

Н. Д. Лепешкин, В. В. Мижурин

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»
г. Минск, Республика Беларусь
E-mail: mehposev@mail.ru*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ШИРИНЫ ЗАХВАТА АГРЕГАТА МОДУЛЬНОГО ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО К ТРАКТОРАМ МОЩНОСТЬЮ 400–450 л. с.

Аннотация. В статье приведено определение ширины захвата перспективного почвообрабатывающего агрегата, при которой обеспечивается рациональная загрузка тракторов мощностью 400–450 л. с. при изменении глубины обработки агрегата от 6 до 30 см.

Ключевые слова: почвообрабатывающий агрегат, ширина захвата, загрузка трактора, тяговый класс трактора, тяговое сопротивление.

N. D. Lepeshkin, V. V. Mizhurin

*SUE “SPC NAS of Belarus for Agricultural Mechanization”
Minsk, Republic of Belarus
E-mail: mehposev@mail.ru*

DETERMINING THE WIDTH OF WORK OF A MODULAR SOIL CULTIVATION UNIT FOR TRACTORS WITH A POWER OF 400–450 HP

Abstract. The article provides a definition of the working width of a promising soil-cultivating unit, which ensures rational loading of tractors with a power of 400–450 hp. when changing the depth of processing of the unit from 6 to 30 cm.

Keywords: tillage unit, working width, tractor loading, tractor traction class, traction resistance.

Введение

Перспективным направлением при создании многофункциональных модульных почвообрабатывающих агрегатов является расширение диапазона глубины обработки. Однако при неизменной ширине захвата такого агрегата не обеспечивается оптимальная загрузка трактора одной мощности, так как с изменением глубины обработки тяговое сопротивление агрегата также изменяется. Следовательно, при установке модулей с почвообрабатывающими рабочими органами, обеспечивающими различную глубину обработки, потребуются и трактора различной мощности, что увеличивает парк и марочность тракторов в хозяйстве и снижает их загрузку. Особенно это важно при разработке перспективных широкозахватных агрегатов к тракторам большой мощности.

Поскольку в настоящее время Минским тракторным заводом разработан и проходит испытания трактор «Беларус-4522» мощностью 450 л. с., а также имеются трактора типа К-744РЗ, К-744Р4 (АО «Петербургский тракторный завод», РФ), RSM 2400, RSM 3435 (АО «Ростсельмаш», РФ) мощностью 400–440 л. с. и другие аналогичные трактора западноевропейских и американских компаний, то для их оптимальной загрузки требуется разработка агрегата модульного, обеспечивающего как мелкие, так и глубокие обработки. Конструктивная схема такого агрегата, т. е. способного обеспечить загрузку тракторов одной мощности при обработке почвы на различную глубину путем изменения его ширины захвата, предложена и запатентована РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» [1].

Цель исследований – определить ширину захвата перспективного почвообрабатывающего агрегата, обеспечивающую рациональную загрузку тракторов мощностью 400–450 л. с. при изменении глубины обработки агрегата от 6 до 30 см.

Основная часть

Известно, что для нормальной работы агрегата его тяговое сопротивление не должно превышать тяговое усилие трактора. Поскольку агрегат разрабатывается к тракторам мощностью 400–450 л. с., то проведем анализ тракторов указанной мощности, которые наиболее доступны и перспективны для Республики Беларусь.

С учетом сказанного, такими тракторами являются отечественный трактор «Беларус-452» и российские трактора АО «Петербургский тракторный завод» и АО «Ростсельмаш». Технические характеристики тракторов белорусского и российского производства мощностью 400–450 л. с. представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики тракторов белорусского и российского производства мощностью 400–450 л. с.

