

УДК 631.372

## КОНТРОЛЬ РАСХОДА ТОПЛИВА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ

**А.А. Мажей,***инженер ГУ «Белорусская машиноиспытательная станция»***А.А. Ракицкий,***заместитель директора по научной работе Республиканского института инновационных технологий БНТУ,  
канд. техн. наук, профессор*

*В статье приведены результаты исследования гидравлического сопротивления датчиков расхода топлива, а также изложены рекомендации по их применению в системах мониторинга эксплуатации сельскохозяйственной техники.*

*Ключевые слова: датчик расхода топлива, дизельный двигатель, топливный насос, гидравлическое сопротивление, ГЛОНАСС.*

*The article presents the results of a study of the hydraulic resistance of fuel consumption monitoring sensors, as well as recommendations on the use of sensors for controlling fuel consumption in agricultural machinery monitoring systems.*

*Keywords: fuel consumption sensor, diesel engine, fuel consumption, fuel pump, hydraulic resistance, GLONASS.*

### Введение

Контроль расхода топлива в агропромышленном комплексе является актуальной задачей. Установленные системы контроля расхода имеют достаточно быструю окупаемость, как правило, в сочетании с желанием руководства предприятия добиться экономического эффекта. Внедрение систем контроля расхода топлива предусмотрено поручением Совета Министров Республики Беларусь № 06/217-1073 от 03.12.2015. В настоящее время недостаточно раскрыты вопросы эксплуатации датчиков расхода топлива на современной технике агропромышленного комплекса. В источнике [1] описаны общие возможности систем бортового контроля расхода топлива на базе датчиков расхода топлива, при этом отсутствуют практические советы по выбору соответствующих датчиков. В источнике [2] приведен общий обзор методов контроля расхода топлива на мобильных машинах. Цель данной работы заключается в выработке рекомендаций по применению оборудования для мониторинга расхода топлива в сельском хозяйстве, включая технологии его обслуживания.

### Основная часть

Датчики расхода дизельного топлива являются ключевым элементом в системах контроля расхода топлива автотракторной техники. Они обычно используются либо в составе систем GPS/ГЛОНАСС – мониторинга либо функционируют автономно.

Самым весомым доводом к использованию расходомеров является их высокая точность: ошибка измерения не превышает нескольких процентов. Наиболее широкое распространение получили системы мониторинга расхода на основе датчиков уровня

топлива в баке. Однако в сельском хозяйстве такой метод контроля не всегда дает адекватные результаты. На многих моделях техники сложная геометрическая форма бака (рис. 1) и специфика ее эксплуатации не дают возможности получать точные и однозначные данные о расходе топлива. Необходимо анализировать графики объема топлива в баке, так как система мониторинга в попытках определить событие «слива» либо «заправки» постоянно создает «ложные» сигналы, несоответствующие действительности.

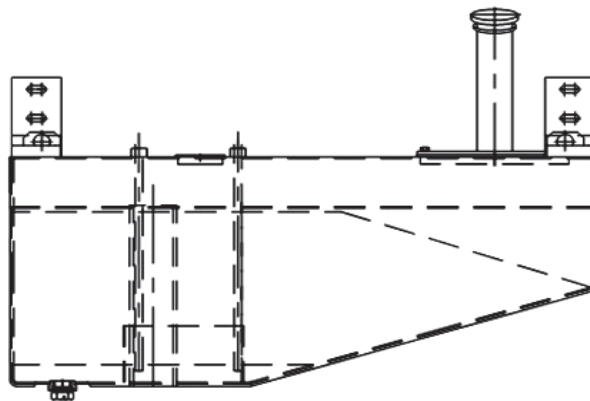


Рис. 1. Топливный бак Амкодор

На рис. 2 приведен пример графика, полученного авторами с помощью программного обеспечения мониторинга транспорта Wialon. Отследить «утечку» пяти литров топлива невозможно, так как флуктуации показаний датчика уровня топлива в процессе нормальной работы превышают эту величину.

