



Ефективність використання машин в землеробстві Efficiency of use machines in agriculture

УДК 631.3

[https://doi.org/10.37700/enm.2020.3\(17\).94](https://doi.org/10.37700/enm.2020.3(17).94) - 100

Методика создания математической модели виртуального машинно-тракторного агрегата

В.И. Мельник¹, А.И. Аникеев², С.А. Чигрина³, М.Л. Шуляк, А.А. Купин⁴*Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка (м.Харків, Україна)**email: ¹victor_melnik@ukr.net, ²anikeev55@ukr.net, ³chygryn_s@ukr.net,
⁴kupin1993@mail.ua; ORCID: ¹ 0000-0002-1176-2831, ³ 0000-0003-4216-8664*

Рассматривается вопрос разработки типажа мобильных энергетических средств (МЭС), а также единой методики для его формирования, как организационную основу тракторной политики.

Базовой основой комплектования оптимальных вариантов агрегатов являются тяговые параметры тракторов, которые заложены еще в систему их классификации. На сегодняшний день отсутствуют не только конечный вариант типажа мобильных энергетических средств, а также единая методика для его формирования.

Опираясь на результаты научных трудов ученых-разработчиков классификации тракторов, предлагается свой вариант моделирования функциональности тракторов тягово-энергетической и тяговой концепции, классификация которых основывается соответственно с ГОСТ 27021-86. Эта методика раскрывает сущность создания математической модели виртуального МТА для тракторов тяговой концепции.

Для разработки методики сформированы исходные данные на основе комплектования агрегатов для выполнения девяти основных технологических операций в условном хозяйстве. Для каждого из агрегатов на всех операциях выполнены следующие расчеты: производительность за час основного времени, расход топлива на единицу работы, фактической коэффициент использования веса трактора и удельного тягового сопротивления рабочих органов агрегата.

После выполненных расчетов на всех технологических операциях установлена функциональная зависимость между производительностью МТА за час основного времени, коэффициентом использования веса трактора и эксплуатационной весом трактора. А также установлена функциональная зависимость между расходом топлива на единицу работы, коэффициентом использования веса трактора и эксплуатационной весом трактора.

Получение функциональных связей выполнено с помощью программы Lab fit путем построения 3d-поверхностей. После построения всех 3d-поверхностей получены аналитические зависимости с образованием коэффициентов a и b для всех технологических операций.

Полученные аналитические зависимости по производительности и расхода топлива является окончательной математической моделью виртуального МТА, которая учитывает вес трактора, как главный параметр тракторов тяговой концепции, и его связь с производительностью и расходом топлива (посредством использования соответствующих коэффициентов) при выполнении конкретной технологической операции.

Ключевые слова: трактор, классификация тракторов, тяговое усилие, машинотракторный агрегат, типоразмерный ряд, математическая модель.

Актуальность. Основным энергетическим средством при выполнении механизированных работ тяговыми и тягово-приводными агрегатами в сельскохозяйственном производстве в ближайшем будущем остается трактор.

Многие ученые сходятся во мнении о необходимости повышения эффективности использования энергонасыщенных колесных тракторов в технологиях почвообработки. В частности, путем

разработки новой системы классификации тракторов. Причиной тому является непрерывный рост энергонасыщенности трактора, как неременного фактора повышения технического уровня.

На сегодня отсутствуют не только окончательный вариант типажа мобильных энергетических средств (МЭС), а также единая методика для его формирования. Рассматривая тракторную политику, организационную основу которой

должен составлять типаж мобильных энергетических средств (МЭС), вопрос разработки последнего является актуальным.

Обзор публикаций. По утверждению Кутькова Г.М. «...в настоящее время в мировом тракторостроении практически сняты с производства тракторы тяговой концепции, выпускаются в основном тракторы тягово-энергетической концепции и в меньшем количестве - энергетической концепции. Тракторы второго поколения отличаются от тракторов первого поколения тем, что включают в заводскую комплектацию балласт. Балластирование стало необходимым способом искусственного увеличения веса трактора и понижения его энергонасыщенности вследствие ограничения скорости выполнения технологических операций, введенного правилами агротехники...» [1].

