

НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕОРИИ ТРАКТОРА ТЯГОВО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ КОНЦЕПЦИИ

Лебедев А.Т., д.т.н., проф.

*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства
имени Петра Василенко*

Определены основные пути решения проблемы теории трактора тягово-энергетической концепции.

Введение. При наметившейся в последнее время тенденции перехода трактора с тягового в тягово-энергетическое средство, при котором трактор является не только тягачом, но и источником энергии для агрегатируемых сельскохозяйственных машин, решается проблема эффективного использования мощности двигателя и снижения уплотнения почвы ходовыми системами. Для тракторной энергетики данного поколения актуально развитие ряда теоретических задач, базирующихся на основных положениях теории трактора тяговой концепции.

Цель работы. Оценить возможность применения основных положений теории трактора при функциональном анализе тракторов тяговой и тягово-энергетической концепции и определить основные пути развития теории трактора в данном направлении.

Анализ публикаций. От создания первого гусеничного трактора с паровым двигателем мощностью 20 л.с. (1896 г) до настоящего времени трактора развивались в основном в направлении повышения их технического уровня, эксплуатационно-технологических показателей и частично универсальности на основе теории трактора, обоснованной для тракторов тяговой концепции. В основу данной концепции Д.А. Чудаков (1941 г) предложил принять тяговое усилие за параметр для определения класса трактора. Данное направление теории трактора в дальнейшем было развито И.И. Трепененковым [1]. Ранее (1917 г) была издана первая работа по теории трактора А.Н. Судакова «Тракторы», в которой наряду с описанием конструкции тракторов и их основных элементов изложен ряд теоретических положений по определению силы тяги трактора, его тяговому КПД и т.д. Первый учебник по теории трактора написал проф. М.И. Медведев (1935 г), в дальнейшем были изданы учебники по теории трактора проф. Е.Д. Львова (1952 г) и проф. В.В. Гуськова (1977 г), в которых авторы с позиций тяговой концепции трактора изложили теоретические разделы по кинематике и взаимодействию движителей с почвой, тяговому и мощностному балансу, устойчивости движения, плавности хода трактора и т.д.

Необходимо отметить, что теория трактора тяговой концепции эффективна, когда мощность двигателя реализуется в основном через тягу. Но с развитием конструкций тракторов и сельхозмашин, технологий производства

сельскохозяйственных культур и т.д. практика поставила перед наукой необходимость обоснования теоретических проблем теории трактора тягово-энергетической концепции. Данное направление развито в учебнике проф. Г.М. Кутькова [2], в котором обоснована целесообразность использования в сельскохозяйственном производстве не тракторов-тягачей, а более легких и энергонасыщенных тракторов тягово-энергетической концепции. В данном случае предоставляется возможность при создании тракторов выйти из строгой параметрической зависимости между мощностью двигателя и массой трактора-тягача и вследствие этого существенно снизить его материалоемкость. По существу трактор тягово-энергетической концепции – это качественно новая машина второго поколения. Результаты теоретических и экспериментальных исследований энергетических средств данной концепции изложены в работе [3], в которой обоснованы основы агрегатирования модульных энергетических средств переменного тягового класса.

При переходе трактора с тягового в тягово-энергетическое средство для агрегатирования с комбинированными сельхозмашинами с активными рабочими органами и в дальнейшем – в энергетическое средство с разветвленной системой отбора мощности необходимо выполнить теоретические исследования данных энергетических средств в направлении соответствия их функциональному назначению [4].

Результаты исследования. В основу анализа мобильного энергетического средства может быть положен его мощностной баланс, позволяющий оценить затраты мощности при его функционировании (Рис. 1).

