

УДК 631.37

Роль энергонасыщенности тракторов в формировании их типажа

Член-корр. НААН Украины, д-р техн. наук В. Т. НАДЫКТО (Таврический ГАТУ,
imesh@zp.ukrtel.net)

Аннотация. Рассмотрены направления практической реализации энергонасыщенности тракторов тяговой и тягово-энергетической концепций в формировании их типажа.

Ключевые слова: типаж, энергонасыщенность, мощность, тяговое усилие, балласт, модуль, энергосредство.

Многие специалисты инженерного профиля сегодня не хотят понимать, что объектом, определяющим эффективность с.-х. производства, является не трактор или машина/орудие, а МТА. Это ему, а не отдельно взятым его составляющим, присущи такие важные характеристики, как производительность труда, удельный расход топлива/энергии, качество работы, эксплуатационные издержки и др. В конечном итоге именно на их желаемое улучшение и направлена вся научная мысль.

Далее важно понимать следующее. Если фирма производит как тракторы, так и адаптированные к ним машины/орудия, то в этом случае эксплуатационнику того или иного технологического комплекса не особо нужна информация относительно номинального тягового усилия энергосредства, его энергонасыщенности, тягового усилия агрегатируемых машин/орудий и др. Более важны конечные показатели работы МТА, которые для конкретного его варианта и вполне определенных почвенно-климатических условий фирмой-производителем, как правило, оптимизированы.

Там же, где тракторы выпускают одни, а шлейф машин к ним — другие (в Украине, например), вполне реален результат, когда при достаточно хороших энергосредстве и машине/орудии в совокупности можно получить не совсем эффективный МТА.

Исключить такую ситуацию призван, по нашему глубокому убеждению, типаж тракторов. Его наличие гармонизирует совместную деятельность тракторо- и сельхозмашиностроителей, поскольку первые задают тот, заранее обусловленный, диапазон изменения основных конструктивных параметров энергосредств, который при проектировании машин/орудий обязаны учитывать вторые. Результатом такой согласованности их действий является Система машин как базис для создания требуемых эффективных МТА.

Но тогда возникает вопрос: какой параметр должен быть определяющим при построении типоразмерного ряда тракторов как основы их типажа?

В странах, где до сих пор действует ГОСТ 27021–86, в качестве такового принято номинальное тяговое усилие трактора. За рубежом, как указывает этот же ГОСТ со ссылкой на международные стандарты ISO 730-1:1977, ISO 730-2:1979 и ISO 730-3:1982, тракторы делятся на четыре категории по мощности на ВОМ, получаемой при номинальной частоте вращения двигателя. Существует

и другой подход (стандарт PAES 118:2001, например), при котором колесные тракторы делятся на те же четыре категории по максимальной тяговой мощности, полученной при испытании энергосредств на гладкой горизонтальной и сухой бетонированной поверхности или на горизонтальном фоне, покрытом скошенной либо нескошенной травой.

Но эти документы, как и более поздняя их обобщенная версия ISO/DIS 730, не классифицируют сами тракторы (причем только колесные!), а регламентируют размеры и требования к их трехточечным задним навесным устройствам либо по реализуемой через ВОМ мощности, либо по максимальной тяговой мощности. Не более и не менее!

Официальной классификации зарубежных тракторов по установленной мощности двигателя, как утверждает автор статьи [1], в настоящее время не существует. Хотя в разное время в различных странах она была. Так же, как и классификация по тяговой мощности.

В Советском Союзе, например, для обозначения класса трактора применялась и тяговая (конец 20-х гг.), и установленная (1946 г.) мощность двигателя. В конечном итоге, как подчеркивал один из авторов последнего типажа тракторов — И. И. Трепененков, от такой классификации пришлось отказаться. Главная причина, по его мнению, заключалась в том, что оба этих вида мощности двигателя не характеризуют набор машин, с которыми может работать тот или иной трактор. Такую задачу можно решить, лишь оперируя его номинальным тяговым усилием [2].

