

УДК 629.114.2.001

А. В. Гуськов, канд. техн. наук

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОМИНАЛЬНОГО ТЯГОВОГО УСИЛИЯ КОЛЕСНОГО ТРАКТОРА 4К4 ТЯГОВОГО КЛАССА 5,0...7,0

Приводится методика определения номинального тягового усилия (тягового класса) колесного трактора 4К4, способного агрегатироваться с комбинированными сельскохозяйственными агрегатами, имеющими значительные тяговые сопротивления и большой отбор мощности через ВОМ.

Для любого класса трактора существует определенный диапазон нагрузок, характеризующийся максимальными и минимальными значениями сопротивлений, создаваемых агрегатируемыми с трактором машинами и орудиями, т. е. $F_{кр. \min}$ и $F_{кр. \max}$. С учетом сопротивления движению трактора этот диапазон характеризуется минимальными и максимальными значениями касательной силы тяги трактора, т. е. $F_{к. \min}$ и $F_{к. \max}$.

При этом должно соблюдаться условие $F_{к. \max} \leq \varphi_{\max} G_{сц}$ (φ_{\max} – максимальный по грунтовым условиям коэффициент сцепления; $G_{сц}$ – нормальная нагрузка на ведущие колеса). Значение $F_{к. \min}$ определяют сопротивлением движению трактора и

нагрузкой агрегатируемой машины, имеющей наименьшее тяговое сопротивление. Для большинства тракторов отношение $F_{к. \max} / F_{к. \min}$ находится в пределах 1,4...1,8.

В общем случае нагрузка трактора носит случайный характер, что необходимо учитывать при тяговом расчете. С большей долей вероятности можно предположить, что она характеризуется нормальным законом распределения (рис. 1).

Для нормально распределенной случайной величины рассеяние ее с точностью до долей процента укладывается на участке $m \pm 3\sigma$.

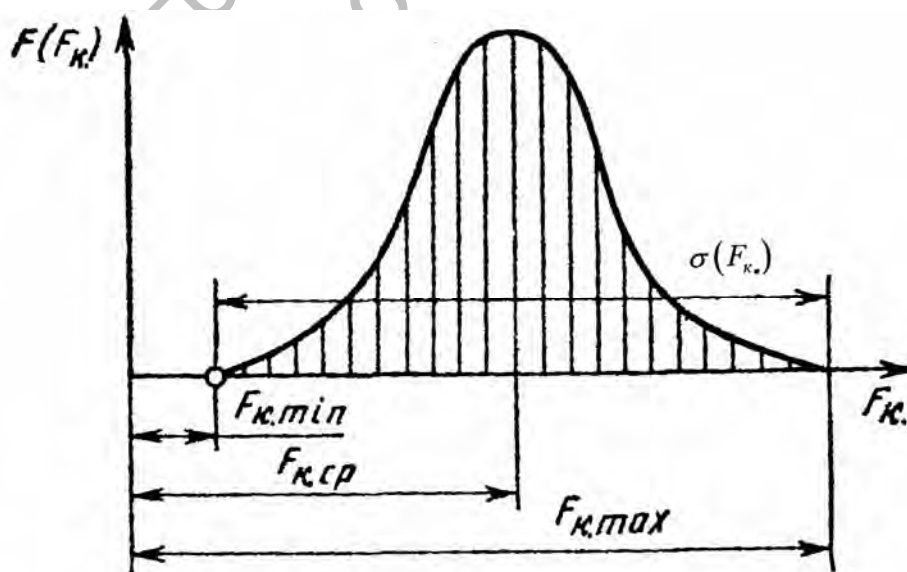


Рис. 1. Распределение вероятностей касательной силы тяги: $F(F_k)$ – вероятность касательной силы тяги

На основании этого среднее квадратичное отклонение $\sigma(F_{кр.})$ и математическое ожидание $m(F_{кр.})$ случайной величины касательной силы тяги следующие:

$$\sigma(F_{кр.}) = \frac{F_{кр.макс} - F_{кр.мин}}{6};$$

$$m(F_{кр.}) = \frac{F_{кр.макс} + F_{кр.мин}}{2} = F_{кр.ср.}$$

Исследования работы тракторных агрегатов показывают, что наиболее оптимальный режим загрузки трактора осуществляется в том случае, когда номинальная касательная сила тяги $F_{кр.}$ трактора соответствует центру рассеяния случайной величины (математическому ожиданию касательной силы тяги), т. е. $F_{кр.н} = F_{кр.ср.}$