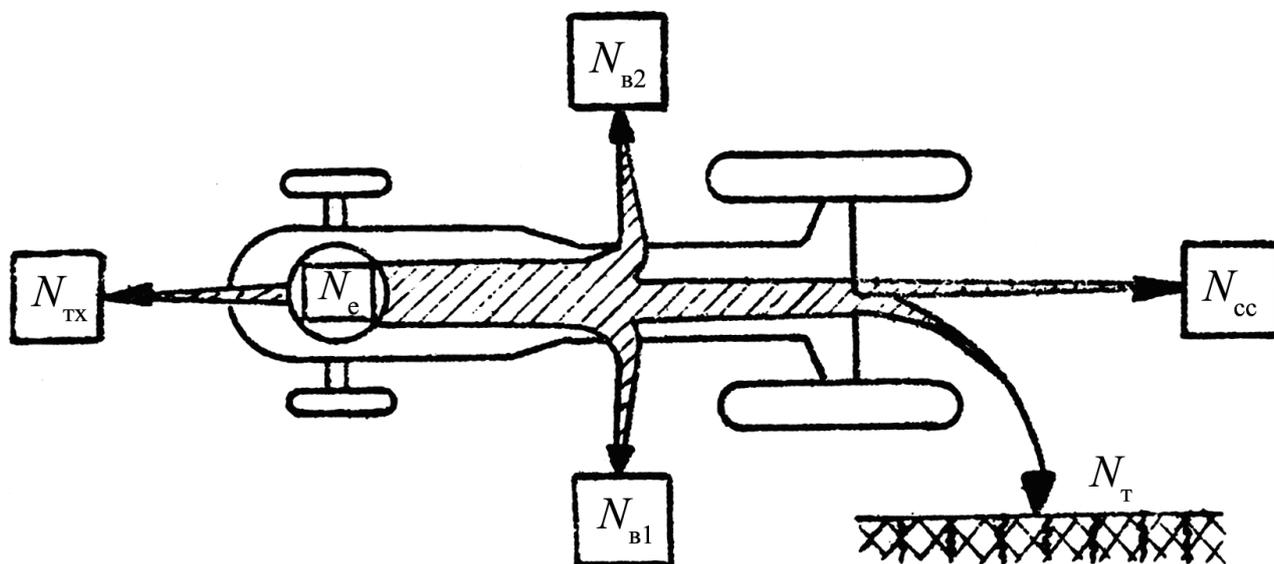


Рис. 1 – Схема мощностного баланса мобильного энергетического средства:

N_e – эффективная мощность двигателя внутреннего сгорания; N_{TX} – потери мощности в трансмиссии, в движителях и на буксование; N_{CC} – мощность, необходимая для преодоления тяговых сопротивлений агрегатируемых сельхозмашин и орудий; N_{B1} , N_{B2} –

мощность, расходуемая на привод механизмов, присоединенных к валам отбора мощности;
 N_T – тяговая мощность.

При реализации мощности двигателя N_e в тяговую мощность N_T только через движители энергетическое средство будет трактором тяговой концепции (новолат. tractor – тот, кто тащит, тянет), а при передаче мощности через валы отбора мощности доля мощности, передаваемая через движители снижается. В данном случае энергетическое средство будет тягово-энергетической концепции, которое в определенной степени решает одну из основных проблем снижения механического воздействия движителей мобильных машин на почву.

При этом необходимо принимать во внимание, что снижение уплотнения почвы за счет повышения площади контакта не всегда обеспечивает необходимые тяговые свойства трактора. Это объясняется следующим анализом тяговой силы P_{\max} трактора от сопротивления грунта сдвигу τ_{\max} и площади контакта A движителя с почвой [5]:

$$P_{\max} = A \tau_{\max} = A(C + p \operatorname{tg} \varphi_c) A C + w \operatorname{tg} \varphi, \quad (1)$$

где: w – вертикальная нагрузка;

C и φ_c – коэффициенты соответственно внутреннего сопротивления грунта сдвигу и сцепления;

p – давление на грунт.

