоростными плугами ($h=0,21-0,23м$)	2,50	11,45	1,154	20,02	67,3	0,302
2. Безотвальная комбинированная обработка ($h=0,12-0,18м$)	2,80	6,80	1,165	12,00	61,6	0,281
3. Поверхностная комбинированная обработка ($h=0,06-0,12м$)	3,33	4,75	1,228	8,86	54,5	0,272

Указанные удельные параметры для каждой группы операций остаются неизменными для разных классов длины гона. Соотношения $\lambda_{N_{y\partial}} = \lambda_{K_0} * \mu_{KH}$ характерны для всех групп операций при условии $\bar{\eta}_{Tmax} = 0,66$. Значения коэффициента a , независимо от класса длины гона, уменьшаются при снижении энергоемкости технологической операции.

Оптимальные значения потребной мощности трактора $N_{ep} = \xi_{\bar{N}} N_{e3}$ для операций разных групп, соответствующие W^* при одинаковых классах длины гона, отличаются на 1,0-13,0%. Увеличение длины гона от 200-300м до >1000м приводит к росту N_{ep}^* и \bar{G}_{Tp} на операциях первой группы – соответственно в 2,26 и 2,60 раза. На операциях других групп возрастание указанных показателей составляет в среднем 2,14 и 2,39 раза (табл.2).

Удельный расход топлива g_{II} , при возрастании длины гона в указанных пределах, снижается для установленных групп операций соответственно на 8,9; 7,1 и 6,0%. При этом можно принять с достаточно высокой (98%) достоверностью для всех операций и $l_{Г-} = idem$; $\lambda_{g_{II1/2}} = g_{II1}/g_{II2} = N_{y\partial1}/N_{y\partial2} = 1,668$ и $\lambda_{g_{II1/3}} = g_{II1}/g_{II3} = N_{y\partial1}/N_{y\partial3} = 2,260$.

Таблица 2 – Энергетические затраты почвообрабатывающих агрегатов на базе колесных 4к4 тракторов и топливные для природно-климатических зон эксплуатации при $C_3^* \approx 1,05 * C_{3min}$

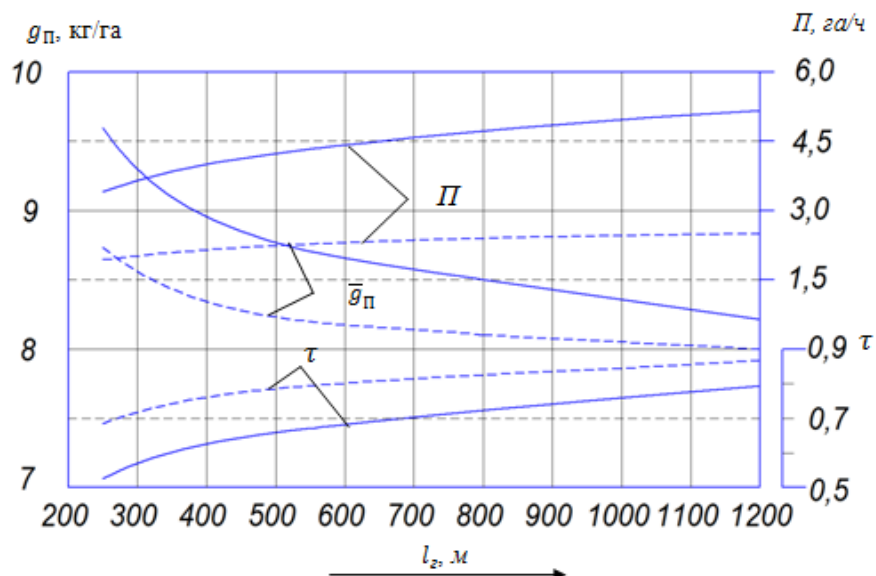
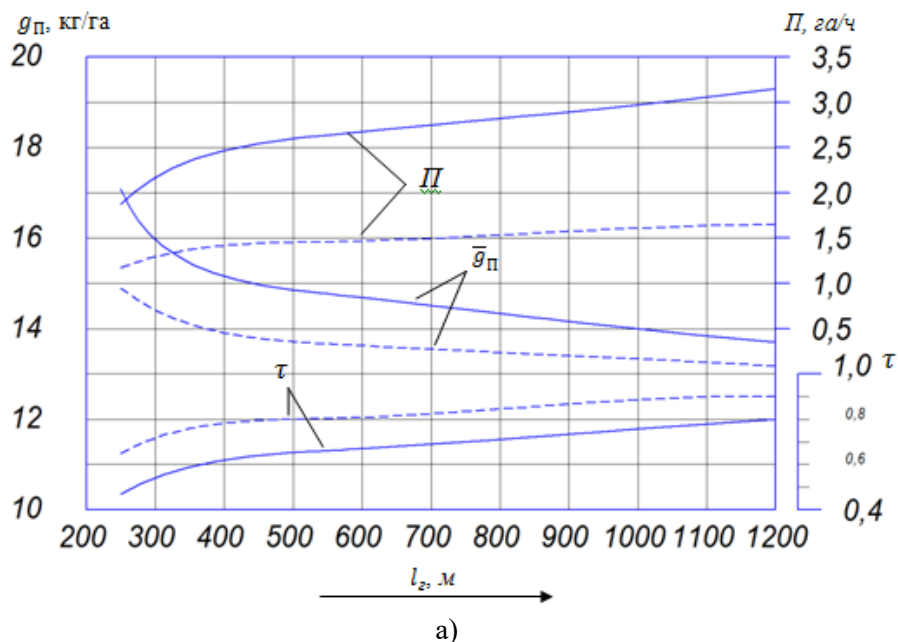
Группа операций	Параметр	Класс длины гона $l_{Г}, м$				
		200-300	300-400	400-600	600-1000	>1000
1	$N_{ep} = \xi_{\bar{N}} N_{e3}$	124	157	173	202	280
	$\bar{G}_{Tp}, кг/ч$	20,76	27,91	31,83	37,40	53,98
	$\bar{g}_{II}, кг/га$	15,31	14,70	14,40	14,23	13,96
2	$N_{ep} = \xi_{\bar{N}} N_{e3}$	138	159	176	222	309
	$\bar{G}_{Tp}, кг/ч$	24,31	27,47	32,20	40,65	58,09
	$\bar{g}_{II}, кг/га$	9,02	8,77	8,60	8,52	8,38
3	$N_{ep} = \xi_{\bar{N}} N_{e3}$	133	159	197	227	284
	$\bar{G}_{Tp}, кг/ч$	22,02	27,68	35,56	41,68	52,63
	$\bar{g}_{II}, кг/га$	6,62	6,44	6,33	6,28	6,22

