

## О НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ ПЕРЕДВИЖНОЙ ТОРМОЗНОЙ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

В.Я. Тимошенко, канд. техн. наук, доцент, А.В. Новиков, канд. техн. наук, доцент, Д.А. Жданко, канд. техн. наук, Н.Д. Янцов, канд. техн. наук, доцент, И.В. Кравчук, студент (БГАТУ)

### Аннотация

*Рассмотрены вопросы необходимости разработки передвижной тормозной диагностической установки для контроля технического состояния двигателей тракторов и исключения неоправданного перерасхода топлива.*

*The questions of necessity of working out of mobile brake diagnostic installation for control of a technical condition of the engine of a tractor and avoidance of the unjustified overexpenditure of fuel are considered in the article.*

### Введение

На семинаре руководящих работников республиканских и местных органов государственного управления 15-16 декабря 2011г. Главой государства была поставлена задача импортозамещения и экономии ресурсов.

Постановлением № 1776 от 30 декабря 2011 г. утверждены показатели по снижению потребления светлых нефтепродуктов (определяются как отношение полученных за счет организационно-технических мероприятий объемов экономии светлых нефтепродуктов в отчетный период 2012 г. к объему их фактического потребления в соответствующий период 2011 г.) для предприятий Минсельхозпрода (с учетом организаций, подчиненных комитетам по сельскому хозяйству и продовольствию облисполкомов, управлениям сельского хозяйства и продовольствия райисполкомов) – 10 %.

Рассмотрение этой проблемы на таком высоком уровне указывает на ее остроту. Одной из важнейших составляющих импорта, без которой страна не может обойтись, является нефть, перерабатываемая отечественными нефтеперерабатывающими предприятиями.

Значительная часть продуктов ее переработки используется внутри страны. Только в сельском хозяйстве Беларуси ежегодно расходуется более 600 тыс. т дизельного топлива. Главным образом это топливо используется самоходными машинами при выполнении механизированных работ. Его экономия возможна, как за счет совершенствования и применения технологий возделывания сельскохозяйственных культур, так и за счет поддержания машинно-тракторного парка в работоспособном, технически исправном состоянии.

### Основная часть

Производительность машинно-тракторного агрегата (МТА) и гектарный расход топлива напрямую зависят от технического состояния двигателя, обобщенным показателем которого является его эффективная мощность.

Если в известном выражении часовую производительности МТА выразить через эффективную мощность двигателя, то оно примет вид

$$W_{\text{ч}} = 0,36 V_{\text{р}} \cdot V_{\text{р}} \cdot \tau = 0,36 \frac{N_{\text{кр}}}{K_{\text{уд}}} \cdot \tau =$$

$$= 0,36 V_{\text{р}} \cdot N_{\text{е}} \cdot \frac{\eta_{\text{т}}}{K_{\text{уд}}} \cdot \tau$$

где  $V_{\text{р}}$  – рабочая ширина захвата агрегата, м;  
 $V_{\text{р}}$  – рабочая скорость движения МТА, м/с;  
 $K_{\text{уд}}$  – удельное тяговое сопротивление машины, кН/м;

$N_{\text{кр}}$  – тяговая мощность МТА, кВт;

$N_{\text{е}}$  – эффективная мощность двигателя, кВт;

$\eta_{\text{т}}$  – тяговый КПД агрегата.

Гектарный расход топлива принято определять

$$\theta = \frac{G_{\text{тч}}}{W_{\text{ч}}},$$

где  $G_{\text{тч}}$  – часовой расход топлива агрегатом, кг/ч.

Из выражений (1) и (2) очевидно, что при совершенной исправной системе питания дизеля перерасход топлива возможен из-за снижения его мощности по другим причинам.

К таким причинам относятся: неисправность механизма газораспределения, цилиндро-поршневой группы, системы охлаждения, если она не обеспечивает необходимый тепловой режим.