В системе мониторинга с функцией контроля расхода топлива важна определенность. Когда мы имеем дело с хищениями топлива, очень важно не

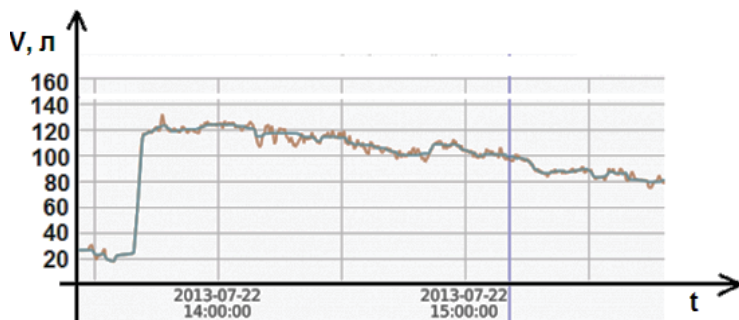


Рис. 2. Изменение объема топлива в несимметричном баке

допустить подрыва авторитета системы. Весьма недопустимо, когда по вине системы происходит наказание невинных лиц. Практически невозможно отследить небольшой забор топлива непосредственно из бака, не говоря уже о том, что это можно сделать из обратной магистрали через небольшое сечение. Поэтому многие заказчики обоснованно склоняются к установке расходомеров топлива. За последние годы накоплен значительный опыт их использования на сельскохозяйственной технике в Республике Беларусь.

По конструктивному исполнению расходомеры дизельного топлива бывают двух типов: однокамерные и двухкамерные (дифференциальные) (рис. 3). Дифференциальные измеряют расход топлива двигателем как разницу между объемом топлива, поступающим в двигатель и возвращающимся в бак. Однокамерные требуют переделки схемы топливоподдачи так, чтобы измерять только потребление двигателя.

Применяемые датчики относятся к камерным кольцевым счетчикам жидкости [3]. Датчик расхода включается при подаче на него напряжения питания и измеряет объем топлива, протекающего через измерительную камеру. Под давлением жидкости, поступающей через выпускное отверстие 1, кольцо 4 катится по внутренней поверхности камеры 3 и одновременно скользит вдоль перемычки 5. Кольцо вытесняет жидкость, заключенную внутри и снаружи кольца, из камеры в выпускное отверстие 2 (рис. 4).

За один оборот кольца вытесняется объем жидкости, равный объему камеры. При этом электронные датчики положения вырабатывают импульсы по мере оборота кольца, которые передаются в электронный блок по выбранному интерфейсу.

Главным достоинством кольцевого счетчика является простота его устройства, прежде всего движущегося элемента – кольца. Это упрощает и облегчает разборку и очистку счетчика. Вследствие этого такие конструкции счетчиков широко применяются при измерении расхода различных жидких пищевых продуктов, т. е. там, где требуется частая разборка и чистка.

Общеизвестная схема установки однокамерного расходомера приведена на рис. 5. При учете расхода топлива обычно пренебрегают объемом топлива в обратной магистрали форсунок, ввиду его незначительности (1-3 % от расхода топлива двигателем на исправной топливной аппаратуре).

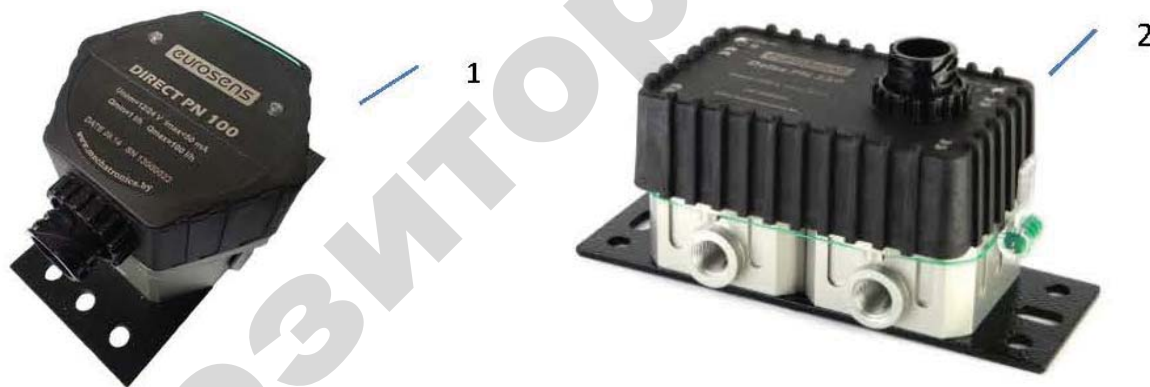


Рис. 3. Общий вид расходомеров дизельного топлива: 1 — однокамерный; 2 — двухкамерный (дифференциальный)