На почвах, характерных для сельскохозяйственных угодий (например, суглинках), в образовании P_{\max} участвуют τ_{\max} и A . Усилие $P_{кр}$, создаваемое на крюке машины движителем, равно разности между касательной силой тяги P_k и сопротивлением движению P_c . При этом, если свойства почвы определяются только коэффициентами C и φ , то P_{\max} будет при буксовании 15-20 %. В то же время с повышением давления на грунт также повышается сопротивление сдвигу почвы. Например, для ходовых систем тракторов типа МТЗ-80 при $p = 30$ кПа имеем $\tau = 21$ кПа, а при $p \cong 100$ кПа – $\tau = 82$ кПа (т.е. τ возрастает примерно в 4 раза).

Уменьшение давления на грунт приводит к снижению тяговых показателей трактора и не может в отдельных случаях, например, при междурядной обработке и вспашке, компенсироваться увеличением площади контакта движителей с почвой.

Таким образом, движители тяговых машин (тяговая концепция) при агрегатировании с сельскохозяйственными машинами с пассивными рабочими органами вступили в противоречие по обеспечению необходимых тяговых свойств и снижению давления на почву. Это определяет необходимость разработки с одной стороны альтернативных движителей, с другой – создание энергосредств тягово-энергетической концепции, снижающих долю передаваемой мощности по системе «движитель-грунт».

В пользу тракторной энергетики тягово-энергетической концепции в сравнении с тракторами тяговой концепции относится также решение

проблемы отставания повышения производительности машинно-тракторного агрегата (МТА) от повышения мощности тракторного двигателя. На основе анализа потенциальной тяговой характеристики трактора тяговой концепции [6] сделан вывод о том, что режиму работы трактора при максимальной тяговой мощности $N_{кр}^{max}$ соответствуют определенные значения тягового усилия $P_{кр}^{оп}$ и действительной скорости движения $v_g^{оп}$, которые взаимосвязаны. Поэтому повышенную тяговую мощность трактора тяговой концепции при повышении его энергонасыщенности можно реализовать либо при его агрегатировании с широкозахватными сельскохозяйственными машинами, либо при работе МТА на повышенных скоростях.

Для реализации первого случая необходимо повышения массы трактора $G_{сц}$ для обеспечения оптимального коэффициента использования сцепного веса $\varphi_{ис}$, определяемом при известной силе тяги на крюке $P_{кр}$ по зависимости $\varphi_{ис} = P_{кр} / G_{сц}$.

Однако, темп увеличения энергетических качеств тракторов одного тягового класса превосходит темп роста их тягово-сцепных качеств. Например, для тракторов кл. 14 кН трактор МТЗ-50 при эксплуатационной мощности двигателя $N_e - 37,0$ кВт и массе $G_{сц} - 2750$ кг на скорости $v_p - 6,85$ км/ч имел силу тяги $P_{кр} - 1,4$ кН, т.е. $\varphi_{ис} = 0,50$. Для трактора МТЗ-80 ($N_e - 58,8$ кВт, $G_{сц} - 3160$ кг, $P_{кр} - 1,4$ кН) имеем $\varphi_{ис} = 0,44$, т.е. при повышении мощности двигателя трактора МТЗ-80 в сравнении с МТЗ-50 на 59 % коэффициент $\varphi_{ис}$ сократился на 12 %. Гусеничные тракторы, например, трактор Т-74 при $v_p - 6,76$ км/ч имел $\varphi_{ис} = 0,39$, а трактор ХТЗ-181 при $v_p - 9,25$ км/ч имеет $\varphi_{ис} = 0,46$, т.е. с повышением N_e на 118,9 % коэффициент $\varphi_{ис}$ повышается всего на 17,9 %.