Наименование показателя	Значение показателя					
Завод-изготовитель	ПО «Минский тракторный завод»	АО «Петербургский тракторный завод»			АО «Ростсельмаш»	
Марка	«Беларус-452»	Кировец К-744Р4 Стандарт	Кировец К-744Р3 Премиум	Кировец К-744Р4 Премиум	RSM2400	RSM3435
Тип движителя (колесная формула)	Пневмоколесный (4К4)					
Модель (марка) двигателя	Catrpiller C13	ТМ 38481.10-04	Mersedes-Benz OM460LAE3A/4	Mersedes-Benz OM460LAE3A/3	Cummins OSM-11	Cummins OSX-15
Тип двигателя	6-цилиндровый рядный	8-цилиндровый V-образный	6-цилиндровый рядный			
Номинальная мощность, л. с. (кВт)	466 (343)	420 (309)	401 (295)	428 (315)	405 (298)	440 (324)
Номинальная частота вращения, об/мин	2 100	1 900	1 800	1 800	2 200	2 200
Рабочий объем, л	12,5	17,24	12,82	12,82	10,8	15
Максимальный крутящий момент коленчатого вала, Н·м	2 048	1 960	1 900	2 000	1 898	2 219
Удельный расход топлива, г/л. с.·ч (г/кВт·ч)	165 (224,5)	157 (213)	151 (205)	151 (205)	н. д.	н. д.
Габаритные размеры, мм:						
– общая длина;	6 863	7 350	7 350	7 350	7 340	7 606
– ширина (без спарки);	3 020	2 875	2 875	2 875	2 655	3 277
– высота	3 630	3 876	2 876	3 876	3 721	–

Анализ данных показывает, что из представленных в таблице 1 характеристик нельзя установить, к какому тяговому классу относятся данные трактора, а значит, и каким тяговым усилием они обладают.

В ГОСТ 27021-86 «Тракторы сельскохозяйственные и лесохозяйственные. Тяговые классы» приведен расчетный метод определения номинального тягового усилия трактора $P_{кр.ном}$, которое определяется по формуле [2]:

$$P_{кр.ном} = A m_3, \quad (1)$$

где A – коэффициент, устанавливаемый в зависимости от вида трактора (для сельскохозяйственных тракторов с колесной формулой 4К4 и эксплуатационной массой 2600 кг $A = 3,92 \times 10^{-3}$ [2]).

На основании представленных в таблице 1 значений эксплуатационной массы, ГОСТ 27021-86 и выражения (1) в таблице 2 приведены результаты расчета номинальных тяговых усилий, по ним определены тяговые классы тракторов.

Таблица 2 – Экспозиционные массы и номинальные тяговые усилия тракторов, тяговый класс трактора

Наименование показателя	Значение показателя					
	Беларус 4522	Кировец К-744Р4 Стандарт	Кировец К-744Р3 Премиум	Кировец К-744Р4 Премиум	RSM2400	RSM3435
Масса эксплуатационная, кг	17650	17500	17500	17500	17900	22070
Номинальное тяговое усилие, кН	69,18	68,6	68,6	68,6	70,17	86,5
Тяговый класс трактора	6	6	6	6	6	8

Анализируя полученные результаты (таблица 2), можно сделать вывод, что такие тракторы как «Беларус 4522», К-744 Р4 «Стандарт», К-744 Р3 «Премиум», К-744 Р4 «Премиум» и «RSM 2400» относятся к тяговому классу 6 и этих тракторов больше всего из представленных на территории РБ. Также следует отметить и то, что только один из тракторов этого класса – К-744 Р4 «Стандарт» снабжен своим двигателем, выпускаемым на ПАО «Тутаевский моторный завод» (РФ). Поэтому очевидно, что для агрегатирования разрабатываемого агрегата будут в основном использоваться трактора класса 6, для которых номинальное тяговое усилие согласно [2], а следовательно, сопротивление агрегата будет находиться в диапазоне 54–72 кН.

Удельное сопротивление агрегата $P_{\text{тяг}}$ можно определить как сумму составляющих тяговых сопротивлений каждого рабочего органа:

$$P_{\text{тяг}} = \frac{P_g}{a_g} + \frac{P_p}{a_h} + \frac{P_b}{a_b} + P_k, \quad (2)$$

где P_g – сопротивление диска, кН; a_g – ширина междуследия дисков, м; P_p – сопротивление рыхлительного рабочего органа, м; a_h – ширина междурядья рыхлительных рабочих органов, кН; P_b – сопротивление выравнивателей, м; a_b – среднее расстояние между выравнивателями, м; P_k – удельное сопротивление катка, кН/м.

