

УДК 631.3-181.4

С.В. СТАШЕВСКИЙ

директор¹

E-mail: svvs@cricuwr.by

Ан.А. СИЛЬЧЕНКО, канд. техн. наук, доц.

заместитель директора по научной работе¹

E-mail: anatolsilchenko@gmail.com

Ал.А. СИЛЬЧЕНКО, магистр техники и технологии

научный сотрудник сектора государственной регистрации НИОК(Т)Р отдела научно-методического обеспечения реестров научно-технической деятельности²

E-mail: alexpower@gmail.com

¹Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов,

г. Минск, Республика Беларусь

²Белорусский институт системного анализа и информационного обеспечения научно-технической сферы,

г. Минск, Республика Беларусь

Поступила в редакцию 11.01.2023.

РАСЧЕТНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЗНАЧЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ТЯГОВЫЕ СВОЙСТВА ОДНООСНОГО МОБИЛЬНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СРЕДСТВА ТОЛКАЮЩЕГО ТИПА

Целью работы является исследование статических показателей толкающего агрегата на базе одноосного мобильного энергетического средства. Проведен анализ влияния параметров балластирования и тяговой нагрузки на реакцию колеса, реакцию опорной пяты плуга, коэффициент распределения веса, усилие на рукоятках управления. С использованием средств программного обеспечения MATLAB реализована компьютерная модель, позволяющая учитывать влияние различных параметров толкающего агрегата при их изменении на его статические показатели. Установлено, что в толкающем агрегате на базе ОМЭС увеличение веса балластных грузов G_0 увеличивает догрузку ведущих колес, улучшая тягово-сцепные свойства агрегата по сравнению с тяговым агрегатом на базе ОМЭС. Показано, что увеличение тяговой нагрузки R_x и расстояния a_n до сельхозорудия приводит к увеличению нагрузки на ведущие колеса и рукоятки управления, вес балластных грузов составляет 0,07...0,35 кН, что меньше, чем для тягового агрегата на базе ОМЭС (0,1...0,45 кН).

Ключевые слова: статические показатели агрегата, фронтальная навеска, толкающий агрегат, тяговая нагрузка, программное средство, балластный груз, опорная пята плуга

DOI: <https://doi.org/10.46864/1995-0470-2023-2-63-25-30>

Введение. Теоретические основы общей динамики тракторов в составе машинно-тракторного агрегата (МТА) изложены в работах Чудакова Д.А., Гуськова В.В., Скотникова В.А., Кацыгина В.В., Горина Г.С. [1–4, 20]. В указанных источниках представлена общая динамика колесных (двухосных) и (или) гусеничных тракторов в агрегате с сельскохозяйственным орудием (машиной).

Ранее были проведены [5, 6] исследования для тягового агрегата на базе одноосного мобильного энергетического средства. С использованием средств программного обеспечения MATLAB была реализована компьютерная модель, позволяющая учитывать влияние различных параметров тягового агрегата при их изменении на его статические показатели. Названные исследования

позволили получить параметры тягового агрегата в составе одноосного мобильного энергетического средства и сельхозорудия.

Целью данной работы является исследование статических показателей толкающего агрегата на базе одноосного мобильного энергетического средства. В настоящей работе проведен анализ влияния параметров балластирования и тяговой нагрузки на реакцию колеса, реакцию опорной пяты плуга, коэффициент распределения веса, усилие на рукоятках управления. С использованием программного средства MATLAB разработаны компьютерные модели, позволяющие учитывать влияние различных параметров толкающего агрегата при их изменении на его статические показатели.

Теоретические основы и постановка задачи. В настоящей работе рассмотрены статические показатели толкающего одноосного мобильного энергетического средства (ОМЭС) в составе агрегата с плугом ПЛ-1 с модернизированным навесным устройством к мотоблоку МТЗ – 08(09) Минского тракторного завода (далее — сельхозорудие).

ОМЭС — одноосное мобильное энергетическое средство малой механизации для приусадебных, тепличных, фермерских хозяйств, применяемое на мобильных и стационарных процессах растениеводства, животноводства и коммунально-бытовой сферы [7–19].

В статье представлены уравнения, расчетная схема сил, расчетные параметры толкающего агрегата на базе ОМЭС, а также результаты обработки моделей с помощью программного средства MATLAB, позволяющие анализировать влияние различных параметров толкающего агрегата и тяговой нагрузки при их изменении на статические показатели толкающего агрегата на базе ОМЭС.

