

УДК 631.37

## Роль модульных энергосредств в формировании типажа тракторов в Украине

Д-р техн. наук В. Т. НАДЫКТО (Таврический ГАТУ, imesh@zp.ukrtel.net)

**Аннотация.** Отображены роль и место модульных энергосредств (МЭС) в формировании типажа тракторов Украины. Установлено, что применение МЭС позволит решить проблемы, связанные с отсутствием тракторов кл. 2 и 5, существенно увеличить загрузку тракторов, применяемых в качестве энергомодулей, повысить адаптивность блочно-модульных средств к новым технологиям выращивания с.-х. культур, улучшить качество их эксплуатации и обслуживания.

**Ключевые слова:** трактор, типаж, тяговый класс, тяговое усилие, мощность, модульное энергетическое средство (МЭС)

Вполне очевиден тот факт, что организация высокоэффективного с.-х. производства практически невозможна без Системы машин. В настоящее время ее в Украине, по большому счету, нет. По крайней мере, в таком концептуально систематизированном виде, в котором она была в прошлом.

Предыдущие попытки создать указанную Систему желаемого результата не дали. Одна из причин такого состояния — отсутствие обоснованного для условий нашей страны типажа тракторов. При его наличии производители с.-х. техники вынуждены разрабатывать новые образцы с учетом конструкционных и тягово-энергетических параметров энергосредств. В противном случае в принципе неплохие энергетическая (трактор) и технологическая (машины/орудия) части МТА могут оказаться непригодными друг к другу со всеми вытекающими отсюда отрицательными последствиями.

В соответствии с прежними ГОСТ 27021—86 или СТ СЭВ 628—85 типоразмерный ряд с.-х. тракторов включал 10 тяговых классов. Этот ряд представляет собой растущую последовательность безразмерных чисел от 0,2 до 8 (табл. 1), каждое из которых выражает номинальное тяговое усилие трактора  $P_{крн}$  в тоннах, поскольку

ку формирование типажа зародилось еще во время действия старой системы измерения физических величин.

В соответствии с задуманным значения  $P_{крн}$  (в кН) должны были представлять такую геометрическую прогрессию, знаменатель которой  $q$  определялся бы из зависимости [1]:

$$q = n^{-1} \sqrt[n]{P_{кр\max} / P_{кр\min}},$$

где  $P_{кр\max}$  и  $P_{кр\min}$  — верхнее и нижнее значения всего эксплуатационного диапазона тяговых усилий тракторов;  $n$  — число членов ряда (тяговые классы).

При том предусматривалось, что в рационально сложенном ряду промежутки между тяговыми диапазонами соседних классов тракторов должны отсутствовать, сами диапазоны — быть одинаковыми, а знаменатель прогрессии  $q$  равняться отношению  $r$  максимального  $P_{\max}$  и минимального  $P_{\min}$  тяговых усилий одного и того же тягового диапазона:

$$q = r = P_{\max} / P_{\min}. \quad (1)$$

В международной практике в соответствии со стандартами ISO 730/1 и 730/3—82 используется классификация тракторов по максимальной тяговой мощности

$N_{кр\max}$ , полученной при испытании энергосредства на гладком горизонтальном и сухом бетонном фоне, или на поверхности, покрытой скошенной/нескошенной травой.

Тракторы при этом разделяются на четыре категории, каждая из которых соответствующим образом соотносится с классификацией энергетических средств согласно международному стандарту ГОСТ 27021—86 (СТ СЭВ 628—85, см. табл. 1).

Для разработчиков типажа тракторов в Украине первый (и очень принципиальный!) вопрос — выбор способа построения типоразмерного ряда энергосредств. По мнению проф. Г. М. Кутькова, более информативно привычное для нас деление тракторов по номинальному тяговому усилию [2]. В интересах такого подхода указывают следующие рассуждения и положения. В настоящее время мировое (да и отечественное) тракторостроение вместо устаревшей тяговой руководствуется новой тягово-энергетической концепцией развития мобильных энергосредств. Суть последней заключается в том, что мощность двигателя трактора  $N_e$  и его эксплуатационная масса  $G_T$  не связаны жесткой (как раньше) параметрической зависимостью [2]:

$$E = N_e / G_T = \text{var}, \quad (2)$$

где  $E$  — энергонасыщенность трактора, кВт/т.