Увеличение массы трактора $G_{сц}$ приводит также к повышению затрат мощности на передвижение N_f , которые, например, для тракторов Беларусь-892 ($N_e - 62,6$ кВт, $G_{сц} - 3840$ кг) и ЮМЗ-8240.2М ($N_e - 57,4$ кВт, $G_{сц} - 4373$ кг) на стерне колосовых составили соответственно $N_f - 5,7$ кВт (9,1 % от N_e) и $N_f - 6,6$ кВт (11,5 % от N_e); при движении на поле, подготовленном под посев данные затраты повышаются до значений $N_f - 16,0$ кВт (25,5 % от N_e) и $N_f - 18,2$ кВт (31,7 % от N_e). Применение балласта существенно повышает затраты мощности на передвижение тракторов. Например, для тракторов серии John Deere 6230 ($N_e - 70$ кВт, $G_{сц} - 4390$ кг) на посевных работах затраты мощности на передвижение без балласта равны $N_f - 18,26$ кВт (26,0 % от N_e), с балластом массой $G_T - 1040$ кг – $N_f - 22,6$ кВт (32,2 % от N_e). При этом темп прироста производительности МТА отстает от повышения мощности двигателя на 9-12 % (в зависимости от технологической операции) [7].

Не решает проблему эффективного использования тракторов повышенной энергонасыщенности за счет повышения скорости МТА, т.к. в данном случае при повышении темпа нарастания удельных тяговых сопротивлений рабочих органов сельхозмашин возрастают энергозатраты на выполнение технологического процесса. По статистике прирост на 1 кВт тяговой мощности приводит к увеличению удельного расхода топлива при наибольшей тяговой мощности примерно на 200 г/кВт·ч.

Противоречие требований агротехники и повышение энергонасыщенности тракторов тяговой концепции достигло критического состояния и создает объективные трудности в их технологической адаптации. Данная проблема может быть решена при применении вместо трактора тяговой концепции мобильного энергетического средства (см. рис. 1), в котором мощность двигателя реализуется не только через движители трактора, но и на привод либо активных рабочих органов сельхозмашин (тягово-приводные МТА), либо их движителей. В последнем случае используется вся масса агрегата для создания тягового усилия и за счет этого происходит увеличение производительности МТА с одновременным снижением уплотнения почвы. Данное энергетическое средство может работать с набором сельхозмашин от двух-трех тракторов тяговой концепции смежных тяговых классов, вследствие чего может быть сокращена номенклатура тракторов, применяемых в хозяйстве.

Накопленный положительный опыт создания отечественными и зарубежными фирмами тракторов тягово-энергетической концепции, тягово-приводных МТА и т.д. одновременно ставит перед наукой необходимость решения теоретических проблем в направлении их классификации, мощностного баланса, технологической адаптации и т.д. Решение данных проблем, предложенных в данной статье, рассматриваются автором без расчета на немедленную реализацию, а скорее как темы для размышления.

Проблема (классификация). Классифицируют трактора по назначению, силе тяги, типам ходовых систем и компоновок. Для тракторов сельскохозяйственного назначения критерием (признаком) в соответствии с ГОСТ 27021-86 и СТ СЭВ 628-85 является номинальное тяговое усилие, определяющее класс трактора. Каждому классу отведен соответствующий диапазон $0,9 P_{\text{тн}i} - 0,9 P_{\text{тн}(i+1)}$, где $P_{\text{тн}}$ – номинальное тяговое усилие на крюке, кН; i – класс трактора. Благодаря такому подходу замыкается диапазон тяговых усилий от предыдущего класса до последующего. Данная классификация разработана для тракторов тяговой концепции [1] и полностью себя оправдала. Но эта классификация, во-первых, не дает полного представления о тяговых свойствах тракторов тягово-энергетической концепции, а во-вторых, не позволяет отличить их от тракторов тяговой концепции. Новый подход к классификации тракторов тягово-энергетической концепции предусматривает диапазон тяговых усилий в одном классе тракторов, достигаемых за счет их балластирования или применения транспортно-технологических модулей [8, 9]. Классификация тракторов за

рубежом в соответствии со стандартами ИСО 730/1 и 730/3-82 проводится по максимальной тяговой мощности, полученной при испытаниях на гладкой горизонтальной и сухой бетонированной поверхности или на горизонтальной поверхности, покрытой скошенной или не скошенной травой. По тяговой мощности трактора в соответствии с международным стандартом СТ СЭВ 628085 разделяются на четыре категории, взаимосвязанные с классификацией по ГОСТ 27021-86 по тяговому усилию [10].

