

БАЛЛАСТИРОВАНИЕ ТРАКТОРОВ

BALLASTING OF TRACTORS

Г.М. КУТЬКОВ, д.т.н.

И.В. ГРИБОВ

Н.В. ПЕРЕВОЗЧИКОВА, к.т.н.

РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия,
gkutkow@yandex.ru

G.M. KUT'KOV, DSc in Engineering

I.V. GRIBOV

N.V. PEREVOZCHIKOVA, PhD in Engineering

Russian State Agricultural University n.a. K.A. Timiryazev, Moscow,
Russia, gkutkow@yandex.ru

В последнее время балластирование тракторов получило глобальное распространение. Балласт необходим для компенсации снижения материалоемкости и чрезмерного повышения энергонасыщенности современных тракторов, возникшего вследствие эволюционного развития их технического уровня. Применением балласта достигается искусственное повышение веса и снижение энергонасыщенности трактора нового поколения до уровня ее эталонного значения, присущего трактору-тягачу. В статье выполнен анализ применения балласта в объеме всего типоразмерного ряда тракторов ведущих мировых тракторостроительных фирм. Оценка основных параметров трактора и уровня его балластирования выполнена с использованием понятия эталонной энергонасыщенности трактора и конкретного ее значения. Анализ показал, что применение балласта носит неупорядоченный, хаотический характер. Это объясняется, с одной стороны, большим разбросом энергонасыщенности тракторов, с другой стороны, отсутствием единого подхода к цели балластирования и выбору веса балласта. В настоящее время в технической литературе отсутствуют общепринятые рекомендации по этим вопросам. В таких условиях обилие на рынке разнохарактерных предложений затрудняет правильный выбор, когда к разным моделям тракторов, одинаковым или близким между собой по основным параметрам, предлагается существенно разный по весу балласт. Хаотический характер балластирования может отрицательно сказываться в процессе хозяйственной эксплуатации на использовании потенциальных возможностей, собственных конструкции трактора нового поколения. Назрела острая необходимость проведения разработок в области теории конструирования и теории технологической эксплуатации трактора. По результатам выполненных исследований предлагается следующая рекомендация. При выборе трактора как предмета приобретения целесообразно руководствоваться следующими правилами: трактор с полным балластом должен обладать эталонной энергонасыщенностью 1,5...1,6 кВт/кН; вес балласта должен быть равным 25, 50 и 75 кН, чтобы при его использовании получать увеличение силы тяги трактора на 10, 20 или 30 кН, соответственно (в зависимости от тягового класса трактора). Эта рекомендация действительна также для выбора веса балласта и параметров трактора на стадии его создания.

Ключевые слова: трактор, тяговый класс, балласт, энергонасыщенность, трактор первого поколения, двигатель, мощность, сила тяги.

Recently, the ballasting of tractors has become widespread. Ballast is necessary to compensate for the decrease in the material consumption and excessive increase in the energy saturation of modern tractors, which arose due to the evolutionary development of their technical level. By using ballast, an artificial increase in weight and a decrease in the energy saturation of a new generation tractor are achieved to the level of its reference value inherent to cargo tractor. The article analyzes the application of ballast in the volume of the entire standard-sized row of tractors, the world's leading tractor-building companies. The evaluation of the main parameters of the tractor and the level of its ballasting is carried out using the concept of the reference energy saturation of the tractor and its specific value. The analysis showed that ballast application is disorderly, chaotic. This is explained, on the one hand, by a large spread of energy saturation of tractors, on the other hand, by the lack of a unified approach to the goal of ballasting and the choice of ballast weight. Currently in the technical literature there are no generally accepted recommendations on these issues. In these conditions, the abundance in the market of varied offers makes it difficult to make the right choice when different ballast is offered to different models of tractors, identical or close to each other in terms of basic parameters. The chaotic nature of ballasting can adversely affect the economic exploitation of the potential opportunities inherent in the construction of a new generation tractor. There is an urgent need to carry out developments in the theory of engineering and the theory of technological operation of the tractor. Based on the results of the studies performed, the following recommendation is proposed. When choosing a tractor as an object of purchase, it is advisable to follow the rules: tractor with full ballast should have a reference energy saturation of 1,5 ... 1,6 kW / kN; The weight of the ballast must be equal to 25, 50 and 75 kN, so that when using it, an increase in tractive power of the tractor by 10, 20 or 30 kN, respectively (depending on the tractor traction class) is obtained. This recommendation is also valid for a set of ballast weights and tractor parameters at the stage of its creation.

Keywords: tractor, traction class, ballast, energy saturation, first generation tractor, engine, power, traction power.

Введение

Использование балласта в целях повышения тяговых свойств тракторов известно на протяжении многих лет. Однако в последнее время оно получило глобальное распространение – балластируются все зарубежные модели тракторов. В технической литературе пока нет общепринятых рекомендаций по параметрам балластирования. Возможно поэтому соотношение весов балласта и трактора, предлагаемое фирмами-изготовителями тракторов, во многих случаях вызывает сомнение в рациональности и технической обоснованности.

Цель исследования

В статье предпринята попытка провести анализ развития конструкции трактора, которое привело к необходимости массового применения балласта и резкого повышения его веса, оценить влияние этих факторов на его технологические свойства и предложить рекомендации по выбору рационального соотношения веса трактора и веса балласта как потребителю при выборе и приобретении трактора, так и конструктору при его создании.

