

УДК 631.372

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ ДВИГАТЕЛЯ
МОТОБЛОКА С УЧЕТОМ ВИДА ВЫПОЛНЯЕМОЙ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОПЕРАЦИИ**

Синицкий С. А., кандидат технических наук, доцент

E-mail: Stanislavsin@mail.ru

Луканихин С. А., магистрант

E-mail: Iukanikhin@list.ru

Хусаенов Т. Л., магистрант

E-mail: khtimurei@gmail.com

Хисамов А. И., магистрант

E-mail: Artur.ilgamovich@yandex.ru

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Казанский государственный аграрный университет» г. Казань, Россия

Аннотация. При выполнении сельскохозяйственных работ на приусадебных участках и малых фермерских и крестьянских хозяйствах для снижения трудоемкости широко применяются средства малой механизации, к которым относятся мотокультиваторы, мотоблоки и мини-трактора. Из-за ряда ограничений, связанных с условиями их эксплуатации, наибольшее распространение получили мотоблоки. В свою очередь мотоблоки можно разделить на несколько категорий по массе и по мощности двигателя. Для обоснования оптимальных параметров мотоблока предлагается провести теоретические расчеты по соотношению мощности двигателя мотоблока с учетом его массы и вида выполняемых работ. По результатам расчетов можно сказать, что при выполнении сельскохозяйственной операции (пахота) наблюдается недостаточная масса мотоблока и плохое сцепление с почвой колес на пневматических шинах, что не позволяет реализовать в полном объеме мощность двигателя.

Ключевые слова: мотоблок, двигатель внутреннего сгорания, мощность.

**DETERMINING THE OPTIMAL ENGINE POWER OF
A ROTOVATOR, TAKING INTO ACCOUNT THE TYPE OF
AGRICULTURAL OPERATION PERFORMED**

Sinitskiy S. A., candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: Stanislavsin@mail.ru

Lykanihin S. A., master's student

E-mail: Iukanikhin@list.ru

Khusaenov T. L., master's student

E-mail: khtimurei@gmail.com



Hisamov A. I., master's student

E-mail: Artur.ilgamovich@yandex.ru

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Kazan State Agrarian University», Kazan, Russia

Annotation. When performing agricultural work on personal plots and small farms and peasant farms, small-scale mechanization tools, which include motor-cultivators, rotovators and mini-tractors, are widely used to reduce labor intensity. Due to a number of restrictions associated with their operating conditions, rotovators have become most widespread. In turn, rotovators can be divided into several categories based on their weight and engine power. To validate the optimal parameters of a rotovator, it is proposed to carry out theoretical calculations on the ratio of the engine power of a rotovator, taking into account its weight and the type of work performed. Based on the calculation results, we can say that when performing an agricultural operation (plowing), there is insufficient weight of the walk-behind tractor and poor adhesion of the wheels on pneumatic tires to the soil, which does not allow the engine power to be fully realized.

Keywords: rotovator, internal combustion engine, power.

Введение. В приусадебных хозяйствах и малых фермерских хозяйствах для снижения трудоемкости и повышения производительности при выполнении некоторых видов работ стали широко применяться средства малой механизации. К данным средствам можно отнести мотокультиваторы, мотоблоки и мини-трактора [1, 2, 3].

На наш взгляд, очень большую нишу в этом разнообразии технике занимают мотоблоки. Это обусловлено их универсальностью как при выполнении сельскохозяйственных операций, так и возможностью выполнения транспортных работ. При работе с мотоблоком для большинства вида работ не требуется от работника наличие прав тракториста, что положительно сказывается на широком его применении по сравнению с мини-тракторами [4, 5].

Для регламентирования параметров средств малой механизации имеется ГОСТ 28523-90 «Мобильные средства малой механизации сельскохозяйственных работ», который классифицирует малогабаритные тракторы (одноосные – мотоблоки и двухосные) [6].



Таблица 1 – Технические характеристики малогабаритных тракторов

Типы МГТ	Конструкционная масса, кг +15%	Номинальная мощность двигателя, кВт	Максимальная скорость, км/ч		Ширина колеи, мм, не более	Агротехнический просвет, мм, не менее
			рабочая	транспортная		
малогабаритные трактора одноосные (мотоблоки)						
Легкий	До 70	До 3	6	15*	700	130
Средний	До 100	До 5				150
Тяжелый	Св. 100	Св. 5				300

* в агрегате с прицепом

Проведя сравнительный анализ данных ГОСТ 28523-90 и существующих моделей мотоблоков, можно сделать вывод, что для мотоблоков легкой и средней серии мощность двигателя занижена на 15-25%. В то же время некоторые мотоблоки средней серии имеют значительную мощность двигателя (7,5-8,5 кВт), которую они не могут реализовать в полном объеме при выполнении большинства вида работ [7, 8, 9].