В то время, когда  $N_e$  растет в соответствии с современными технологическими требованиями,  $G_T$  увеличивается только ради обеспечения соответствующей прочности и безопасности конструкции трактора. В результате его энергонасыщенность растет и во многих случаях уже значительно превышает 18 кВт/т. При таком  $E$ , которую проф. Г. М. Кутьков предлагает называть "эталонной" [3], трактор становится не тяговым, а тягово-энергетическим средством.

Формирование существующего типоразмерного ряда с.-х. тракторов происходило в рамках тяговой концепции, согласно которой

$$E = N_e / G_T = \text{const}. \quad (3)$$

Таблица 1

Соотношение между тяговыми классами и категориями тракторов

| Тяговый класс                 | Номинальное тяговое усилие $P_{крн}$ , кН | Базовая модель          |                                | Категория мощности и тяговая мощность $N_{кр\max}$ , кВт (ISO 730/1 и 730/3—82) |
|-------------------------------|---|-------------------------|--------------------------------|---|
|                               |   | Марка                   | Мощность двигателя $N_e$ , кВт |   |
| ГОСТ 27021—86 (СТ СЭВ 628—85) |   |                         |                                |   |
| 0,2<br>0,6                    | 1,8—5,4<br>5,4—8,1                        | —<br>Т-25               | —<br>18,4                      | I < 30  |
| 0,9<br>1,4<br>2               | 8,1—12,6<br>12,6—18<br>18—27              | Т-40<br>МТЗ-80<br>Т-70С | 36,8<br>55,3<br>51,5           | II — 30...70  |
| 3<br>4                        | 27—36<br>36—45                            | Т-150К<br>Т-4           | 121,5<br>80,9                  | III — 70...135  |
| 5<br>6<br>8                   | 45—54<br>54—72<br>72—108                  | К-700<br>Т-130<br>К-710 | 161,8<br>116,2<br>220,5        | IV — 135...300  |

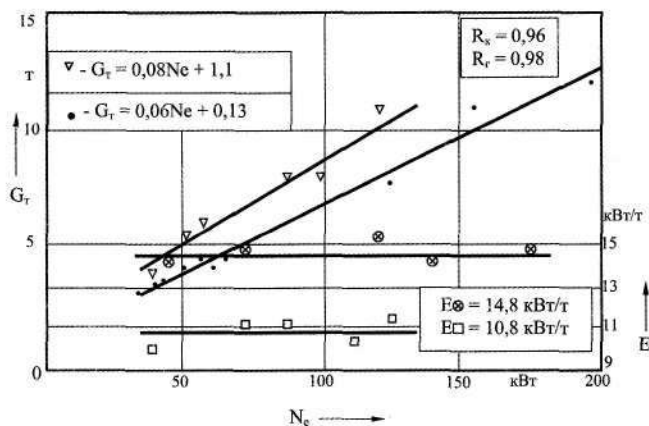


Рис. 1. Зависимость эксплуатационной массы  $G_T$  и энергонасыщенности  $E$  тяговых средств от мощности их двигателей  $N_e$ :

▽, □ — гусеничные тракторы; ⊗, ● — колесные тракторы

Справедливость этого подхода полностью подтверждается анализом процесса развития и внедрения системы тракторостроения прошлых лет (рис. 1). Так, для гусеничных тракторов зависимость между эксплуатационной массой энергосредства и мощностью его двигателя была линейной и с коэффициентом корреляции  $R_r = 0,98$  описывалась уравнением [4]

$$G_T = 0,08N_e + 1,1.$$

У колесных тракторов эта зависимость была тоже линейной с не менее высоким коэффициентом корреляции  $R_k = 0,96$  [4]:

$$G_T = 0,06N_e + 0,13.$$

Что касается энергонасыщенности, то для энергосредств обеих ходовых систем с доверительной вероятностью 95 % ее можно считать постоянной (см. рис. 1). Среднее значение показателя  $E$  для колесных тракторов составляло при этом 14,8 кВт/т, а для гусеничных — на 27 % меньше (10,8 кВт/т). При таком уровне энергонасыщенности вся мощность двигателя того или другого энергосредства могла быть реализована через его тяговое усилие.