Вероятность попадания F случайной величины $F_{кр.}$ на участки $F_{кр.} - \sigma(F_{кр.})$ и $F_{кр.} + \sigma(F_{кр.})$, симметричные относительно центра рассеяния, является наибольшей $|F_{кр.} - \sigma(F_{кр.})| \leq F_{кр.} \leq |F_{кр.} + \sigma(F_{кр.})| = 0,682$. Поэтому работа трактора на этом режиме наиболее длительная, что соответствует оптимальной загрузке трактора. При этом можно полагать, что центр рассеяния случайной величины будет также соответствовать номинальному крюковому усилию.

Определим номинальное крюковое усилие для трактора при агрегатировании с ним комбинированных агрегатов, которые в настоящее время закупаются в сельском хозяйстве и имеют большое тяговое сопротивление и значительный отбор мощности (табл. 1).

В табл. 2 приведены тяговые сопротивления машин, выпускаемых на машиностроительных предприятиях Республики Беларусь [1].

Из табл. 2 видно, что для разных почвенных условий тяговые сопротивления машин имеют большой разброс. Принимая во внимание, что промышленность Республики Беларусь освоила плуги с шириной корпуса плуга до 0,4 м (ППП-7-40, ПЛН-8-40), а для болотистых почв – до 0,5 м (ПБН-50А), имеющих тяговое со-

противление от 44,2 до 74,0 кН, необходимо создать колесный трактор 4К4, который мог бы агрегатироваться с перечисленным комплексом машин.

В этом случае среднее сопротивление, соответствующее центру рассеяния случайной величины, будет следующим:

$$m(F_{кр.ср.}) = \frac{F_{кр.макс} + F_{кр.мин}}{2} = \frac{74,0 + 44,2}{2} = 59,1 \text{ кН.}$$

При этом среднее квадратичное отношение

$$\sigma(F_{кр.ср.}) = \frac{F_{кр.макс} - F_{кр.мин}}{6} = \frac{74,0 - 44,2}{6} = 4,9 \text{ кН.}$$

Среднее тяговое усилие будет равно

$$F_{кр.ср.} = 59,1 \pm 4,9 \text{ кН.}$$

Определим тяговый класс трактора, агрегируемого с рассматриваемым комплексом машин. Примем в качестве критерия тяговый КПД трактора η_t . На рис. 2 показаны зависимости тягового КПД колесного трактора η_t и буксования δ от тягового сопротивления агрегируемых машин $F_{кр.}$. Из рисунка видно, что крюковое усилие $F_{кр.}$ при максимальном тяговом КПД $\eta_{t \max}$ равно $F_{кр.опт} = 57,8$ кН.

Если допустить снижение тягового КПД на 3 %, то получим диапазон оптимальных тяговых сопротивлений $D_{кр.} = 48...68$ кН, что соответствует тяговому классу 6,0 при номинальном тяговом усилии $F_{кр.н} = 60$ кН.

Для справочных данных в табл. 3 помещены в зависимости от тягового класса номинальные $F_{кр.н}$, минимальные $F_{кр.мин}$ и максимальные $F_{кр.макс}$ значения крюковых усилий.

Табл. 1. Основные технико-эксплуатационные показатели современных комбинированных почвообрабатывающих посевных агрегатов при агрегатировании их с энергонасыщенными отечественными, российскими и западноевропейскими тракторами в условиях Шарковщинского региона (деревня Ручай)

