

*БЕЗВЕРШЕНКО В. А.,
кандидат технических наук;
ХАРХУРИМ Ш. Х.,
инженер*

РАБОТОМЕР ТРАКТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Объем тракторных работ в сельском хозяйстве измеряется в условных гектарах мягкой пахоты. Но трактор без сельскохозяйственных машин и орудий непосредственно не выполняет пахотные и другие работы. Трактор является энергетическим средством, и учет его работы целесообразно производить в механических единицах.

Более двадцати пяти лет тому назад профессор М. С. Сергеев [1] предлагал измерять работу тракторов по тяговым энергозатратам специальным прибором (работомером). Практическое осуществление этой идеи связывалось с установкой такого прибора на каждый трактор.

За четверть века были разработаны у нас и за границей различные конструкции тяговых работомеров, область применения которых ограничивалась динамометрированием сельскохозяйственных машин и орудий. Эти приборы, сложные по конструкции, дорогие, с малым сроком эксплуатационной надежности, нельзя было предлагать для постоянной установки на тракторы массового производства. С внедрением навесных сельскохозяйственных машин и реализацией работы тракторных двигателей через гидроагрегаты раздельное динамометрирование сельскохозяйственных машин и тракторов уступило экспериментальному изучению энергетических затрат агрегатов в целом.

В связи с этим отпала практическая необходимость в дальнейшей разработке тяговых работомеров и возникла новая задача учета и контроля энергетических затрат тракторных двигателей. Следует различать два этапа решения этой задачи.

1. Разработка приборов для периодического измерения работы двигателей при нормировании и сравнительной энергооценке агрегатов;

2. Создание эксплуатационных работомеров для суммарного учета выполненной работы и текущего контроля степени загрузки тракторных двигателей.

Теоретические и конструктивные изыскания в области создания работомеров двигателей, выполненные многочисленными авторами, имеют десятилетнюю историю и относительно скром-

ный результат — два вида работомеров. Один из них [2] построен на принципе непосредственного измерения работы двигателя, в конструкции другого вида приборов [3] используется косвенный метод измерения.

Работомер первого вида РЭСК-АФИ с электронно-пересчетным устройством характеризуется высокой точностью измерений, сложностью конструкции и монтажа, значительными габаритами и весом. Этот прибор предназначен для энергооценки тракторных агрегатов при лабораторно-полевых исследованиях.

Экспериментальные работомеры второго вида являются эксплуатационными приборами. Они характеризуются универсальностью использования на различных марках тракторов и небольшими габаритами. Разработка и усовершенствование этих приборов обусловлены следующими теоретическими и экспериментальными предпосылками.

Механическая работа двигателя за определенный промежуток времени (t сек) выражается зависимостью

$$A_c = \int_{i_1}^{i_2} M_d \omega dt \text{ кгМ} \quad (1)$$

или при постоянном значении ω и M_d

$$A_c = N_e t = \frac{M_d n_d}{716,2} \cdot t \text{ л. с.}\cdot\text{ч}, \quad (2)$$

где t — время работы двигателя в часах за учитываемый период.

Следовательно, общее передаточное отношение ($i_{\text{общ}}$) от коленчатого вала двигателя на счетчик работы, с отсчетом ее до 0,01 л. с.·ч (в соответствии с техническими требованиями на эксплуатационные работомеры) найдем из соотношения

$$i_{\text{общ}} = \frac{60 \cdot n_d}{100 \cdot n_{\text{сч}}} = i_1 \cdot i_m = 0,6 \frac{n_d}{n_{\text{сч}}}, \quad (3)$$

где i_1 — постоянное передаточное отношение кинематической цепи прибора;

i_m — переменное передаточное отношение множительного механизма.

Величина передаточного отношения множительного механизма определяется зависимостью

$$i_m = \frac{i_{\text{общ}}}{i_1} = \frac{0,6 \cdot n_d}{n_{\text{сч}} \cdot i_1} = \frac{0,6 \cdot n_d}{N_e \cdot i_1} = \frac{0,6 \cdot 716,2}{M_d \cdot i_1} = \frac{430}{M_d \cdot i_1}. \quad (4)$$

Косвенный метод измерения момента двигателя (M_d) в эксплуатационных работомерах основан на принципе его взаимо-

связи с осредненным давлением газов по времени, поступающих из надпоршневого пространства в измерительный ресивер

$$M_n = k(P - P_{xx}) kI \cdot m, \quad (5)$$

где P ; P_{xx} — давление, соответственно на рабочем и холостом ходу двигателя;

k — коэффициент взаимосвязи.