Под толкающим агрегатом в общем случае понимаем совокупность ОМЭС с сельхозорудием (плугом) на фронтальной навеске (далее — ОМЭС толкающего типа).

Под тяговым агрегатом [5, 6] понимаем совокупность ОМЭС с плугом на задней навеске (далее — ОМЭС тягового типа).

У ОМЭС тягового типа с ростом тяговой нагрузки сельхозорудие догружается, что приводит к увеличению сил трения и дополнительным потерям мощности на передвижение [5]. С целью снижения «паразитных» сил используется ОМЭС толкающего типа с фронтальной навеской сельхозорудия. Расчетная схема последнего показана на рисунке 1. Под «паразитной» силой понимается сила трения полевой доски сельхозорудия, возникающая при перераспределении части веса с одноосного ОМЭС на рабочий орган сельхозорудия.

Принимаем, что ОМЭС толкающего типа жестко соединен с сельхозорудием, т. е. является составной частью агрегата. Цель исследований — установить, как с ростом внешних сил и моментов, действующих на сельхозорудие, изменяются нормальные реакции опорной поверхности на колесах ОМЭС и опорной пяте сельхозорудия. Обычно сельхозорудия, агрегируемые с ОМЭС, не имеют опорных колес. Вес сельхозорудия воспринимается опорной пятой полевой доски плуга. К последней приложим реакцию Y_n .

При неустановившемся движении (ускоренном или замедленном) на толкающий агрегат действуют следующие силы [4] (см. рисунок 1):

- веса ОМЭС G , колесных балластных грузов $G_{бк}$, заднего балластного груза $G_б$ и сельхозорудия G_n соответственно;

- инерции поступательно движущихся и вращающихся масс трансмиссии ОМЭС P_j (согласно проведенным исследованиям [2] моментами, создаваемыми силами инерции, а также сопротивлением воздуха пренебрегаем в виду относительно небольшой скорости движения толкающего ОМЭС в агрегате с сельхозорудием);

- тягового сопротивления агрегируемого сельхозорудия $P_{тяг}$;

- реакции грунта, приложенные к движителям ОМЭС:

- Y_k — нормальная к опорной поверхности,
- X_k — толкающая.

Силу веса сельхозорудия (плуга) приложим в центре тяжести на продольном расстоянии a_n от оси колеса ОМЭС.

Положение центра тяжести ОМЭС на рисунке 1 определяем двумя координатами: a — расстоянием по горизонтали от центра тяжести ОМЭС до оси ведущих колес; h — высотой центра тяжести до опорной поверхности колес. Координаты центра тяжести заднего балластного груза определяются соответственно расстояниями $a_б$ и $h_б$. Центр