Материалы, результаты исследования и их обсуждение

Анализ закономерности балластирования проведен путем сравнения энергонасыщенности конкретного трактора с эталонной энергонасыщенностью, впервые предложенной в работе Кутькова Г.М. [1]. Считаем целесообразным дать в статье определение этому показателю.

Эталонная энергонасыщенность сельскохозяйственного трактора представляет отношение эксплуатационной мощности двигателя, развиваемой им при работе трактора с номинальной тяговой нагрузкой и номинальной скоростью движения, к эксплуатационному весу трактора без балласта:

$$\mathcal{E}_{\text{тр.э}} = \frac{N_{\text{с.р.}}}{G_{\text{тр}}}, \quad (1)$$

где $N_{\text{с.р.}}$ – эксплуатационная мощность двигателя, соответствующая номинальному тяговому усилию $P_{\text{кр.н}}$ трактора при работе на стерне колосовых с номинальной скоростью $V_{\text{тр.н}}$; $G_{\text{тр}}$ – эксплуатационный вес трактора без балласта.

Эталонная энергонасыщенность должна строго выдерживаться в конструкции трактора-тягача. Это обусловлено тем, что полная реализация мощности двигателя возможна

только через силу тяги трактора в соответствии с его назначением и в ограниченном (агротехническими требованиями) диапазоне скоростей движения. Если мощность двигателя будет превышать соответствующее значение по отношению к весу трактора, то ее излишек не будет использован на большинстве сельскохозяйственных операций из-за ограничений по технологическим скоростям. При отклонении мощности в другую сторону трактор будет работать с пониженными скоростями по сравнению с агротехнически допустимыми из-за недостатка мощности двигателя, и МТА не будет развивать потенциально возможную производительность.

После преобразований выражение (1) получило вид:

$$\mathcal{E}_{\text{тр.э}} = \frac{\varphi_{\text{кр.н}} \cdot V_{\text{тр.н}}}{\eta_{\text{тр}}}, \quad (2)$$

где $\varphi_{\text{кр.н}}$ – коэффициент использования веса трактора при номинальном тяговом усилии; $\eta_{\text{тр}}$ – тяговый КПД трактора.

При расчете значения эталонной энергонасыщенности трактора приняты следующие условия. Коэффициент использования веса трактора – по ГОСТ 27021-86 [2]. Максимальный тяговый КПД (ГОСТ 4.40-84 [3]) в соответствии с литературными источниками можно принять $\eta_{\text{т.к}} = 0,65$ для колесных тракторов и $\eta_{\text{т.г}} = 0,75$ для гусеничных. В качестве общепринятой типовой технологической операции служит пахота, выполняемая при скорости $V_{\text{тр.н}} = 9$ км/ч (2,5 м/с) для колесных и 8 км/ч (2,2 м/с) – для гусеничных тракторов.

При этих условиях, которые сохраняются стабильными на протяжении многих лет, эталонная энергонасыщенность также сохраняется постоянной: для колесных тракторов $\mathcal{E}_{\text{тр.э}} = 1,5$ кН/кВт и $\mathcal{E}_{\text{тр.э}} = 1,4$ кН/кВт – для гусеничных. Параметры, определяющие эталонную энергонасыщенность, достаточно консервативны. Однако при их изменении значение эталонной энергонасыщенности трактора без труда может быть скорректировано с использованием выражения (2).