Многолетний опыт работы по дросселированию газов из надпоршневого пространства различных тракторных двигателей и передачи давления в ресивер измерительного устройства [4] показывает следующее:

1. Давление газов на холостом ходу двигателей колеблется в пределах $P_{xx} = 2,6 \div 3,1 \text{ кг/см}^2$, а коэффициент взаимосвязи давления газов и момента двигателя изменяется в пределах $k = 12 \div 21$;

2. Надежность работы датчиков (отверстия $0,1 \div 0,12 \text{ мм}^2$ в штуцерах, ввернутых в специальные сверления в головке блока или взамен свечей накалывания) ограничивается их закупориванием несгоревшими остатками топлива и другими примесями через $400 \div 600$ часов работы;

3. Для ликвидации закупоривания трубки, передающей давление газов от датчиков к регистратору прибора, целесообразно устанавливать непосредственно после датчиков отстойник для примесей (ресивер емкостью $100 \div 120 \text{ см}^3$);

4. Устойчивые показания среднего давления газов, а в соответствующем масштабе и момента двигателя в эксплуатационных условиях даст силовизмерительный механизм, выполненный в виде гофрированной подпружиненной резино-капроновой диафрагмы с перемещением жесткого центра до $10 \div 12 \text{ мм}$.

Теоретический и экспериментальный анализ известных конструкций [5] интегрирующих механизмов показал, что надежность и погрешности этих узлов на тракторных работах не удовлетворяют предъявляемым техническим требованиям.

В известных конструкциях тяговых работомеров в основном применялись интеграторы непрерывного действия фрикционного типа и интеграторы, составленные из кулисных и храповых механизмов. Эти счетные узлы недостаточно надежны в работе, громоздки и дороги.

Теоретическое изучение кинематики механических множительных механизмов показало преимущества кинематических показателей счетного узла, составленного из цилиндрических поверхностей с постоянным радиусом фрикционного зацепления и переменным передаточным отношением. Конструкция этого механизма включает:

а) барабан с поверхностью, развертка которой соответствует форме прямоугольного треугольника с основанием по образующей цилиндра;

б) считывающий ролик, который имеет фрикционное зацепление с поверхностью барабана;

в) останов ролика в виде ножевого упора;

г) прижимное устройство (качалка ролика с пружиной).

На множительный механизм вводятся такие переменные величины:

а) момент двигателя в виде поступательного перемещения барабана относительно ролика, фиксирующего соответствующую ординату на развертке цилиндра за каждый оборот барабана;

б) обороты двигателя в виде угловой скорости барабана.

В этом простом механизме отсутствует геометрическое скольжение, и развертка барабана имеет значительную длину при малых габаритах, что обеспечивает его эксплуатационную надежность работы и точность показаний.

Экспериментальные исследования этого интегрирующего механизма на модели позволили определить его конструктивные параметры для работомера двигателя

$$D_6 = 28 \text{ мм}; L_6 = 28 \text{ мм}; n_6 < 25 \text{ об/мин};$$

$$d_p = 25 \text{ мм}; P_{np} = 1,0 \text{ кг}.$$

Приципиальная кинематическая схема прибора показана на рис. 1.

Давление газов из надпоршневого пространства передается по трубке к регистратору и действует на эластичную резинокапроновую диафрагму 1.

Внутренний металлический диск диафрагмы с обратной стороны действия газов зажат силоизмерительной пружиной 2. При увеличении нагрузки двигателя растет давление газов, силоизмерительная пружина сжимается, а внутреннее кольцо диафрагмы перемещает шток 3 силового звена прибора. Перемещение штока 3 изменяет положение рычага 4, а следовательно, и через рейку 12 поворачивает шестерню 13. Стрелка 14 показывает на шкале данного двигателя нагрузку (в условных килограммах).

Перемещение рычага 4 передается также на барабан 5. Этот барабан, кроме осевого хода, в зависимости от загрузки двигателя вращается пропорционально оборотам коленчатого вала. Передача вращения от двигателя производится через привод топливного насоса, редуктор, гибкий вал на конические шестерни и червячную передачу регистратора.

