

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНОГО СОСТАВА ПАХОТНОГО АГРЕГАТА

METHOD OF DETERMINING THE RATIONAL COMPOSITION OF ARABLE UNIT

В.М. БОЙКОВ, д.т.н.
С.В. СТАРЦЕВ, д.т.н.
А.В. ПАВЛОВ
Е.С. НЕСТЕРОВ
А.В. ЛАВРЕНТЬЕВ

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова», Саратов, Россия,
kingofscience@yandex.ru

V.M. BOJKOV, DSc in Engineering
S.V. STARCEV, DSc in Engineering
A.V. PAVLOV
E.S. NESTEROV
A.V. LAVRENT'EV

Saratov State Vavilov Agrarian University, Saratov, Russia,
kingofscience@yandex.ru

Используя техническую характеристику прицепного лемешно-отвального плуга ПБС-10П и результаты испытаний тракторов лаборатории Nebraska Tractor Test США, установлена величина тягового усилия тракторов Case Magnum 340 (239 кВт), New Holland T9020 (213 кВт), Challenger MT 835 (271 кВт), John Deere 9120 (182 кВт), Versatile 375 (226 кВт), Versatile 400 (247 кВт), New Holland T9030 (310 кВт) и тягового сопротивления плуга ПБС-10П на соответствующих скоростях движения, определены аналитические зависимости тягового усилия тракторов и тягового сопротивления плуга от скорости движения. Изложена методика определения рационального состава пахотного агрегата, включающая: экспериментальное определение тягового сопротивления плуга при различной глубине обработки почвы и скорости движения; определение тягового усилия трактора при максимальной тяговой мощности трактора; аппроксимация полученных результатов в виде эмпирических формул; построение графических зависимостей по эмпирическим формулам и определение оптимальной скорости движения пахотного агрегата, по которой рассчитывается производительность пахотного агрегата.

Ключевые слова: пахотный агрегат, трактор, прицепной плуг, тяговое усилие, скорость движения, глубина обработки почвы, производительность.

Using the technical characteristics of the PBS-10P trailed single-furrow plow and the results of tractor tests made by the Nebraska Tractor Test US laboratory, the value of towing tension of Case Magnum 340 (239 kW), New Holland T9020 (213 kW), Challenger MT 835 (271 kW), John Deere 9120 (182 kW), Versatile 375 (226 kW), Versatile 400 (247 kW), New Holland T9030 (310 kW) tractors and traction resistance of the PBS-10P plow at appropriate speeds were determined. The analytical dependencies of the traction force of the tractors and the traction resistance of the plow on the speed of movement are determined. The method of determining the rational composition of the arable unit is described, including: experimental determination of the plow traction at different tillage depth and speed; determination of the tractor force at the maximum traction power of the tractor; approximation of the obtained results in the form of empirical formulas; building graphical dependencies by empirical formulas and determining the optimal speed of the arable unit, which is used to calculate the productivity of the arable unit.

Keywords: arable unit, tractor, trailed plow, traction force, speed, tillage depth, performance.

Цель исследования

Разработка методики определения рационального состава пахотного агрегата, включающей экспериментальное определение тягового сопротивления плуга при различных глубине обработки почвы и скорости движения.

Методы и средства проведения исследования

Для повышения производительности пахотных агрегатов на базе нового рабочего органа [1] шириной захвата 60 см в ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ был разработан прицепной отвальный плуг общего назначения ПБС-10П (рис. 1). Техническая характеристика плуга представлена в табл. 1.

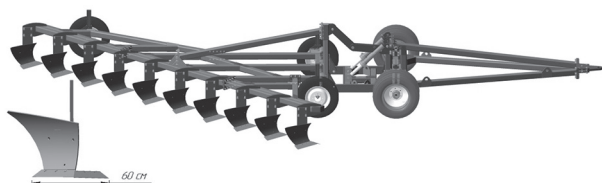


Рис. 1. Плуг общего назначения ПБС-10П

Таблица 1

Техническая характеристика плуга ПБС-10П

№ п/п	Наименование показателя	Значение
1	Ширина захвата, м	6,0
2	Рабочая скорость, км/ч	до 12
3	Глубина обработки, см	до 30
4	Количество корпусов, шт	10
5	Ширина захвата корпуса, см	60
6	Масса, кг	4200
7	Габаритные размеры, мм	
	длина	12088
	ширина	5990
	высота	1762

В результате проведенных экспериментальных исследований прицепного плуга на почве чернозем среднесуглинистый с влажностью по

глубине обработки 0–30 см 18–23 % и твердостью 1,9–3,8 МПа, были получены определенные зависимости (рис. 2).