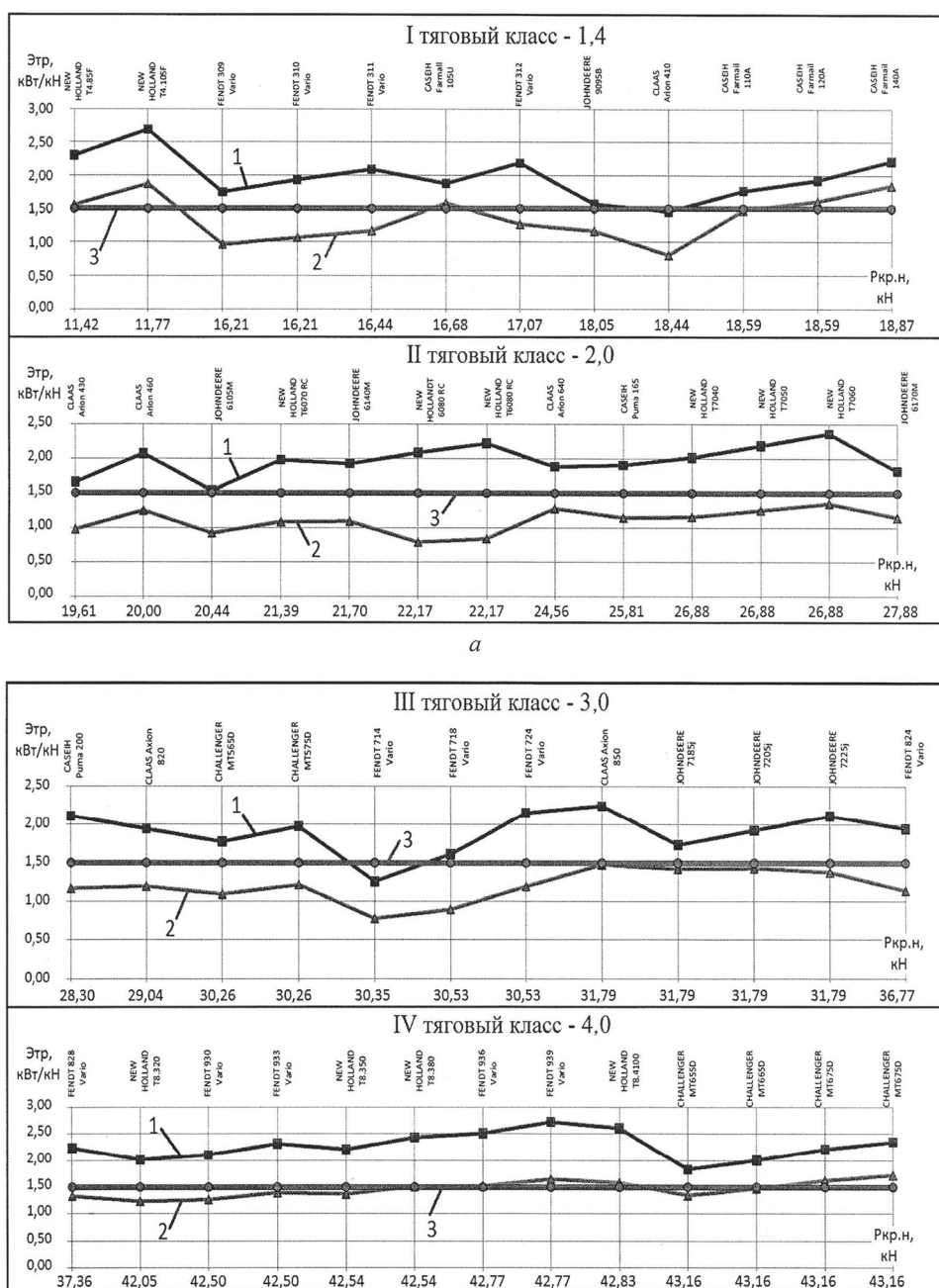
Исследование закономерности балластирования тракторов проведено путем анализа графиков, отражающих соответствие эталонной энергонасыщенности тракторов, произведенных ведущими зарубежными тракторостроительными фирмами. Иллюстрация балластирования тракторов $\mathcal{E}_{\text{тр}} = f(P_{\text{кр}})$

приведена на рис. 1. Она построена на основе данных, взятых из каталогов ведущих мировых фирм, по тракторам последних лет выпуска всех тяговых классов весом от $G_{тр} = 28,5$ до 249 кН, с мощностью двигателя от $N_e = 66$ до 499 кВт. Всего рассмотрено 81 трактор. Исходные данные по параметрам тракторов – мощность двигателя, масса трактора с балластом и без балласта – взяты из официальных каталогов фирм. Используя данные по весу трактора без балласта и с балластом, рассчитаны вес балласта, номинальная сила тяги трактора и энергонасыщенность с балластом и без балласта:

$$\Theta_{тр} = \frac{N_e}{G_{тр}}, \quad (3)$$

где N_e – эксплуатационная мощность двигателя, кВт; $G_{тр}$ – эксплуатационный вес трактора с балластом или без балласта, кН.

По оси абсцисс (рис. 1) отложена сила тяги трактора, на которой отмечены значения номинального тягового усилия каждого из 81 тракторов, рассчитанного по ГОСТ 27021-86 [2], а по оси ординат – значения энергонасыщенности, рассчитанные по выражению (3). Точки ординат отдельных тракторов соединены между собой прямой линией. В результате получены



