

## Литература

1. Заяц, П.В. Комбинированный агрегат для сбора колорадского жука / П.В. Заяц, Э.В. Заяц // Агропанорама, 2006. – № 5. – С. 32–34.
2. Обеспечение выращивания экологически чистого картофеля путем разработки и применения комбинированного агрегата для сбора колорадского жука / П.П. Казакевич, Э.В. Заяц, П.В. Заяц. – Гродно: ГГАУ, 2009. – 36 с.

УДК 631.3-192

**И.С. Пылило, В.К. Клыбик**

*(РУП «НПЦ НАН Беларуси  
по механизации сельского хозяйства»,  
г. Минск, Республика Беларусь)*

## **ВЫБОР ПЕРСПЕКТИВНОГО ТИПА ДАТЧИКА ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОГО ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ ТОПЛИВА**

### Введение

В АПК Беларуси отмечается низкая эффективность использования энергоресурсов. При расходовании 1 кг у.т. у нас производится продукции на 1,07 долл. США, в то время как в Финляндии – на 4,76, во Франции – на 6,67, в Дании и Швейцарии – на 11,15 долл. США. Важнейшими организационно-экономическими факторами экономии и рационального использования энергоресурсов следует считать учет и контроль их потребления, нормирование расхода энергоресурсов, оптимизацию структурного устройства хозяйствующих субъектов с учетом их специализации и природно-климатических условий [1].

В современных условиях сельскохозяйственные предприятия Республики Беларусь, как и стран СНГ, все шире начинают использовать навигационно-телеметрическое оборудование, позволяющее круглосуточно контролировать технические параметры и потребление топлива тракторами, транспортными средствами и самоходной сельскохозяйственной техникой. Опыт хозяйств, использующих такие системы, показал, что сокращение расходов на ГСМ составляет от 15 до 30 % и значительно снижает простой техники. Однако использование штатных датчиков уровня топлива не позволяет достигнуть требуемой точности измерения, поэтому существует проблема правильного выбора типа топливного датчика для данного вида техники и условий эксплуатации.

### Основная часть

Одной из задач хозяйства в области экономии энергоресурсов является непрерывное измерение объема топлива в баках машинно-тракторных агрегатов в течение всего периода их работы.

Для решения данной задачи существуют определенные требования к методу измерения и оборудованию:

- большой срок службы (не менее 10 лет) измерителя уровня при минимальном количестве регламентных работ;
- высокая надежность в реальных условиях эксплуатации;
- стабильная работа и плавное снижение точности при увеличении силы воздействия дестабилизирующих факторов (температуры, плотности жидкости, волнения поверхности, наклона резервуара и т.д.);
- обеспечение требуемой точности измерения уровня при работе с реальными жидкостями;
- умеренная для решаемой задачи стоимость;
- удобство эксплуатации, технического обслуживания и ремонта.

Наиболее значимым из них являются:

- работа в условиях вибраций и наклона резервуара;
- работа от бортовой системы питания;
- получение выходного сигнала, совместимого с телеметрическим оборудованием;
- измерение уровня с малой погрешностью, работа при наличии пыли, конденсата, пены;
- работа при больших изменениях температуры измеряемой жидкости;
- минимальная стоимость.

Известно более двадцати методов измерения уровня жидкостей. Рассмотрим наиболее распространенные и пригодные к использованию на подвижных объектах.

Существует множество типов уровнемеров для жидких продуктов. В зависимости от того, различие каких физических свойств веществ воспринимает первичный преобразователь, уровнемеры подразделяют на механические, акустические, электрические, оптические и тепловые [2].

К механическим уровнемерам относятся поплавковые, буйковые, гидростатические и пьезометрические. Все они реализуют абсолютный метод измерения уровня, основанный на использовании различия плотностей веществ, образующих границу раздела.

Находят применение акустические уровнемеры трех основных типов: локационные уровнемеры, уровнемеры поглощения и резонансные. Все они реализуют различные физические явления, связанные с распространением звука в упругой (жидкостной или газовой) среде.