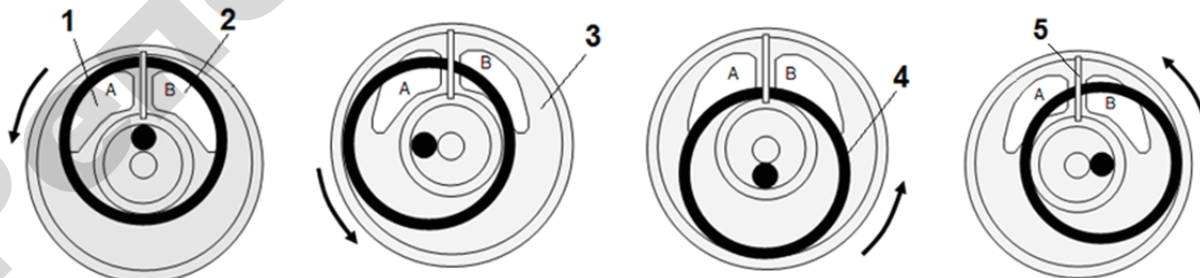


Рис. 4. Схема работы измерительной камеры кольцевого камерного расходомера: 1 — впускное отверстие; 2 — выпускное отверстие; 3 — камера; 4 — кольцо; 5 — перемычка

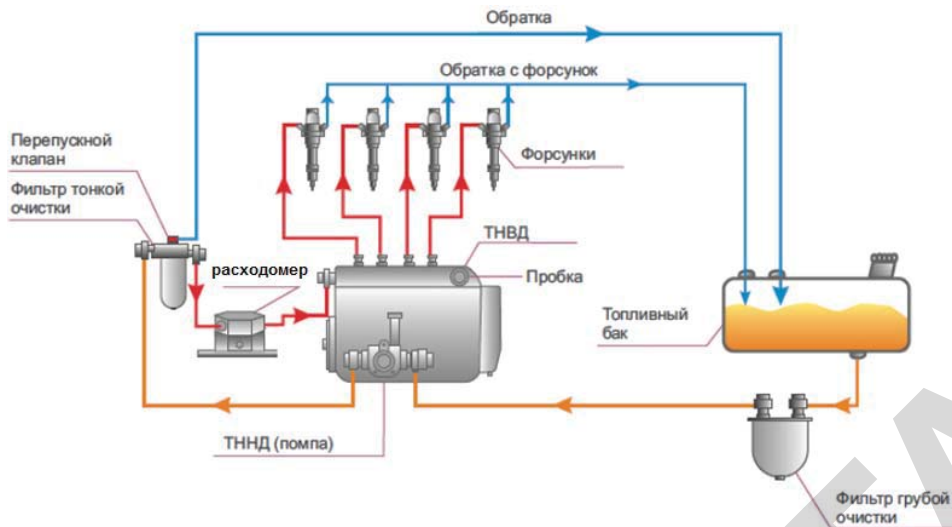


Рис. 5. Схема установки однокамерного расходомера

Как можно видеть, обратная магистраль теперь возвращает топливо в бак с фильтра тонкой очистки топлива до установленного однокамерного расходомера. Говорить о том, что давление во впускном канале топливного насоса высокого давления (ТНВД) вырастет, нет оснований, так как его сброс осуществляется тем же перепускным клапаном, но установленным в другом месте. Минусом установки однокамерного расходомера и данной схемы является повышенный нагрев ТНВД, поскольку циркулирующий через впускной канал объем топлива уменьшается в несколько раз. На высоконагруженной технике можно обнаружить потерю мощности.