Так Селиванов Н.И. предлагает «...при комплектовании почвообрабатывающих агрегатов разного технологического назначения, в каждом тяговом классе иметь несколько типоразмеров эксплуатационной мощности тракторов. При этом типоразмерный ряд сельскохозяйственных тракторов становится двухпараметрическим с использованием в качестве классификационных параметров номинального тягового усилия и мощности двигателя, развиваемой в режиме рабочего хода» [2].

На современном рынке сейчас есть наличие сельскохозяйственной техники как отечественного, так и зарубежного производства. Из-за несоответствия тягово-мощностных характеристик тракторов и эксплуатационных параметров сельскохозяйственных машин, возможность комплектования оптимальных вариантов агрегатов представляется проблематичной. Исследования указывают, что чем больше энергонасыщенность трактора превышает оптимальное для трактора-тягача значение, тем больше несогласованность между диапазоном силы тяги трактора и диапазоном достигаемых рабочих скоростей [3].

Разработке современного типажа тракторов посвящен ряд публикаций таких ученых, как: Н.Г. Сураев [4], Г.М. Кутьков [5], В.М. Кюрчев, В.Т. Надыкто [6], И.П. Ксенович, А.П. Парфенов, В.И. Мининзон [7], Н.И., Кравченко В.А., Ступин В.А. [8] и др.

Постановка задачи. Опираясь на изветные результаты исследований приведенных выше ученых, а также собственные идеи и наработки, авторы предлагают свой вариант моделирования функциональности тракторов тягово-энергетической и тяговой концепции, классификация которых основывается в соответствии с ГОСТ27021-86 [9]. Он заключается в создании математической модели виртуального МТА, которая позволяет моделировать его работу в условном хозяйстве с заданными параметрами.

Результаты исследований: методика получения матмодели виртуального МТА.

Данная методика раскрывает создание математической модели виртуального МТА для тракторов тяговой концепции. Для ее получения авторами сформированы исходные данные на основе агрегатов, в состав которых входят тракторы, классификация которых основывается в соответствии с ГОСТ 27021–86. Комплектование МТА выполнено для девяти основных технологических операций энергосберегающей технологии условного хозяйства: дискования; лушения; сплошной культивации; боронования; посева ранних зерновых, сахарной свеклы и подсолнечника; междурядной обработки подсолнечника и сахарной свеклы [10]. Сельскохозяйственные машины подбирали в соответствии с возможностью агрегатирования конкретной маркой трактора, а тракторы использовали согласно назначению.

Для каждого из агрегатов на всех операциях выполнены следующие расчеты: производительности за час основного времени $W_{0,час}$, расхода топлива на единицу работы $q_{га}$, фактического коэффициента использования веса трактора $\alpha_{ф.тр}$ (показывает какая часть веса трактора может быть обращена в тяговое усилие), удельного тягового сопротивления k_v , которое пересчитывалось в зависимости от скорости движения агрегата, для расчёта тягового сопротивления агрегата $R_{агр}$ [11].

Производительность за час основного времени $W_{0,час}$ рассчитывается по формуле

$$W_{0,час} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot \tau, \text{ га/ч} \quad (1)$$

где B_p – рабочая ширина захвата с/х машины, м; V_p – рабочая скорость движения агрегата, км/час; τ – коэффициент использования времени смены (принимается приближенно для полей с разной длиной гона) [12].

Рабочая ширина захвата сельскохозяйственной машины определялась исходя из особенностей выполнения работы с учётом коэффициента использования её ширины захвата

$$B_p = B_k \cdot \beta, \text{ м} \quad (2)$$

где B_k – конструктивная ширина захвата с/х машины, м; β – коэффициент использования ширины захвата с/х машины.

Рабочая скорость движения агрегата выбирается из скоростной характеристики трактора (с учетом агротехнически-допустимых скоростей для выполнения данной технологической операции) при условии

$$R_{агр} \leq P_{т.н}, \quad (3)$$

где $P_{т.н}$ – тяговое усилие трактора на выбранной передаче, кН.