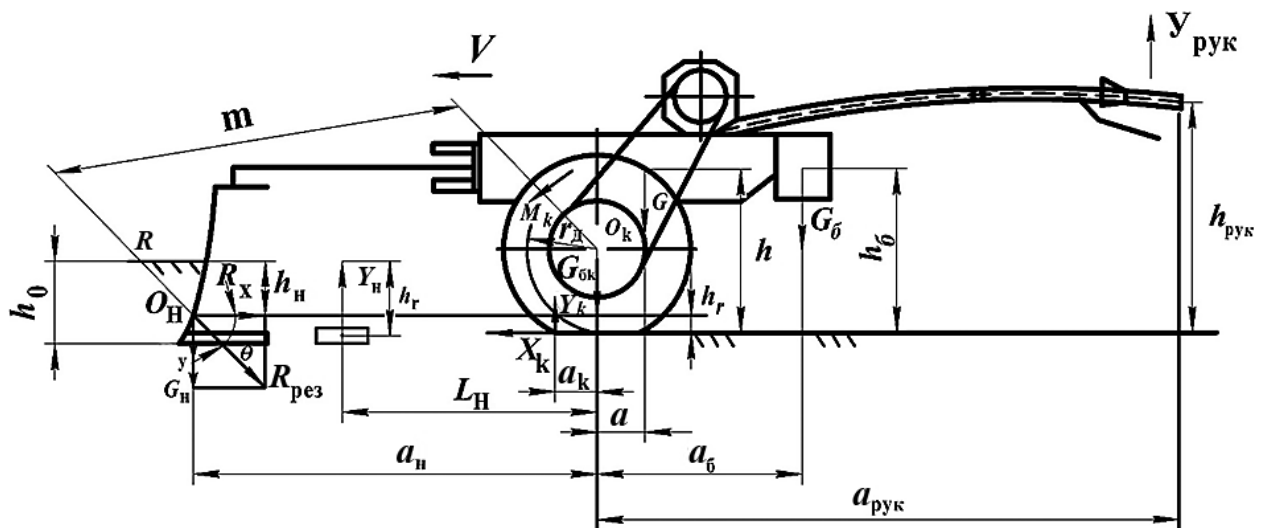


Рисунок 1 — Расчетная схема сил толкающего агрегата на базе ОМЭС
 Figure 1 — Design scheme of the forces of the pushing unit based on the UMPV

тяжести колесного балласта приложен к оси колеса O_k (см. рисунок 1).

Из рисунка 1 следует

$$\begin{aligned} \sum X &= 0; R_x = X_k; \\ \sum Y &= 0; R_x \cdot \text{tg}\theta - Y_k + G + G_6 \pm Y_{\text{рук}} = 0; \\ \sum M_{O_k} &= 0; R_x \cdot (r_d - h_r) + R_x \cdot \text{tg}\theta \cdot a_n - G \cdot a - Y_{\text{рук}} \cdot a_{\text{рук}} - \\ &- G_6 \cdot a_6 - X_k \cdot r_d - Y_k \cdot a_k = 0. \end{aligned}$$

Усилия на рукоятках управления ОМЭС толкающего типа во время выполнения технологического процесса:

$$Y_{\text{рук}} = [R_x \cdot (r_d - h_r + \text{tg}\theta \cdot a_n) - G \cdot a - G_6 \cdot a_6 - G_{\text{ок}} \cdot a_{\text{ок}} - M_k] / a_{\text{рук}} \quad (1)$$

Тогда нормальная реакция, действующая на колеса толкающего ОМЭС, равна

$$Y_k = R_x \cdot \text{tg}\theta + Y_{\text{рук}} + G + G_6 \quad (2)$$

В статике в транспортном положении толкающий ОМЭС балластируют так, чтобы опрокидывающий момент силы веса орудия G_n уравновешивался аналогичным моментом силы веса с помощью балластных грузов G_6 :

$$G \cdot a + G_6 \cdot a_6 = G_n \cdot a_n \quad (3)$$

В статике в рабочем положении нормальная реакция, действующая на колеса толкающего ОМЭС, с учетом веса навесного сельхозорудия равна

$$Y_k^{\text{ст}} = G + G_n + G_6 + G_{\text{ок}} \quad (4)$$

Из рисунка 1 следует

$$G_n \cdot a_n - G \cdot a - G_6 \cdot a_6 \pm Y_{\text{рук}} \cdot a_{\text{рук}} = 0 \quad (5)$$

Тогда коэффициент распределения нормальной нагрузки:

$$\lambda = (G \cdot a + G_6 \cdot a_6) / G_n \cdot a_n = M_{\text{ст}} / M_{\text{опр}} \quad (6)$$

где $M_{\text{опр}} = G_n \cdot a_n$; $M_{\text{ст}} = G \cdot a + G_6 \cdot a_6$.

Тогда

$$G_n \cdot a_n (1 - \lambda) = Y_{\text{рук}} \cdot a_{\text{рук}} \quad (7)$$

Общий вес МТА (вес ОМЭС, балластных грузов, навесного сельхозорудия):

$$G + G_6 + G_n = G_{\text{общ}} \quad (8)$$

Кроме того, горизонтальная составляющая результирующей силы $R_{\text{рез}}$ также уравновешена толкающей реакцией.

$$\sum X = 0; X_k = R_x.$$

Таким образом, реакция $Y_{\text{рук}}$ догружает колеса толкающего ОМЭС.

Толкающий ОМЭС легче тягового, т. к.:

- меньше на значение «паразитной» силы тяговое сопротивление;
- ведущее колесо катится по дну борозды и имеет лучшие тягово-цепные показатели;
- ведущее колесо догружается усилием $Y_{\text{рук}}$.