С подобным утверждением известного ученого трудно не согласиться. И вот почему. Представим себе какой-либо трактор с двигателем мощностью 250 л. с. Возникает вопрос: с каким же шлейфом машин его можно и нужно эксплуатировать? Пусть простят читатели автора за банальность, но для этого, как учит высшая техническая школа, в первую очередь следует знать номинальное тяговое усилие, развиваемое данным энергосредством. Мощность же двигателя трактора, как известно, определяет скоростной режим его работы в составе того или иного МТА.

Напомним, что отношение установленной мощности двигателя N_e , кВт к эксплуатационной массе трактора без балласта $G_{ек}$, т характеризует уровень его энергонасыщенности $E_T = N_e/G_{ек}$, кВт/т. Так вот, у тракто-

ров старой концепции она является такой, что почти вся величина N_e может быть реализована в тяговом варианте, т. е. через ходовую систему энергосредства. Всю же установленную мощность двигателя из-за нелинейности его регуляторной характеристики и колебательного характера внешней тяговой нагрузки реализовать, как известно [3], практически невозможно.

У тяговых энергосредств изменение параметров N_e и $G_{ек}$ взаимно обусловлено (т. е. чем выше мощность двигателя, тем больше эксплуатационная масса трактора, и наоборот). В то же время значение E_T , как показывает анализ [4], имеет при этом такой тренд, который позволяет считать, что

$$E_T = N_e / G_{ек} \approx \text{const.} \quad (1)$$

Но если это так, то концептуальная зависимость (1) практически однозначно связывает мощность двигателя трактора и его эксплуатационную массу, а следовательно, и тяговое усилие. Именно поэтому типаж, построенный в соответствии с ГОСТ 27021—86 (СТ СЭВ 628—85), позволяя, исходя из тягового класса трактора, получить информацию о мощности его двигателя.

Обратный ход, руководствуясь только мощностью двигателя, сегодня сделать весьма проблематично. Причина состоит в том, что современный этап проектирования тракторов характеризуется переходом от тяговой концепции (1) к "тягово-энергетической". Следует подчеркнуть, что этот термин в научной технической литературе с подачи д-ра техн. наук Г. М. Кутькова все-таки состоялся, хотя некоторые ученые и считают его не совсем корректным [5]. Согласно одному из положений разработанной этим ученым новой концепции

$$E_T = N_e / G_{ек} = \text{var.} \quad (2)$$

Реально это значит, что увеличение мощности двигателя уже не сопровождается адекватным ростом эксплуатационной массы трактора. В принципе, даже существенное увеличение N_e может быть реализовано или без какого-либо изменения $G_{ек}$, или с таким ее ростом, какой необходим лишь для обеспечения соответствующей прочности и безопасности конструкции энергосредства (т. е. тогда, когда увеличение мощности двигателя обусловлено соответствующим ростом его массы). Но в этом случае, исходя лишь из мощности двигателя трактора тягово-энергетической концепции, уже нельзя однозначно определить его тяговый класс, а значит и рациональный набор машин/орудий.

В доказательство этого постулата рассмотрим следующий пример. В 80-е гг. Минский тракторный завод испытывал разработанный его конструкторами крайне необходимый сельскому хозяйству универсально-пропашной трактор МТЗ-142 с эксплуатационной массой 5,3 т и номинальным тяговым усилием 24 кН. Поскольку по основному классификационному признаку он, согласно ГОСТ 27021—86 (см. таблицу), относился к тяговому классу 2, то существующая в то время Система машин рекомендовала к нему вполне определенный комплекс машин и орудий.