Поэтому обоснование оптимальной мощности двигателя мотоблока с учетом вида выполняемых сельскохозяйственных операций является актуальным.

Методика. Особенностью работы с мотоблоком является то, что в большинстве случаев оператор следует пешком за мотоблоком, на котором установлено сельскохозяйственное орудие. Поэтому рабочая скорость не должна превышать 1,7 м/с (6 км/час). Но наиболее оптимальной скоростью продолжительного хождения для человека является 4-5 км/ч, что составляет 1,1-1,38 м/с. Поэтому в дальнейших расчетах будем принимать максимальную рабочую скорость движения мотоблока 1,5 м/с [10, 11, 12].

При проведении теоретических расчетов не рассматриваются транспортные виды работ.



Используя уравнение мощностного баланса тягового транспортного средства мощность двигателя мотоблока можно записать в виде выражения (кВт) [13]:

$$N_e = N_{кр} + N_f + N_\delta + N_{TP} \pm N_\alpha \pm N_J + N_w \quad (1)$$

где $N_{кр}$ – мощность на крюке, кВт;

N_f – потери мощности на передвижении, кВт;

N_δ – потери мощности на буксование, кВт;

N_{TP} – потери мощности в трансмиссии, кВт;

N_α – потери мощности на преодоление подзема, кВт;

N_J – потери мощности на преодоление сил инерции, кВт;

N_w – потери мощности на преодоление силы сопротивления воздуха, кВт.

Принимая допущения, что мотоблок движется по ровной поверхности с постоянной небольшой скоростью и разложив исходные данные на составляющие, то уравнение (1) можно записать в виде:

$$N_e = \frac{V_T \cdot (P_{кр} + m_\varepsilon \cdot g \cdot f(1 - \delta))}{1000 \cdot \eta_{TP}} \quad (2)$$

где V_T – теоретическая скорость движения мотоблока, м/с;

$P_{кр}$ – тяговое усилие на крюке мотоблока, Н;

m_ε – эксплуатационная масса мотоблока, кг;

δ – коэффициент буксования ведущих колес мотоблока;

f – коэффициент сопротивления перекатыванию мотоблока по заданному агрофону.



Тяговое усилие на крюке трактора при выполнении сельскохозяйственной операции (пахота) можно определить с помощью рациональной формулы В. П. Горячкина [10]:

$$P_{KP} = f_{\Pi} \cdot G_{\Pi} + (k + \varepsilon \cdot (V_T \cdot (1 - \delta))^2) \cdot a \cdot b \cdot n_{\Pi} \quad (3)$$

где f_{Π} – общий коэффициент трения плуга при его перемещении.

G_{Π} – вес плуга, Н;

k – удельное сопротивление почвы, Н/м²;

ε – коэффициент учитывающий свойства почвы и скорость ее отбрасывания, кг·с²/м⁴;

a – глубина пахоты, м;

b – ширина захвата одного корпуса плуга, м;

n_{Π} – число корпусов плуга, Н.

В тоже время при работе мотоблока необходимо исключить чрезмерное буксование его колес на низшей передаче [13, 14].

Для удовлетворения данных требований должно выполняться следующее условие:

$$\frac{30 \cdot N_e \cdot i_{Tp1} \cdot \eta_{mp}}{\pi \cdot n_e \cdot r_k} \leq P_{\varphi_{max}} = \varphi \cdot \lambda_k \cdot m_{\Sigma} \cdot g \cdot K_{\Pi}, \quad (4)$$

где λ_k – коэффициент распределения массы на ведущие колеса;

φ – коэффициент сцепления ведущих колес с почвой;

K_{Π} – коэффициент, учитывающий догружение ведущих колес от сил действующих на плуг.

Таким образом:



$$N_e \leq \frac{\pi \cdot n_e \cdot r_k \cdot \varphi \cdot \lambda_k \cdot m_{\text{Э}} \cdot g \cdot K_{\text{П}}}{30 \cdot i_{\text{Тр1}} \cdot \eta_{\text{тр}}} \quad (5)$$

Выразив частоту вращения коленчатого вала двигателя через теоретическую скорость и подставив это выражение в уравнение 5, получим следующее выражение:

$$N_e \leq \frac{V_{\text{Т}} \cdot \varphi \cdot \lambda_k \cdot m_{\text{Э}} \cdot g \cdot K_{\text{П}}}{\eta_{\text{тр}}} \quad (6)$$

В таблице 2 представлены значения параметров и коэффициент, необходимые для проведения теоретических расчетов применительно к мотоблоку МБ2.