Таблица — Расчетные параметры толкающего агрегата на базе ОМЭС

Table — Design parameters of the pushing unit based on the UMPV

Параметры разработанного толкающего агрегата на базе ОМЭС	Значение
G , кН	0,8
G_n , кН	0,2
G_6 , кН	0,17; 0,34; 0,51
a , м	0,06
a_n , м	0,33; 0,50
a_6 , м	0,2
$a_{\text{рук}}$, м	0,75
h , м	0,31
h_r , м	0,1
r_k , м	0,175; 0,225
θ , °	28

Расчетные параметры толкающего агрегата на базе ОМЭС приведены в таблице.

Проведенные исследования показали, что тяговые свойства агрегата на базе толкающего ОМЭС существенно зависят от конструктивных параметров ОМЭС и условий работы.

Материалы и оборудование. В целях определения параметров агрегата на базе ОМЭС в исследованиях использовалось программное средство MATLAB для расчета компьютерных моделей, что позволяет учитывать влияние различных характеристик агрегата в различных условиях его работы на статические показатели и оптимизировать конструктивные показатели ОМЭС, обеспечивающие работу с максимальным КПД агрегата.

На рисунке 2 представлено активное рабочее окно программного средства MATLAB, реализующего компьютерные модели в целях выбора параметров для агрегата на базе ОМЭС толкающего типа. Исходные данные для обработки компьютерной модели разбиты на 3 группы:

- данные двигателя (мощность, обороты);
- параметры агрегата (вес ОМЭС, длина, высота рукояток управления, радиус колес);
- условия работы (коэффициент сопротивления перекатыванию колеса, коэффициент сцепного веса колеса, рабочая скорость).

В группе параметров толкающего агрегата на базе ОМЭС можно указывать либо фиксированное значение, либо границы диапазона значений для подбираемых параметров. В группе условий работы также можно указывать либо фиксированное значение, либо границы диапазона значений для анализа их влияния. В результате обработки компьютерной модели на основе программного обеспечения MATLAB формируется отчет в виде таблиц расчетных значений и графиков. Форма представления результатов может выбираться пользователем (в виде таблиц и/или графиков).

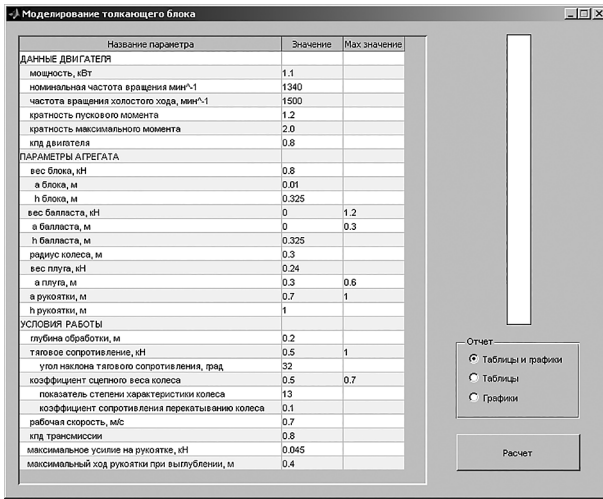


Рисунок 2 — Активное рабочее окно программного средства MATLAB для обработки компьютерной модели
 Figure 2 — Active working window of the MATLAB software for processing a computer model

На основе программных средств MATLAB реализованы компьютерные модели расчета статических показателей толкающего агрегата на базе ОМЭС, приведены графики влияния параметров балластирования (G_b и a_b , рисунок 3) и нагрузки (R_x , θ , a_n , рисунки 4, 5) на реакцию колеса Y_k , коэффициент распределения веса λ_k , усилие на рукоятке $Y_{рук}$ в рабочем и $Y_{рук0}$ в транспортном положении, а также их анализ.

Результаты расчета компьютерных моделей показали, что в толкающем агрегате на базе ОМЭС:
 - увеличение веса балластных грузов G_b повышает догрузку ведущих колес, улучшая тягово-сцепные свойства агрегата;
 - при увеличении выноса a_b балластных грузов назад догружается рукоятка как в рабочем, так и в транспортном положении, снижая догрузку колес, при этом абсолютное значение усилия на рукоятке может возрасти до недопустимых значений.