Отсюда следует, что при выполнении механизированных работ избежать неоправданного перерасхода топлива можно только при исправном двигателе.

Исправным принято считать двигатель [1], фактическое значение эффективной мощности которого не ниже 95% и не выше 107% ее номинального значения.

В Челябинском институте механизации сельского хозяйства в результате исследований было установлено [2], что механизаторы, работающие на энергонасыщенных тракторах, органолептически замечают падение мощности двигателя, когда оно превышает 25% ее номинального значения.

В сущности, использование самоходной машины, трактора с таким состоянием двигателя влечет за собой эквивалентный неоправданный перерасход топлива на 25%.

Планово-предупредительной системой технического обслуживания машин в сельском хозяйстве [3] во избежание использования тракторов и самоходных машин с неисправными двигателями и перерасхода топлива предусматривается при проведении ТО-3 через 1000м-ч измерять мощность двигателя и удельный расход топлива.

В картах технического обслуживания тракторов Беларуси из 56...57 операций технического обслуживания не предусмотрены диагностические, в том числе и определение мощности, а предусмотрены только операции по поддержанию исправности и работоспособности.

Известно, что часовой расход топлива, измеряемый при испытаниях дизеля, является функцией частоты вращения его коленчатого вала, которая, в свою очередь, является функцией степени загрузки двигателя.

Поэтому для измерения максимального (номинального) значения расхода топлива при максимальной ее подаче двигатель необходимо загрузить до номинальной частоты вращения вала.

Для этих целей промышленностью СССР выпускался тормозной стенд КИ-4935 [4], где предусматривалось торможение двигателей через вал отбора мощности без снятия их с тракторов. Максимальная мощность испытываемого с помощью такого стенда двигателя составляла – 55 кВт. Масса стенда – 1800 кг и монтируется он на фундаменте, т.е. может использоваться только в стационарном режиме.

Преимуществом этого стенда перед обкаточно-тормозными стендами, используемыми для послеремонтной стендовой обкатки двигателей, является то, что испытываемый двигатель не снимается с трактора. К его недостаткам следует отнести малую мощность и работу только в стационарном режиме.

Подтверждением справедливости такого вывода может быть, то, что мощность современных тракторов уже превышает 300 л.с., а стационарное использование требует приобретения его каждым сельскохозяйственным предприятием, либо транспортировки тракторов для испытаний на большие расстояния в райагросервис.

Известны несколько безтормозных методов оценки общего технического состояния дизелей измерением их эффективной мощности [5]. К ним относятся методы профессора Ждановского, парциальный и динамический. Однако использование их сегодня не представляется возможным, как из-за отсутствия необходимых приборов, так и неприменимостью их к современным мощным дизелям.

Кроме того, наличие возможности измерения мощности не означает возможность определения максимального расхода топлива, которое требует загрузки дизеля до номинальной частоты вращения коленчатого вала при максимальной подаче топлива топливным насосом.

Ранее промышленностью выпускался имитатор нагрузки КИ-5653 [1, 5], который устанавливался на впускную трубу воздухоочистителя, и с помощью заслонки имитатора уменьшалось количество подаваемого в цилиндры воздуха. При этом снижалась частота вращения коленчатого вала дизеля до номинальной, и в этом режиме измерялся часовой расход топлива и определялся удельный. Это самый простой способ снижения оборотов дизеля при положении рейки топливного насоса, соответствующий максимальной подаче.

На протяжении ряда лет в Институте управления АПК Беларуси проводились исследования [6] потенциальных резервов экономии топливно-энергетических ресурсов в агропромышленном комплексе. Для определения максимального расхода топлива двигателем номинальной мощностью 200 л.с. была сделана попытка использовать имитатор нагрузки с целью снижения оборотов коленчатого вала до номинального значения при максимальной подаче топлива насосом. При этом было установлено, что имитатором нагрузки, даже при отключении отдельных цилиндров, снизить частоту вращения коленчатого вала и обеспечить ее стабильность не представляется возможным, что позволяет утверждать о непригодности этого метода для определения максимального расхода топлива двигателем большой мощности.