Концептуальная зависимость (3) обуславливала такое положение вещей, при котором каждый эксплуатационник, зная типоразмерный ряд тракторов, мог, исходя из мощности двигателя энергосредства, установить его номинальное тяговое усилие, и наоборот. А поскольку для тракторов тяговых классов 1,4—8 была сформирована соответствующая Система машин, то выбор рационального состава того или иного МТА для специализации был процессом практически формальным.

Несколько иначе обстоит дело при пользовании стандартами ISO 730/1 и 730/3—82. При действии концептуальной зависимости (2) информация о номинальной мощности двигателя не дает четкого ответа относительно номинального тягового усилия трактора. Во многих случаях не помогает и знание максимальной тяговой мощности, что может привести к принятию ошибочных решений.

Рассмотрим этот момент детальнее. В свое время Минский тракторный завод выпускал МТЗ-142 с двигателем мощностью 134 и даже 143 кВт [4]. В соответствии со стандартами ISO 730/1 и 730/3—82 при макси-

мальной тяговой мощности 88—95 кВт это энергосредство относилось к третьей группе, которой согласно ГОСТ 27021—86 (СТ СЭВ 628—85) отвечали (и отвечают) тракторы кл. 3 и 4 (см. табл. 1). В то же время по своим тягово-энергетическим показателям МТЗ-142 был трактором кл. 2, а потому не мог агрегатироваться с шлейфом машин и орудий, разработанных для тракторов кл. 3 и 4.

Другой пример. Трактор общего назначения Т-130 относится к энергосредствам тягового кл. 6 (см. табл. 1). По показателю максимальной тяговой мощности он попадает в третью группу, которой согласно ГОСТ 27021—86 (СТ СЭВ 628—85) отвечают тракторы кл. 3 и 4. Вполне понятно, что агрегатирование Т-130 с орудиями для тракторов этих классов было бы скорее убыточным, нежели эффективным. Возможны и другие варианты аналогичных ошибочных выводов, которые не могут иметь места при использовании системы классификации тракторов по номинальной силе тяги.

Другое дело, что и ныне действующий на территории СНГ типаж тракторов создан, как неоднократно подчеркивали исследователи [5—7], с существенными отклонениями от требования (1). В направлении его усовершенствования необходимо существенно уточнить методы определения: эксплуатационного веса трактора, номинального тягового усилия и допуска на его колебания, ширины диапазона тяговых усилий трактора, нормы буксования энергосредства при определении его номинального тягового усилия.

Более того, эффективный типоразмерный ряд тракторов должен создаваться с учетом технико-экономических показателей работы МТА, созданных на их основе [8, 9]. В процессе практической реализации одного из таких подходов установлено, что для хозяйств Украины с учетом их специализации, зональных особенностей и структуры посевных площадей достаточно тракторов семи тяговых классов: 0,2; 0,6; 1,4; 2; 3; 5 и 6 [10].

Интересно, что к такому же выводу пришли и те ученые, которые рассматривали типаж тракторов как для условий СССР [6], так и для современных условий России [11]. Если в первом случае типоразмерный ряд энергосредств должен был иметь вид: 0,4; 1,1; 1,8; 2,5; 4; 5,5; 7, то в другом — 0,4; 0,7; 1,1; 1,8; 3; 5 и 7. По сравнению с [10] эти типажы хотя и новы, но и они, по нашему мнению, не лишены существенных недостатков [из-за несоответствия условию (1), например].