Тяговое сопротивление агрегата:

$$R_{арп} = B_k \cdot k_v, \text{кН} \quad (4)$$

где k_v – удельное тяговое сопротивление с учетом рабочей скорости агрегата:

$$k_v = k_0 \cdot (1 + \Pi \cdot (V_p - V_0)), \text{кН/м} \quad (5)$$

где k_0 – удельное тяговое сопротивление на данной технологической операции при скорости $V_0 = 5$ км/ч, кН/м; Π – темп прироста удельного тягового сопротивления, %. [12].

Фактический коэффициент использования веса трактора $\alpha_{ф.тр}$ на конкретной операции прямо пропорционально зависит от конструктивной ширины захвата агрегата и удельного тягового сопротивления сельскохозяйственной машины и рассчитывается по следующей формуле:

$$\alpha_{ф.тр} = \frac{B_k \cdot k_v}{G_{тр}} \quad (6)$$

где $G_{тр}$ – эксплуатационный вес трактора, кН.

Расход топлива на единицу выполненной работы $q_{га}$ зависит от энергетических характеристик двигателя и определяется из следующей зависимости:

$$q_{га} = \frac{10^{-3} \cdot N_e \cdot g_{ен} \cdot \alpha_{заг.дв}}{W_{о.час}}, \text{кг/га} \quad (7)$$

где N_e – номинальная эффективная мощность двигателя, кВт; $g_{ен}$ – удельный расход топлива двигателем трактора, г/кВт·ч; $\alpha_{заг.дв}$ – коэффициент загрузки двигателя, который зависит от фактической загрузки двигателя при выполнении работы:

$$\alpha_{заг.дв} = \frac{N_{ф}}{N_e}, \quad (8)$$

где $N_{ф}$ – эффективная фактическая мощность двигателя, которая расходуется на тягу, на перемещение агрегата в конкретных условиях с учетом потерь в трансмиссии и на буксование:

$$N_{ф} = \frac{N_t + N_f}{\eta_{тр} \cdot \eta_6}, \text{кВт} \quad (9)$$

где N_t – мощность, которая расходуется на тягу рабочих машин:

$$N_t = \frac{R_{арп} \cdot V_p}{3,6}, \text{кВт} \quad (10)$$

где N_f – потери мощности на перемещение (перекатывание):

$$N_f = \frac{P_f \cdot V_p}{3,6}, \text{кВт} \quad (11)$$

где P_f – сила сопротивления качения трактора:

$$P_f = G_{тр} \cdot f, \text{кН} \quad (12)$$

где f – коэффициент сопротивления качению; $\eta_{тр}$ – коэффициент, который учитывает потери в трансмиссии; η_6 – коэффициент, который учитывает потери на буксование.

После выполненных расчетов на всех технологических операциях установлена функциональная зависимость между коэффициентом использования веса трактора $\alpha_{тр}$, эксплуатационным весом трактора $G_{тр}$ и производительностью МТА за час основного времени $W_{о.час}$,

$$W_{о.час} = f(\alpha_{тр}; G_{тр}) \quad (13)$$

а также коэффициентом использования веса трактора $\alpha_{тр}$, эксплуатационным весом трактора $G_{тр}$ и расходом топлива на единицу работы $q_{га}$.

$$q_{га} = f(\alpha_{тр}; G_{тр}) \quad (14)$$

Получение функциональных зависимостей 13 и 14 выполнено с помощью программы Lab fit путем построения 3d-поверхностей. Для образца ниже показаны две 3d-поверхности для лущения: первая – с $W_{о.час}$ (рис.1), вторая – с $q_{га}$ (рис.2). Построение 3d-поверхностей для остальных технологических операций выполнено аналогично.

Ось X_1 – отображает значения коэффициента использования веса трактора $\alpha_{тр}$, ось X_2 – значение эксплуатационного веса трактора $G_{тр}$, ось Y – значения производительности $W_{о.час}$ за час основного времени (рис. 1) и расхода топлива на единицу работы $q_{га}$ (рис.2).