Наименование показателя	Значение показателя агрегата с трактором					
	АПП-6А* («Сольхоте 9») + + «Беларус 3022»	АПП-6А* («Сольхоте 9») + + К-744 Р1 «Кировец»	«Сярос 6001») + + «Эльтес 946RZ»	«Мега Стил 6002, К2» + + «Фенд 930»	DF-2 «Аксорд» + + «Джон Дир 8430»	«Айстар Эвант» + + «Эльтес 930RZ»
Тип агрегата	Полуприцепной с вертикальной роторной бороной	Полуприцепной с вертикальной роторной бороной	Полуприцепной с дисковой бороной	Полуприцепной с дисковой бороной	Навесной вертикальной роторной бороной	Навесной вертикальной роторной бороной
Рабочая ширина захвата, м	6	6	6	6	6	6
Масса агрегата, кг	5900	5900	8200	9595	4700	5160
Тяговое сопротивление, кН	38,1...43,2	48,3...74,1	41,2...54,5	43,1...53,1	51,8...74,3	52,3...63,4
Отбор мощности через вал отбора мощности, %	До 40	До 40	До 30	До 30	До 40	До 40
Норма высева семян, кг/га	215	215	220	220	220	220
Рабочая скорость движения, км/ч		8,0	14,2			
Производительность, га/ч:						
– основного времени		4,8	8,52	5,7	4,02	4,02
– сменного времени			4,4	3,5	2,4	2,4
Удельный расход топлива, кг/га		8,7	9,4	7,2	11,6	10,8
Показатели качества выполнения технологического процесса:						
– фактическая глубина обработки, см	Машина не агрегатруется с трактором	6,3	7		6	6,8
– фактическая глубина заделки семян, мм	из-за отсутствия элементов навески	37	23		25	25
Гребнистость поверхности поля, см:						
– после посевной части		3,2	2,0	Агрегат не представлен в Шарковщину для оценки	2,4	3,3
Массовая доля комков почвы по фракциям, %:						
– до 10 мм		47,8	72,0		69,3	23,2
– 10–25 мм		25,4	21,9		24,9	31,1
– 25–50 мм		17,5	6,1		5,8	27,3
– 50–100 мм		9,3	0		0	18,5
Количество незаделанных семян, шт./м ²		0,4	1,1		1,0	3,5
Цена агрегата, евро	97000	97000	76051,5	97500	66900	66764

Примечание – *АПП-6А – завод ОАО «Лидзапроммаш» – прототип агрегата фирмы «Левкено»



Табл. 2. Тяговые сопротивления машин

Наименование машин	Тяговое сопротивление, Н/м ²		
	Черноземная почва	Дреноподзол-листая почва	Глинистая почва
Плуг ПГП-7-40М; ПГП-7-40	25,1...62,3	21,7...64,7	51,4...74,0
Плуг ПЛ-9-35	26,1...60,1	22,3...61,7	62,4...76,5
Плуг болотный ПБН-5-50А	–	26,3...54,2	63,1...94,5
Плуг ППШ-8-35У	24,1...52,8	27,1...59,3	59,8...74,2
Плуг ППШ-10-35	25,1...53,3	29,4...61,0	61,2...88,3
Агрегат для подготовки почвы АПП-7,5	28,1...45,2	29,3...50,5	52,7...63,1
Борона дисковая навесная БПД-7МЗД	23,1...24,	22,5...27,1	35,2...51,4
Комбайн кормоуборочный прицепной	27,1...43,2	28,5...44,5	38,2...61,4
<i>Сельхозмашины, производство которых намечено до 2010 г.</i>			
Большегрузный прицеп, грузоподъемность 15...20 т	18,2...35,2	17,4...32,8	51,5...62,3
Агрегат комбинированный широкозахватный для предпосевной обработки почвы	27,7...35,2	17,4...32,8	31,5...52,7
Культиватор чизельно-дисковый	29,5...58,7	31,1...59,2	51,5...68,2
Плуг-луцильник навесной	25,1...52,7	23,5...54,2	49,7...64,2
Плуг навесной ПЛН-8-40	35,2...61,2	29,8...61,2	48,4...69,2
Плуг навесной ПЛН-8-35	24,2...55,4	24,5...56,6	43,2...61,4
Плуг поворотный навесной ПНГП	35,2...61,2	29,8...61,2	44,9...68,5

Табл. 3. Номинальные тяговые усилия на крюке тяговых классов сельскохозяйственных тракторов (ГОСТ 27021-86)