Некоторые расходомеры не определяют направление потока топлива. Ввиду пульсаций топлива в магистрали это может привести к неверным показаниям расхода, отличающимся в разы. Для исключения такого явления в топливную магистраль рядом с расходомером дополнительно устанавливается обратный клапан, запирающий поток топлива из ТНВД в направлении расходомера. Таким образом, он отключает полость ТНВД и каналы подачи топлива к

плунжерам от разгружающего (перепускного) клапана. Ввиду малой сжимаемости дизельного топлива это может привести к резким повышениям давления при работе плунжерных пар и нарушению процесса топливоподачи.

В последнее время более популярными становятся дифференциальные расходомеры. Они не изменяют режим работы топливной аппаратуры при условии правильного выбора расходомера, вспомогательных переходников и трубопроводов и их установки (рис. 6).

Через дифференциальный расходомер проходит не только объем топлива, потребляемый двигателем в единицу времени, но и излишек топлива, возвращающийся в топливный бак. Оба эти параметра в сумме равны производительности топливного насоса низкого давления (ТННД). Если часовой расход топлива двигателем является известной величиной, то производительность ТННД обычно неизвестна, хотя и превышает расход топлива в несколько раз. В то же время именно по этому параметру требуется выбирать дифференциальный расходомер.

При расходах топлива свыше 200 литров в час

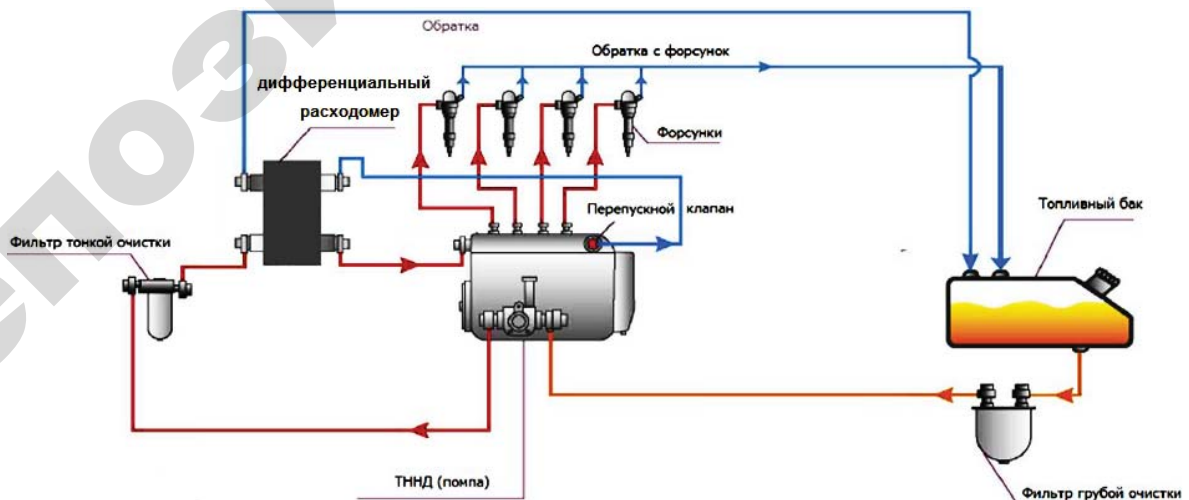


Рис. 6. Схема установки дифференциального расходомера

особо важными становятся гидравлические сопротивления всех элементов топливной системы. Если выбрать расходомер с недостаточным максимальным расходом топлива, это придет к повышенному гидравлическому сопротивлению потоку. Когда сумма сопротивлений от топливных шлангов малого диаметра, фильтра тонкой очистки, расходомера и добавленных в систему фитингов становится существенной, можно ожидать потерю мощности.

Таким образом, при подборе дифференциального расходомера необходимо учитывать производительность топливоподкачивающего насоса (табл. 1).

**Таблица 1. Производительность топливоподкачивающих насосов**

Применяемость	Производительность, л/мин
Дизели ЯМЗ-6561.10, 6562.10, 6563.10-03, 6581.10, 6583.10, 6582.10, 6582.10-02	2,2
Дизели ЯМЗ-238 Н, ФМ и др. модели	2,5
Дизель Deutz TCD 2013 L06 4V, 300 л.с. (трактор Fendt 930 Vario)	6,5
Дизель Д-260.2/С (Трактор «Беларус-1221/1222», автогрейдер ГС-1402, погрузчик ТО-18Б-3 «Амкодор» Минск «КЭЗ»)	2,1
Дизель Cat 3512, 1020 кВт	20,0

При установке расходомера в топливную систему с расходами от 200 литров в час в подаче и обкатке рекомендуется применять топливные штуцеры типа «елочка» вместо традиционных пар болт-угольник (рис. 7). Авторами установлено, что соединения типа «болт-угольник» с изменением направле-

ния потока топлива на 90° создают гидравлическое сопротивление, превышающее сопротивление самого расходомера.