После построения всех 3d-поверхностей получены аналитические зависимости с образованием коэффициентов a и b для всех технологических операций

$$Y = \frac{X_2}{(A + B \cdot X_1)} \leftarrow Inv \text{ hyp}(2)$$

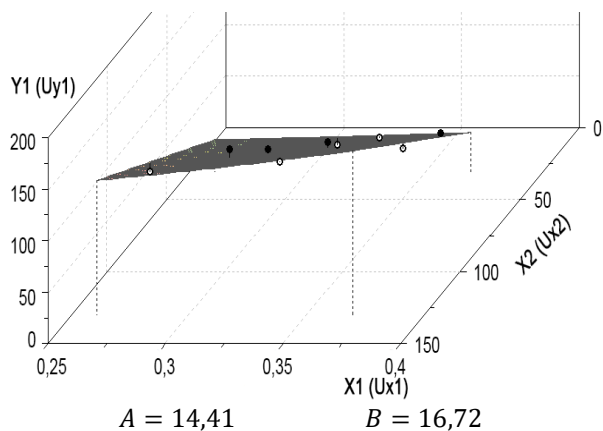


Рис.1. 3d-поверхность с производительностью за час основного времени $W_{о.час}$

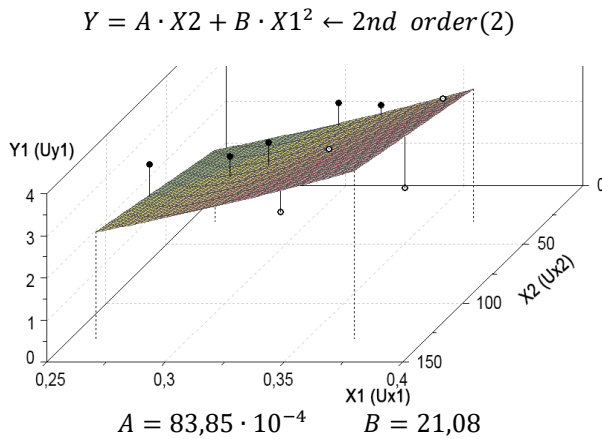


Рис.2. 3d-поверхность с расходом топлива на единицу работы $q_{га}$

$$W_{0,час} = \frac{G_{тр}}{(a_1 + b_1 \cdot \alpha_{тр})} \quad (15)$$

$$q_{га} = a_2 \cdot G_{тр} + b_2 \cdot \alpha_{тр}^2 \quad (16)$$

где $a_1; b_1; a_2; b_2$ – коэффициенты зависящие от назначения технологической операции (табл.1).

Класс тяги трактора определяется согласно ГОСТ 27021–86 по формуле:

$$K_T = \alpha_{ном.тр} \cdot G_{тр} \quad (17)$$

где $\alpha_{ном.тр}$ – коэффициент использования веса трактора при использовании его номинального тягового усилия (0,324 – для тракторов с эксплуатационной массой до 2600 кг; 0,373 – для четырехколесных тракторов с двумя ведущими колесами

(4К2) с эксплуатационной массой свыше 2600 кг; 0,392 – для четырехколесных тракторов с четырьмя ведущими колесами (4К4) и эксплуатационной массой свыше 2600 кг; 0,49 – для гусеничных тракторов с металлическими гусеницами).

Отсюда

$$G_{тр} = \frac{K_T}{\alpha_{ном.тр}} \quad (18)$$

Заменяв вес трактора значением формулы 18 в формулах 15 и 16 получим окончательную математическую модель виртуального агрегата:

$$W_{0,час} = \frac{K_T / \alpha_{ном.тр}}{(a_1 + b_1 \cdot \alpha_{тр})} \quad (19)$$

$$q_{га} = a_2 \cdot \left(\frac{K_T}{\alpha_{ном.тр}} \right) + b_2 \cdot \alpha_{тр}^2 \quad (20)$$

Полученные аналитические зависимости 19 и 20 по производительности и расходу топлива являются окончательной математической моделью виртуального МТА, которая учитывает вес трактора, как главный параметр тракторов тяговой концепции, и его связь с производительностью и расходом топлива (посредством использования соответствующих коэффициентов) при выполнении конкретной технологической операции. Это дает возможность заменять реальный агрегат в условном хозяйстве на виртуальный и моделировать его работу с промежуточным классом тяги, строить соответствующие графики загрузки виртуальных тракторов и оценивать их количество для выполнения заданного объема работ.