В то же время, указанный трактор выпускался с двигателями мощностью 110 и 134 кВт [6]. Более того, у отдельных образцов этот параметр был доведен до 142 кВт [4]. При КПД привода ВОМ $\eta_{вом} = 0,95$ и максимальном тяговом КПД $\eta_{т\max} = 0,65$ он имел следующие

энергонасыщенность E_T , максимальную тяговую мощность $N_{кр\max}$ и мощность $N_{вом}$, реализуемую через ВОМ:

N_e , кВт	110	134	142
E_T , кВт/т	21	25	27
$N_{кр\max}$, кВт	72	87	92
$N_{вом}$, кВт	105	127	135

Если исходить из максимальной тяговой мощности, то только при базовой комплектации (110 кВт) МТЗ-142 следует причислить ко второй категории (см. таблицу), которая соответствует энергосредствам тягового класса 2. При более высокой мощности двигателя этот трактор уже следует относить к третьей категории. Но тогда в соответствии с ГОСТ 27021—86 (СТ СЭВ 628—85) он должен был бы агрегатироваться с набором машин к тракторам тяговых классов 3 и даже 4. Возникает вопрос: а реально ли это?

Еще более парадоксальна ситуация при классификации по мощности, реализуемой через ВОМ. В этом случае, уже начиная с базовой комплектации, трактор МТЗ-142 сразу попадает в неприемлемую для него третью категорию. Более того, в соответствии со стандартом ISO/DIS 730 (см. таблицу) при $N_{вом} = 135$ кВт его можно отнести и к категории 4, а значит агрегатировать со шлейфом машин для тракторов тяговых классов 5, 6 и даже 8 (!).

Вот к какому абсурду может привести такое "соответствие" отечественной и зарубежной классификаций тракторов. Поэтому утверждение авторов [5] о том, что "если трактор тяговый, то для его классификации достаточно одного из указанных параметров: $P_{кр}$ или $N_{вом}$ ", верно только по отношению к первому из них (т. е. к $P_{кр}$). Ни мощность двигателя, как считает автор работы [1], ни ее составляющие $N_{вом}$, $N_{кр\max}$ не служат абсолютными показателями энергонасыщенности трактора. И причина здесь кроется в начале развития конструкций мобильных энергосредств с учетом концептуальной зависимости (2).

Если на современном этапе энергонасыщенность играет такую роль, то возникает вопрос: какой ее уровень

Соотношение между тяговыми классами и категориями тракторов

Тяговый класс	Номинальное тяговое усилие $P_{крн}$, кН	Категория трактора по мощности, кВт (передаваемой через ВОМ или тяговой)		
		ISO 730-1	ISO/DIS 730	PAES 118:2001
ГОСТ 27021—86 (СТ СЭВ 628—85)		$N_{ВОМ}$		$N_{кр. max}$
0,2 0,6	1,8—5,4 5,4—8,1	I — до 48	До 48	15—35
0,9 1,4 2	8,1—12,6 12,6—18 18—27	II — до 92	30—92	30—75
3 4	27—36 36—45	III — 80...185	60—185	86—168
5 6 8	45—54 54—72 72—108	IV — 150...350	110—350	135—300

$E_{\text{ттр}}$ является разделяющим тракторы на представителей тяговой и тягово-энергетической концепций. У первых она, в принципе, ограничивается предельной мощностью, которую можно реализовать по сцеплению колес энергосредства с почвой. Но, как правильно отмечают исследователи [7], работа трактора с максимальным коэффициентом сцепления сопряжена с большими энергозатратами из-за роста потерь на его перекачивание и особенно на буксование. При максимальной касательной силе тяги последнее достигает 24 % [8]. В результате авторы [7] предлагают предельной мощностью считать ту, которую тяговое средство развивает при максимальном тяговом КПД. С учетом этого, по их мнению, уровень энергонасыщенности трактора тяговой концепции не должен превышать 16–18 кВт/т.