На основании изложенного можно сделать вывод, что в настоящее время ни в сельскохозяйственных предприятиях, ни в предприятиях Белагросервиса нет устройств, с помощью которых можно было бы определять максимальный расход топлива двигателем при его номинальной нагрузке без снятия его с машины.

Определение мощности двигателя и расхода топлива предусматривается проводить через 1000 мото-часов. Для современных тракторов Беларусь предусмотрена нормативная годовая загрузка 1000 часов год. Если представить, что 1000 мото-часов примерно равны 1000 часам работы, то выходит, что такие испытания трактора придется проводить один раз в год.

При самом многочисленном парке тракторов сельскохозяйственному предприятию будет не выгодно приобретать тормозное устройство с измерительным оборудованием. Если это оборудование разместить на предприятиях Белагросервиса, то возникнет необходимость гонять мощные тракторы за 20...40 км для проведения их испытаний, что тоже не выгодно.

По мнению авторов, при сложившейся в Республике системе технического обслуживания с. х. техники, когда предприятия системы Белагросервиса являются государственной собственностью и управляются централизованно, было бы целесообразным оснастить Райагросервисы передвижными тормозными диагностическими установками для определения мощности двигателей и расхода топлива.

Целенаправленно использовать такую диагностическую установку могла бы районная служба Гостехнадзора, предупреждая, тем самым, безвозвратные потери дизельного топлива.

Однако таких установок сегодня нет в Беларуси и в других соседних странах. Их отсутствие объясняется тем, что в силу больших габаритов и большого веса электрических балансирных машин они не могут быть использованы в передвижных тормозных диагностических установках. Не могут быть использованы в этих целях и гидравлические тормозные устройства, как требующие огромного количества воды.

За последние пять лет в БГАТУ проведены широкие исследования [7, 8] по применению регулируемых аксиально-плунжерных насосов и дросселирования потока рабочей жидкости дросселем постоянного сечения для торможения двигателей. Разработана и экспериментально проверена методика определения параметров тормозного устройства, необходимых для ее создания.

Небольшие габариты и масса аксиально-плунжерных насосов, а также других комплектующих этого устройства позволяют разместить их в микроавтобусе или малотоннажном грузовике, прицепной тележке.

Аксиально-плунжерный насос тормозного устройства может приводиться от вала отбора мощности (ВОМ) трактора, если оно размещено в микроавтобусе (рис.1), или от ведущих колес трактора, если оно смонтировано на прицепной тележке в виде барабанного тормозного устройства (рис. 2).

Значение тормозного момента при торможении тракторов определяется по формуле

$$M_H = 0,125K \frac{d^2 \cdot \sqrt{\frac{2\Delta p^3 (1 + \beta_T (T - T_1))}{\rho_1}}}{n}, \quad (3)$$

где  $K$  – коэффициент взаимовлияния;

$d$  – диаметр дросселя, м;

$\beta_T$  – коэффициент объемного расширения,  $K^{-1}$ .

Для минеральных масел  $\beta_T = 8 \cdot 10^{-4} K^{-1}$ ;

$\rho_1$  – плотность жидкости при температуре  $T_1$ ,  $кг/м^3$ ;

$n$  – частота вращения вала насоса,  $с^{-1}$ .

Коэффициент взаимовлияния  $k$  при создании нагрузки дросселированием потока жидкости, позволяет учесть изменение коэффициента расхода  $\mu$  и КПД насоса  $\eta_H$  и повысить точность определения тормозного момента на валу двигателя.

$$k = \frac{\mu}{\eta_H}, \quad (4)$$

где  $\mu$  – коэффициент расхода;

$\eta_H$  – КПД насоса.