Таблица 1. Значения коэффициентов математической модели виртуального МТА в зависимости от назначения технологической операции

Название операции	Значение коэффициентов математической модели			
	a_1	b_1	a_2	b_2
Лущение	14,41	-16,72	$8,385 \cdot 10^{-3}$	21,08
Дискование	33,08	-47,9	$1,748 \cdot 10^{-2}$	30,33
Сплошная культивация	19,11	-39,53	$1,84 \cdot 10^{-2}$	46,28
Боронование	7,479	-20,56	$7,45 \cdot 10^{-3}$	26,09
Посев ранних зерновых	18,43	-31,65	$1,715 \cdot 10^{-2}$	30,52
Посев сахарной свеклы	30,54	-144,8	$3,045 \cdot 10^{-2}$	61,48
Посев подсолнечника	29,45	-89,79	$3,374 \cdot 10^{-2}$	32,29
Междурядная обработка сахарной свеклы	29,35	-81,44	$3,078 \cdot 10^{-2}$	31,61
Междурядная обработка подсолнечника	28,34	-70,45	$3,095 \cdot 10^{-2}$	26,37

Для апробации полученной математической модели ниже приведен пример ее применения при исследовании эффективности использования виртуального энергонасыщенного трактора тяговой концепции с колесной схемой 4к4б в условном хозяйстве при изменении его номинального тягового усилия $P_{кр.н}$ с 20 до 40 кН.

Рассмотрено 5 вариантов $P_{кр.н}$ в этом диапазоне – 20, 25, 30, 35, 40 кН. После построены и проанализированы соответствующие 5 графиков загрузки этого трактора, а также получен расход топлива на 1 условный эталонный гектар $q_{у.е.га}$ для всех вариантов. Ниже показан график загрузки данного трактора с $P_{кр.н} = 20$ кН (рис.3).

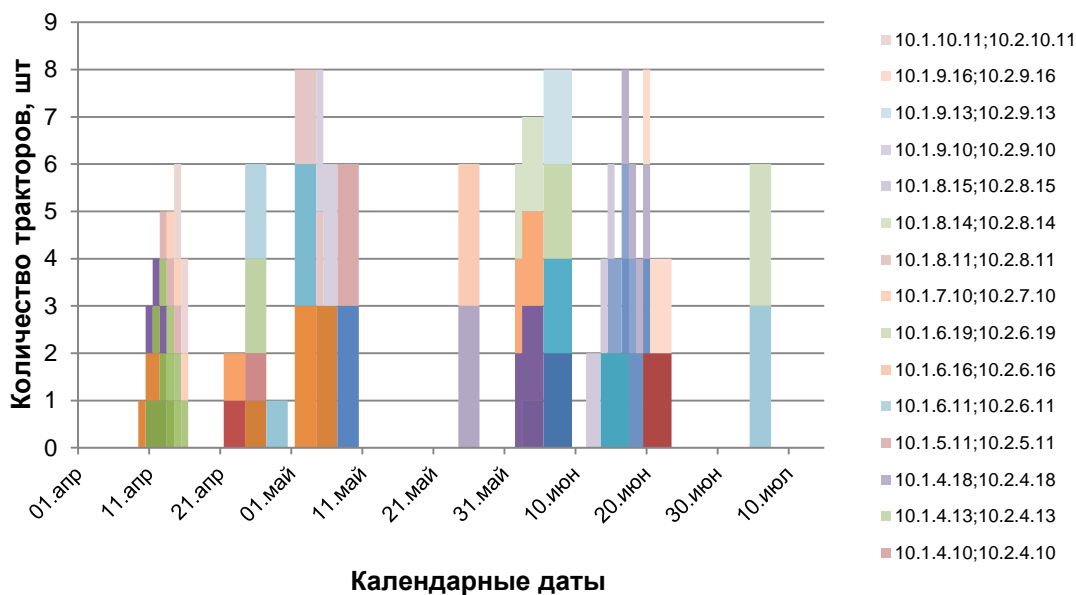


Рис.3. График загрузки виртуального энергонасыщенного трактора с колесной схемой 4к4б и $P_{кр.н} = 20$ кН в условном хозяйстве