Проф. Г. М. Кутьков предлагает граничный уровень энергонасыщенности трактора называть **эталонным** $E_{\text{тре}}$, кВт/кН и представлять его как отношение эффективной мощности двигателя $N_{\text{ер}}$, которую тот развивает во время работы с номинальной тяговой нагрузкой и номинальной рабочей скоростью $v_{\text{трн}}$, к эксплуатационному весу $G_{\text{тр}}$ трактора без балласта [9]:

$$E_{\text{тре}} = N_{\text{ер}}/G_{\text{тр}}. \quad (3)$$

По результатам его исследований эталонная энергонасыщенность для колесных тракторов 4К4 должна составлять 1,5 кВт/кН, а для гусеничных — 1,4 кВт/кН. Если говорить о физическом смысле этого показателя, то это, как отмечается и в работе [5], та рабочая скорость трактора, которую он может развивать при работе с номинальным тяговым усилием.

Еще одна группа ученых рекомендует границей раздела между тяговыми и тягово-приводными тракторами считать **номинальную** энергонасыщенность $\mathcal{E}_{\text{нг}}$, определяемую выражением [5]

$$\mathcal{E}_{\text{нг}} = \varphi_{\text{крп}} v_{\text{ср}} / \eta_{\text{т max}}, \quad (4)$$

где $\eta_{\text{т max}}$ — максимальный тяговый КПД трактора; $\varphi_{\text{крп}}$ — номинальный коэффициент использования сцепной массы¹ на крюке (при $\eta_{\text{т max}}$); $v_{\text{ср}} = 2,5$ м/с — средняя рабочая скорость, которую трактор реализует на обработке почвы.

Следует отметить, что зависимость (4), в отличие от (3), вызывает некоторые вопросы. Во-первых, номинальное тяговое усилие трактора не всегда достигается при максимальном тяговом КПД. Довольно часто оно ограничивается предельным буксованием (см. ГОСТ 27021–86), при котором действительное значение этого коэффициента меньше максимального. Во-вторых, определение средней рабочей скорости как в количественном, так и в чисто технологическом аспекте (только на обработке почвы?) не понятно.

По нашему мнению, у тракторов тяговой концепции принципиально ограничительным параметром реализуемого ими тягового усилия является буксование движителей. Хотя это четко и не регламентировано, но многими учеными и практиками агротехнически допустимый коэффициент буксования движителей колесных энергосредств принято считать равным 0,2 (т. е. 20 %).

¹ По определению авторов статьи [5].

Исходя из этого, требуемую величину $E_{\text{ттр}}$ можно определить следующим образом:

$$E_{\text{ттр}} = P_{\text{кр20}} v_{\text{о20}} / (G_{\text{ек}} \eta_{20}),$$

где $P_{\text{кр20}}$, $v_{\text{о20}}$ и η_{20} — тяговое усилие, скорость и тяговый КПД трактора при 20 %-м буксовании движителей. Анализ тяговых характеристик отечественных колесных тракторов тяговых классов 1,4; 3 и 5 показывает, что среднее значение $E_{\text{ттр}}$ в этом случае равно примерно 14 кВт/т. Следовательно, при большем значении данного показателя трактор необходимо относить к представителям тягово-энергетической концепции.

В настоящее время многие государственные служащие и даже ученые утверждают о потребности в Украине тракторов с упомянутой нами выше мощностью 184 кВт (250 л. с.) и даже больше. Если это и так, то на закономерный вопрос об эффективной эксплуатации таких энергосредств можно ответить только после выяснения их эксплуатационной массы и уровня энергонасыщенности. Когда это тракторы старой тяговой концепции — одно дело, если новой тягово-энергетической — совсем другое.

В первом варианте нам известно, как их эффективно агрегатировать даже при отсутствии собственной системы сельхозмашин и орудий. Ведь спроектированные в соответствии с функциональной зависимостью (1), они в первую очередь являются тягачами. Методикой расчета оптимального состава МТА на основе таких энергосредств (в том числе и тягово-приводных) владеет каждый инженер-механик.