По этой же причине при монтаже расходомеров следует избегать применения обратных клапанов, необходимых в том случае, когда расходомер «не умеет» определять направление потока топлива. Гидравлическое сопротивление обратного клапана может привести к потере мощности двигателя.

В данной работе исследовалось гидравлическое сопротивление расходомеров Eurosens (с соединительными угольниками) при вязкости дизельного топлива 4 мм<sup>2</sup>/с. Результаты измерений приведены на рис. 8, 9.

Давление открытия штатного перепускного клапана в ТНВД составляет 50-200 кПа. Из рис. 8 видно, что при установке расходомера серии 250 на дизельный двигатель, где производительность топливоподкачивающего насоса превышает 250 литров в час, гидравлическое сопротивление расходомера вместе с сопротивлением дополнительных штуцеров может превышать давление открытия клапана. В этом случае наблюдается потеря мощности, так как ТНВД не обеспечивается топливом в нужном объеме.

Серьезной проблемой эксплуатации расходомеров является наличие загрязнений в топливе. Это касается как однокамерных, так и дифференциальных расходомеров. Как можно видеть на рис. 5 и 6, расходомеры всегда устанавливаются после фильтра тонкой очистки. Степень его фильтрации

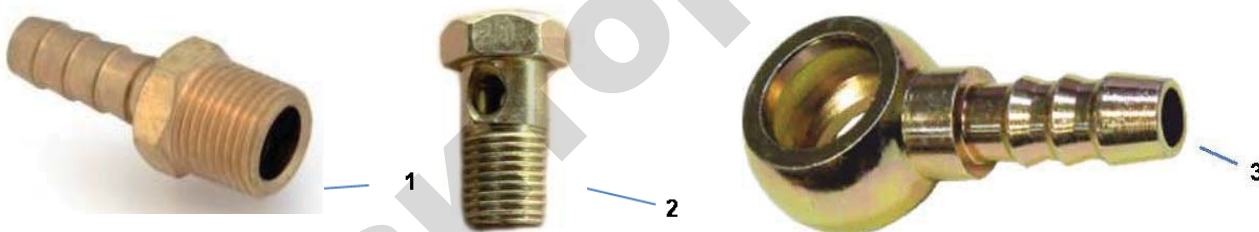


Рис. 7. Элементы соединений: 1 – штуцер типа «елочка»; 2 – болт; 3 – угольник

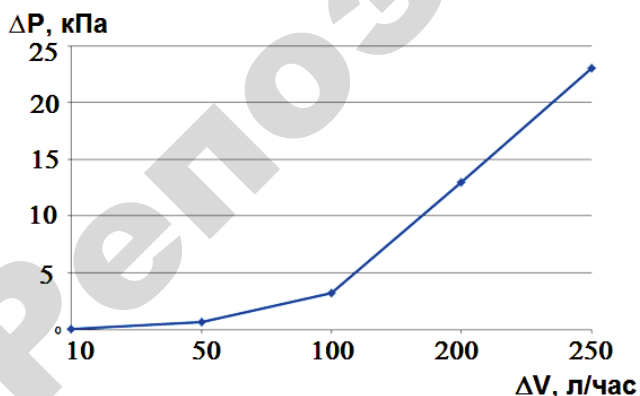


Рис. 8. Зависимость падения давления от расхода топлива для датчиков Eurosens серии 250

