

УДК 631.372

ГРИБОВ ИВАН ВАСИЛЬЕВИЧ

E-mail: gribov-ivan2010@yandex.ru

ПЕРЕВОЗЧИКОВА НАТАЛЬЯ ВАСИЛЬЕВНА, канд. техн. наук, профессор

E-mail: perevoz68@mail.ru

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Российская Федерация

МОЩНОСТЬ – ОСНОВНОЙ ПОКАЗАТЕЛЬ ДЛЯ ТРАКТОРА ТЯГОВО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ КОНЦЕПЦИИ

Проведен расчет показателей номинальной мощности двигателя для тракторов ведущих мировых фирм при оптимальном весе с балластом и без него, а также предложен нормированный вес балласта с целью возможного использования трактора в смежных тяговых классах. Анализ показал, что номинальная мощность носит неупорядоченный, хаотический характер. Это объясняется отсутствием единого подхода к цели балластирования и выбору номинальной мощности с целью обеспечения эталонной энергонасыщенности. В настоящее время в технической литературе пока отсутствуют общепринятые рекомендации по этим вопросам. При таком разбросе основных параметров тракторов, представленных на рынке, потребителям трудно определиться с приобретением, не обладая необходимыми критериями правильного выбора трактора, который в большей степени подходит их предприятию. Хаотический характер данного процесса отрицательно сказывается в процессе хозяйственной эксплуатации на использовании потенциальных возможностей, свойственных конструкции трактора новой тягово-энергетической концепции. Назрела острая необходимость проведения соответствующих разработок в области теории конструирования и теории технологической эксплуатации трактора. В результате расчета сделаны выводы о целесообразности данного балласта и важности использования оптимальной мощности. Установлено, что при выборе трактора должна обеспечиваться полная реализация мощности двигателя через силу тяги, а так же трактор с полным балластом должен обладать эталонной энергонасыщенностью 1,5...1,6 кВт/кН.

Ключевые слова: номинальная мощность, вес трактора, балластирование, энергонасыщенность.

Введение. В настоящее время балластирование тракторов получило глобальный характер, применение догрузки балластом используется примерно 80% зарубежных моделей тракторов. Балласт необходим для нивелирования снижения материалоемкости современных тракторов.

В статье выполнен анализ номинальной мощности двигателя с применением балласта в полном объеме типоразмерного ряда тракторов ведущих тракторостроительных фирм.

Цель работы – определение оптимальной мощности двигателя трактора на стадии его проектирования.

Полная реализация мощности двигателя возможна только через силу тяги трактора и в ограниченном (агротехническими требованиями) диапазоне скоростей движения [1]. Если мощность двигателя (рис. 1) будет превышать соответствующее значение по отношению к весу трактора (рис. 2), то ее излишек не будет использован на большинстве сельскохозяйственных операций из-за ограничений по технологическим скоростям. При отклонении мощности в другую сторону трактор будет работать с пониженными скоростями

ми по сравнению с агротехнически допустимыми из-за недостатка мощности двигателя, и МТА не будет развивать потенциально возможную производительность.

Для тракторов новой тягово-энергетической технической концепции характерно рассогласование веса трактора и мощности двигателя, проявление «избытка» мощности по сравнению с необходимой для согласования ее с номинальной силой тяги (при ограничении агротехническими требованиями скорости). Такое рассогласование недопустимо для классической технической концепции (трактор – тягач) [2].

Материал и методы. Для оценки основных параметров трактора и уровня его балластирования используется понятие эталонной энергонасыщенности трактора и конкретное ее значение:

$$\mathcal{E}_{\text{т.э}} = \frac{\varphi_{\text{т.н}} v_{\text{т.н}}}{\eta_{\text{т}}}, \quad (1)$$

где $\varphi_{\text{т.н}}$ – коэффициент использования веса трактора при номинальном тяговом усилии ГОСТ 27021-86 [3]; $\eta_{\text{т}}$ – тяговый КПД трактора ГОСТ 4.40-84 [4].