Энергонасыщенность тракторов тягово-энергетической концепции превышает 14 кВт/т. Оптимальное ее значение, по мнению авторов работы [7], должно составлять 32–34 кВт/т. Примеров выпуска энергосредств такой энергонасыщенности достаточно. Австрийская фирма Steyr, например, разработала известную во всем мире модель Steyr 8300, энергонасыщенность которой превышает даже 42 кВт/т. Так в чем же, собственно, заключается проблема эффективного использования таких энергосредств? Для этого рассмотрим внутреннюю природу показателя $E_{\text{тре}}$. По данным [9] его можно представить так:

$$E_{\text{тре}} = \varphi_{\text{крп}} v_{\text{трн}} / \eta_{\text{т max}}.$$

С другой стороны, показатели энергонасыщенности $E_{\text{тре}}$ и $E_{\text{т}}$ находятся в соотношении

$$E_{\text{тре}} = E_{\text{т}}/g,$$

где g — ускорение свободного падения. Тогда с учетом (3) получим:

$$v_{\text{трн}} = E_{\text{т}} \eta_{\text{т max}} / (g \varphi_{\text{крп}}). \quad (5)$$

Согласно результатам многолетних полевых испытаний коэффициент $\varphi_{\text{крп}}$ для колесных тракторов 4К4, например, при работе на стерне составляет 0,4. Значение $\eta_{\text{т max}}$ при этом можно принять, как уже отмечалось выше, равным 0,65. Тогда для энергосредств тяговой концепции ($E_{\text{т}} \leq 14$ кВт/т) $v_{\text{трн}} = 2,3$ м/с (или 8,3 км/ч). Как показывает практика, такая рабочая скорость в полевых условиях вполне реализуема, причем на подавляющем большинстве технологических операций.

При энергонасыщенности трактора тягово-энергетической концепции в среднем 33 кВт/т его максимальная скорость при работе с номинальным тяговым уси-

нием, как вытекает из выражения (5), должна составлять уже 5,5 м/с (или 19,8 км/ч). К сожалению, в настоящее время это присуще не тяговому и тягово-приводному, а лишь транспортному режиму движения МТА.

Теперь допустим, что нужный нам трактор мощностью 184 кВт (250 л. с.) будет иметь энергонасыщенность не 14, а хотя бы 25 кВт/т (что сегодня вполне реально!), а его эксплуатационная масса $G_{ек} = 184/25 \approx 7,4$ т. Что касается номинального тягового усилия данного трактора, то оно составит

$$P_{крн} = \varphi_{крн} G_{ек} g = 0,4 \cdot 7,4 \cdot 9,81 \approx 29 \text{ кН.}$$

Согласно ГОСТ 27021—86 (СТ СЭВ 628—85) — это мобильное энергосредство тягового класса 3 (см. таблицу). С другой стороны, при энергонасыщенности 14 кВт/т номинальное тяговое усилие такого трактора достигнет 51,5 кН, что отвечает требованиям тягового класса 5.

Как видим, при одной и той же требуемой мощности двигателя можно получить тракторы с существенно различными тяговыми показателями. А допущенная ошибка при их выборе, как показывает опыт Украины, может дорого стоить!

Изложенный анализ лишний раз подтверждает правоту авторов работы [5] о том, что классификационными параметрами современного типажа тракторов должны быть номинальное тяговое усилие и мощность двигателя (или энергонасыщенность). Причем, при энергонасыщенности трактора более 14 кВт/т эксплуатационники должны иметь четкую систему реализации мощности его двигателя. Иначе необоснованный рост E_r может привести, как показывает эксплуатационная практика, к его недогрузке до 50 %.