Что касается типажа [10], то в плане его анализа можно сказать следующее. Освоенные ранее тракторы кл. 0,2 Харьковский тракторный завод сейчас не выпускает, но потенциально этот процесс он может возобновить практически в любой момент. Выпуск энергосредств кл. 2 ни ХТЗ, ни ЮМЗ без коренной перестройки заводских линий освоить не смогут. Но если неимение таких тракторов в определенной степени можно компенсировать использованием энергосредств серии ХТЗ-160 [12], то отсутствие более универсальных, чем гусеничные, колесных тракторов кл. 5 весьма ощутимо для сельских товаропроизводителей Украины.

Один их вариантов выхода из создавшегося положения — создание модульных энергосредств (МЭС) переменного тягового класса. Автор этого перспективного направления — известный ученый проф. Г. М. Кутьков. В соответствии с разработанными им концептуальными

положениями МЭС состоит из энергетического (ЭМ) и технологического (ТМ) модулей. ЭМ представляет собой трактор тягово-энергетической концепции, энергонасыщенность которого может быть определена выражением [4]:

$$E = N_e/G_T = (D_1 G_T^2 + D_2 G_T)(D_5 + D_6/G_T)/(G_T^2 - G_T D_3 - D_4) + D_7/G_T,$$

где  $D_1 = v_0/f$ ;  $D_2 = v_0 P_{\text{нкрт}}(1 + 3v_x)$ ;  $D_3 = AP_{\text{нкрт}}(1 + 3v_x)/g$ ;  $D_4 = B P_{\text{нкрт}}(1 + 3v_x)/g l^2$ ;  $D_5 = -2g(\lambda - 1)\eta_s i_{\text{трВОМ}}/2\rho_{\text{вм}} \times (2B_{\text{ш}} r_{\text{шм}})^{1/2} \eta_{\text{трм}}$ ;  $D_6 = K_{\text{вп}}/\eta_{\text{трт}} + K_{\text{вм}}(\lambda - 1)/\eta_{\text{трм}}$ ;  $D_7 = N_{\text{ВОМ}}/\eta_{\text{трВОМ}}$ .

В данном уравнении приняты следующие обозначения:  $v_0$  — рабочая скорость;  $f$  — коэффициент сопротивления качению;  $P_{\text{нкрт}}$ ,  $A$ ,  $B$  — тяговое усилие и коэффициенты аппроксимации кривой буксования ЭМ;  $v_x$  — коэффициент вариации колебаний тяговой нагрузки энергосредства;  $\lambda = P_{\text{нкртМЭС}}/P_{\text{нкрт}}$  — отношение номинальных тяговых усилий МЭС и его энергомодуля;  $\eta_s$  — кинематическая характеристика, определяющая частоту вращения синхронного ВОМ ЭМ;  $i_{\text{трВОМ}}$  — передаточное отношение трансмиссии от синхронного ВОМ ЭМ до колес ТМ;  $\rho_{\text{вм}}$  — давление воздуха в шинах колес ТМ;  $B_{\text{ш}}$ ,  $r_{\text{шм}}$  — ширина и радиус профиля шины колес ТМ;  $\eta_{\text{трт}}$ ,  $\eta_{\text{трм}}$  — КПД привода колес ЭМ и ТМ;  $K_{\text{вп}}$ ,  $K_{\text{вм}}$  — коэффициенты кинематического несоответствия в приводах передних колес ЭМ и колес ТМ;  $N_{\text{ВОМ}}$  — мощность, передаваемая через ВОМ МЭС;  $\eta_{\text{трВОМ}}$  — КПД привода ВОМ.

Вполне очевидно, что кроме двигателя повышенной мощности ЭМ должен иметь привод колес технологического модуля. Последний представляет собой присоединяемый/отсоединяемый дополнительный активно-приводной мост, имеющий соответствующее технологическое оборудование (навесной механизм, ВОМ, седельное сцепное устройство и др.).