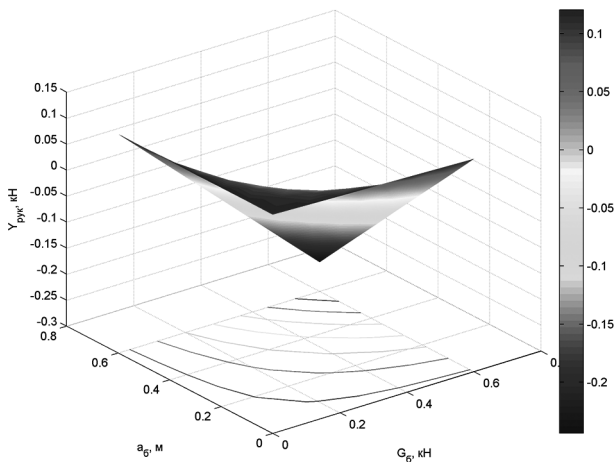


Рисунок 3 — Влияние веса G_b и выноса a_b балластных грузов на усилие на рукоятке $Y_{рук}$ в толкающем агрегате
 Figure 3 — Effect of the weight G_b and the removal a_b of ballast loads on the force on the handle $Y_{рук}$ in the pushing unit

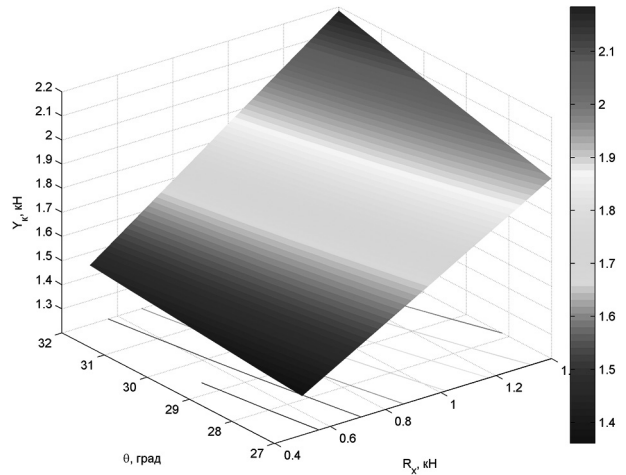


Рисунок 4 — Влияние тяговой нагрузки R_x и угла θ на нормальную реакцию колеса Y_k в толкающем агрегате на базе ОМЭС
 Figure 4 — Influence of the traction load R_x and angle θ on the normal reaction of the wheel Y_k in the pushing unit based on the UMPV

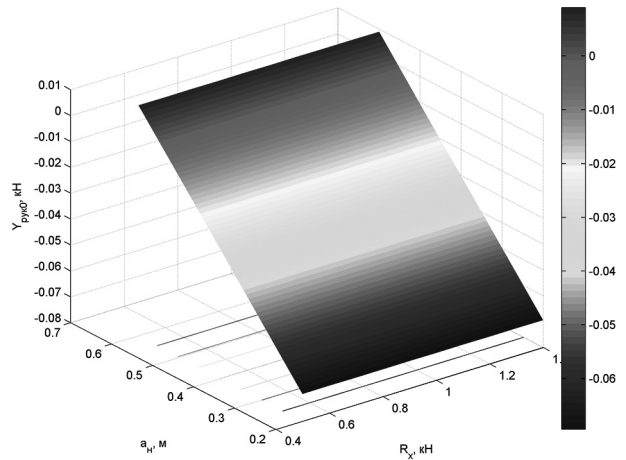


Рисунок 5 — Влияние тяговой нагрузки R_x и расстояния a_n до сельхозорудия на усилие на рукоятке $Y_{рук0}$ в транспортном положении
 Figure 5 — Effect of the traction load R_x and the distance a_n to the agricultural equipment on the force on the handle $Y_{рук0}$ in the transport position

Влияние тяговой нагрузки в агрегате на базе ОМЭС проявляется следующим образом:

- увеличение тяговой нагрузки R_x и угла θ повышает догрузку ведущих колес, разгружая рукоятку;
- увеличение расстояния a_n до сельхозорудия приводит к небольшому повышению нагрузки на колеса и увеличению нагрузки на рукоятку в рабочем и транспортном положении.

Выводы. 1. На основе обработки компьютерных моделей с использованием программного обеспечения MATLAB получены графики, показывающие следующее:

- при увеличении тяговой нагрузки R_x и расстояния a_n до сельхозорудия повышается нагрузка на ведущие колеса и рукоятки управления. При этом вес балластных грузов составляет 0,07...0,35 кН, что меньше, чем для тягового агрегата на базе ОМЭС (0,1...0,45 кН).