При классификации тракторов по тяговому усилию не решается проблема эффективного использования тракторов тягово-энергетической концепции при агрегатировании с сельхозмашинами с активными рабочими органами, тягово-приводных машинно-тракторных агрегатов и т.д. Например, при агрегатировании тракторов серии МТЗ-80 с картофелеуборочной машинной УКВ-2 мощность, передаваемая через ВОМ, составляет 55 % от мощности двигателя, т.е. 32,3 кВт, и только 22 % от мощности двигателя, т.е. 12,9 кВт, реализуется по тяговому усилию трактора; при агрегатировании тракторов серии Т-150К с плугом ротационным ПР-2,7 затраты мощности на привод активных рабочих органов в 2,7 раза превышает тяговую мощность трактора [11]. По действующей нормативной документации не предоставляется возможным классифицировать подобные МТА. Предлагалось [12] классифицировать трактора не только по номинальному тяговому усилию, но и по массе, мощности двигателя и скорости движения. Это предложение обосновано тем, что на тракторах одного и того же класса в разных зонах использования целесообразно устанавливать двигатели различной мощности, но в пределах установленного диапазона тягового усилия. Данный принцип реализуется тракторными компаниями западных государств, которые выпускают трактора сериями, в каждой по несколько моделей незначительно различающихся по мощности. Например, только за последние пять лет предлагалось на мировом рынке и проходили испытания на полигоне тракторной лаборатории института сельского хозяйства и природных ресурсов штата Небраска (Nebraska Tractor Test Laboratory, USA) и Немецком сельскохозяйственном обществе (DLGeV) 554 модели тракторов, из них John Deere – 104, New Holland – 82, Case-ИH – 83, Massey Ferguson – 104 и т.д. [10].

Предлагается [13] классифицировать мобильные энергетические средства, к которым могут быть отнесены трактора тягово-энергетической концепции, по номинальному тяговому усилию, мощности двигателя и уровню универсальности. При этом уровень универсальности определяется структурными и параметрическими отличиями трансмиссии, валов отбора мощности, гидросистем и т.д. различных моделей тракторов, обеспечивающих эффективное их использование в различных технологических процессах. Указанные параметры характеризуют тяговые свойства энергосредства, его энергетический потенциал и наличие технических решений для их реализации.

Анализируя нормативные материалы по классификации тракторов в нашем государстве и зарубежных государствах невольно возникают вопросы.

Почему у нас классифицируют трактора по классу тяги, а в остальном мире по мощности двигателя и тяговой мощности трактора? Почему при

испытании сельскохозяйственной техники за рубежом обязательно отражаются энергозатраты технологического процесса? Имеется ли рациональное основание для нашего в этом вопросе особого пути? Или мы умнее всех, что вполне возможно, хотя сомнительно, или мы отстали и тут, как в общем техническом уровне тракторов. Ответы на данные вопросы не были существенными пока отечественные тракторные заводы изготавливали трактора тяговой концепции. Но на рынке уже присутствуют трактора тягово-энергетической концепции, которые востребованы потребителем. Поэтому нужна система классификации, которая учитывала бы качественные отличия тракторов тяговой и тягово-энергетической концепции, и в то же время отражала бы функциональное назначение данных энергосредств.

Классификации тракторов по тяговому усилию и тяговой мощности имеют недостаток, поскольку характеризуют только тяговые качества трактора и не отражают его функцию мобильного источника энергии. Для обоснования системы классификации тракторов тягово-энергетической концепции представим уравнение тягового баланса в виде двух слагаемых:

$$N_e = \frac{N_{кр}}{\eta_T \eta_{MT}} + \frac{N_o}{\eta_{ВОМ} \eta_{МВ}}, \quad (2)$$

где: $N_{кр}$ – эксплуатационная мощность трактора;

N_o – мощность, реализуемая через ВОМ для активного привода рабочих органов машин и орудий;

η_T – тяговый КПД трактора;

$\eta_{ВОМ}$ – КПД привода ВОМ трактора;

η_{MT} , $\eta_{МВ}$ – коэффициенты использования соответственно тяговой мощности трактора и мощности, реализуемой через ВОМ.