Полученные результаты моделирования топливно-энергетических показателей (табл. 2) позволили проанализировать влияние длины гона на коэффициент использования времени смены τ , эксплуатационную производительность Π и топливную экономичность g_{II} агрегатов разного назначения с колесными тракторами разной мощности К-744Р2 ($N_{e3} = 235 кВт$, $m_3 = 15250 кг$) и Беларус - 1523 ($N_{e3} = 109 кВт$, $m_3 = 6730 кг$) (рис. 1).

Наиболее рациональными, по условию $C_3^* \approx 1,05 * C_{3min}$, для агрегатов разного назначения на базе указанных моделей тракторов являются классы длины гона 600-1000м (К-744Р2) и 200-300 м (Беларус - 1523). При этом общие закономерности изменения показателей эффективности агрегата от длины гона имеют одинаковый характер не зависимо от мощности трактора. Наибольший прирост τ и Π с одновременным снижением g_{Π} имеет место при увеличении длины гона до 500 -600 м.

Во всем диапазоне изменения l_T агрегаты на базе трактора К-744Р2 имеют большую производительность при меньших значениях τ и повышенном удельном расходе топлива \bar{g}_{Π} . При $l_T > 600$ м, за счет более интенсивного возрастания τ , показатели эффективности указанных агрегатов имеют более высокие темпы улучшения по сравнению с агрегатами на базе трактора Беларус - 1523. Если при $l_T = 200-300$ м соотношения показателей $\lambda(\tau, \Pi, g_{\Pi})_{\frac{К-744Р2}{Беларус-1523}}$ составили в среднем 0,770, 1,690, 1,116, то при $l_T = 600-1000$ соответственно 0,870, 1,930, 1,046, обеспечив их улучшение на 13,0, 14,2, 6,3%.

Относительные значения прямых эксплуатационных затрат λC_3 при этом снизились в среднем от 1,156 до 1,048 (9,5%). Приведенные показатели эффективности показывают, что трактор К-744Р2 наиболее эффективен на операциях почвообработки при $l_T \geq 600-1000$ м. При меньшей длине гона по условию минимизации прямых эксплуатационных затрат $C_3^* \approx 1,05 * C_{3min}$ приоритетным является трактор Беларус 1523.



б)

Рисунок – Влияние длины гона на показатели эффективности почвообрабатывающих агрегатов на базе колесных тракторов: а – отвальная вспашка; б – безотвальная обработка;
————— - К-744Р2; ----- - Беларус – 1523.

Выводы:

1. Обоснованы модели и алгоритм расчета удельного расхода топлива при работе почвообрабатывающих агрегатов разного назначения с учетом зональных природно-производственных условий.

2. Установлены рациональные значения и взаимосвязи топливно- энергетических затрат при использовании колесных 4к4 тракторов в зональных технологиях почвообработки, которые следует принять за основу при совершенствовании нормативов расхода топлива для скоростных почвообрабатывающих агрегатов.

Список литературы

1. Зангиев, А.А. Производственная эксплуатация машинно-тракторного парка / А.А. Зангиев, Г.П. Лышко, А.Н. Скороходов. – М.: Колос, 1996. – 320 с.
2. Запрудский, В.Н. Повышение эффективности использования почвообрабатывающих агрегатов на базе колесных тракторов высокой мощности / В.Н. Запрудский/ Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук – 2013г. С-158.
3. Селиванов, Н.И. Моделирование состава тракторного парка для зональных технологий почвообработки / Н.И. Селиванов, В.В. Аверьянов // Проблемы современной аграрной науки: мат-лы междунар. научн. конф. / Краснояр. гос. аграр. ун-т, - 2020. - С. 172-175.
4. Селиванов, Н.И. Обобщенный показатель адаптации мобильных агрегатов к зональным условиям / Н.И. Селиванов, В.В. Аверьянов, В.Н. Запрудский, Н.В. Кузьмин, Ю.Н. Макеева / Журнал ИОР Conf.Series: Earth and Environmental Science 548 (2020) 062016 doi:10.1088/1755-1315/548/6/062016.
5. Селиванов, Н.И. Типоразмеры колесных тракторов для зональных условий / Н.И. Селиванов, В.В. Аверьянов // Вестник Омского ГАУ № 3 (39) / Процессы и машины агроинженерных систем / Омск - 2020. - С. 87-94.