Тяговый класс	Номинальное тяговое усилие $F_{кр.н}$, кН			$F_{кр. max} / F_{кр. min}$
	Минимальное значение $F_{кр.н min}$	Среднее значение $F_{кр.ср}$	Максимальное значение $F_{кр.н max}$	
0,2	1,8	2,0	5,4	3,00
0,6	5,4	6,0	8,1	1,50
0,9	8,1	9,0	12,6	1,56
1,4	12,6	14,0	18,0	1,43
2,0	18,0	20,0	27,0	1,50
3,0	27,0	30,0	36,0	1,33
4,0	36,0	40,0	45,0	1,25
5,0	45,0	50,0	54,0	1,20
6,0	54,0	70,0	72,0	1,33
8,0	72,0	80,0	108,0	1,50

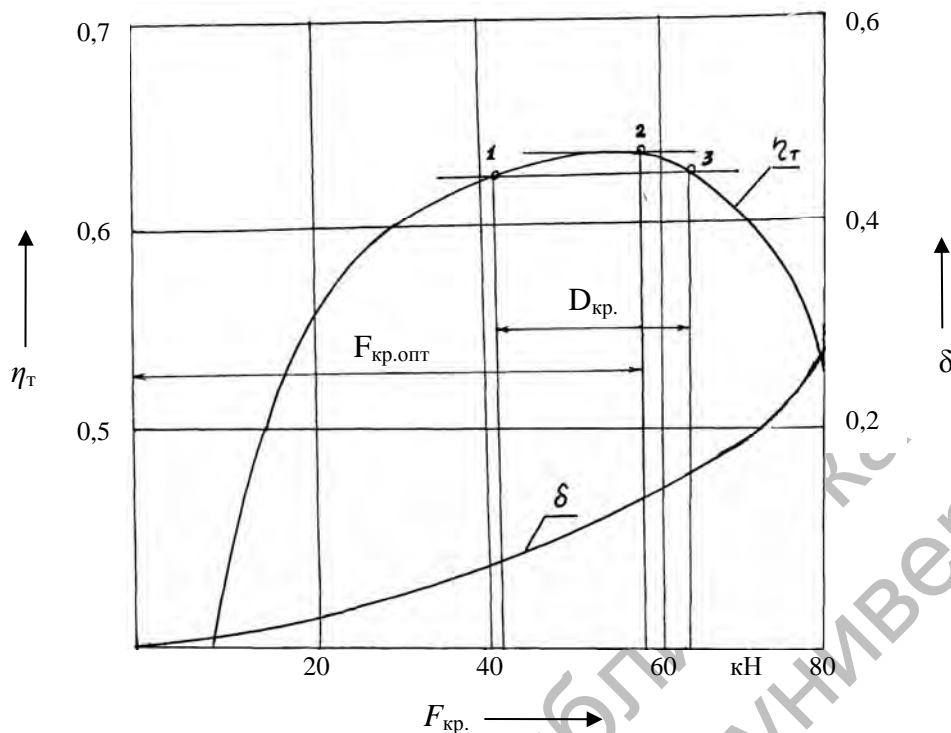


Рис. 2. Зависимость тягового КПД η_t и буксования δ от крюкового усилия $F_{кр.}$.

Выводы

1. В настоящее время для сельского хозяйства закупаются комбинированные агрегаты с большим тяговым сопротивлением и требующие значительного отбора мощности через вал отбора мощности.
2. Существующие колесные тракторы имеют недостаточные тягово-сцепные показатели и мощность двигателя.
3. Для агрегатирования с указанны-

ми комбинированными сельскохозяйственными машинами необходимо создать колесный трактор 4К4 тягового класса 6,0 с двигателем мощностью 265...280 кВт (360...380 л. с.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сельскохозяйственная техника, выпускаемая в Республике Беларусь : каталог. – Минск : БелНИИМЭСХ, 2002. – 87 с.

РУП «Минский тракторный завод»
Материал поступил 16.10.2007

A. V. Guskov
Determination of nominal traction effort
of a wheel tractor 4K4 of 5,0...7,0 traction
class
RUE «Minsk Tractor Works»

The technique of nominal traction effort determination (traction class) of a wheel tractor 4K4 capable to aggregate with combined agricultural units having considerable traction resistance and big power selection through PTO is given in the paper.