- при увеличении веса балластных грузов G_6 повышается догрузка ведущих колес. При этом улучшаются тягово-цепные свойства агрегата;

- при увеличении выноса a_6 балластных грузов в противоположную сторону движения агрегата догружается рукоятка как в рабочем, так и в транспортном положении. При этом снижается догрузка колес. Кроме того, абсолютное значение усилия на рукоятке управления превышает допустимые значения требований ГОСТ по эргономическим показателям;

- при увеличении тяговой нагрузки R_x и угла θ повышается догрузка ведущих колес, при этом разгружается рукоятка управления;

- при увеличении расстояния a_{11} до сельхозорудия повышается нагрузка на ведущие колеса, а также на рукоятки управления в рабочем и транспортном положении.

2. В агрегате на базе ОМЭС толкающего типа ведущее колесо догружается при работе с тяговой нагрузкой 0,6 кН весом сельхозорудия и почвы на 1,291 кН, и усилием $Y_{рук}$ на 0,002 кН. Кроме того, исключается появление «паразитных сил» трения. Названное колесо движется по плужному дну и поэтому имеет хорошие тягово-цепные свойства. При $G_6 = 0,17$ кН, $a_6 = 0,2$ м коэффициент распределения нормальной нагрузки составил $\lambda = 0,82$. При работе с тяговым усилием 0,6 кН масса одноосного мобильного энергетического средства может не превышать 80–100 кг.

Список литературы

- Скотников, В.А. Основы теории и расчета трактора и автомобиля / В.А. Скотников, А.А. Мащенко, А.С. Солонский; под ред. В.А. Скотникова. — М.: Агропромиздат, 1986. — 383 с.
- Чудаков, Д.А. Основы теории и расчета трактора и автомобиля / Д.А. Чудаков. — 2-е изд. — М.: Колос, 1972. — 384 с.
- Перспективные мобильные энергетические средства (МЭС) для сельскохозяйственного производства / В.В. Кацыгин [и др.]. — Минск: Наука и техника, 1982. — 270 с.
- Тракторы: учеб. пособие / Под общ. ред. В.В. Гуськова. — Минск: Выш. школа, 1977. — Ч. 2: Теория. — 383 с.
- Разработка моделей и программных средств для расчета общей динамики агрегата на базе одноосного мобильного энергетического средства тягового типа / М.А. Прищепов [и др.] // Агропанорама. — 2021. — № 2. — С. 14–19.
- Разработка моделей, методов исследования силовых, кинематических, эргономических, энергетических, экономических показателей и рекомендаций организациям промышленности по выбору параметров ОМЭС: отчет о НИР (заключ.) / БГАТУ; рук. А.А. Сильченко. — Минск, 2018. — 127 с.
- Синеоков, Г.Н. Теория и расчет почвообрабатывающих машин / Г.Н. Синеоков, И.М. Панов. — М.: Машиностроение, 1977. — 328 с.
- Малая механизация в приусадебном и фермерском хозяйствах / О.Г. Зальгин [и др.]; под ред. И.П. Масло. — Киев: Урожай, 1996. — 367 с.
- Беляков, В.А. Личное подсобное хозяйство при социализме / В.А. Беляков. — М.: Экономика, 1970. — 184 с.
- Мини-тракторы / В.В. Бурков [и др.]; под общ. ред. В.В. Буркова. — Л.: Машиностроение: Ленингр. отд-ние, 1987. — 271 с.
- Гуряков, М.В. Малогабаритная сельскохозяйственная техника: справ. / М.В. Гуряков, Н.Н. Поляков. — М.: Машиностроение, 1994. — 149 с.
- Питерский, В.М. Приусадебная техника / В.М. Питерский // Художественное конструирование за рубежом. — М., 1976. — С. 27–30.
- Конструкции мотоблоков / А.С. Сальников [и др.]. — М.: ЦНИИТЭИ Тракторсельхозмаш, 1984. — С. 26–27. — Сер. 1. Тракторы и двигатели; вып. 4.
- Келлер, Н.Д. Энергетические средства малой механизации, мотоблоки зарубежных фирм: обзор / Н.Д. Келлер, Э.П. Логутенко, Р.И. Карцивадзе. — М.: ЦНИИТЭИ Тракторсельхозмаш, 1979. — 24 с. — Сер. «Тракторы, самоходные шасси и двигатели, агрегаты и узлы»; вып. 16.
- Келлер, Н.Д. Состояние и тенденции развития конструкций средств малой механизации (зарубежный опыт): обзор / Н.Д. Келлер, Т.Т. Кусов. — М.: ЦНИИТЭИ Тракторсельхозмаш, 1978. — 44 с. — Вып. 13.
- Короткевич, А.В. Мотоблок в личном подсобном хозяйстве / А.В. Короткевич, С.М. Данильчик, М.Е. Опеньшев. — Минск: Ураджай, 1987. — 126 с.
- Теплицы и тепличные хозяйства: справ. / Г.Г. Шишко [и др.]. — Киев: Урожай, 1993. — 424 с.
- Механизация и автоматизация работ в защищенном грунте / В.Н. Судаченко [и др.]. — Л.: Колос. Ленингр. отд-ние, 1982. — 223 с.
- Яковлев А.И. Конструкция и расчет электромотор-колес / А.И. Яковлев. — 2-е изд. — М.: Машиностроение, 1981. — 191 с.
- Тракторы. Теория: учеб. для вузов / В.В. Гуськов [и др.]; под общ. ред. В.В. Гуськова. — М.: Машиностроение, 1988. — 374 с.