Эти зависимости были аппроксимированы методом наименьших квадратов с величиной достоверности $R^2 = 0,99$. На основании аппроксимации зависимостей получены следующие эмпирические формулы:

$$B) R_{\text{п}} = 1,9319v^2 + 5,4568v + 63,304 ;$$

$$Г) R_{\text{п}} = 0,085v^2 + 9,4587v + 44,879 , \quad (1)$$

где $R_{\text{п}}$ – тяговое сопротивление плуга, кН; v – скорость движения трактора, м/с.

При нехватке отечественных тракторов Российская Федерация в большом количестве производит закупки иностранных энергонасыщенных тракторов следующих марок: 1) Case Magnum 340; 2) New Holland 9020; 3) Challenger MT 835; 4) John Deere 9120; 5) Versatile 375; 6) Versatile 400; 7) New Holland T9030; 8) Claas Xerion 4500 (табл. 2).

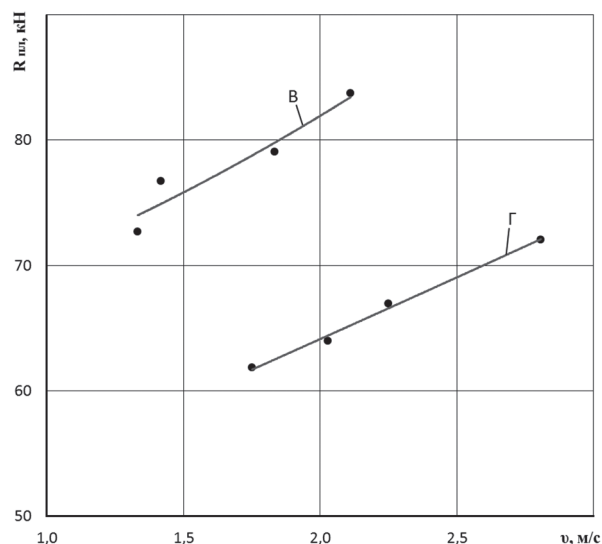


Рис. 2. Зависимость тягового сопротивления прицепного плуга ПБС-10П от скорости движения: В – при глубине 25 см; Г – при глубине 21 см

Таблица 2

Эксплуатационные характеристики тракторов

№ п/п	Марка трактора	Мощность двигателя, кВт	Масса трактора, кг	Расчетное номинальное тяговое усилие по ГОСТ 27021-86, кН	Тяговый класс	Сила сцепления двигателей трактора с почвой, кН
1	Case Magnum 340	238,8	14238	55,8	6	99,65
2	New Holland T9020	213,1	14569	57,11	6	101,98
3	Challenger MT 835	271,4	15300	60	6	107,1
4	John Deere 9120	182,4	16046	62,9	6	112,3
5	Versatile 375	225,7	16930	66,4	6	118,5
6	Versatile 400	246,78	16930	66,4	6	118,5
7	New Holland T9030	238,76	18872	73,98	8	132,1
8	Claas Xerion 4500	310	19572	76,72	8	137,0

Для ориентировочного определения тягового усилия этих тракторов воспользуемся методом, изложенным в ГОСТ 27021-86 (СТ СЭВ 628-85), по которому номинальное тяговое усилие трактора и тяговый класс трактора определяются как

$$P_{кр}^{ном} = A \cdot m_э, \quad (2)$$

где A – коэффициент, устанавливаемый в зависимости от вида трактора ($A = 3,92$); $m_э$ – эксплуатационная масса трактора, кг.

Максимальная сила сцепления трактора с почвой рассчитывается по формуле [2]:

$$F_{сц} = \mu \cdot G_{сц}, \quad (3)$$

где μ – коэффициент сцепления движителей с почвой; $G_{сц}$ – сцепной вес трактора, кН.

Анализ табл. 2 показывает, что при различной мощности двигателя и массе трактора тяговое усилие тракторов по ГОСТу находится в пределах 55,8–76,72 кН и относится к тяговому классу тракторов 6–8. Тяговое усилие тракторов по сцеплению находится в пределах 99,65–137 кН. Следовательно, принять истинную величину тягового усилия трактора и зависимость его от скорости движения по известным методикам затруднительно. Поэтому для объективной оценки зависимости тягового усилия трактора от скорости движения агрегата воспользуемся данными, полученными при испытании тракторов лабораторией Nebraska Tractor Test США при работе на стерневом фоне, и равенством мощностей трактора $N_{кр} = N_{кр\max}$ [3].