Эталонная энергонасыщенность трактора должна строго выдерживаться в конструкции. Использование понятия эталонной энергонасыщенности трактора и ее конкретного значения, предложенное в работе [5], можно признать в целом корректным и практически полезным как базового параметра для оценки технической концепции трактора, а также для обоснования и оценки основных параметров (вес трактора и мощность двигателя) и уровня балластирования трактора.

$$\mathcal{E}_{\text{тр.э}} = \frac{N_{\text{э}}}{G_{\text{тр}}}, \quad (2)$$

где $N_{\text{э}}$ – эксплуатационная мощность двигателя, соответствующая номинальному тяговому усилию $P_{\text{кр.н}}$ трактора при работе на стерне колосовых с но-

минальной скоростью $v_{\text{тр.н}}$; $G_{\text{тр}}$ – эксплуатационный вес трактора без балласта.

Эксплуатационный вес балластируемого трактора определяют для двух вариантов: без балласта и с полным балластом.

$$G_{\text{тр}} = \frac{P_{\text{кр.н}}}{\varphi_{\text{кр.н}}}, \quad (3)$$

где $P_{\text{кр.н}}$ – нижнее значение номинального тягового усилия трактора без балласта; $\varphi_{\text{кр.н}}$ – коэффициент использования веса колесного трактора при номинальном тяговом усилии и работе на лущеной стерне. Значение коэффициента $\varphi_{\text{кр.н}}$ по ГОСТ 27021-86 (с учетом масштабных коэффициентов) составляет для тракторов 4К4 $\varphi_{\text{кр.н}} = 0,39$.

Результаты расчета мощности и веса трактора представлены в таблице.

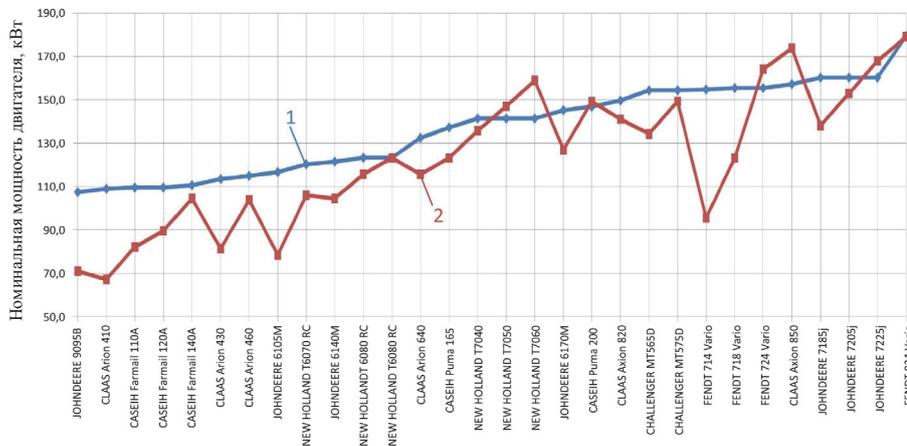


Рис. 1. Распределение номинальной мощности двигателя:

- 1 – расчетная номинальная мощность для представленных тракторов с балластом, кВт;
- 2 – номинальная мощность по паспорту представленных тракторов, кВт

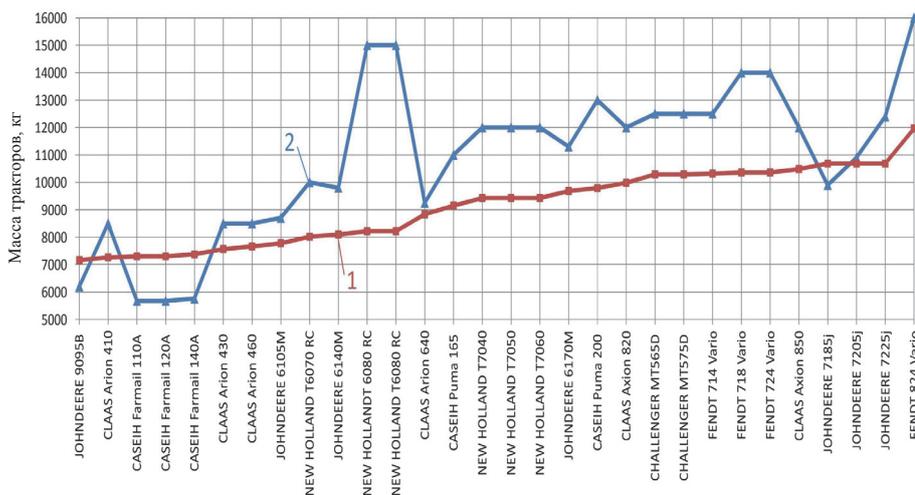


Рис. 2. Распределение массы тракторов:

- 1 – рекомендуемая масса для представленных тракторов с балластом, кг;
- 2 – паспортное значение массы представленных тракторов с балластом, кг

**Расчетные данные рекомендуемой мощности (N_p) и веса ($m_{тр.б}$)
для рассмотренных моделей тракторов [6-11]**

Модель трактора	$N_э$, кВт	N_p , кВт	$m_{тр}$, кг	$m_{тр.б}$, кг	$m_{тр.б}$, кг (расчет.)	$m_{тр}$, кг (расчет.)
JOHNDEERE9095B	71	107,4	4600	6200	7161,6	4661,6
CLAAS Arion 410	67	108,9	4699	8500	7261,3	4761,3
CASEIH Farmail 110A	82	109,5	4737	5670	7299,5	4799,5
CASEIH Farmail 120A	90	109,5	4737	5670	7299,5	4799,5
CASEIH Farmail 140A	104	110,6	4810	5760	7372,9	4872,9
CLAAS Arion 430	81	113,4	4998	8500	7562,1	5062,1
CLAAS Arion 460	104	114,9	5098	8500	7662,7	5162,7
JOHNDEERE6105M	78	116,6	5210	8700	7775,4	5275,4
NEW HOLLAND T6070 RC	106	120,3	5450	10000	8016,9	5516,9
JOHNDEERE6140M	104	121,5	5530	9800	8097,4	5597,4
NEW HOLLAND T6080 RC	116	123,3	5650	15000	8218,1	5718,1
NEW HOLLAND T6080 RC	123	123,3	5650	15000	8218,1	5718,1
CLAAS Arion 640	116	132,5	6259	9248	8830,9	6330,9
CASEIH Puma 165	123	137,3	6577	11000	9150,8	6650,8
NEW HOLLAND T7040	136	141,4	6850	12000	9425,5	6925,5
NEW HOLLAND T7050	147	141,4	6850	12000	9425,5	6925,5
NEW HOLLAND T7060	159	141,4	6850	12000	9425,5	6925,5
JOHNDEERE6170M	127	145,2	7105	11300	9682,1	7182,1
CASEIH Puma 200	149	146,8	7212	13000	9789,7	7289,7
CLAAS Axion 820	141	149,7	7400	12000	9978,9	7478,9
CHALLENGER MT565D	134	154,4	7711	12501	10291,8	7791,8
CHALLENGER MT575D	149	154,4	7711	12501	10291,8	7791,8
FENDT 714 Vario	96	154,7	7735	12500	10315,9	7815,9
FENDT 718 Vario	123	155,4	7780	14000	10361,2	7861,2
FENDT 724 Vario	164	155,4	7780	14000	10361,2	7861,2
CLAAS Axion 850	174	157,2	7900	12000	10481,9	7981,9
JOHNDEERE7185j	138	160,3	8101	9902	10684,2	8184,2
JOHNDEERE7205j	153	160,3	8101	10900	10684,2	8184,2
JOHNDEERE7225j	168	160,3	8101	12401	10684,2	8184,2
FENDT 824 Vario	179	179,4	9370	16000	11961,0	9461,0

Результаты и обсуждение. Номинальная мощность тракторов приведена на рисунке 1. Она построена на основе данных, взятых из каталогов ведущих мировых фирм, по тракторам последних лет выпуска, весом ($G_{тр}$) от 45 до 160 кН, что соответствует тяговому классу 2-3 по ГОСТ 27021-86, с мощностью двигателя ($N_э$) от 67 до 179 кВт. Всего в статье рассмотрено 30 тракторов двух тяговых классов – 2 и 3. Исходные данные по параметрам тракторов – мощность двигателя, масса трактора с балластом и без балласта – взяты из официальных каталогов фирм [6-11]. С учетом преобразования выражения (2) и использования данных

по весу трактора без балласта и с балластом рассчитана требуемая номинальная мощность, номинальная сила тяги трактора и энергонасыщенность с балластом и без балласта, а также рекомендованный вес.