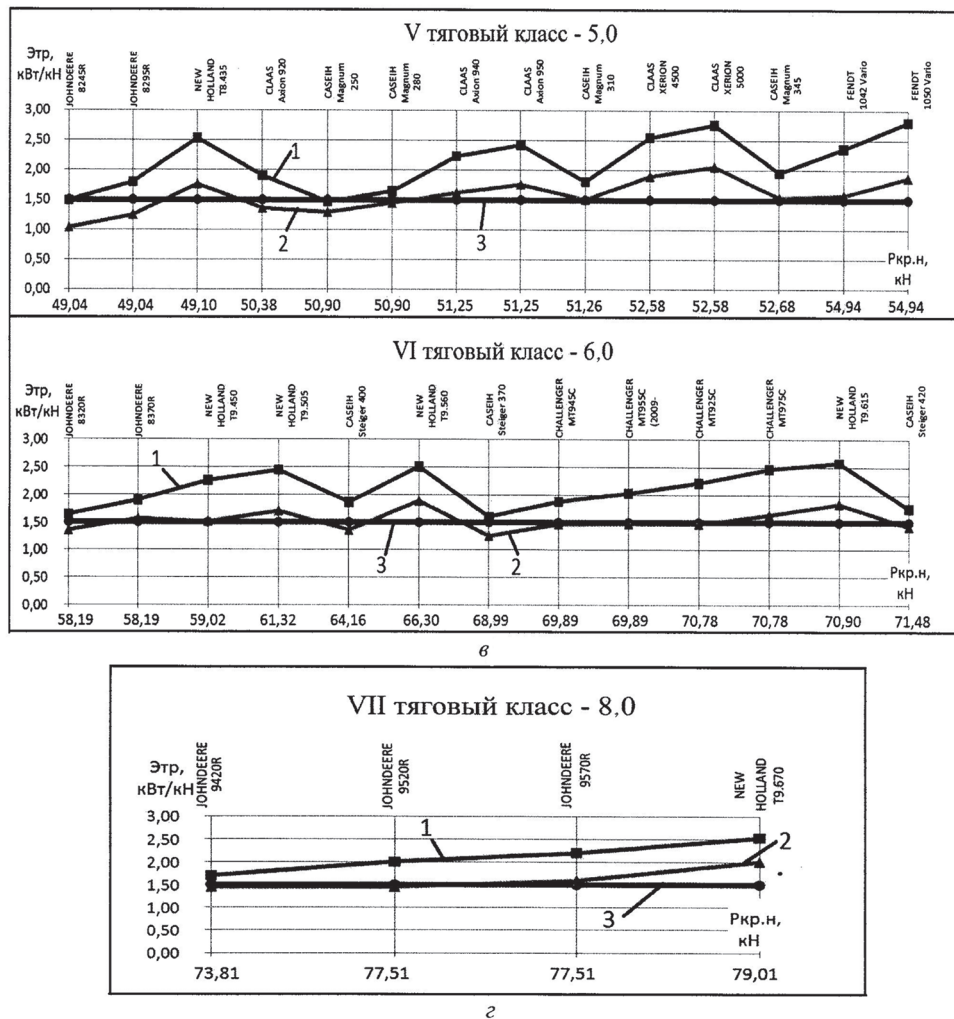


Рис. 1. Зависимость энергонасыщенности тракторов от номинального тягового усилия:

- 1 – энергонасыщенность трактора без балласта; 2 – энергонасыщенность трактора с балластом;
- 3 – эталонная энергонасыщенность трактора

три графика. Из них два графика $\mathcal{E}_{тр} = f(P_{кр})$ – 1 и 2 – характеризуют, соответственно, энергонасыщенность трактора без балласта и с балластом, а третий 3 – $\mathcal{E}_{тр.э} = f(P_{кр}) = const$ – график эталонной энергонасыщенности, приведенный для сравнения. Сравнение энергонасыщенности конкретного трактора с балластом и без балласта с эталонным значением энергонасыщенности позволяет оценивать корректность выбора параметров энергонасыщенности трактора как такового, а также уровня его балластирования.

В целях удобства анализа полученного массива данных рис. 1 разбит на семь групп. Тракторы сгруппированы по признаку класса тяги. В совокупности эти группы представляют собой типоразмерный ряд (1,4; 2; 3; 4; 5; 6; 8), соответствующий ГОСТ 27021-86 [2]. Проведем анализ по отдельным группам.

Группа тракторов I, соответствующая диапазону тяги на крюке 12,6...18,0 без использования балласта (рис. 1, а). По ГОСТ 27021-86 [2], это диапазон тяговых усилий трактора тягового класса 1,4.

График 1, характеризующий закономерность изменения $\mathcal{E}_{тр}$ без балласта, отличается значительными колебаниями. Так, энергонасыщенность тракторов отдельных моделей различается от $\mathcal{E}_{тр} = 1,46$ (CLAAS Arion 410) до $\mathcal{E}_{тр} = 2,69$ кВт/кН (NH T4.105F). Трактор Arion 410 энергонасыщенностью, меньше эталонной (1,46 кВт/кН), номинально не обладает резервом мощности двигателя для балластирования, в то время как трактор NH энергонасыщенности $\mathcal{E}_{тр} = 2,69$ кВт/кН не может эффективно использоваться без балластирования по условиям агротехнических ограничений скорости. Тем не менее, по рекомендации

фирмы-производителя оба трактора балластируются. Причем, трактор NH, обладающий предпосылками к балластированию, догружается недостаточно ($G_6 = 13$ кН,) для того, чтобы энергонасыщенность достигла значения эталонной – 1,5 кВт/кН. А трактору Agion, не имеющему запаса энергонасыщенности, фирма рекомендует в два раза больший вес балласта – 38 кН. Притом, что трактор Agion более, чем в 1,5 раза, превосходит по весу трактор NH. В результате этого тракторы с балластом обладают энергонасыщенностью 1,8 и 0,79 кВт/кН, т.е. трактор NH недогружен балластом, а трактор Agion перегружен и обладает $\mathcal{E}_{тр}$, присущей первым тракторам, созданным взамен живой тяговой силы, имеющим диапазон рабочих скоростей 3...5 км/ч.

По показателю материалоемкости также следует признать более прогрессивным трактор NM ($M_{тр} = 0,38$ кН/кВт), чем трактор Agion 410 ($M_{тр} = 0,7$ кН/кВт).

Шесть тракторов этой группы имеют недостаточную эксплуатационную мощность двигателя для балластирования. Поэтому применение балласта снижает их энергонасыщенность ниже эталонной. Это означает, что при полной тяговой нагрузке они будут работать с пониженной рабочей скоростью по сравнению с агротехнически допустимой.