Принцип действия электрических уровнемеров основан на различии электрических свойств жидкостей и газов. В зависимости от того, какой выходной параметр (сопротивление, емкость или индуктивность) первичного преобразователя «реагирует» на изменение уровня, электрические уровнемеры подразделяют на кондуктометрические, емкостные, индуктивные и аналоговые.

При измерении уровня жидкостей оптическими методами могут быть использованы различные явления, связанные с прохождением света через среды, образующие поверхность раздела, – отражение или преломление света на поверхности раздела, ослабление его интенсивности в поглощающей среде и др. Однако на практике наибольшее распространение получили оптические уровнемеры с визуальной фиксацией границы раздела «жидкость – газ» и фотоэлектрические уровнемеры, использующие эффект отражения света от поверхности жидкости.

Тепловые уровнемеры основаны на использовании либо различия температур жидкости и парогазовой смеси над ней (дилатометрические уровнемеры), либо различия их теплопроводности (тензорезисторные уровнемеры). Классификация уровнемеров в зависимости от того, различие каких физических свойств веществ воспринимает первичный преобразователь, приведена на рисунке 97.

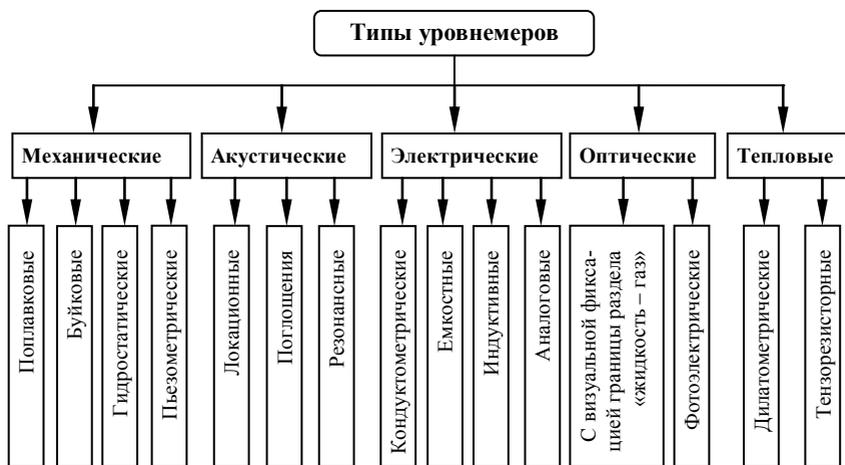


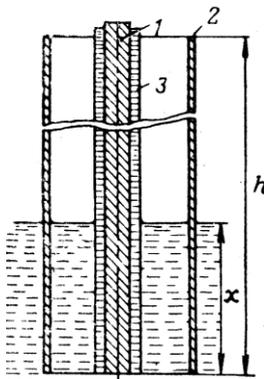
Рисунок 97 – Типы уровнемеров

Существуют также радиоизотопные уровнемеры, принцип действия которых основан на степени поглощения проходящих через вещество в резервуаре гамма-лучей выше или ниже уровня раздела двух сред разной плотности. Приемник и излучатель радиационного излучения перемещаются по всей высоте емкости на специальных лентах с помощью реверсивного электромотора. Комплект состоит из трех блоков: преобразователя, содержащего источник и приемник излучения, электронного блока и показывающего прибора. Использование приборов с радиоизотопными излучателями целесообразно там, где другие методы измерения непригодны, так как этот метод радиационно опасен и требует дополнительных средств безопасности для персонала.

Все перечисленные типы уровнемеров могут быть использованы на МТА, но по таким характеристикам, как условия работы, точность показаний, вредность и цена, наиболее целесообразно применять 3 вида уровнемеров: емкостные, поплавковые с аналоговым выходным сигналом и тензорезисторные. Остановимся на них подробнее.

Принцип действия емкостного топливомера основан на зависимости величины емкости специального конденсатора от уровня топлива в баке.