В первую очередь следует учесть, что энергосредства тягово-энергетической концепции должны иметь разветвленную систему отбора и передачи мощности на привод технологической части МТА. Поскольку они могут использоваться в составе тяговых, тягово-приводных и транспортных агрегатов (включая работу с седельными полуприцепами), то к ним выдвигаются дополнительные требования: соответствие транспортным габаритам, ограниченные осевые и тяговые нагрузки, наличие эффективных систем торможения и поворота и т. д.

Тем не менее в ближайшем будущем большую часть времени тракторы новой концепции будут использоваться в тяговом варианте. Одним из путей более полного использования мощности двигателя при этом рассматривается балластирование энергосредства [9]. И это несмотря на то, что данный прием более эффективен на твердом основании, тогда как недостаток тягово-сцепных свойств трактора более ощутим на мягком фоне. Кроме того, увеличение эксплуатационной массы энергосредства путем балластирования существенного влияния на максимальный тяговый КПД не оказывает, а вот уплотнение почвы при этом растет.

Балластирование систематически пропагандируют заграничные производители тракторов. Для примера рассмотрим заявленное уже и на нашем рынке энергосредство Fendt-936. При мощности двигателя 260 кВт и эксплуатационной массе 10 т его энергонасыщенность составляет 26 кВт/т (т. е. это трактор тягово-энергетической концепции). Фирма-производитель утверждает, что эксплуатационная масса этого трактора путем балластирования может быть увеличена до 15 т. Выходит,

что тяговый класс одного и того же энергосредства без балласта — 4 (см. таблицу), с промежуточным балластированием — 5, а с полным балластированием — 6. В принципе, такой подход вынуждает рассматривать его как одну из практических схем создания трактора переменного тягового класса. Но реально ли это в действительности? А если и реально, то в какой мере?

Для ответа на этот вопрос рассмотрим такой пример. Пусть мощность двигателя трактора тягового класса 3 колесной формулы 4К4 (типа ХТЗ-17221), как и в Fendt-936, составляет 260 кВт, а максимальное значение его номинального тягового усилия — 36 кН (см. таблицу). При $\varphi_{крн} = 0,4$ его можно достичь, если эксплуатационная масса будет равна $36/(0,4 \cdot 9,81) \approx 9$ т. Это практически отвечает паспортному значению для ХТЗ-17221 (8,98 т). При таких параметрах N_e и $G_{ек}$ данное энергосредство относится к тягово-энергетической концепции, поскольку его энергонасыщенность составляет 28,9 кВт/т.

Теперь попробуем путем балластирования перевести это энергосредство из тягового класса 3 в тяговый класс 5. Максимальное тяговое усилие в этом случае должно составлять 54 кН (см. таблицу), а эксплуатационная масса $54/(0,4 \cdot 9,81) \approx 13,8$ т. Из расчетов следует, что для достижения поставленной цели трактор ХТЗ-17221 следует догрузить балластом массой 4,8 т. В принципе, техническая осуществимость этого мероприятия возможна, хотя для данного энергосредства в настоящее время она, в известной мере, проблематична.

Но все же допустим, что балласт массой 4,8 т размещен на тракторе так, что на каждое его колесо приходится 1,2 т. Далее следует учесть два очень важных обстоятельства. Первое из них заключается в допустимой грузоподъемности шин. У колес ХТЗ-17221 они имеют размер 21,3R26. Передние движители этого энергосредства более нагружены (приблизительно 60 % общей массы трактора), а потому рекомендованное давление воздуха в их шинах чаще всего составляет 120 кПа. В шинах задних колес его предлагают при этом удерживать на уровне 100 кПа. Как видим, при отсутствии балласта на каждое из передних колес трактора приходится масса приблизительно 2,7 т, а задних — 1,8 т. При балластировании же эта величина вырастет соответственно до 3,9 и 3 т.