Группа тракторов II, соответствующая диапазону тяги на крюке 19,6...27,88 кН без использования балласта (рис. 1, а). По ГОСТ 27021-86 [2], это диапазон тяговых усилий трактора тягового класса 2. График 1 свидетельствует о том, что тракторы этой группы, за исключением одного трактора JD6105M (две модификации), обладает энергонасыщенностью, незначительно колеблющейся вокруг энергонасыщенности $\mathcal{E}_{тр} = 2$ кВт/кН. Кривая 1 носит менее ярко выраженный ломаный характер по сравнению с таким же графиком группы тракторов I.

График 2, отражающий энергонасыщенность забалластированных тракторов, на протяжении всей продолжительности располагается ниже графика эталонной энергонасыщенности. Это свидетельствует о том, что уровень энергонасыщенности тракторов этой группы недостаточно строго согласован с уровнем их балластирования. Все тракторы перегружены балластом, поэтому при полной тяговой нагрузке они не смогут развивать потенциально допустимую рабочую скорость МТА. Графики 1 и 2 протекают с некоторым

нарушением эквидистантности, расширяясь по мере увеличения силы тяги, что отражает нестабильность уровня балластирования сравниваемых тракторов.

Тракторы NH 6080RC и NH 6090RC чрезмерно перегружены балластом. Так, если трактор NH T7060, близкий по параметрам к нормальному балластированию, обладает отношением веса балласта к весу трактора $51,5/68,5 = 0,75$, то такой же показатель у тракторов NH 6080RC и NH 6090RC равен $93,5/68,5 = 1,65$. Вес балласта превышает вес трактора в 1,65 раза. Если трактор создавался для условий работы без балласта и балласт не входит в базовую комплектацию, то технически реализовать такой уровень балластирования трудно из-за перегрузки несущих элементов трактора. Кроме того, при полном балластировании силовой привод будет перегружен моментом, превосходящим номинальный момент двигателя, соответственно, в 1,65 раза, а производственные показатели трактора будут существенно заниженными вследствие работы с ползучими скоростями.

Группа тракторов III, соответствующая диапазону тяги на крюке 28,3...36,77 кН без использования балласта (рис. 1, б). По ГОСТу, относится к тяговому классу 3. В целом, тракторы этой группы отличаются невысокой энергонасыщенностью. Большая часть тракторов перегружена балластом. Наивысшей энергонасыщенностью $\mathcal{E}_{тр} = 2,24$, обладает трактор Claas Axion 850, и он удачно балластируется. Во первых, с балластом он достигает практически эталонной энергонасыщенности ($\mathcal{E}_{тр,б} = 1,48$ кВт/кН). Во-вторых, с балластом трактор достигает тягового усилия 49,07 кН, соответствующего по ГОСТ трактору тягового класса 5. Следовательно, при регулировании весом балласта он приобретает способность агрегатироваться с с.-х. машинами, предназначенными для работы с тракторами трех тяговых классов – 3, 4, и 5. Это существенно расширяет его технологическую универсальность и способствует сокращению разномарочности тракторного парка в хозяйстве.

Трактор Fendt 714 Vario, обладающий энергонасыщенностью значительно ниже эталонной (1,26 кВт/кН), по рекомендации фирмы может балластироваться до $\mathcal{E}_{тр,б} = 0,78$ кВт/кН. С такими показателями эту модель трудно отнести к числу современных.

Группа тракторов IV, соответствующая диапазону тяги на крюке 37,36...43,16 кН без

использования балласта (рис. 1, б). Тракторы этой группы относятся к тяговому классу 4. Характерно отметить, что все тракторы этой группы обладают исходной энергонасыщенностью – 2 кВт/кН и выше, за исключением CHALLENGER MT655D. Следовательно, по показателю технического уровня, характеризующего материалоемкостью, тракторы этой группы в целом выше тракторов других групп. Во-первых, совмещаются графики 2 и 3. Это означает, что путем балластирования тракторы достигают эталонной энергонасыщенности. Во-вторых, все они при балластировании достигают уровня тягового класса 6, т.е. они становятся тракторами тягового класса 4–6. Как уже отмечалось ранее, это существенно повышает их технологическую универсальность.

Группа тракторов V, соответствующая диапазону тяги на крюке 49,04...54,0 кН без использования балласта. По ГОСТ, относится к тяговому классу 5 (рис. 1, в). Эта группа тракторов отличается большим диапазоном колебаний мощности двигателя – от 183 (JOHNDEERE 8295R) до 335 кВт (Xerion 4500) и веса балласта – от 55 (JOHNDEERE 8295R) до 14,72 кН (Magnum), низким уровнем балластирования и высокой его хаотичностью. Уровень балластирования трактора Magnum свойственен балластированию тракторов первого поколения. Оно мало влияет на его технологическую универсальность, потому что незначительно повышает силу тяги трактора – всего лишь на 5,74 кН.

Продолжив сравнение параметров тракторов JD 8245R и Xerion 4500, следует обратить внимание на скорости их движения, которые можно вычислить по выражению (2). При номинальной силе тяги трактора с балластом и без балласта: JOHNDEERE 8295R – 6 и 8,7 км/ч и Xerion 4500 – 11 и 15 км/ч. Таким образом, трактор JOHNDEERE и с балластом, и без балласта не достигает общепринятой для расчетов номинальной скорости на пахоте 9 км/ч, а трактор Fendt значительно превосходит ее без балласта и при балластировании. Но реализовать ее не сможет в силу агротехнических ограничений.