Таблица 2 – Значения параметров и коэффициентов

Название параметра (коэффициента)	Обозначение	Диапазон значений	Принятое значение для расчетов
1	2	3	4
Теоретическая скорость движения мотоблока, м/с	$V_{\text{Т}}$	1,1...1,38	0,7...1,5
Эксплуатационная масса мотоблока, кг	$m_{\text{Э}}$	70...100	95
Коэффициент буксования ведущих колес мотоблока	δ	0,1...0,15	0,15
Коэффициент сопротивления перекачиванию мотоблока по заданному агрофону	f	0,12...0,18	0,18
Общий коэффициент трения плуга при его перемещении	$f_{\text{П}}$	0,5...0,9	0,8
Вес плуга, Н	$G_{\text{П}}$	40...100	80
Удельное сопротивление почвы, Н/м ²	k	20000...50000	40000
коэффициент учитывающий свойства почвы и скорость ее отбрасывания, кг·с ² /м ⁴	ε	150...200	180
Глубина пахоты, м	a	0,16...0,22	0,2
Ширина захвата одного корпуса плуга, м	b	0,2	0,2



Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
Число корпусов плуга, Н	$n_{\text{П}}$	1	1
Коэффициент распределения массы на ведущие колеса	$\lambda_{\text{К}}$	0,7...0,95	0,95
Коэффициент сцепления ведущих колес с почвой	φ	0,5...0,8	0,8
КПД трансмиссии мотоблока	$\eta_{\text{ТР}}$	0,75...0,85	0,8
Коэффициент, учитывающий догружение ведущих колес от сил действующих на плуг	$K_{\text{П}}$	1,1...1,5	1,4

Результаты. По представленным данным были произведены расчеты и построены графики, которые представлены на рисунке 1.

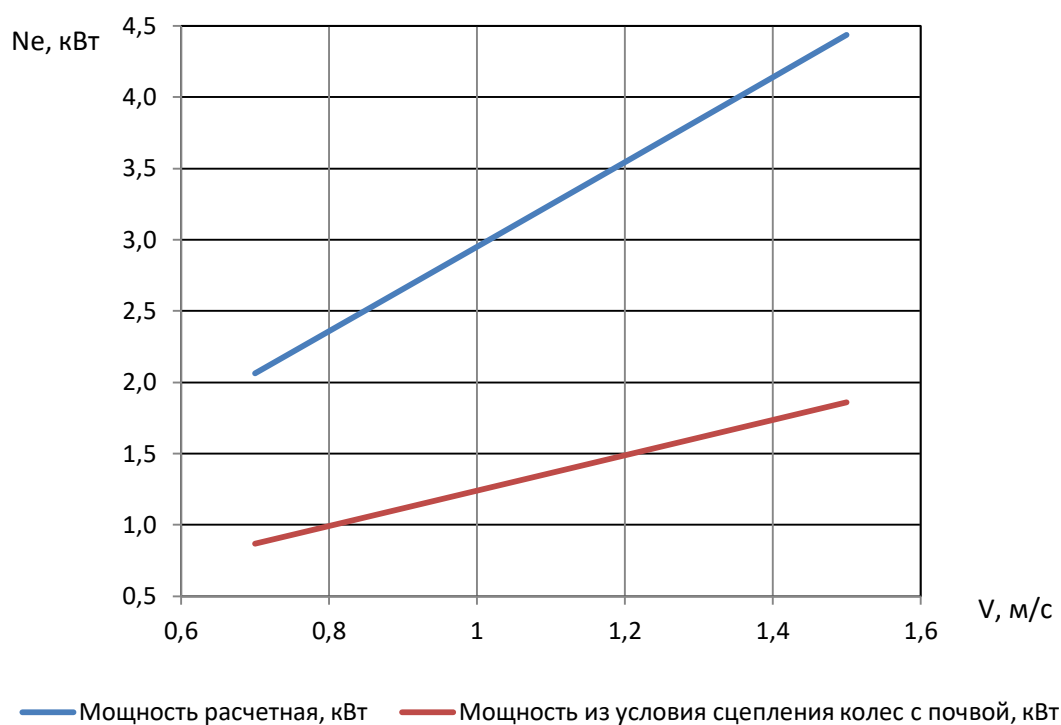


Рисунок 1 – График изменения мощностей от скорости движения мотоблока

Выводы. Как видно из графика, мощность двигателя мотоблока из условия сцепления колес с почвой почти в два раза меньше мощности, необходимой для осуществления пахотных работ. Это в первую очередь



обусловлено недостаточным весом самого мотоблока, а также плохим сцеплением штатных колес на пневматических шинах с почвой.

Поэтому при выполнении данного вида работ необходимо использовать специальные колеса, которые оборудованы грунтозацепами и утяжелителями, а на тяжелых почвах дополнительно навешивать груз.