В то же время, согласно ГОСТ 7463—2003 максимальная грузоподъемность шины 21,3R26 при внутреннем давлении воздуха в ней 120 кПа составляет 3,15 т, а при 100 кПа — 2,9 т. То есть при балластировании трактора ХТЗ-17221 массой 4,8 т имеем перегрузку шин как передних, так и задних его колес. Прибавим, что аналогичный результат (по крайней мере, для передних движителей) получаем даже при переводе этого энергосредства из тягового класса 3 в 4.

Выходов из этой ситуации два: или увеличивать типоразмер шин, или сдвигать их. Второй вариант более приемлем, поскольку одновременно с решением проблемы перегрузки движителей существенно уменьшается уплотнение почвы. Но при этом следует подчеркнуть, что сфера применения трактора со сдвоенными шинами в известной мере ограничена. А на твердом агрофоне при относительно малых тяговых усилиях и на транспортных операциях такая настройка энергосредства вообще малоэффективна.



а)



б)

МЭС переменного тягового класса 1,4–3 (а) и 3–5 (б)

Второе обстоятельство проявляется тогда, когда практически всю мощность двигателя (260 кВт) забалластированный трактор ХТЗ-17221 должен реализовывать через тяговое усилие. Возникает вопрос, **выдержит ли трансмиссия энергосредства тягового класса 3 ту нагрузку, какая присуща трактору тягового класса 5?** И развеять это сомнение, подкрепленное аналогичными конкретными расчетами авторов статьи [5], пока что нечем, поскольку в литературе нам не удастся найти данные относительно показателей работы трактора Fendt-936 (или ему подобных) при задекларированном фирмой уровне его максимального балластирования.

Более полно мощность двигателя трактора тягово-энергетической концепции можно реализовать в тягово-приводном режиме агрегатирования. И здесь эффективность будет ощутимой тогда, когда масса технологической части МТА или будет равняться, или даже превышать массу энергосредства. Активный привод опорных колес машин/орудий относительно малой материалоемкости нецелесообразен. Так, удельный вес массы плуга в пахотном агрегате на основе трактора тягового класса 3 составляет всего 9–11 %. Поэтому даже при условии активизации всей массы пахотных орудий прирост тягового усилия не будет превышать 10–12 %. А этого мало для того, чтобы полностью загрузить двигатель трактора тягово-энергетической концепции.

Наиболее эффективный способ использования мощности трактора тягово-энергетической концепции, по нашему мнению, — создание на их основе модульных энергосредств (МЭС). Энергонасыщенный трактор как энергетический модуль (ЭМ) выполняет при этом две функции: тяговую и энергетическую. Первую он реализовывает через собственную ходовую систему путем создания того тягового усилия, которое обусловлено его эксплуатационной массой. Вторая функция заключается в передаче "лишней" мощности двигателя через систему ее отбора (механическую, гидравлическую, электрическую и тому подобное) на привод колес дополнительного моста — транспортно-технологического модуля (ТТМ). В результате получаем дополнительное тяговое усилие, которое вместе с тяговым усилием ЭМ формирует общую тягу МЭС.

Самостоятельно ЭМ может агрегатироваться с тем шлейфом машин/орудий, которые отвечают его тяговому классу. Применение при этом двигателя с двумя уровнями мощности позволяет более эффективно загружать его при выполнении тяговых операций.

В агрегате с ТТМ энергетический модуль МЭС используется с набором машин/орудий, предназначен-

ных для тракторов более высоких тяговых классов. Именно такая технологическая гибкость трактора тягово-энергетической концепции позволяет получить на его основе энергосредство **переменного тягового класса** (см. рисунок). Впервые такую задачу поставила и комплексно решила группа ученых под руководством проф. Г. М. Кутькова.

Важно, что известные образцы трехосных тракторов зарубежных фирм Fendt, Valmet и др. для этого не пригодны. Все они представляют собой моноблочные конструкции, а потому не позволяют изменять эксплуатационную массу в том диапазоне, который возможен при реализации модульного принципа создания энергосредств именно переменного тягового класса.