STASHEVSKY Sergei V.

Director¹

E-mail: svsv@cricuwr.by

SILCHENKO Anatoly A., Ph. D. in Eng., Assoc. Prof.

Deputy Director for Research¹

E-mail: anatolsilchenko@gmail.com

SILCHENKO Alexander A., Master of Engineering and Technology

Researcher of the R&D State Registration Sector of the Department of Scientific and Methodological Support of Registers of Scientific and Technical Activities²

E-mail: alexpower@gmail.com

¹Republican Unitary Enterprise “Central Research Institute for the Integrated Use of Water Resources”, Minsk, Republic of Belarus

²State Organization “Belarusian Institute for System Analysis and Information Support of the Scientific and Technical Sphere”, Minsk, Republic of Belarus

CALCULATION SUBSTANTIATION OF THE PARAMETER VALUES DETERMINING THE TRACTION PROPERTIES OF A UNIAXIAL MOBILE PUSHING-TYPE POWER VEHICLE

The aim of the work is to study the static parameters of a pushing unit based on a uniaxial mobile power vehicle (UMPV). The article gives the analysis of the influence of the parameters of ballasting and traction load on the reaction of the wheel, the reaction of the support heel of the plow, the weight distribution coefficient, the force on the control handles. Using the MATLAB software, a computer model is implemented that makes it possible to take into account the influence of various parameters of the pushing unit when they change on its static indicators. It is found that in a pushing unit based on the UMPV, a growth in the weight of ballast loads G_b increases the loading of the driving wheels, improving the traction properties of the unit compared to the traction unit based on the UMPV. It is shown that increase in the traction load R_x and the distance a_n to agricultural equipment leads to an increase in the load on the driving wheels and control handles, the weight of ballast loads is 0.07...0.35 kN, which is less than that for a traction unit based on UMPV (0.1...0.45 kN).

Keywords: static indicators of the unit, frontal hitch, pushing unit, traction load, software, ballast load, support heel of the plow