Чувствительный элемент емкостного топливомера (рисунок 98) представляет собой цилиндрический конденсатор с внутренним электродом 1, внешним 2 и изоляционным слоем 3. Между изоляционным слоем и внешним электродом находится слой жидкости (топливо, кислота), уровень которой необходимо измерить. Если уровень жидкости в баке изменится, то будет изменяться и емкость конденсатора вследствие того, что диэлектрические постоянные жидкости и воздуха различны.



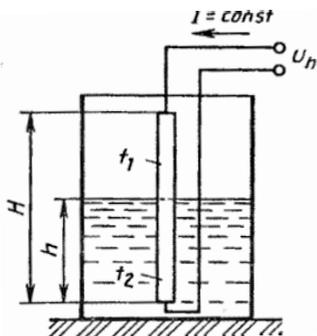
- 1 – внутренний электрод;
- 2 – внешний электрод;
- 3 – изоляционный слой;
- $x$  – измеряемый уровень жидкости;
- $h$  – максимальный уровень жидкости

Рисунок 98 – Схема чувствительного элемента емкостного топливомера

Зонд расположен по оси металлической трубы 3, являющейся наружной обкладкой датчика-конденсатора. Зазор между внешней поверхностью изоляции зонда и наружной обкладкой называется рабочим зазором, сообщаемым через отверстия в нижней центровочной втулке и в наружной трубе с сосудом, в котором измеряется уровень. Жидкость, попадая через эти отверстия в рабочий зазор датчика, изменяет его кажущуюся емкость. Измерительная схема (вторичный преобразователь) регистрирует разность кажущихся емкостей датчика при текущем и нулевом значениях уровня. Вследствие простоты, удобства монтажа и обслуживания, надежности и потенциально высокой точности емкостные уровнемеры находят широкое применение. К недостаткам емкостных уровнемеров относятся высокая чувствительность к изменению электрических свойств жидкостей, обусловленных изменением их состава, температуры и т.п., а также образование на элементах датчика электро-

проводящих или непроводящих пленок вследствие химической активности жидкости, конденсации ее паров, налипания самой жидкости на контактирующие в ней элементы и т.п. Оба указанных недостатка обусловлены появлением существенных дополнительных погрешностей.

Чувствительный элемент тензорезисторных уровнемеров (рисунок 99) представляет собой помещенный в сосуд резистор, электрическое сопротивление которого определяется его температурой.



$H$  – максимальный уровень топлива;  
 $h$  – измеряемый уровень топлива;  
 $t_1$  – температура непогруженной измерительной части топливомера;  
 $t_2$  – температура погруженной измерительной части топливомера;  
 $U_n$  – номинальное напряжение питания топливомера

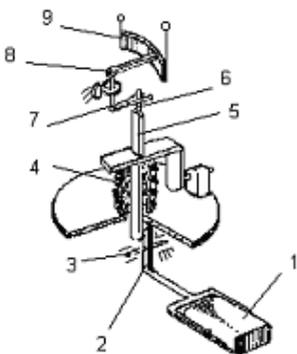
Рисунок 99 – Чувствительный элемент тензорезисторных уровнемеров

Для создания градиентов температур в жидкой и газовой фазах применяют прямой и косвенный подогревы резистора. Прямой подогрев осуществляется за счет тепла, выделяемого при прохождении через резисторы, находящиеся в соприкосновении с различными фазами, которые будут иметь различную температуру и, следовательно, различное электрическое сопротивление. По сопротивлению резистора в данном случае можно судить о текущем значении уровня, т.е. выходным параметром датчика является сопротивление резистора.

Обычно чувствительный элемент тензорезисторных уровнемеров представляет собой вертикально натянутую тонкую проволоку с большим погонным электрическим сопротивлением, что обеспечивает его высокую чувствительность. Основным источником дополнительных погрешностей тензорезисторных уровнемеров является непостоянство температурного коэффициента сопротивления материала резистора.

В поплавковом топливомере на поверхности топлива находится поплавок. Линейное перемещение поплавка или угловое перемещение связанного с ним рычага измеряется и позволяет судить о количестве топлива, находящегося в баке. Датчик состоит из поплавка, механической передачи и электрического преобразователя перемещений (рисунок 100).