Результаты исследований и их обсуждение

На основании аппроксимации результатов испытаний тракторов (табл. 1) с величиной достоверности $R^2 = 0,99$ были получены следующие эмпирические формулы, определяющие тяговое усилие трактора от скорости движения:

$$\begin{aligned} 1) P_{кр} &= 6,4806 v^2 - 63,257 v + 194,88; \\ 2) P_{кр} &= 10,699 v^2 - 89,939 v + 245,11; \\ 3) P_{кр} &= 13,286 v^2 - 104,05 v + 253,57; \\ 4) P_{кр} &= 15,462 v^2 - 111,78 v + 247,18; \\ 5) P_{кр} &= 13,625 v^2 - 106,23 v + 266,69; \\ 6) P_{кр} &= 8,8202 v^2 - 82,619 v + 247,4; \\ 7) P_{кр} &= 12,999 v^2 - 112,18 v + 306,79; \\ 8) P_{кр} &= 10,848 v^2 - 100,55 v + 295,32, \end{aligned} \quad (4)$$

где $P_{кр}$ – крюковая сила трактора, кН; v – скорость движения трактора, м/с.

На рис. 3 представлены зависимости тягового усилия трактора от скорости движения.

Анализ зависимостей (рис. 3) показывает, что тяговое усилие трактора при увеличении скорости движения изменяется по нелинейной закономерности. На действительный диапазон изменения тягового усилия значительное влияние оказывают масса и мощность двигателя трактора. К примеру, у тракторов Versatile 375 и Versatile 400 масса одинаковая, а мощность двигателя разная (табл. 1), тяговое усилие изменяется при скорости от 1,5 до 3,0 м/с на 8,6 %.

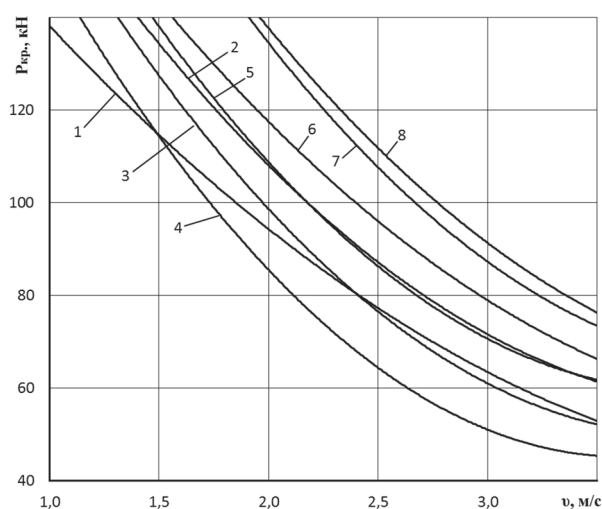


Рис. 3. Зависимость тягового усилия трактора от скорости движения:

- 1 – Case Magnum 340; 2 – New Holland 9020;
- 3 – Challenger MT 835; 4 – John Deere 9120;
- 5 – Versatile 375; 6 – Versatile 400; 7 – New Holland T9030; 8 – Claas Xerion 4500

Известно [2], что при движении пахотного агрегата должно выполняться следующее условие (5):

$$P_{кр} = R_{п} \text{ и } v = v_{п}, \quad (5)$$

где $v_{п}$ – скорость движения плуга, м/с.

Решение уравнений (4) с учетом условия (5) графоаналитическим методом представлено на рис. 4.

Из графиков видно, что в местах пересечения зависимостей тягового сопротивления плуга В, Г и тягового усилия трактора будет выполняться условие (5). Следовательно, точки пересечения будут показывать оптимальную скорость движения пахотного агрегата с прицепным плугом ПБС-10П. По агротехниче-