Анализируя рисунки 1 и 2, 90% рассмотренных тракторов имеют номинальную мощность двигателя ниже расчетной для работы с балластом в смежном тяговом классе. Составление тракторного парка на основе рассмотренных тракторов экономически нецелесообразно. Стремление к одномарочности тракторов в предприятии ведет к сокращению расходов на покупку, ТО, ремонт тракторов и обучение трактористов.

Выводы

При выборе трактора как предмета приобретения целесообразно руководствоваться следующими правилами:

- трактор с полным балластом должен обладать эталонной энергонасыщенностью 1,5...1,6 кВт/кН;
- при выборе трактора должна обеспечиваться полная реализация мощности двигателя через силу тяги.

На графике 1 рисунка 2 приведена масса трактора с рекомендуемым балластом. Сравнительный анализ с графиком 2 показывает, насколько разнится вес балласта, используемый зарубежными фирмами, с весом, рассчитанным на основе метода исследования для оценки основных параметров эталонной энергонасыщенности трактора и конкретного ее значения. Такое положение отрицательно сказывается в процессе хозяйственной эксплуатации на использовании потенциальных возможностей, свойственных конструкции трактора нового поколения.

Библиографический список

1. Кутьков Г.М. Тракторы и автомобили. Теория и технологические свойства. М.: Инфра-М, 2014. 506 с.

2. Кутьков Г.М. Трактор второго поколения. М.: ФБГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина», 2013. 104 с.

3. ГОСТ 27021-86. Тракторы сельскохозяйственные и лесохозяйственные. Тяговые классы. М.: Издательство стандартов, 1986.

4. ГОСТ 4.40-84. Система показателей качества продукции. Тракторы сельскохозяйственные. Номенклатура показателей. М.: Издательство стандартов, 2003.

5. Чухчин Н.Ф., Мусин А.Р. Технологические и агротехнические основы развития МЭС как трактора второго поколения тягово-энергетической концепции. М.: ГОИТИ-НПО «НАТИ», 1983. С. 3-12.

6. Интернет-каталог CLAAS. URL: www.claas.ru.

7. Интернет-каталог FENDT. URL: www.fendt.ru.

8. Интернет-каталог NEWHOLLAND. URL: www.newholland.ru

9. Интернет-каталог JOHN DEERE. URL: www.johndeere.ru

10. Интернет-каталог CASE. URL: <https://www.caseih.com/emea/en-gb/products/tractor>.

11. Интернет-каталог CHALLENGER. URL: <http://www.challenger-ag.com/emea/ru/default.aspx>.

Статья поступила 06.07.2017

POWER AS THE MAIN INDICATOR FOR A TRACTOR OF TRACTIVE FORCE-AND-OUTPUT CONCEPT

IVAN V. GRIBOV

E-mail: gribov-ivan2010@yandex.ru

NATALIYA V. PEREVOZCHIKOVA, PhD (Eng), Professor

E-mail: perevoz68@mail.ru

Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Timiryazevskaya Str., 49, Moscow, 127550, Russian Federation

The authors have carried out calculation of the rated engine power for tractors of the world's leading companies at an optimal weight with and without ballast, and determined the normalized ballast weight allowing to use tractors in adjacent traction classes. The analysis has shown that rated power is disordered and chaotic by its nature. This is due to the lack of a unified approach to ballasting and selecting nominal capacity in order to provide required power-to-weight ratio. In technical literature, there are currently no generally accepted recommendations on these issues. With such a dispersion of the main parameters of tractors available on the market, it is difficult for consumers to determine which ones to purchase without having the necessary criteria for choosing the right tractor, which could be more suitable for their enterprise. The chaotic nature of this process adversely affects the economic use of opportunities inherent in the design of tractors of a new tractive force-and-output concept. There is an urgent need to carry out appropriate research in the theory of designing and technological operation of tractors. As a result of calculations performed, the authors have drawn conclusions on the feasibility of the considered ballast and the importance of using optimum power. It has been established that when selecting a tractor, full implementation of the engine power should be ensured through the traction force, and a tractor with full ballast should have a reference power-to-weight ratio of 1.5...1.6 kW / kN.

