

УДК 004.052

05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки)

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕДУРЫ  
КОММЕРЧЕСКОГО УЧЁТА МАССЫ  
НЕФТЕПРОДУКТОВ В РЕЗЕРВУАРАХ**Билли Мариэла до Розарио да Силва  
студент 2-го курсаВильданов Рауф Гибадуллович  
д-р техн. наук, профессор  
[vildanov.rauf@yandex.ru](mailto:vildanov.rauf@yandex.ru)Машили Эжмаэлда Фернанда  
студент 2-го курсаМашили Нилсон Себаштиау  
студент 2-го курсаГумерова Любовь Владимировна  
студент 4-го курса  
*Филиал «Уфимский государственный нефтяной  
технический университет» в г. Салавате, 453250,  
Россия, Республика Башкортостан*

В работе рассмотрено измерение массы нефтепродуктов в резервуарах, которое проводят методом косвенных измерений, основанных на гидростатическом принципе. При выполнении измерений применяются резервуары стальные вертикальные цилиндрические, уровнемеры и другие технические средства. Система учета автоматически измеряет в резервуаре с помощью первичных датчиков: уровень, температуру и давление столба жидкости нефтепродукта. По результатам измерений перечисленных параметров система производит расчет объема, наблюдаемой плотности (при температуре нефтепродукта в резервуаре) и вычисляет массу нефтепродуктов в резервуаре, а также по дополнительной команде оператора количество принятого и отпущенного нефтепродукта. Результаты расчета система отображает на экране дисплея и сохраняет в базе данных. Для применения на практике проводят корректировку в программном обеспечении системы учета сырья и товарной продукции отделения производства подготовки углеводородного сырья нефтехимического предприятия. В ходе работы было разработано дополнение к программному обеспечению на базе ПО, которое позволяет применять поправочные коэффициенты для повышения точность измерения коммерческого учёта массы нефтепродуктов в резервуарах

Ключевые слова: МАССА, КОММЕРЧЕСКИЙ  
УЧЕТ, ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ,

UDC 004.052

05.20.01 Technologies and means of agricultural mechanization (technical sciences)

**AUTOMATION OF THE PROCEDURE OF  
COMMERCIAL METERING OF THE MASS OF  
OIL PRODUCTS IN RESERVOIRS**Mariela do Rosário da Silva Billy  
Second-year studentVildanov Rauf Gibadulloich  
Doctor of Technical Sciences, Professor  
[vildanov.rauf@yandex.ru](mailto:vildanov.rauf@yandex.ru)Machili Esmalda Fernanda  
Second-year studentMachili Nilson Sebastiao  
Second-year studentGumerova Lyubov Vladimirovna  
student of the 4th grade  
*Branch of "Ufa state petroleum technological  
University" in the city of Salavat, 453250, Russia,  
Bashkortostan Republic*

The article considers the measurement of the mass of oil products in tanks, which is carried out by the method of indirect measurements based on the hydrostatic principle. When performing measurements, steel vertical cylindrical tanks, level gauges and other technical means are used. The metering system automatically measures in the tank using primary sensors: the level, temperature and pressure of a column of liquid oil. Based on the results of measurements of the above parameters, the system calculates the volume, the observed density (at the temperature of the oil product in the tank) and calculates the mass of oil products in the tank, as well as on the additional command of the operator, the amount of received and discharged oil product. The system displays the calculation results on the display screen and saves them in the database. For practical application, adjustments are made in the software of the accounting system for raw materials and commercial products of the production department for the preparation of hydrocarbon raw materials of a petrochemical enterprise. In the course of the work, in addition to the software based on software was developed, which allows using correction factors to improve the accuracy of measuring the commercial metering of the mass of oil products in tanks

Keywords: WEIGHT, COMMERCIAL  
ACCOUNTING, SOFTWARE, LEVEL METER,

Наблюдаемая плотность нефтепродукта в резервуаре определяется путем измерения давления столба жидкости нефтепродукта ( $P$ ), пропорциональное разности давлений в точке нулевого уровня и давления насыщенных паров в резервуаре, уровня продукта в резервуаре, и вычисляется по формуле:

$$\rho = \frac{\Delta P + (LM - LP) \cdot RF \cdot g - (LM - h) \cdot RG \cdot g}{h - LP} \cdot \frac{1}{g}$$

Измерение средней температуры нефтепродукта в резервуаре не предусмотрено.

С помощью уровнемера «VEGAPULSE» фирмы «VEGA» определяется уровень нефтепродукта в резервуаре и по градуировочным таблицам, введенных в вычислительный блок системы, определяется объем нефтепродукта, находящегося в резервуаре[2].

Массу нефтепродукта в резервуаре находят в соответствии ГОСТ Р 8.595-2004 по формуле:

$$m_2^c = \frac{1}{g} P S_{cp}$$

Массу продукта  $m_0$ , кг, принятую в меру вместимости ли отпущенного из нее, определяют как абсолютное значение разности масс продукта по формуле:

$$m_0 = |m_i - m_{i+1}|$$

В случае внесения системы учета нефтепродуктов и продуктов нефтехимии в Государственный реестр, система подлежит поверке. В остальных случаях система подвергается калибровке.