Вводя коэффициент χ , характеризующий долю мощности, передаваемую через ВОМ при $\eta_{MT} = \eta_{МВ} \cdot \eta_{ИМ}$, получим

$$N_e = \frac{v_H}{\eta_{ТМАХ} (\eta_{ИМ} - \chi)} P_H, \quad (3)$$

где: v_H – скорость движения трактора;

P_H – номинальное тяговое усилие;

$\eta_{ИМ}$ – коэффициент, характеризующий долю мощности, передаваемую через движители.

Поскольку $\eta_{ТМАХ}$, $\eta_{ИМ}$ и v_H характеризуют уровень производства и использования трактора в технологическом процессе, их можно считать постоянными для определенного периода развития тракторной и сельскохозяйственной техники. В данном случае для определенного значения χ эксплуатационная мощность двигателя N_e будет пропорциональна тяговому

усилию трактора P_n .

Таким образом, зависимость (3) характеризует тяговые и приводные качества тракторов и может быть положена в основу классификации сельскохозяйственных тракторов по двум основным параметрам – эксплуатационной мощности двигателя и номинальному тяговому усилию трактора [14].

Двухпараметрическая классификация отражает перспективы применения сельскохозяйственных тракторов в качестве мобильного источника энергии и учитывает эволюционный характер перехода от тяговой к тягово-энергетической концепции.

Проблема (тягово-приводные МТА). Тягово-приводные МТА, в которых мощность двигателя реализуется через тягу трактора и в основном (до 70 %) на привод активных рабочих органов почвообрабатывающих машин (ротационных плугов, почвообрабатывающих фрез и т.д.) [15], относятся к классу тракторов тягово-энергетической концепции. При оценке мощностного баланса данных МТА проблема заключается в обосновании условий их функционирования без циркуляции мощности от движителей трактора к активным рабочим органам и далее к двигателю.

На мощностной баланс тягово-приводного МТА, например с ротационной почвообрабатывающей машиной, существенное влияние оказывает «толкающее усилие» P_x от активных рабочих органов сельхозмашины. В зависимости от соотношения P_x и силы тяги на крюке трактора $P_{кр}$ возможно три случая движения МТА:

– при $P_{кр} > P_x$ к движителям трактора приложен крутящий (ведущий) момент M_k и касательная сила P_k , действующая в направлении движения МТА. При этом может иметь место буксование движителей трактора (коэффициент буксования $\delta > 0$);

– при $P_{кр} = P_x$ движение МТА осуществляется без буксования трактора ($\delta = 0$);

– при $P_{кр} < P_x$ движители трактора нагружены отрицательным моментом M_k и касательная силы P_k направлена против хода трактора. Отрицательная сила тяги приводит к появлению отрицательного буксования – скольжению ($\delta < 0$). Разность тяговой мощности трактора $N_{кр}$ и мощности «толкающего усилия» N_x образует избыточную мощность $N_{из} = N_x - N_{кр}$, часть которой расходуется на скольжение движителей, а другая часть передается через трансмиссию трактора на привод активных рабочих органов сельхозмашины. Избыточная мощность циркулирует по замкнутому кругу: от движителей трактора через трансмиссию и ВОМ трактора к барабану ротационной машины, а от последней через остов машины и навеску к двигателю трактора. Под действием циркулирующей мощности происходит интенсивный износ шин, трансмиссии и привода ВОМ трактора, снижается КПД и увеличивается расход топлива МТА. Подобное явление циркуляции мощности наблюдается также в

тягово-транспортных агрегатах с активным приводом ходовой системы прицепа [16]. Предлагается для устранения отрицательных последствий циркулирующей мощности в комбинированных ротационно-почвообрабатывающих машинах применять тяговые рабочие органы, устанавливаемые перед барабаном или сзади барабана ротационной машины [15]; а в тягово-транспортных агрегатах применять гидравлический (электрический) привод ходовой системы прицепа [16].