Построение остальных графиков выполнено аналогично. Полученные результаты изменения количественного состава данных тракторов в зависимости от $P_{кр.н}$ показаны в таблице 2:

Таблица 2. Потребность условного хозяйства в виртуальных тракторах с колесной схемой 4к4б в зависимости от изменения $P_{кр.н}$

Номинальное тяговое усилие $P_{кр.н}$	20	25	30	35	40
Количество виртуальных тракторов, шт	8	6	5	5	5

Изменение $q_{у.е.га}$ в зависимости от изменения $P_{кр.н}$ показано ниже в виде графика (рис.4):

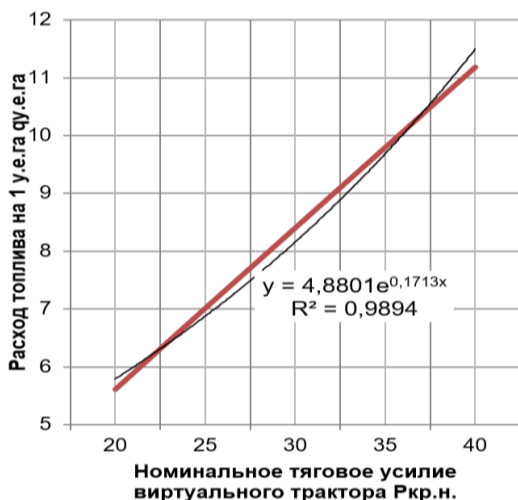


Рис.4. Зависимость расхода топлива $q_{у.е.га}$ на 1 у.е.га от номинального тягового усилия $P_{кр.н}$

Выводы. Проанализировав данные таблицы 2 и рисунка 4, можно сделать вывод, что в условном хозяйстве наиболее оптимально используется виртуальный трактор с $P_{кр.н} = 30$ кН. Это объясняется тем, что удельный расход топлива на единицу работы $q_{у.е.га}$ находится в пределах средних значений и в этом случае необходимо иметь самое минимальное количество тракторов. При уменьшении $P_{кр.н}$ необходимое количество тракторов значительно возрастает, а при увеличении $P_{кр.н}$ остается неизменным, зато значительно возрастает $q_{у.е.га}$.

Література:

1. Кутьков Г.М. Развитие технической концепции трактора / Г.М. Кутьков // «Тракторы и сельхозмашины» – 2019_ – №1 С. 27 - 35.
2. Селиванов Н.И. Совершенствование классификации и использование энергонасыщенных тракторов // Вестник КрасГАУ. – 2016. – № 4. – с. 113 - 119.
3. Лебедев А.Т. Научно-инновационные аспекты теории трактора/ А.Т. Лебедев // Вісник ХНТУСГ. Технічні науки. Випуск 156 – 2015 – С. 272 - 281
4. Сураев Н.Г. Оптимальный типаж сельскохозяйственных тракторов на основе виртуального типоразмерного ряда / Н.Г. Сураев // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2000. – №11. – с. 14 – 17.
5. Кутьков Г.М. Энергонасыщенность и классификация тракторов // Тракторы и сельхозмашины. М., 2009, № 5.

6. Кюрчев В.М., Надикто В.Т. Обґрунтування типу тракторів // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Вінниця, 2012, №11.

7. Ксеневиц И.П., Мининзон В.И., Парфёнов А.П. О совершенствовании классификации сельскохозяйственных тракторов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. М., 1989, №10.

8. Кравченко В.А., Стулинь В.А. Математическая модель машино-тракторного агрегата на базе трактора с гидростатической трансмиссией // Технологии, средства механизации и энергетическое оборудование. – 2016. – № 4(36). – с. 43 - 54.

9. ГОСТ 27021-86. Тракторы сельскохозяйственные и лесохозяйственные. Тяговые классы. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 8 с.