DOI: <https://doi.org/10.46864/1995-0470-2023-2-63-25-30>

References

1. Skotnikov V.A., Mashchenskiy A.A., Solonskiy A.S. *Osnovy teorii i rascheta traktora i avtomobilya* [Fundamentals of the theory and calculation of a tractor and a car]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1986. 383 p. (in Russ.).
2. Chudakov D.A. *Osnovy teorii i rascheta traktora i avtomobilya* [Fundamentals of the theory and calculation of the tractor and the car]. Moscow, Kolos Publ., 1972. 384 p. (in Russ.).
3. Katsygin V.V., et al. *Perspektivnye mobilnye energeticheskie sredstva (MES) dlya sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva* [Advanced mobile power vehicles (MPV) for agricultural production]. Minsk, Nauka i tekhnika Publ., 1982. 270 p. (in Russ.).
4. *Traktory. Chast 2. Teoriya* [Tractors. Part 2. Theory]. Minsk, Vysshaya shkola Publ., 1977. 383 p. (in Russ.).
5. Prishchepov M.A., Silchenko An.A., Silkovich Yu.N., Silchenko A.I.A. *Razrabotka modeley i programmnykh sredstv dlya rascheta obshchey dinamiki agregata na baze odnoosnogo mobilnogo energeticheskogo sredstva tyagovogo tipa* [Development of models and software for calculating the overall dynamics of the unit on the basis of a uniaxial mobile power vehicle of traction type]. *Agropanorama*, 2021, no. 2, pp. 14–19 (in Russ.).
6. *Razrabotka modeley, metodov issledovaniya silovykh, kinematicheskikh, ergonomicheskikh, energeticheskikh, ekonomicheskikh pokazateley i rekomendatsiy organizatsiyam promyshlennosti po vyboru parametrov OMES. Otchet o NIR (zaklyuch.)* [Development of models, methods of research of power, kinematic, ergonomic, energy, economic indicators and recommendations to industrial organizations on the choice of parameters of a uniaxial mobile power vehicle: research report (conclusion)]. Minsk, 2018. 127 p. (in Russ.).
7. Sineokov G.N., Panov I.M. *Teoriya i raschet pochvoobrabatyvayushchikh mashin* [Theory and calculation of tillage machines]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1977. 328 p. (in Russ.).
8. Zalygin O.G., et al. *Malaya mekhanizatsiya v priusadebnom i fermerskom khozyaystvakh* [Small-scale mechanization in home-stead and farming]. Kiev, Urozhay Publ., 1996. 367 p. (in Russ.).
9. Belyakov V.A. *Lichnoe podsobnoe khozyaystvo pri sotsializme* [Private subsidiary farming under socialism]. Moscow, Ekonomika Publ., 1970. 184 p. (in Russ.).
10. Burkov V.V., Zikunov E.P., Iovlev M.E., Tkeshelashvili N.N. *Mini-traktory* [Minitractors]. Leningrad, Mashinostroenie. Leningradskoe otdelenie Publ., 1987. 271 p. (in Russ.).
11. Guryakov M.V., Polyakov N.N. *Malogabaritnaya sel'skokhozyaystvennaya tekhnika* [Small-sized agricultural machinery]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1994. 49 p. (in Russ.).
12. Piterskiy V.M. *Priusadebnaya tekhnika* [Household equipment]. *Khudozhestvennoe konstruirovaniye za rubezhom*, 1976. p. 27–30 (in Russ.).
13. Salmikov A.S., et al. *Konstruktzii motoblokov* [Rotary tillers designs]. Moscow, TsNIITEI Traktorselkhoz mash Publ., 1984. Pp. 26–27 (in Russ.).
14. Keller N.D., Logutenok E.P., Kartsivadze R.I. *Energeticheskie sredstva maloy mekhanizatsii, motobloki zarubezhnykh firm: obzor* [Power tools of small-scale mechanization, walk-behind tractors of foreign companies: review]. Moscow, TsNIITEI Traktorselkhoz mash Publ., 1979. 24 p. (in Russ.).
15. Keller N.D., Kusov T.T. *Sostoyaniye i tendentsii razvitiya konstruktivnykh sredstv maloy mekhanizatsii (zarubezhnyy opyt): obzor* [State and trends in the development of small-scale mechanization designs (foreign experience): review]. Moscow, TsNIITEI Traktorselkhoz mash Publ., 1978. 44 p. (in Russ.).
16. Korotkevich A.V., Danilchik S.M., Openyshev M.E. *Motoblok v lichnom podsobnom khozyaystve* [Rotary tiller in personal subsidiary farming]. Minsk, Urozhay Publ., 1987. 126 p. (in Russ.).
17. Shishko G.G., Potapov V.O., Sulima L.T., Chebanov L.S. *Teplitisy i teplichnye khozyaystva* [Greenhouses and greenhouse facilities]. Kiev, Urozhay Publ., 1993. 424 p. (in Russ.).
18. Sudachenko V.N., Terpigorev V.A., Popov G.F., Lebl D.O. *Mekhanizatsiya i avtomatizatsiya rabot v zashchishchennom grunte* [Mechanization and automation of work in protected ground]. Leningrad, Kolos. Leningradskoe otdelenie Publ., 1982. 223 p. (in Russ.).
19. Yakovlev A.I. *Konstruktivnyy raschet elektromotor-koles* [Design and calculation of the electric motor wheels]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1981. 191 p. (in Russ.).
20. Guskov V.V., et al. *Traktory. Teoriya* [Tractors. Theory]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1988. 374 p. (in Russ.).