Данный анализ позволяет сформулировать гипотезу эффективной работы тягово-приводного МТА:

«Оптимальные затраты энергии на работу МТА с комбинированной почвообрабатывающей машиной с тяговыми и приводными рабочими органами можно достичь при равенстве «толкающего усилия» ротационной машины и суммы сопротивлений качению трактора и машины».

Проблема (переменность массы, нагрузки). Для тракторов тягово-энергетической концепции характерно переменность масс МТА и нагрузочных режимов при отборе мощности на привод активных рабочих органов сельхозмашин. Так например, при агрегатировании трактора ХТЗ-17221 с машиной для внесения твердых органических удобрений МТТ-9 масса МТА равна 12, 56 т, с машиной МТУ-13 – 26,76 т, при агрегатировании с груженным полуприцепом ПС-60 для перевозки измельченной массы от кормоуборочных комбайнов масса МТА – 27,76 т.

Переменность массы МТА при агрегатировании трактора с машинами МТТ-9 и МТУ-13 обусловлена уменьшением массы твердых органических удобрений при выполнении технологического процесса, при агрегатировании с полуприцепом ПС-60 – его заполнением измельченной массой при синхронном движении с кормоуборочным комбайном. Изменение технологической нагрузки на активные рабочие органы сельхозмашин приводит к переменности потребляемой ими мощности, диапазон изменения которой находится в пределах для комбайнов кормоуборочных – (28...49) кВт, кукурузоуборочных – (31...45) кВт, картофелеуборочных – (16...22) кВт, свеклоуборочных – (10...21) кВт; разбрасывателей органических удобрений на прицепе – (35...42) кВт и т.д. Переменность потребляемой мощности вследствие переменности массы, технологического процесса и т.д. подтверждается при испытаниях современных комбинированных сельскохозяйственных агрегатов с активными рабочими органами, например пресс-подборщика Big Pack 1290 ХС, для которого потребление мощности, передаваемой через ВОМ, колеблется от 48 до 67 кВт [10].

Анализ и синтез подобных систем может быть выполнен с применением законов механики переменных масс. Однако, до настоящего времени данные методы не нашли широкого применения в создании машинных агрегатов сельскохозяйственного назначения, в частности энергосредств с переменной массой технологической составляющей, хотя теоретические основы по решению данной проблемы были обоснованы (А.Н. Бессонов, В.С. Новоселов, И.И. Артоболевский, В.С. Лоцин, Л.В. Погорелый и др.).

В частности, для анализа систем переменной массы И.И. Артоболевский

и В.С. Лощин предложили уравнение:

$$\frac{d}{d\varphi} \left[J_n \frac{\omega^2}{2} \right] = M_g(\varphi, \omega) - M_c(\varphi, \omega) + K(\varphi) \frac{\omega^2}{2},$$

где: J_n , M_g , M_c – приведенные к коленчатому валу двигателя соответственно моменты инерции подвижных элементов МТА, моменты активных и реактивных сил (механические характеристики двигателя и рабочей машины);

$K(\varphi)$ – приведенный коэффициент частоты инерционных параметров всей системы в положение угла φ .

По данному уравнению предоставляется возможным решение проблемы синтеза энергосредств минимальной сложности, рационального соотношения масс энергетической (трактора) и технологической (рабочей машины) составляющих и т.д.

Выводы. Анализируя состояние теории трактора тягово-энергетической концепции, необходимо отметить, что основные теоретические положения данных энергосредств разработаны в объеме, достаточном для их разработки и постановки на производство. Но большинство вопросов по основным разделам теории трактора (тяговый и энергетический баланс, управляемость и устойчивость, технологическая адаптация и т.д.) требует разработки и развития.