Предел допускаемой относительной погрешности измерений массы нефтепродукта при косвенном методе, основанном на гидростатическом принципе,  $m_2^c$ , %, вычисляют по формуле:

$$\delta m_2^c = \pm 1,1 \sqrt{\delta P^2 + \delta K^2 + (K_\phi - 1)^2 \delta h^2 + \delta N^2}.$$

Относительную погрешность измерения гидростатического давления  $\delta P$ , %, находят по формуле:

$$\delta P = \frac{\gamma \cdot N}{X} + dp.$$

Относительную погрешность измерения уровня продукта  $\delta h$ , м, находят по формуле:

$$\delta h = \frac{\Delta h}{h} \cdot 100\%.$$

Предел допускаемой относительной погрешности измерений массы нефтепродукта при проведении учетных операций  $\delta m_{02}^c$ , %, вычисляют по формуле:

$$\delta m_{02}^c = \pm 1,1 \sqrt{\frac{m_1^2}{m_0^2} C_i^2 + \frac{m_1^2}{m_0^2} C_{i+1}^2 + \delta N^2}.$$

Пределы допускаемых относительных погрешностей измерений величин, входящих в формулы, следует определять с учетом инструментальной, методической и других составляющих погрешности измерений массы продукта.

При расчете погрешности измерений массы нефтепродуктов в резервуаре системой учета принимают значения погрешностей каналов измерений и погрешности определения вместимости резервуара, определенные при последней поверке.

На начало и конец товарной операции на дисплее отображаются результаты измерений уровня, средней температуры продукта в резервуаре, объема, плотности при текущей температуре, плотности приведенной и массы нефтепродукта в резервуаре.

Результаты измерений хранятся в памяти системы учета и по требованию оператора могут быть распечатаны. Все оповещения о сбоях

системы и ошибках, а также вмешательства оператора в работу системы регистрируются автоматически и хранятся в памяти системы.

Отчеты о результатах измерений хранят в базе данных системы в течение времени, установленного в документации на систему.

При методе применения поправочных коэффициентов по уровню взлива абсолютная погрешность  $\Delta = 11,17$  м<sup>3</sup> (относительная погрешность  $\delta = 0,1105$  %), а в существующей методике измерения абсолютная погрешность  $\Delta = 12,51$  м<sup>3</sup> (относительная погрешность  $\delta = 0,1238$  %).

При методе применения поправочных коэффициентов, возникающей из-за температуры самого нефтепродукта, результаты погрешностей: абсолютная погрешность  $\Delta = 16,17$  м<sup>3</sup> (относительная погрешность  $\delta = 0,220$  %), а в существующей методике измерения абсолютная погрешность  $\Delta = 17,55$  м<sup>3</sup> (относительная погрешность  $\delta = 0,238$  %).

Таким образом, наиболее перспективным методом увеличения точности расчета массы нефтепродуктов в резервуарах является применение поправочных коэффициентов по уровню взлива, плотности и температуры нефтепродукта[3].

Для применение на практике необходимо провести корректировку в программном обеспечении системы учета сырья и товарной продукции отделения производства подготовки углеводородного сырья нефтехимического предприятия.

Интерфейс, предназначенный для работы с системой, разработан на основе SCADA системы WinCC.

Рабочая область экрана системы учета делится на две части: навигационная панель в верхней части экрана и основная область мнемосхемы, занимающая большую часть экрана [3].

Навигационная панель служит для переключения мнемосхем в основной части экрана. Переключение между экранами осуществляется однократным нажатием левой кнопкой мыши на соответствующую кнопку

навигационной панели. Рабочий экран системы учета сырья и товарной продукции отделения производства подготовки углеводородного сырья нефтехимического предприятия представлен на рисунке 1.

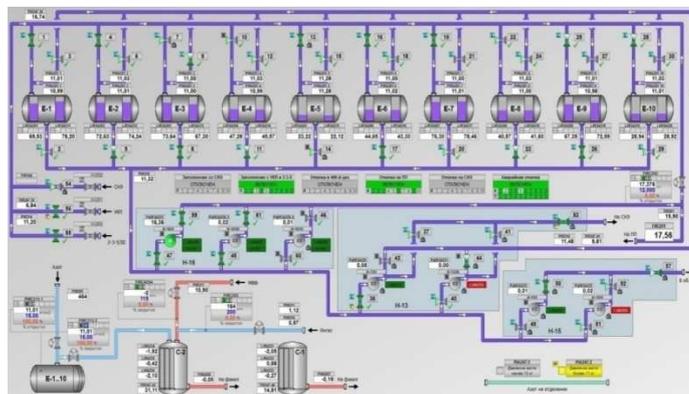


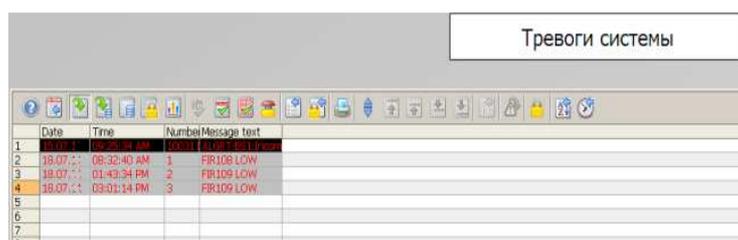
Рисунок 1 - Рабочий экран системы учета сырья и товарной продукции

Экран трендов – предназначен для просмотра исторической информации о параметрах процесса представлен на рисунке 2.