Столь резкий контраст основных параметров тракторов и ярко выраженное их рассогласование в каждом из тракторов объясняется тем, что, во-первых, в конструкции не выдерживается оптимальное соотношение веса трактора и мощности двигателя при создании трактора, а

во-вторых, отсутствует какое-либо общепринятое правило балластирования трактора.

Группа тракторов VI, соответствующая диапазону тяги на крюке 54,0...72,0 кН без использования балласта. По ГОСТу относится к тяговому классу 6 (рис. 1, в). Эта группа тракторов отличается тем, что путем балластирования достигается эталонная энергонасыщенность практически всех тракторов, за исключением трех. Это достигается правильным выбором веса балласта, предназначенного для компенсации снижения материалоемкости, с одной стороны, и исходной энергонасыщенности тракторов этой группы, с другой стороны.

Трактор Case 370 без балласта обладает эталонной энергонасыщенностью. Это означает, что его технический уровень, характеризующий показателем материалоемкости, не достиг того, чтобы его следовало балластировать. Низким техническим уровнем по сравнению с другими тракторами обладают также тракторы JD 8320R, Case 420.

Группа тракторов VII – тракторы тягового класса 8. В группе четыре трактора. Три трактора фирмы JOHNDEERE одного ряда разной энергонасыщенности предусматривают вес балласта такой, чтобы энергонасыщенность трактора соответствовала эталонной (рис. 1, г). Рекомендованный фирмой вес балласта трактора фирмы NEW HOLLAND недостаточен для полного использования мощности его двигателя в силу тяги при номинальной тяговой нагрузке.

Общий анализ. Из 81 модели рассмотренных тракторов 71 трактор догружается весом балласта 25 кН и более. Из них 35 тракторов догружаются балластом веса 25...50 кН, 32 тракторов – балластом веса 50...75 кН и 4 тракторов – балластом веса 75 кН и более. Эти данные свидетельствуют о том, что, по существу, современные тракторы – в основном это тракторы второго поколения, иной тягово-энергетической концепции в отличие от тяговой концепции тракторов-тягачей первого поколения [1]. К числу второго поколения можно отнести тракторы, начиная с тех, которые путем балластирования или применения третьего подкатного моста обретают второе номинальное тяговое усилие, присущее трактору смежного тягового класса по типу тракторов, регламентированному ГОСТ 27021-86 [3].

Анализ приведенных графиков показывает, что разные фирмы, а также одни и те же фирмы по-разному подходят к выбору балласта. От-

сутствие какой-либо закономерности хорошо иллюстрирует график 2 на рис. 2.

Как отмечалось выше, в некоторых случаях тракторы более высокой энергонасыщенности догружаются балластом меньшего веса, а тракторы меньшей энергонасыщенности – балластом большего веса. Отмечается недостаточно строгое соблюдение в конструкции рассматриваемых тракторов соотношения веса трактора и мощности двигателя, что видно из сравнения графиков 1 и 3 (рис. 2), отражающих весовые параметры тракторов реальных и тракторов, вес которых соответствует эталонной энергонасыщенности, соответственно.

Рекомендации по выбору трактора и веса балласта к нему целесообразно обосновывать, опираясь на отечественную систему построения типажа тракторов, основанную на их классификации по силе тяги на крюке. Исходя из этого, желательно, чтобы приобретаемый трактор по номинальному тяговому усилию соответствовал одному из стандартных тяговых классов, а вес балласта должен быть равен 25; 50; 7,5 кН, что соответствует приращению номинального тягового усилия на 10, 20 и 30 кН, соответственно. Тогда забалластированный трактор будет приобретать второе номинальное тяговое усилие, смежное с исходным, и перейдет в смежный или более высокий, чем смежный, класс тяги в зависимости от степени балластирования. На рис. 2 приведено в графическом виде фактическое состояние балластирования современных тракторов ведущих зарубежных фирм, характеризуемое графика-

ми 1 и 2, а также иллюстрация предлагаемой к применению в эксплуатации системы балластирования. График 3, построенный по результатам расчета с использованием выражения (1), отражает зависимость веса от силы тяги трактора, обладающего эталонной энергонасыщенностью, а графики 4–6 вес такого трактора с балластом 25, 50 и 75 кН, соответственно, что соответствует приросту силы тяги на 10, 20 и 30 кН. Таким образом, благодаря балластированию один и тот же трактор теоретически может обретать второй и третий смежный тяговый классы (в зависимости от уровня его балластирования) и работать с системой с.-х. машин, предназначенных для работы с такими тракторами.