Список источников

1. Сеницкий С. А., Сеницкая Ю. С. Классификация и сравнительный анализ мобильных средств малой механизации в сельскохозяйственном производстве // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы : труды IV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Волкова И.Е., Казань, 04 июня 2021 г. Казань : Казанский государственный аграрный университет, 2021. С. 126–130.
2. Сеницкая Ю. С., Сеницкий С. А., Лукманов Р. Р. Анализ схем механизмов привода трансмиссии средств малой механизации // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса : научные труды Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мудрова П.Г., Казань, 28–29 окт. 2021 г. Казань : Казанский государственный аграрный университет, 2021. С. 194–198.
3. Мухамадьяров Ф. Ф., Лопарев А. А., Судницын В. И. Экологические и энергетические аспекты использования пропашных тракторов. Казань : Казанский (Приволжский) федеральный университет, 2004. 128 с. ISBN 5-7464-0558-2.
4. Общее понятие программы движения машинно-тракторного агрегата и динамические ошибки возникающие при этом / С. А. Сеницкий, Р. Р. Лукманов, А. И. Хисамов, Ю. С. Сеницкая // Современное состояние и



- перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса : научные труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мартьянова А.П., Казань, 27–28 окт. 2022 г. / Казанский государственный аграрный университет. Казань : Казанский государственный аграрный университет, 2022. С. 293–299.
5. Мухамадьяров Ф. Ф. Вопросы энергоресурсосбережения в растениеводстве // Владимирский земледелец. 2010. № 3. С. 10–14.
 6. ГОСТ 28523-90 Мобильные средства малой сеханизации сельскохозяйственных работ. Тракторы малогабаритные. Типы и основные параметры : межгосударственный стандарт. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200023741> (дата обращения: 26.11.2023)
 7. Исследования распределения инерционных сил в машинно-тракторном агрегате / С. А. Сеницкий, Р. Р. Лукманов, С. А. Луканихин, Е. С. Сеницкая // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса : научные труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мартьянова А.П., Казань, 27–28 окт. 2022 г. / Казанский государственный аграрный университет. Казань : Казанский государственный аграрный университет, 2022. С. 317–323.
 8. Гребнев А. В. Алгоритм расчета характеристик тепловыделения дизеля // Науке нового века – знания молодых : материалы Международной научно-практической конференции. Киров : Вят. ГСХА, 2012. Ч. 2 : Технические и экономические науки. С. 7-8.
 9. Лиханов В. А., Лопатин О. П., Юрлов А. С. Исследование нагрузочных режимов токсичности отработавших газов тракторного дизеля, работающего на метаноле и метиловом эфире рапсового масла // Вестник



- Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 3 (10). С. 95–98. DOI 10.17022/j4tr-sq31.
10. Поливаев О. И., Костиков О. М. Испытание сельскохозяйственной техники и энергосиловых установок : учебное пособие. 2-е изд., стер. СПб. : Лань, 2022. ISBN 978-5-8114-2108-4. Текст : электронный // Лань. URL: <https://e.lanbook.com/book/209738> (дата обращения: 27.11.2023). Режим доступа: для авториз. пользователей.
 11. Современные почвообрабатывающие машины: регулировка, настройка и эксплуатация : учебное пособие / А. Р. Валиев, Б. Г. Зиганшин, Ф. Ф. Мухамадьяров [и др.]. 2-е изд., стер. СПб. : Лань, 2020. 264 с. ISBN 978-5-8114-5548-5.
 12. Valiev, A. Study of soil stratum deformation by disc cultivator / A. Valiev, F. Muhamadyarov // Engineering for Rural Development : Proceedings, Jelgava, 25–27 мая 2016 года. Vol. 15. – Jelgava: Latvia University of Agriculture, 2016. – P. 1378-1385.
 13. Поливаев О. И., Гребнев В. П., Ворохобин А. В. Теория трактора и автомобиля : учебник. СПб. : Лань, 2022. ISBN 978-5-8114-2033-9. Текст : электронный // Лань. URL: <https://e.lanbook.com/book/212306> (дата обращения: 27.11.2023). Режим доступа: для авториз. пользователей.
 14. Мухамадьяров Ф. Ф., Шмаков В. А. К вопросу об исследовании начала возникновения скольжения пневматических шин // Улучшение эксплуатационных показателей мобильной энергетики : материалы I Всероссийской научно-практической конференции "Наука – Технология – Ресурсосбережение" и 54-ой научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава и аспирантов инженерного факультета Вятской ГСХА, посвященной 55-летию инженерного факультета, Киров, 06–07 февр. 2007 г. Киров : Вят. ГСХА, 2007. Выпуск 7. С. 179–182.