10. Мельник В.І., Анікеєв О.І., Купін О.О. Порівняльний аналіз використання тракторів вітчизняного виробництва на традиційній та енергозберігаючій технології вирощування сільськогосподарських культур // Інженерія природокористування, 2018, №2(10) с.63-73.

11. Пастухов В.І. Довідник з машини використання в землеробстві: навч. посібник для студентів/ В.І. Пастухов, А.Г. Чигрин та ін.. – Х.: «Веста», 2001. – 343с.

12. Фортуна В.И., Миронюк С.К. Технология механизированных сельскохозяйственных работ. – М.: Агропромиздат, 1986. –304 с.

References:

1. Kut'kov, G.M. (2019) 'Razvitie tekhnicheskoy koncepcii traktora', *Traktory i sel'hozmashiny*, (1), pp. 27 - 35.

2. Selivanov, N.I. (2016) 'Sovershenstvovanie klassifikacii i ispol'zovanie energonasyshchennyh traktorov', *Vestnik KrasGAU*, (4), pp. 113 - 119.

3. Lebedev, A.T. (2015) 'Nauchno-innovacionnye aspekty teorii traktora', *Visnik HNTUSG. Tekhnichni nauki*, (156), pp. 272 - 281.

4. Suraev, N.G. (2000) 'Optimal'nyj tipazh sel'skohozyajstvennyh traktorov na osnove virtual'nogo tiporazmernogo ryada', *Traktory i sel'skohozyajstvennye mashiny*, (11), pp. 14 - 17.

5. Kut'kov, G. M. (2009) 'Energonasyshchennost' i klassifikaciya traktorov', *Traktory i sel'hozmashiny*, (5), pp. 11 - 14.

6. Kiurchev, V. M. and Nadykto, V. T. (2012) 'Obgruntuvannia typazhu traktoriv', *Zbirnyk naukovykh prats Vinnytskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu Vinnytsia*, (11), pp. 45 - 50.

7. Ksenevich, I.P., Mininzon, V.I. and Parfyonov, A.P. (1989) 'O sovershenstvovanii klassifikacii sel'skohozyajstvennyh traktorov', *Traktory i sel'skohozyajstvennye mashiny*, (10).

8. Kravchenko, V. A. and Stulin', V. A. (2016) 'Matematicheskaya model' mashino-traktornogo agregata na baze traktora s gidrostaticheskoy transmisiiej', *Tekhnologii, sredstva mekhanizacii i energeticheskoe oborudovanie*, (4(36)), pp. 43 - 54.

9. ГОСТ 27021-86. Тракторы сельскохозяйственные и лесохозяйственные. Тяговые классы. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 8 с.

10. Melnyk, V. I., Anikieiev, O. I. and Kupin, O. O. (2018) 'Porivnialnyi analiz vykorystannia traktoriv vitchyznianoho vyrobnytstva na tradytsiinii ta enerhozberihaiuchii tekhnolohiiakh vyroshchuvannia silskohospodarskykh kultur', *Engineering of nature management*, (2(10)), pp. 63 - 73.

11. Pastukhov, V. I., Chygryn, A. G. and Dzholos, P. A. (2001) *Dovidnyk z mashynovykorystannia v zemlerobstvi: navch. posibnyk dlia studentiv*. Edited by V. I. Pastukhov. Kharkiv: Vesta. 343 p.

12. Fortuna, V. I. and Mironyuk, S. K. (1986) *Tekhnologiya mekhanizirovannyh sel'skohozyajstvennyh robot*. Moscow: Agropromizdat. 304 p.

Анотація

Методика створення математичної моделі віртуального машинно-тракторного агрегату

В.І. Мельник, О.І. Анікеєв, С.А. Чигрина, М.Л. Шуляк, О.О. Купін

Розглядається питання розробки типу мобільних енергетичних засобів (МЕМ), а також єдиної методики для його формування, як організаційну основу тракторної політики.

Базовою основою комплектування оптимальних варіантів агрегатів являються тягові параметри тракторів, які закладені ще в систему їх класифікації. На сьогоднішній день відсутні не тільки кінцевий варіант типу мобільних енергетичних засобів, а також єдина методика для його формування.