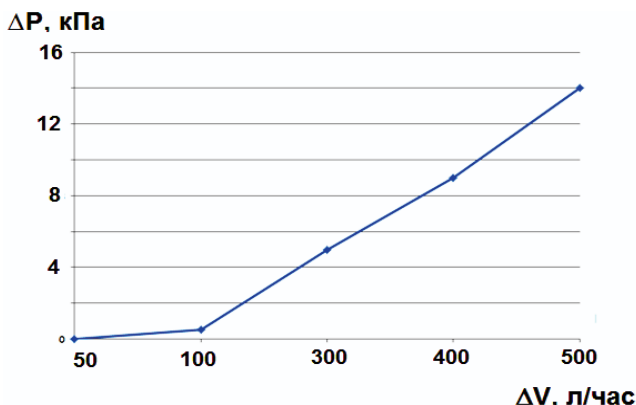


Рис. 9. Зависимость падения давления от расхода топлива для датчиков Eurosens серии 500

вполне позволяет расходомерам работать долго и надежно. Однако по информации производителей, свыше 95 % выходов из строя расходомеров происходят по причине загрязнений, которые выводят из строя и топливную аппаратуру дизеля. В этом случае расходомеры сигнализируют о необходимости замены фильтров тонкой очистки.

Для снижения затрат на эксплуатацию системы мониторинга транспорта с функцией контроля расхода топлива, предприятиям целесообразно освоить очистку расходомеров самостоятельно. Тем более, что кольцевой принцип их действия способствует легкой разборке и сборке. Надо отметить, что большинство производителей расходомеров дизельного топлива запрещают их вскрытие для очистки неаттестованными сервисными центрами. Это приводит к необходимости демонтажа расходомера для его отправки в сервисный центр, транспортным расходам и эксплуатации мобильной машины без средства учета. Эта операция существенно снижает эффективность оснащения расходомерами топлива и повышает стоимость их обслуживания.

#### **Заключение**

1. Использование расходомеров дизельного топлива позволяет создать эффективную систему контроля фактического расхода топлива, прежде всего на сельскохозяйственной и специальной технике, имеющей несимметричную форму бака.

2. Дифференциальные расходомеры топлива не оказывают влияния на работу двигателя в том случае, если работают в паспортном диапазоне расходов. Если мгновенный расход топлива в магистрали превышает установленный производителем максимальный

расход через камеру расходомера, то может наблюдаться падение мощности двигателя.

3. Для минимизации влияния на работу двигателя рекомендуется выбирать расходомеры, не требующие установки обратного клапана в топливной магистрали.

4. Для снижения издержек эксплуатации рекомендуется выбирать расходомеры, допускающие простую разборку и обслуживание силами эксплуатирующего предприятия.

#### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Новиков, А.В. Об эффективности использования современных технических средств для учета расхода дизельного топлива / А.В. Новиков, Ю.И. Томкунас, В.В. Полторан, А.А. Мажей // Энергосберегающие технологии и технические средства в сельскохозяйственном производстве: доклады Междунар. науч.-практич. конф., Минск, 12-13 июня 2008 г. : в 2-х ч.; под ред. А. А. Бренч [и др.] . – Минск: БГАТУ, 2008. – Ч. 1. – С. 369-371.

2. Мальцев, Н.Г. Современные методы контроля расхода топлива и их применение для мониторинга режимов работы автотракторной техники / Н. Г. Мальцев, Ю. Д. Карпиевич // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: доклады Междунар. науч.-практич. конф., Минск, 16-17 октября 2013 г. – Минск: БГАТУ, 2013. – С. 35-39.

3. Кремлевский, П. П. Расходомеры и счетчики количества веществ: справочник: в 2-х кн. / П.П. Кремлевский; под общ. ред. Е. А. Шорникова. – 5-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Политехника, 2004. – 412 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 14.06.2017

### **Радиоволновой влагомер зерна**

*Предназначен* для непрерывного измерения влажности зерна в процессе сушки на зерносушильных комплексах.

Влагомер обеспечивает непрерывный контроль влажности зерна в потоке и автоматическую коррекцию результатов измерения при изменении температуры материала, имеет аналоговый выход – 4-20 мА, а также интерфейс – RS-485.



#### **Основные технические данные**

Диапазон измерения влажности зерна	от 9 до 25 %
Основная абсолютная погрешность	не более 0,5 %
Температура контролируемого материала	от +5 до +65 °С
Цена деления младшего разряда блока индикации	0,1 %
Напряжение питания	220 В 50 Гц
Потребляемая мощность	30 ВА