Если рассматривать процесс дросселирования потока рабочей жидкости как турбулентный режим истечения из затопленного цилиндрического насадка, то теоретически этот коэффициент можно определить по выражению (5)

$$k = \frac{1}{\eta_H \left( 1,23 + \frac{58lv}{d^2 \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}}} \right) \sqrt{1 + \frac{0,03}{1,23 + \frac{58lv}{d^2 \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}}}}}}, \quad (5)$$

где  $l$  – длина дросселя, м.

Экспериментальным путем получено уравнение (6) коэффициента взаимовлияния  $k$  в зависимости от изменения диаметра дросселя и давления рабочей жидкости

$$k = \frac{4p^2}{p_{НОМ}^2} \cdot 10^{-3} - \frac{4d^2}{d_{ОПТ}^2} \cdot 10^{-4} + \frac{0,12d}{d_{ОПТ}} - \frac{0,05p}{p_{НОМ}} + \frac{2dp \cdot 10^{-3}}{d_{ОПТ} p_{НОМ}} + 1,26. \quad (6)$$

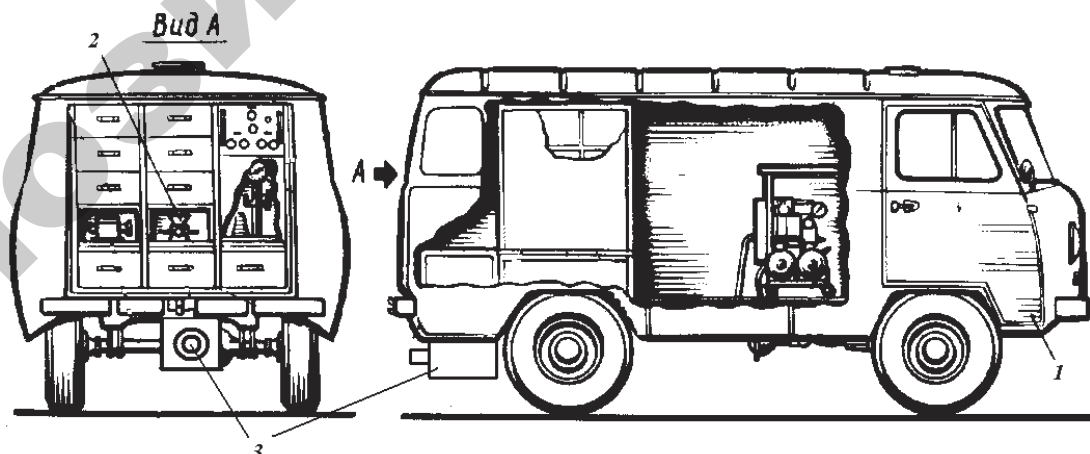


Рисунок 1. Передвижная тормозная диагностическая установка:  
1 – шасси автомобиля; 2 – диагностическое оборудование; 3 – гидравлическое тормозное устройство