Рисунок 2 - Экран с отображением трендов

Экран тревог – предназначен для просмотра, квитирования и регистрации предупредительных и аварийных сообщений системы учета представлен на рисунке 3.



	Date	Time	Number	Message text
1	18.07.21	08:32:40 AM	1	FR108 LOW
2	18.07.21	01:43:34 PM	2	FR109 LOW
3	18.07.21	03:01:14 PM	3	FR109 LOW
4				
5				
6				
7				
8				

Рисунок 3 – Экран тревог системы

Входными параметрами для системы являются сигналы о технологических параметрах, получаемых от контроллера S7-400. Драйвер связи с контроллером интегрирован в ПО WinCC, требуется указать только адрес контроллера в сети и адреса ячеек памяти соответствующих технологических параметров. Считанные параметры записываются во внутреннюю базу данных реального времени WinCC. С этой базы данных WinCC распределяет параметры в зависимости места назначения (мнемосхемы, архивация, скрипты и т.п.)

Таким образом, было разработано дополнение к программному обеспечению на базе ПО, которое позволяет применять поправочные коэффициенты для повышения точность измерения коммерческого учёта массы нефтепродуктов в резервуарах. Программное обеспечение не требует материальных затрат на реализацию, так как оно реализовано на базе существующей SCADA системы Siemens WinCC на языке VBScript в отделении производства подготовки углеводородного сырья нефтехимического предприятия.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Автоматизация расчета массы сырья и товарной продукции в резервуарном парке с использованием модели компенсации температурной погрешности [Электронный ресурс]. – URL: <https://os-russia.com/SBORNIKI/KON-TT-34.pdf> (дата обращения: 05.12.2020).

2 Программируемые контроллеры S7-400 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.saa.su/Manual/Siemens/S7-400-2010-rus.pdf> (дата обращения: 05.12.2020).

3 ГОСТ 30319.1-96 Газ природный. Методы расчета физических свойств. Определение физических свойств природного газа, его компонентов и продуктов его переработки (с Изменением N 1) [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200002061> (дата обращения: 01.12.2020).

4 ГОСТ 8.570-2000. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Резервуары стальные вертикальные цилиндрические. Методика поверки (с Изменениями N1,2) [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200008446> (дата обращения: 5.12.2020).

5 Руководство по эксплуатации. Радарный датчик для непрерывного измерения уровня жидкостей [Электронный ресурс]. – URL: <https://vega-rus.ru/upload/iblock/d5f/36503-RU-VEGAPULS-62-4...20-mA-HART-Zweileiter.pdf> (дата обращения: 5.12.2020).

## REFERENCES

1 Avtomatizacija rascheta massy syr'ja i tovarnoj produkcii v rezervuarnom parke s ispol'zovaniem modeli kompensacii temperaturnoj pogreshnosti [Jelektronnyj resurs]. – URL: <https://os-russia.com/SBORNIKI/KON-TT-34.pdf> (data obrashhenija: 05.12.2020).

2 Programmiruemye kontrollery S7-400 [Jelektronnyj resurs]. – URL: <https://www.saa.su/Manual/Siemens/S7-400-2010-rus.pdf> (data obrashhenija: 05.12.2020).

3 GOST 30319.1-96 Gaz prirodnyj. Metody rascheta fizicheskikh svojstv. Opredelenie fizicheskikh svojstv prirodnogo gaza, ego komponentov i produktov ego pererabotki (s Izmenenijem N 1) [Jelektronnyj resurs]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200002061> (data obrashhenija: 01.12.2020).

4 GOST 8.570-2000. Gosudarstvennaja sistema obespechenija edinstva izmerenij (GSI). Rezervuary stal'nye vertikal'nye cilindricheskie. Metodika poverki (s Izmenenijami N1,2) [Jelektronnyj resurs]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200008446> (data obrashhenija: 5.12.2020).

5 Rukovodstvo po jekspluatácii. Radarnyj datchik dlja nepreryvnogo izmerenija urovnja zhidkostej [Jelektronnyj resurs]. – URL: <https://vega-rus.ru/upload/iblock/d5f/36503-RU-VEGAPULS-62-4...20-mA-HART-Zweileiter.pdf> (data obrashhenija: 5.12.2020).