Так как поверхность барабана 5 срезана по винтовой линии, ролик 6 (находясь в фрикционном зацеплении с этой поверхностью) поворачивается за каждый оборот барабана на различный угол при неодинаковой загрузке двигателя. Для четкой фиксации ординаты этого множительного механизма с дискрет-

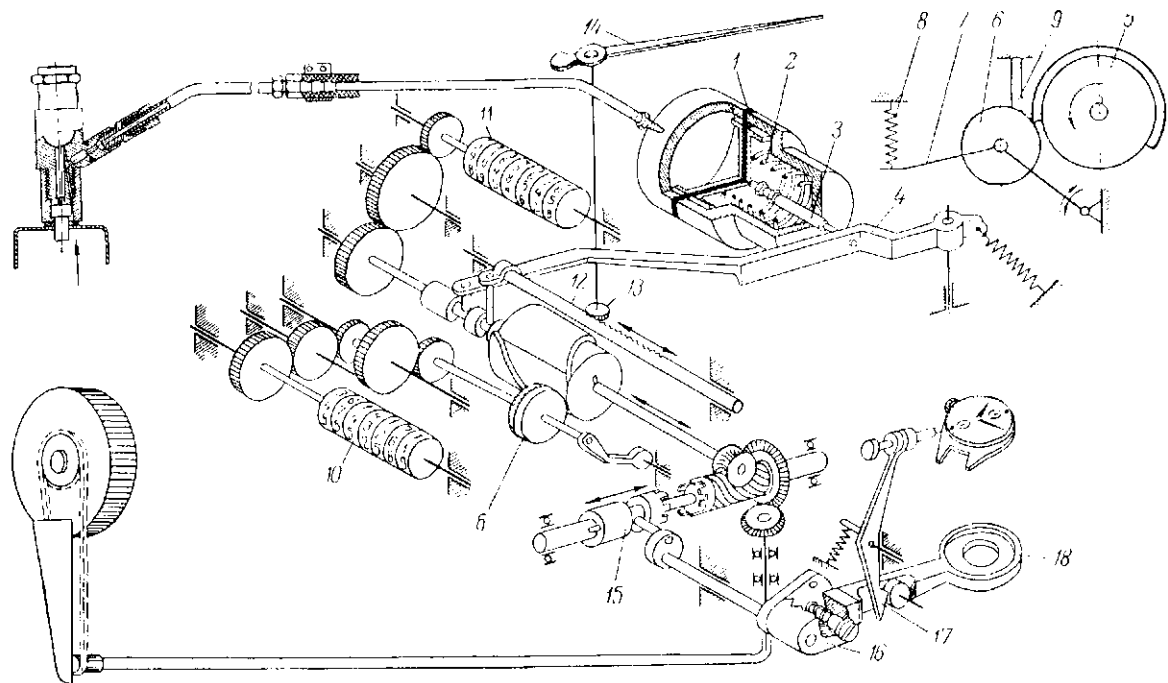


Рис. 1. Принципиальная кинематическая схема прибора РТД-1.

ной характеристикой ролик *б* снабжен остановом в виде ножевого упора *9*.

Произведение оборотов и величина момента двигателя по времени, т. е. механическая работа (в л. с.-ч), учитывается счетчиком *10*. Учет суммарных оборотов двигателя производится счетчиком *11*.

Работомер снабжен часами-секундомером. Включение и выключение часов-секундомера осуществляется одновременно с другими измерителями (кроме показаний нагрузки на шкале) муфтой *15* через рычаг *16*, который устанавливается в крайних положениях пружинным фиксатором. Настройка прибора по указателю загрузки на шкале и учету механической работы двигателя совмещена и осуществляется доступными регулировками:

а) установка нулевого положения на холостом ходу двигателя изменением затяжки силовой измерительной пружины с помощью коронной гайки;

б) уточнение регистрации номинальной загрузки двигателя изменением положения упорного эксцентриситета на рычаге *4*. Компонировка прибора показана на рис. 2.

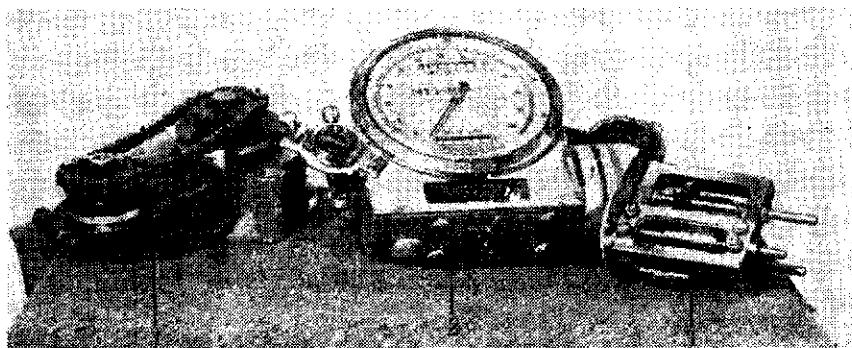


Рис. 2. Компонировка работомера РТД-1Б.

1 — редуктор, 2 — регистратор, 3 — модель интегрирующего механизма.