Как отмечено выше, исторический процесс эволюционного развития конструкции трактора в настоящее время выражается в том, что энергонасыщенность трактора достигла такого уровня, когда балласт стал необходим для компенсации снижения материалоемкости современных тракторов, возникшего вследствие повышения их технического уровня в соответствии с реализацией объективной закономерности технического прогресса. В машиностроении эта закономерность состоит в непрерывном повышении энергонасыщенности и снижении габаритных размеров продукции. Так, первые тракторы, созданные на замену живой тяговой силы, обладали энергонасыщенностью 0,7...0,8 кВт/кН, т.е. в 3...3,5 раза меньше современных (до 2,5 кВт/кН и более). Повышение энергонасыщенности использо-

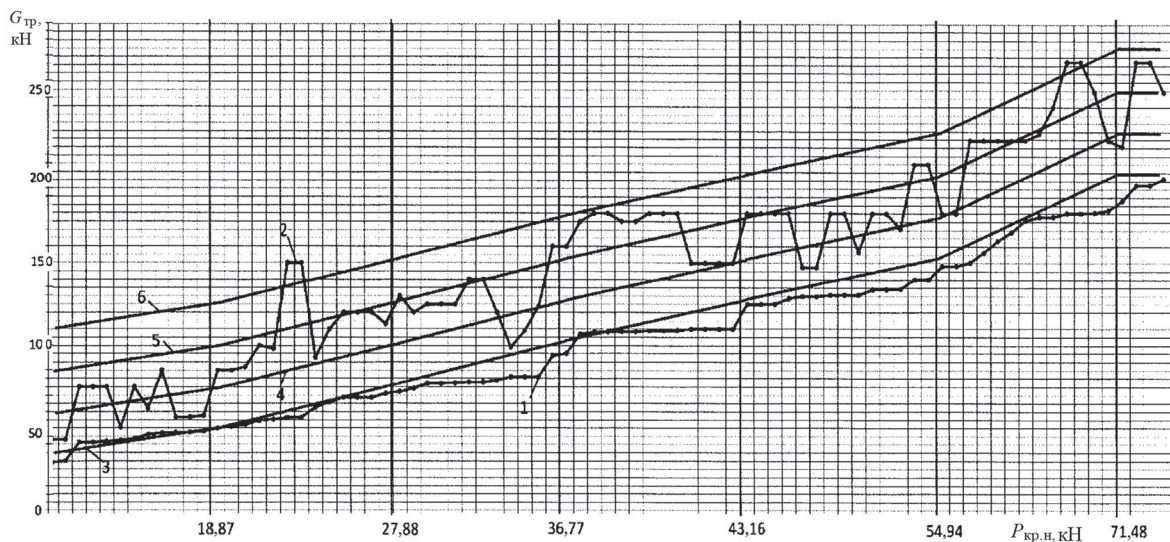


Рис. 2. Эксплуатационный вес трактора без балласта и с полным балластом в зависимости от силы тяги:

- 1 – вес трактора без балласта; 2 – вес трактора с балластом; 3 – вес трактора эталонной энергонасыщенности; 4 – вес трактора с балластом 25 кН; 5 – вес трактора с балластом 50 кН; 6 – вес трактора с балластом 50 кН

валось для увеличения скорости выполнения технологических операций машинно-тракторным агрегатом (МТА) до тех пор, пока рабочие скорости не достигли предельных значений по агротехническим условиям. В этот период повышение технического и технологического уровня трактора происходило синхронно – снижение материалоемкости трактора сопровождалось повышением его производительности. После достижения предельных скоростей выполнения технологических операций повышение технического уровня трактора путем увеличения его энергонасыщенности продолжилось и будет продолжаться далее, но компенсировать его стало возможным только увеличением тягового усилия. Искусственным повышением веса трактора путем применения балласта или подсоединением третьего ведущего моста его энергонасыщенность снижается до уровня эталонной энергонасыщенности трактора-тягача. В этом состоит коренное отличие современных тракторов от их предшественников – тракторов первого поколения, от тракторов второго поколения.

Повышение технического уровня трактора на первом и на втором этапе по-разному влияет на технологические свойства трактора. Разница состоит в следующем. Первый этап повышения энергонасыщенности не требовал в эксплуатации проведения дополнительных операций по переоборудованию трактора для того, чтобы использовать технологические свойства трактора, возникшие в результате повышения энергонасыщенности. Использование потенциальных возможностей повышения технологических свойств тракторов второго поколения невозможно без регулирования веса трактора балластом. Однако выполнение этой операции не только повышает трудоемкость эксплуатации тракторов более высокого технического уровня, но требует более высокой квалификации тракториста, а также применения дополнительного технического оснащения, потому что регулирование балластирования необходимо согласовывать с силой сопротивления агрегируемого с трактором орудия. Следует не только оценить необходимость изменения уровня балластирования, но и правильно выбрать вес балласта в каждом конкретном случае. *Без грамотного использования балласта повышение технического уровня тракторов не повлияет положительно на их технологические свойства, т.е. потенциальные возможности повышения*

технологических свойств трактора не будут использованы. Более того, технологические свойства понизятся. Так, выполнение малоэнергоемких технологических операций забалластированным трактором будет сопровождаться повышенным вредным воздействием его двигателей на почву, а также увеличенным расходом топлива, затрачиваемого на перемещение ненужного балласта трактора. Например, при перемещении балласта весом 25, 50 и 75 кН по полю, подготовленному под посев со скоростью 12 км/ч, потребуется расчетная мощность, соответственно, 12, 25 и 37 кВт, а расход топлива за 10-часовую смену составит 36 72 и 108 л. (При расчетах принято $f_{\kappa} = 0,15$; $g_c = 0,24$ г/кВтч.) Если не регулировать использование балласта, то это количество топлива будет расходоваться постоянно, независимо от того, нужен или не нужен балласт при выполнении данной сельскохозяйственной операции. К тому же работа двигателя при низкой тяговой нагрузке будет сопровождаться также не полной нагрузкой и работой с пониженным КПД, а следовательно, с более высоким расходом топлива по сравнению с потенциально возможным. Дальнейшее повышение энергонасыщенности трактора в соответствии с закономерностью технического прогресса будет характеризоваться увеличением в общем весе трактора доли балласта и уменьшением доли веса конструктивных элементов, т.е. трактора как такового [5]. Поэтому вопрос с применением балласта станет еще острее.