Key words: rated power, tractor weight, ballasting, power-to-weight ratio.

References

1. Kut'kov G.M. Traktory i avtomobili. Teoriya i tekhnologicheskiye svoistva [Tractors and automobiles. Theory and technological properties]. Moscow, Infa-M Press, 2014. 506 p. (in Rus.)
2. Kutkov G.M. Traktory vtorogo pokoleniya [Tractors of the second generation]. Moscow, FGOU VPO "MGAU imeni V.P. Goryachkina". 2013. 104 p. (in Rus.)
3. GOST 27021-86. Agricultural and forestry tractors. Traction classes. Moscow, Izdatelstvo standartov, 1986. (in Rus.)
4. GOST 4.40-84. System of product quality indicators. Agricultural tractors. Nomenclature of indicators. Moscow, Izdatelstvo standartov, 2003. (in Rus.)
5. Chukhchin N.F., Musin A.R. Tekhnologicheskiye i agrotekhnicheskiye osnovy razvitiya MES kak traktora vtorogo pokoleniya tyagovo-energeticheskoy kontseptsii [Technological and agronomic basis for the development of a MES tractor as a second-generation tractor of a traction-energy concept]. Moscow, GONTI-NPO NATI. 1983. Pp. 3-12 (in Rus.)
6. The CLAAS online catalogue. URL: www.claas.ru
7. The FENDT online catalogue. URL: www.fendt.ru
8. The NEWHOLLAND online catalogue. URL: www.newholland.ru
9. The JOHN DEERE online catalogue. URL: www.johndeere.ru
10. The CASE online catalogue. URL: www.case.ru
11. The CHALLENGER online catalogue. URL: www.challenger.ru

The paper was received on July 6, 2017

УДК 629.017

DOI 10.26897/1728-7936-2017-5-22-28

ЩИГОЛЕВ СЕРГЕЙ ВИКТОРОВИЧ

E-mail: sergeysch127@mail.ru

ЛОМАКИН СЕРГЕЙ ГЕРАСИМОВИЧ, канд. техн. наук, профессор

E-mail: irina17-12-69@mail.ru

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Российская Федерация

ВЛИЯНИЕ ДЕФОРМАЦИИ ШИН НА ПОПЕРЕЧНУЮ СТАТИЧЕСКУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

Проведены теоретические и экспериментальные исследования деформации шин зерноуборочного комбайна «Вектор-410», укомплектованного шинами 28LR26 Бел-83М. Теоретически рассмотрено влияние величины деформации шин на смещение центра масс машины при ее боковом крене. Для комбайна «Вектор-410» рассчитан угол поперечной статической устойчивости без учета деформации шин, который составил примерно 30 градусов. Определено, что при таком угле крена на ведущее колесо, находящееся ниже по склону, будет действовать нормальная сила порядка 55 кН, что вызовет нормальный прогиб шины около 102 мм при давлении в ней 0,16 МПа. При этом нагрузка на противоположную шину и ее прогиб будет стремиться к нулю, в результате чего возникает дополнительный крен машины приблизительно на 2 градуса, а центр масс сместится примерно на 58 мм в сторону уклона и приподнимется на 8 мм. Это приведет к уменьшению расчетного значения угла статической устойчивости до 28,3 градуса, что меньше угла, рассчитанного без учета деформации шин, на 6,3%. Если в результате боковой деформации шин машина сместится вдоль склона на 50 мм, то расчетное значение угла поперечной статической устойчивости уменьшится до 27,4 градуса, что меньше угла, рассчитанного без учета деформации шин, на 9,3%. Эмпирически подтвердили, что деформация шин может сильно сказаться на безопасности эксплуатации зерноуборочного комбайна.

Ключевые слова: поперечная устойчивость, деформация шины, центр масс, балансирный мост управляемых колес, зерноуборочный комбайн.

Введение. На безопасность работы зерноуборочных комбайнов при выполнении как технологического, так и транспортного процессов влияют его конструктивные параметры и распределение