Несколько слов о критике этого конструктивного направления. Авторы работы [5] утверждают, что "подключение к трактору через синхронный ВОМ транспортно-технологического модуля не решает проблему перегрузки трансмиссии, так как ее часть от двигателя трактора до вторичного вала КП будет испытывать ту же перегрузку". Перегрузка действительно есть, но далеко не та же. И доказательство здесь весьма тривиально. Ведь крутящие моменты, реализуемые ведущими колесами энергосредства, — одни, а такие же моменты, действующие на муфту сцепления и детали КП, вращающиеся со значительно большей частотой, чем двигатели, — в разы меньше.

Следует отметить, что автор данной статьи с 1983 г. и по настоящее время проводит исследования и испытания МТА на основе МЭС. Один из них был создан на базе трактора МТЗ-142 и на протяжении более 15 лет проходил полевые испытания в Южном отделении УкрНИИМЭСХ (Запорожская обл., пгт. Акимовка). Транспортно-технологический модуль к нему (см. рисунок) был изготовлен под руководством П. А. Амельченко — одного из авторов статьи [5]. За указанный временной период не имело места ни одной поломки муфты сцепления либо выхода из строя какой-либо детали КП трактора МТЗ-142. Что касается ТТМ, то только однажды при длительной реализации модульным энерготехнологическим средством МЭС-200 тягового усилия более 45 кН вышел из строя один из его (ТТМ) бортовых редукторов.

В целом же техническая осуществимость и технико-экономическая целесообразность разработки семейства МЭС переменного тягового класса на основе украинских тракторов достаточно широко освещена в литературе [4, 6, 9]. Многолетняя практика их эксплуатации показывает, что кроме целого ряда преимуществ внедре-

ние МЭС позволяет решить проблему создания отечественного типажа тракторов [10].

Выводы

При создании современного типажа тракторов определяющими параметрами должны служить номинальное тяговое усилие трактора и его энергонасыщенность.

При принятии решения относительно выбора того или другого трактора следует учитывать не только мощность его двигателя, но и эксплуатационную массу. Это позволит определиться с тяговым классом, уровнем энергонасыщенности, а значит и с системой эффективного агрегатирования энергосредства.

В качестве наиболее эффективного пути использования мощности двигателя трактора тягово-энергетической концепции следует рассматривать не балластирование, а создание на его основе МЭС переменного тягового класса.

Список литературы

1. Новиков Г. В. О некоторых проблемах в отечественной теории и практике проектирования тракторов // Тракторы и сельхозмашины. — 2011, № 4.

2. Трепененков И. И. Эксплуатационные показатели сельскохозяйственных тракторов. — М.: Машгиз, 1963.

3. Кутьков Г. М. Тракторы и автомобили. Теория и технологические свойства. — М.: КолосС, 2004.

4. Надыкто В. Т. Основы агрегатирования модульных энергетических средств. — Мелитополь: КП "ММД", 2003.

5. О классификации энергонасыщенных с.-х. тракторов и расширении их тяговых возможностей / П. А. Амельченко и др. // Тракторы и сельхозмашины. — 2011, № 7.

6. Исследования модульного энергетического средства / Г. М. Кутьков и др. // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 1989, № 12.

7. Перспективные мобильные энергетические средства (МЭС) для сельскохозяйственного производства / В. В. Кацыгин и др.; Под общ. ред. М. М. Севернева. — Мн.: Наука и техника, 1982.

8. Тракторы: Теория: Учебник для студентов вузов по специальности "Автомобили и тракторы" / В. В. Гуськов и др.; Под общ. ред. В. В. Гуськова. — М.: Машиностроение, 1988.

9. Кутьков Г. М. Энергонасыщенность и классификация тракторов // Тракторы и сельхозмашины. — 2009, № 5.

10. Надыкто В. Т. Роль модульных энергосредств в формировании типажа тракторов в Украине // Тракторы и сельхозмашины. — 2010, № 6.