Особенность современного балластирования состоит еще и в том, что одни фирмы не включают вес балласта в основную комплектацию трактора, а другие – включают. В первом случае повышение технологических свойств тракторов более высокого технического уровня достигается привычным, традиционным способом – повышением балластирования трактора, а во втором случае – снижением. Отечественная практика использования балласта слабо знакома с первым способом, и у нас совсем отсутствует опыт использования второго способа. Особенно проблематично использование глубокого балластирования.

Все отмеченные выше особенности тракторов второго поколения требуют учета при их приобретении, а также более высокого технического уровня их эксплуатации. Отсутствие общепринятой закономерности, регламентирующей практику балластирования, отрицательно сказывается на полноте использования

потенциальных эксплуатационно-технологических возможностей тракторов новой технической концепции. Повышение технического уровня трактора входит в противоречие с повышением его технологического уровня. При отмеченном в статье разбросе параметров балластирования представленных на рынке тракторов потребителю трудно определиться с его приобретением, не обладая необходимыми критериями правильного выбора.

Проблемы создания и эксплуатации тракторов нового поколения более высокого технического уровня следует признать характерными для начальной в историческом плане стадии внедрения этих тракторов в промышленное и сельскохозяйственное производство. Со временем эти проблемы должны быть решены, но для этого необходимо проведение глубоких и всесторонних научных исследований.

Выводы

1. Применение балласта, служившее долгое время одним из необязательных способов повышения технологические свойства трактора, вследствие эволюционного развития технического уровня трактора, превратилось в вынужденное мероприятие, необходимое для искусственного снижения энергонасыщенности трактора до уровня ее эталонного значения, присущего трактору-тягачу.

2. Отсутствие общепринятых правил балластирования может отрицательно сказываться в процессе хозяйственной эксплуатации на использовании потенциальных возможностей, свойственных конструкции трактора нового поколения. Поэтому назрела необходимость проведения соответствующих разработок в области теории конструирования и теории технологической эксплуатации трактора новой технической концепции.

3. При выборе трактора потребителю целесообразно руководствоваться следующими правилами:

– колесный трактор с полным балластом должен обладать эталонной энергонасыщенностью 1,5...1,6 кВт/кН;

– вес балласта должен быть равным 25, 50 и 75 кН, в зависимости от тягового класса трактора, чтобы при балластировании можно было получать увеличение силы тяги трактора на 10, 20 или 30 кН, соответственно, необходимое для перехода трактора в более высокий класс тяги. Приведенные значения веса балласта

являются номинальными и должны корректироваться в зависимости от конкретного веса (в пределах тягового класса) приобретаемого трактора.

4. Рекомендация, изложенная в п. 3 выводов, действительна также для выбора веса балласта и параметров трактора на стадии его создания с дополнением – по показателю номинального тягового усилия трактор должен вписываться в стандартный [2] типаж тракторов.

5. Использование в данной статье понятия эталонной энергонасыщенности трактора и ее конкретного значения можно признать корректным и практически полезным в качестве базового параметра для оценки технической концепции трактора, а также для обоснования и оценки основных параметров (вес трактора и мощность двигателя) и уровня балластирования трактора.

Литература

1. Кутьков Г.М. Энергонасыщенность и классификация тракторов. Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 8. С. 8–11.
2. ГОСТ 27021-86. Тракторы сельскохозяйственные и лесохозяйственные. Тяговые классы. М.: ИПК Издательство стандартов, 1987. 7 с.
3. ГОСТ 4.40-84. Тракторы сельскохозяйственные. Номенклатура показателей. М.: ИПК Издательство стандартов, 1985. 8 с.
4. Кутьков Г.М. Трактор второго поколения. М.: МГАУ им. В.П. Горячкина, 2013. 104 с.
5. Чухчин Н.Ф., Мусин А.Р. Технологические и агротехнические основы развития МЭС как трактора второго поколения тягово-энергетической концепции // Труды НПО НАТИ, 1983. С. 3–12.

References

1. Kut'kov G.M. Energy saturation and classification of tractors. Traktory i sel'khoz mashiny. 2007. No 8, pp. 8–11 (in Russ.).
2. GOST 27021-86. Agricultural and forestry tractors. Traction classes. Moscow: IPK Izdatel'stvo standartov Publ., 1987. 7 p.
3. GOST 4.40-84. Agricultural tractors. Nomenclature of indicators. Moscow: IPK Izdatel'stvo standartov Publ., 1985. 8 p.
4. Kut'kov G.M. Traktor vtorogo pokoleniya [Second generation tractor]. Moscow: MGAU im. V.P. Goryachkina Publ., 2013. 104 p.
5. Chukhchin N.F., Musin A.R. Technological and agrotechnical bases of development of MES as a tractor of the second generation of the traction-energy concept. Trudy NPO NATI, 1983, pp. 3–12 (in Russ.).