Для прогнозирования тягового сопротивления рабочих органов для дискования, чизелевания и выравнивания используем модели, полученные в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» при динамометрировании различных рабочих органов в условиях республики. Так, модель, построенная для дисковых вырезных сферических дисков, имеет вид:

$$P_{\text{р.диск}} = 347,9776 + 0,056h^3 + 0,0559V^3 - 6,1158h, \quad (3)$$

где h – глубина обработки, м; V – рабочая скорость, км/ч.

Для рыхлительного рабочего органа на жесткой стойке модель предоставлена в виде:

$$P_{\text{р.рых.}} = 259,2463 + 3,3901h^2 + 0,0842V^3 - 31,3494h. \quad (4)$$

При использовании выравнивателей в виде дисков их тяговое сопротивление можно определить по формуле (3).

Удельное сопротивление кольчатого катка примем равными 0,6–0,8 кН/м [3], [4].

В результате расчетов установлено, что при изменении скорости движения от 6 до 15 км/ч и глубины обработки от 6 до 30 см тяговое сопротивление рабочих органов составляет:

- дисковых вырезных сферических дисков 0,352–0,427 кН;
- чизельных рыхлительных рабочих органов 0,720–2,282 кН;
- выравнивающих сферических дисков 0,352–0,367 кН;
- кольчатого катка 0,6–0,8 кН.

Тогда при ширине междурядья дисков 0,125 м, ширине междурядья разрыхлительных рабочих органов 0,353 м и среднем расстоянии между выравнивающими дисками 0,5 м удельное сопротивление агрегата с учетом формулы (2) составит:

$$P_{\text{тяг}}^{\min} = \frac{0,352}{0,125} + \frac{0,720}{0,353} + \frac{0,352}{0,5} + 0,6 = 6,156 \text{ кН/м.}$$

$$P_{\text{тяг}}^{\max} = \frac{0,427}{0,125} + \frac{2,282}{0,353} + \frac{0,367}{0,5} + 0,8 = 11,365 \text{ кН/м.}$$

С учетом минимального $P_{\text{тяг}}^{\min}$ и максимального $P_{\text{тяг}}^{\max}$ удельного тягового сопротивления агрегата, усилия трактора класса 6 и допустимого коэффициента (K) использования силы тяги трактора, который должен составлять 0,93 [4], определим предельное значение захвата агрегата (B_a):

$$B_a^{\min} = \frac{P_{\text{ТР}}^{\min}}{P_{\text{тяг}}^{\min}} \cdot 0,93. \quad (5)$$

$$B_a^{\max} = \frac{P_{\text{ТР}}^{\max}}{P_{\text{тяг}}^{\max}} \cdot 0,93. \quad (6)$$

Таким образом, для нормального агрегатирования и загрузки тракторов мощностью 400–450 л. с. почвообрабатывающий агрегат должен иметь ширину захвата 6–8 м.

Заключение

Ширина захвата перспективного почвообрабатывающего агрегата для обеспечения рациональной загрузки тракторов мощностью 400–450 л. с. при изменении глубины обработки агрегата от 6 до 30 см должна составлять 6–8 м.

Список использованных источников

1. Патент 13252 Республика Беларусь, МПК А01В 49/02, А01В 59/04. Универсальный почвообрабатывающий агрегат / Н. Д. Лепешкин, В. В. Мижурин, Д. И. Комлач ; заявитель РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – № u 20220217 : заявлено 19.09.2022 : опубл. 30.08.2023.
2. Тракторы сельскохозяйственные и лесохозяйственные. Тяговые классы : ГОСТ 27021-8 (СТ СЭВ 628-85). – М. : Издательство стандартов, 1986. – 8 с.
3. Веденяпин, Г. В. Эксплуатация машинно-тракторного парка / Г. В. Веденяпин, Ю. К. Киртбая, М. П. Сергеев. – М. : Издательство с.-х. литературы, журналов и плакатов, 1963. – 431 с.
4. Иофинов, С. А. Справочник по эксплуатации машинно-тракторного парка / С. А. Иофинов, Э. П. Бабенко, Ю. А. Зуев ; под общ. ред. С. А. Иофинова. – М. : Агропромиздат, 1985. – 272 с.