Регистратор работомера устанавливается в кабине трактора перед водителем и в процессе эксплуатации трактора показывает:

1. Текущую загрузку двигателя на шкале в условных килограммах (идентично с указателями тормозных устройств);
2. Суммарные обороты коленчатого вала двигателя за время опыта (нарастающим итогом на счетчике до 10^7 единиц);
3. Суммарную механическую работу двигателя в лошадиных силочасах за опыт (нарастающим итогом на счетчике до 9999,99 л. с.-ч).

4. Время опыта в секундах (от 1 секунды до 12 часов).

По этим данным измерений прибора можно подсчитать:

а) среднюю мощность двигателя за опыт (при делении показаний механической работы на время опыта в часах);

б) среднее число оборотов двигателя за опыт (путем деления суммарных оборотов на время опыта в минутах);

в) среднюю нагрузку двигателя в условных килограммах (путем деления полученной мощности на средние обороты двигателя за опыт).

Сотрудниками кафедры эксплуатации МТИ БИМСХ в 1965—1966 гг. были разработаны и испытаны два варианта работомеров: с плунжерным и мембранным силоизмерительными механизмами.

Работомер РТД-1А с плунжерным силоизмерительным механизмом прошел государственные испытания на Центральной машиноиспытательной станции в 1966 г. и по результатам метрологических показателей и надежности работы рекомендован к выпуску опытной партией.

Погрешности измерений мощности двигателя по итоговым материалам государственных испытаний приведены в табл. 1.

Таблица 1

Мощность фактическая двигателя СМД 14А, л. с.	Погрешности измерения мощности двигателя работомером РТД-1А, %		
	контрольные стендовые испытания	полевые испытания с тензометрированием	заключительные стендовые испытания
8,1	+9,1	—	+2,53
16,3	+7,1	+5,93	+2,60
24,2	+3,11	+3,60	+0,80
32,0	+2,53	+1,73	+0,53
38,9	+1,37	+0,66	+3,86
47,5	+0,36	-0,73	+4,13
55,0	-0,87	-0,27	+3,81
62,7	+2,23	+2,45	+0,13
70,5	+2,66	+3,0	+0,46
74,0	+4,57	+3,73	+1,20

Прибор РТД-1А с плунжерным силоизмерительным механизмом соответствует техническим требованиям на приборы для временной установки на тракторы в эксплуатационных условиях (при энергооценке агрегатов и техническом нормировании).

С целью расширения области применения этого работомера, повышения его эксплуатационной надежности, уменьшения габаритов, веса и стоимости нами была проведена дальнейшая работа по усовершенствованию его конструкции.

В результате этой работы создан прибор РТД-1Б с мембранным силоизмерительным механизмом. Результаты ведомствен-

ных испытаний этого работомера на эксплуатационную надежность в полевых условиях подтвердили его преимущества по сравнению с РТД-1А.

Погрешности измерений прибором РТД-1Б проверялись в лаборатории ЭМТП при торможении двигателей в условиях регуляторной характеристики на электротормозном стенде СТЭУ-28-1000.

Итоговые показатели этих испытаний приведены в табл. 2.

Таблица 2

Погрешности измерений N_e работомером РТД-1Б, %									
Погрузка по тормозу, кг	5	10	15	20	25	30	32	35	45
Марка двигателей									
Д-48	+2,00	-2,85	-2,60	-1,96	-0,82	-0,90	-1,2	—	—
Д-50	-1,5	-2,93	+2,90	1,56	-0,19	-0,98	-2	—	—
СМД-14А	+6,00	-3,10	-2,60	-1,29	-1,82	-1,42	—	-1,82	-0,65

Выводы

1. Конструкция и погрешности показаний работомера РТД-1А удовлетворяют техническим требованиям ГОСНИТИ на приборы для временной установки на тракторы.

2. Прибор РТД-1Б с мембранным силовым измерительным механизмом подтвердил его высокую эксплуатационную надежность.

3. При дальнейшем усовершенствовании системы дросселирования газов и расширения диапазона регулировки механизма взаимосвязи давления и момента двигателя в приборе представляется возможность создать работомер для установки на тракторы массового производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сергеев М. П. Теория работомера. Труды ЧИМЭСХ, вып. 1, 1941.
2. Райхлин Х. М., Коробочкин И. В. Ротационный электроиндукционный работомер (РЭСК-АФИ). Сборник трудов АФИ, вып. 9, Л., 1962.
3. Безвершенко В. А. Тракторный работомер. «Механизация и электрификация с. х.», 1959, № 2.
4. Безвершенко В. А., Хархурим Ш. Х. К вопросу выбора методов измерений момента двигателя в эксплуатационных условиях. «Сборник научных трудов аспирантов». Минск, Изд-во «Урожай», 1965.
5. Немировский А. С. Интеграторы измерительных приборов. М., Стандартиз, 1960.