Спираючись на результати наукових праць вчених-розробників класифікації тракторів пропонується свій варіант моделювання функціональності тракторів тягово-енергетичної та тягової концепції, класифікація яких ґрунтується відповідно до ГОСТ 27021-86. Ця методика розкриває сутність створення математичної моделі віртуального МТА для тракторів тягової концепції.

Для розробки методики сформовано вихідні дані на основі комплектування агрегатів для виконання дев'яти основних технологічних операцій в умовному господарстві. Для кожного з агрегатів на всіх операціях виконані наступні розрахунки: продуктивності за годину основного часу, витрати палива на одиницю роботи, фактичного коефіцієнта використання ваги трактора і питомого тягового опору робочих органів агрегату.

Після виконаних розрахунків на всіх технологічних операціях встановлена функціональна залежність між продуктивністю МТА за годину основного часу, коефіцієнтом використання ваги трактора і експлуатаційною вагою трактора. А також встановлена функціональна залежність між витратою палива на одиницю роботи, коефіцієнтом використання ваги трактора і експлуатаційною вагою трактора.

Отримання функціональних зв'язків виконано за допомогою програми Lab fit шляхом побудови 3d-поверхонь. Після побудови всіх 3d-поверхонь отримано аналітичні залежності з утворенням коефіцієнтів a і b для всіх технологічних операцій.

Отримані аналітичні залежності по продуктивності і витраті палива є остаточною математичною моделлю віртуального МТА, яка враховує вагу трактора, як головний параметр тракторів тягової концепції, і його зв'язок з продуктивністю і витратою палива (за допомогою використання відповідних коефіцієнтів) при виконанні конкретної технологічної операції.

Ключові слова: енергонасичених тракторів, типорозмірний ряд тракторів, трактори тягово-енергетичної концепції, трактори енергетичної концепції, математична модель віртуального МТА.

Abstract

Method for creating a mathematical model of a virtual machine-tractor unit

V.I. Melnik, A.I. Anikeev, S.A. Chygryna, M.L. Shuliak, A.A. Kupin

The issue of developing a type of mobile energy means (MES), as well as a unified methodology for its formation, as an organizational basis for tractor policy is considered.

The basic basis for completing the optimal options for units is the traction parameters of tractors, which are included in the system of their classification. To date, not only the final version of the type of mobile energy means is lacking, but also a unified methodology for its formation.

Based on the results of scientific works of scientists who developed the classification of tractors, we propose our own version of modeling the functionality of traction-energy and traction concepts, the classification of which is based on GOST 27021-86, respectively. This technique reveals the essence of creating a mathematical model of a virtual MTA for traction tractors.

For the development of the methodology, the initial data were formed on the basis of completing the units for performing nine basic technological operations in the conventional farm. For each of the units at all operations, the following calculations were performed: productivity per hour of the main time, fuel consumption per unit of work, the actual utilization factor of the tractor weight and specific traction resistance of the unit working bodies.

After the performed calculations for all technological operations, a functional relationship was established between the productivity of the MTA per hour of the main time, the utilization factor of the tractor weight and the operating weight of the tractor. And also a functional relationship was established between fuel consumption per unit of work, the utilization factor of the tractor weight and the operating weight of the tractor.

Functional connections were obtained using the Lab fit program by constructing 3d surfaces. After constructing all 3d surfaces, analytical dependences were obtained with the formation of coefficients a and b for all technological operations.

The obtained analytical dependencies for productivity and fuel consumption are the final mathematical model of a virtual MTA, which takes into account the weight of the tractor as the main parameter of tractors of the traction concept, and its relationship with the productivity and fuel consumption (through the use of appropriate coefficients) when performing a specific technological operation.

Keywords: energy-intensive tractor, standard-size range of tractors, tractors of traction and energy concept, tractors of energy concept, mathematical model of virtual MTA

Бібліографічне посилання/ Bibliography citation: Harvard

Melnik, V. I. et al. (2020) 'Method for creating a mathematical model of a virtual machine-tractor unit', *Engineering of nature management*, (3(17)), pp. 94 - 100.

Подано до редакції / Received: 02.09.2020