Электрический преобразователь перемещений выполнен в виде проволочного потенциометра.



1 – поплавок; 2 – коромысло; 3 – подшипник; 4 – сильфон; 5 – рычаг; 6 – ось; 7 – рычаг; 8 – стрелка; 9 – потенциометр

*Рисунок 100 – Датчик поплавкового топливомера*

Поплавковым топливомерам свойственны методические и инструментальные погрешности.

К методическим погрешностям относятся:

- погрешности, обусловленные изменением положения топлива в баке при продольных и поперечных колебаниях;
- погрешности, вызванные влиянием температуры на уровень топлива (в соответствии с коэффициентом объемного расширения топлива).

Инструментальные погрешности поплавкового топливомера аналогичны погрешностям других электромеханических топливомеров.

Они определяются несовершенством механических и электрических элементов, наличием сил трения, люфтов, влиянием температуры на механические, электрические и магнитные свойства деталей и узлов, обусловленные приближениями, допущенными при проектировании топливомеров, вызванными изменением напряжения источника питания и т.п.

Методические погрешности в поплавковых топливомерах не компенсируются.

Температурные инструментальные погрешности топливомеров компенсируются подбором параметров схемы.

Сравнительные характеристики рассмотренных уровнемеров приведены в таблице 27.

*Таблица 27 – Сравнительные характеристики уровнемеров*

Характеристика	Тип уровнемера		
	емкостной	тензорезисторный	поплавковый
Погрешность измерения, %	1–3	1–2	0,5–1
Измерение при наличии пены	погрешность возрастает	влияет незначительно	не влияет
Зависимость от температуры	зависит	зависит	не зависит
Чувствительность к изменению электрических свойств топлива	чувствителен	чувствителен	не чувствителен
Тип выходного сигнала	частотный	аналоговый	аналоговый
Нижнее предельное значение контролируемого уровня топлива от дна емкости, мм	10–20	5–10	10–15

Проведя сравнительный анализ основных характеристик, следует отметить, что универсального уровнемера, полностью пригодного для решения существующих практических задач, нет. Поплавковый с аналоговым выходным сигналом и емкостной с частотным выходным сигналом измерения уровня имеют большой потенциал совершенствования и остаются одними из самых востребованных в современной технике.

Основными преимуществами поплавковых рычажных уровнемеров являются малое количество эксплуатационных ограничений, высокие технические характеристики и близкое к оптимальному соотношение «цена – качество».

### Заключение

Проанализировав все типы уровнемеров, рассмотрев принципы их действия и конструктивные особенности в рамках ограничивающих факторов, возникающих в процессе эксплуатации машинно-тракторных агрегатов (работа в условиях вибрации, поперечно-продольных колебаний, изменений температуры и образования пены), наиболее перспективными уровнемерами для систем непрерывного контроля топлива следует считать поплавковый с аналоговым выходным сигналом и емкостной с частотным выходным сигналом. Они имеют простую конструкцию, невысокую стоимость и обеспечивают достаточную точность измерения уровня топлива.

17.10.12

### Литература

1. Энергоэффективность аграрного производства / В.Г. Гусаков [и др.] / под общ. ред. В.Г. Гусакова, Л.С. Герасимовича. – Минск: Беларуская навука, 2011. – 776 с.
2. Хансуваров, К.И. Техника измерения давления, расхода, количества и уровня жидкости, газа и пара / К.И. Хансуваров, В.Г. Цейтлин. – М.: Издательство стандартов, 1990. – 287 с.

УДК 631.3–192

**В.К. Клыбик, М.И. Новиков**

*(РУП «НПЦ НАН Беларуси  
по механизации сельского хозяйства»,  
г. Минск, Республика Беларусь)*

**А.В. Новиков**

*(УО «БГАТУ»,  
г. Минск, Республика Беларусь)*

**РАНЖИРОВАНИЕ  
СПОСОБОВ УПРАВЛЕНИЯ  
ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ  
НАДЕЖНОСТЬЮ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ  
ТЕХНИКИ**

Под надежностью в соответствии с ГОСТ 27.002–89 понимается «свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, техниче-