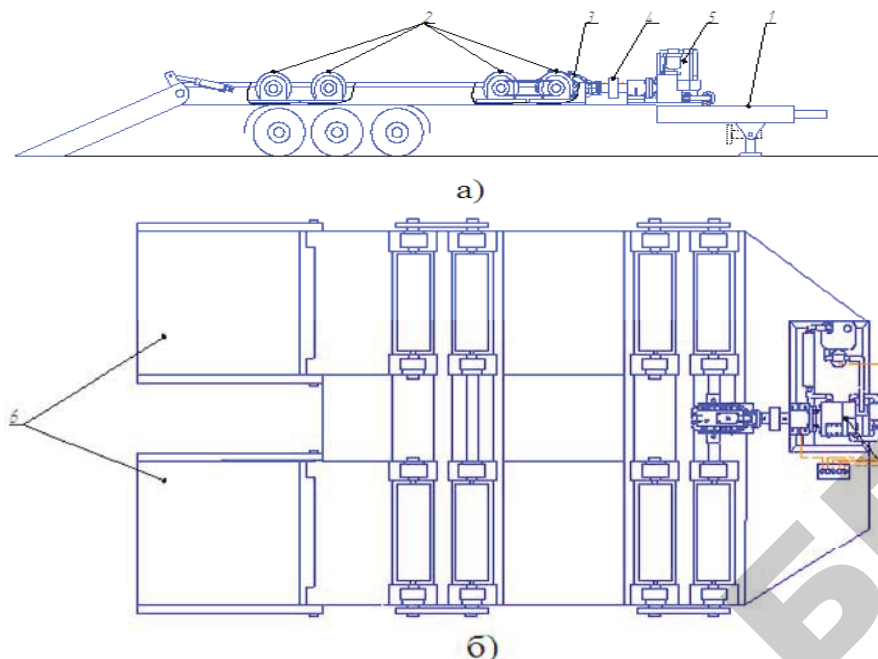


Рисунок 2. Передвижная тормозная диагностическая прицепная тележка:  
а – вид сбоку; б – вид сверху; 1 – тележка; 2 – вальцы; 3 – редуктор; 4 – муфта;  
5 – гидравлическое тормозное устройство

Для получения максимального тормозного момента на коленчатом валу двигателя определяется оптимальный диаметр дросселя постоянного сечения по выражению

$$d_{\text{опт}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{V_{\text{омах}} n_n \eta_o}{\pi \mu \sqrt{\frac{2}{\rho}} (p_{\text{ном}} - p_1)}}, \quad (7)$$

где  $V_{\text{омах}}$  – максимальный рабочий объем насоса, м<sup>3</sup>;

$n_n$  – частота вращения вала тормозного устройства, с<sup>-1</sup>;

$\eta_o$  – объемный КПД насоса;

$p_{\text{ном}}$  – номинальное давление насоса, Па;

$p_1$  – давление за дросселем, Па.

### Заключение

1. В целях исключения неоправданного перерасхода дизельного топлива двигателем внутреннего сгорания необходимо периодически контролировать его удельный расход с помощью тормозной диагностической установки.

2. Создание такой малогабаритной мобильной установки возможно на основе применения аксиально-плунжерного насоса и дросселя постоянного сечения.

3. Имеющийся в БГАТУ научный задел позволяет определить необходимые параметры тормозного устройства.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Бельских, В.И. Справочник по техническому обслуживанию и диагностированию тракторов / В.И. Бельских. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Россельхозиздат, 1986. – 399 с.
2. Казакевич, П.П. Обновление парка обкаточно-тормозных устройств и их импортозамещение / П.П. Казакевич, В.Я. Тимошенко // Агропанорама. – 2010. – №1. – С. 45-48.
3. Тракторы и машины сельскохозяйственные. Техническое обслуживание: ГОСТ 20793-86.
4. Российский Интернет-портал [Электронный ресурс] / Поисковая система Yandex. – Режим доступа: <http://www.avtoter.ru>. – Дата доступа: 18.01.2012.
5. Диагностирование тракторов: учеб. пособие / В.И. Присс [и др.]; под ред. В.И. Присса. – Мн.: Ураджай, 1993. – 240 с.
6. Потенциальные резервы экономии топливно-энергетических ресурсов в агропромышленном комплексе/ Г.Ф. Добыш [и др.].– Мн.: ГУ «Учебно-методический центр Минсельхозпрода», 2005. – 137 с.
7. Жданко, Д.А. Теоретическое обоснование параметров гидравлического тормозного устройства обкаточно-тормозного стенда / Д.А. Жданко // Агропанорама. – 2009. – № 3. – С. 38–42.
8. Жданко, Д.А. Аксиально-плунжерный насос как средство обкатки двигателей / Д.А. Жданко, А.В. Новиков, В.Я. Тимошенко // Тракторы, автомобили, мобильные энергетические средства: проблемы и перспективы развития : доклады Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 11–14 февраля 2009 г. / редкол.: А.В. Кузьмицкий [и др.]. – Минск, 2009. – С. 331–334.