Список использованных источников

1. Трепененков, И.И. Эксплуатационные показатели сельскохозяйственных тракторов [Текст] / И.И. Трепененков. – М.: Машгиз, 1963. – 271 с.
2. Кутьков, Г.М. Основы теории трактора и автомобиля [Текст] / Г.М. Кутьков. – М.: Колос, 1996. – 274 с.
3. Надикто, В.Т. Нові мобільні енергетичні засоби України. Теоретичні основи використання в земліробстві [Текст] / В.Т. Надикто, М.Л. Крижичківський, В.М. Кюрчев, С.Л. Абдула // Навч. посібник. – 2006. – 337 с.
4. Лебедев, А. Тракторна енергетика: проблеми та їх розв'язання [Текст] / А. Лебедев, В. Кравчук, С. Лебедев // Техніка і технології АПК. – 2011. - №2(17). С. 4-8.
5. Беккер, М.Г. Введение в теорию системы «местность-машина» [Текст]: пер. с англ. / М.Г. Беккер. – М.: Машиностроение, 1973. – 519 с.
6. Гуськов, В.В. Тракторы. Теория [Текст] / В.В. Гуськов, Н.Н. Велев, Ю.Е. Атаманов и др.; Под общ. ред. В.В. Гуськова. – М.: Машиностроение, 1988. – 376 с.
7. Зангиев, А.А. Производственная эксплуатация машинно-тракторного парка [Текст] / А.А. Зангиев, Г.П. Лышко, А.Н. Скороходов. – М.: Колос, 1996. – 320 с.

8. Кутьков, Г.М. Энергонасыщенность и классификация тракторов [Текст] / Г.М. Кутьков // Тракторы и сельхозмашины. – 2003, №5. – С. 11-14.
9. Надикто, В. Енергонасиченість тракторів та шляхи її реалізації [Текст] / В. Надикто // Техніка і технології АПК. – 2011, №9(24). – С. 8-11.
10. Електронні джерела: <http://www.tractortestlab.unl.edu/> (Nebraska Tractor Test Laboratory), <http://www.dlg.org/> (DLG e.V. – Немецкое сельскохозяйственное общество).
11. Лебедев А.Т. Баланс мощности и КПД тракторного агрегата с приводом от ВОМ активных рабочих органов сельхозмашин [Текст] / А.Т. Лебедев, И.А. Шевченко, А.В. Кот // Механізація сільськогосподарського виробництва: Вісник ХНТУСГ. Х.: ХНТУСГ, 2011. – Вип. 107, Т.2. – С. 153-160.
12. Иофинов, С.А. Эксплуатация машинно-тракторного парка [Текст] / С.А. Иофинов, Г.П. Лышко. – М.? Колос, 1984. – 324 с.
13. Шкарівський, Г.В. Обґрунтування переліку головних параметрів типорозмірного ряду мобільних енергетичних засобів [Текст] / Г.В. Шкарівський // Механізація сільськогосподарського виробництва: Вісник ХНТУСГ. – Х.: ХНТУСГ, 2010. – Вип. 93, Т.1. – С. 302-309.
14. Парфенов, А.П. Развитие системы классификации сельскохозяйственных тракторов [Текст] / А.П. Парфенов // Тракторы и сельхозмашины. – 1985, №10. – С. 9-13.
15. Ветохин, В.И. Тягово-приводные комбинированные почвообрабатывающие машины [Текст] / В.И. Ветохин, И.М. Панов, В.А. Шмонин, В.А. Юзбашев. – Киев.: Феникс, 2009. – 264 с.
16. Шалягин, В.Н. Транспортные и транспортно-технологические средства повышенной проходимости [Текст] / В.Н. Шалягин. – М.: Агропромиздат, 1986. – 253 с.

Анотація

ДЕЯКІ ПРОБЛЕМИ ТЕОРІЇ ТРАКТОРА ТЯГОВО-ЕНЕРГЕТИЧНОЇ КОНЦЕПЦІЇ

Лебедев А.

Визначено основні шляхи вирішення проблеми теорії трактора тягово-енергетичної концепції.

Abstract

SOME PROBLEMS OF THE THEORY OF TRACTOR PULL-ENERGY CONCEPT

The main ways of solving problems on a tractor trailer and energy concepts.