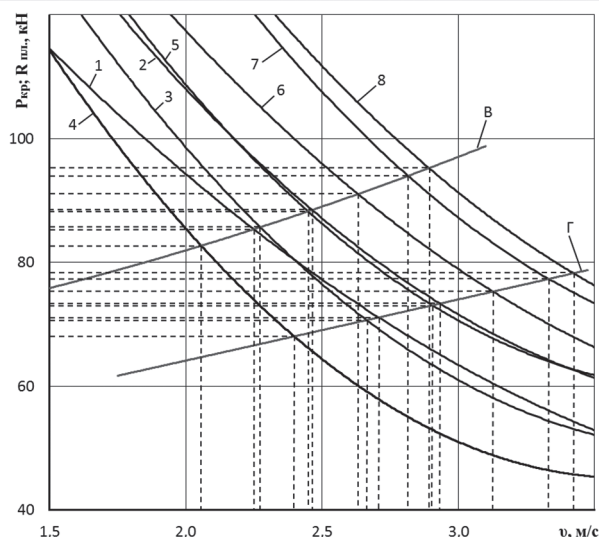


Рис. 4. Зависимость тягового усилия трактора и тягового сопротивления плуга ПБС-10П (В, Г) от скорости движения:

- 1 – Case Magnum 340; 2 – New Holland 9020;
3 – Challenger MT 835; 4 – John Deere 9120;
5 – Versatile 375; 6 – Versatile 400; 7 – New Holland T9030; 8 – Claas Xerion 4500

ским требованиям высокое качество основной обработки почвы обеспечивается в диапазоне скоростей от 2,5 до 3,0 м/с. В этом диапазоне технологический процесс обработки почвы на глубину 25 см выполняется тракторами New Holland 9020, Versatile 375, Versatile 400, New Holland T9030, Claas Xerion 4500. При обработке почвы на глубину 21 см тракторами Versatile 400, New Holland T9030, Claas Xerion 4500 качество обработки не соответствует агротехническим требованиям. Поэтому в указанном диапазоне скоростей технологический процесс обработки почвы с высоким качеством на различной глубине будет выполняться пахотными агрегатами, состоящими из прицепного плуга ПБС-10П и тракторов New Holland 9020 и Versatile 375. При глубине 21 см производительность агрегатов составляет 6,2 га/ч, при глубине 25 см – 5,3 га/ч.

Из табл. 1 следует, масса трактора New Holland 9020 ниже массы трактора Versatile 375 на 14 %, что снижает его тягово-сцепные свойства в составе пахотного агрегата.

Заключение

На основании вышеизложенного можно заключить, что методика определения рационального состава пахотного агрегата должна

включать: экспериментальное определение тягового сопротивления плуга при различной глубине обработки почвы и скорости движения; определение тягового усилия трактора при максимальной тяговой мощности трактора; аппроксимацию полученных результатов в виде эмпирических формул; построение графических зависимостей по эмпирическим формулам; при условии равенства тягового сопротивления плуга тяговому усилию трактора на графике определяется оптимальная скорость движения пахотного агрегата; по установленной скорости движения рассчитывается производительность пахотного агрегата.

Заклучение

Рассмотрев тягово-сцепные свойства вышеуказанных марок тракторов и тяговое сопротивление прицепного плуга ПБС-10П, было установлено, что агрегат, состоящий из трактора Versatile 375 и плуга ПБС-10П, является рациональным пахотным агрегатом.

Литература

1. Бойков В.М., Бойкова Е.В., Старцев С.В., Пронин В.В. Рабочий орган почвообрабатывающего орудия. Патент на полезную модель Российской Федерации № 179168. А01В15/00; заявл. 26.07.17; опубл. 03.05.18, Бюл. № 13. 2 с.
2. Иофинов С.А., Лышко Г.П. Эксплуатация машинно-тракторного парка. 2-е изд. перераб. и доп. М.: Колос, 1984. 351 с.
3. Institute of Agriculture and Natural Resources NEBRASKA TRACTOR TEST LABORATORY URL: <https://tractortestlab.unl.edu/testreports>. Загл. с экрана. Яз. рус., англ. и др.

References

1. Bojkov V.M., Bojkova E.V., Starcev S.V., Pronin V.V. Rabochij organ pochvoobrabatyvayushchego orudiya [The working body of tillage tools]. Patent na poleznuyu model' Rossijskoj Federacii No 179168. A01V15/00; zayavl. 26.07.17; opubl. 03.05.18, Byul. No 13. 2 p.
2. Iofinov S.A., Lyshko G.P. Ekhsplyuatsiya mashinno-traktornogo parka [Machine and tractor fleet operation]. 2-e izd. pererab. i dop. Moscow: Kolos Publ., 1984. 351 p.
3. Institute of Agriculture and Natural Resources NEBRASKA TRACTOR TEST LABORATORY [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <https://tractortestlab.unl.edu/testreports>. Zagl. s ehkrana. YAz. rus., angl. i dr.