Рис. 2. МЭС кл. 1,4—3



Рис. 3. МЭС кл. 3—5

Таблица 2

## Предполагаемый типаж тракторов Украины

| Тяговый класс трактора | Базовая модель  | Производитель                                      |
|------------------------|---|--|
| 0,2<br>0,6             | ХТЗ-1211<br>ХТЗ-3510/3522   | ОАО "ХТЗ"  |
| 1,4—3                  | ЮМЗ-8040/8240, МЭС-80<br>КИЙ-14102                                | ЮМЗ (г. Днепропетровск) ООО<br>"Укравтозапчастина" |
| 3—5<br>6               | ХТЗ-16131, ХТЗ-17221,<br>Т-150-05-09 ХТЗ-181,<br>МЭС-300<br>ТС-10 | ОАО "ХТЗ"  |

Как показали результаты многолетних исследований, МЭС на основе трактора кл. 1,4 (рис. 2) может развивать тяговые усилия 14—30 кН. Трактор кл. 3 в сочетании с технологическим модулем (рис. 3) способен реализовать диапазон усилий 30—55 кН [4]. В результате первый вариант позволяет в значительной степени решить проблему отсутствия тракторов кл. 2, а второй — колесных тракторов кл. 5. С учетом этого предлагаемый в работе [10] типаж тракторов мог бы иметь вид, представленный в табл. 2.

## Выводы

Приспособленный для условий Украины типаж тракторов целесообразно создавать с учетом модульного конструирования. Внедрение последнего кроме решения проблемы типажа позволяет получить ряд дополнительных преимуществ.

Во-первых, за счет использования с технологическим модулем и без него существенно возрастает годовая загрузка тракторов кл. 1,4 и 3. На протяжении года определенное время могут не использоваться ТМ, однако убытки от их простоя не столь ощутимы по сравнению с теми, которые могут быть получены при простое дорогостоящих тракторов.

Во-вторых, вероятность качественного освоения механизаторами меньшего количества марок существенно выше, что неизбежно положительно скажется на эффективности обслуживания и эксплуатации тракторов.

В-третьих, особенности конструкции МЭС обеспечивают им достаточно высокую адаптивность к новым технологиям выращивания с.-х. культур [4].

## Список литературы

1. **Трепенев И. И.** Эксплуатационные показатели сельскохозяйственных тракторов. — М.: Машгиз, 1963.
2. **Кутьков Г. М.** Тракторы и автомобили. Теория и технологические свойства. — М.: КолосС, 2004.
3. **Кутьков Г. М.** Энергонасыщенность и классификация тракторов // Тракторы и сельхозмашины. — 2009, № 5.
4. **Надыкто В. Т.** Основы агрегатирования модульных энергетических средств. — Мелитополь: КП "ММД", 2003.
5. **О совершенствовании** классификации сельскохозяйственных тракторов / И. П. Ксеневич и др. // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 1989, № 10.
6. **Рациональный** типоразмерный ряд перспективных сельскохозяйственных тракторов / И. П. Ксеневич и др. // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 1990, № 11.
7. **Пожидаев С. П.** К усовершенствованию методики отнесения тракторов к тяговому классам (на укр. языке) // Межведомственный тематический научно-технический сборник. — Киев: Урожай, 1994. — Вып. 79.
8. **Камбулов С. И.** Обоснование структуры МЭС сельскохозяйственного назначения // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 2008, № 3.
9. **Кутьков Г. М., Мининзон В. И.** Перспективный типаж сельскохозяйственных тракторов должен быть оптимальным // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. — 1967, № 1.
10. **Юшин О.** Перспективы развития тракторной энергетики (на укр. яз.) // Механизация сельского хозяйства (укр.) — 1979, № 7.
11. **Сураев Н. Г.** Оптимальный типаж сельскохозяйственных тракторов на основе виртуального типоразмерного ряда // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 2000, № 11.
12. **Надыкто В. Т.** Перспективное направление создания комбинированных и широкозахватных МТА // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 2008, № 3.