

# ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ И КОМПЛЕКСОВ

А. В. Ионов, В. А. Лопухин, М. Б. Шехтман

НПФ «КРУГ», г. Пенза, Россия

## ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ «ЦИФРОЙЛ» ДЛЯ КОММЕРЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ

В рамках цифровизации нефтегазовой отрасли, играющей ключевую роль в экономике страны и обладающей колоссальными возможностями, внедрение цифровых технологий необходимо на всех этапах добычи, транспортировки и переработки нефти для постоянного контроля количества и качества нефти и нефтепродуктов.

Нефтегазовые компании всегда уделяют большое внимание вопросам учёта нефти и нефтепродуктов и ведут постоянную работу по совершенствованию метрологического обеспечения систем учёта для повышения их точности, достоверности и надёжности. Задача повышения качества нефтепродуктов выпускаемых на нефтеперерабатывающих заводах (НПЗ) и как следствие обеспечение конкурентоспособности неразрывно связана с совершенствованием систем контроля качества нефти и нефтепродуктов для своевременного и достоверного представления данных системам управления производством и технологическими процессами.



До недавнего времени большую часть рынка занимали иностранные вычислители расхода. Однако, в связи с объявленным Правительством РФ курсом на импортозамещение, а также с действующими санкциями со стороны США и стран Евросоюза появилась потребность в отечественных вычислителях расхода нефти и нефтепродуктов с характеристиками, не хуже зарубежных аналогов. Данные обстоятельства являлись благоприятными предпосылками для разработки и вывода на рынок отечественного инновационного вычислителя расхода нефти и нефтепродуктов «Цифройл».

### Назначение

Вычислитель расхода «Цифройл» предназначен для вычисления расхода и количества сырой и товарной нефти и нефтепродуктов, таких как:

- нефть;
- бензин;
- газовый конденсат;
- топливо, занимающее по плотности промежуточное место между бензином и керосином;
- топливо для реактивных двигателей, керосин для реактивных двигателей, авиационное реактивное топливо ДЖЕТ А, керосин;
- дизельное топливо, печное топливо, мазут;

- смазочное масло нефтяного происхождения, полученное из дистиллятных масляных фракций с температурой кипения выше 370 °С.

#### **Области применения**

Вычислитель совместно с первичными преобразователями расхода, давления, температуры, плотности и влажности может использоваться на предприятиях добычи, транспортировки, переработки и хранения нефти и нефтепродуктов

- в составе СИКН/СИКНП;
- в системах технического учета.

#### **Преимущества**

Традиционные системы сбора и обработки информации (СОИ) СИКН являются 2-х уровневыми: средний (вычислитель и ПЛК) и верхний уровень (АРМ оператора). Вычислитель расхода «ЦифрОйл» позволяет пересмотреть традиционное представление о СОИ СИКН (вычислитель + компьютер), т.к. объединяет в одном приборе функции:

- вычислителя;
- ПЛК;
- АРМ оператора;
- сервера единого времени.

В отличие от других вычислителей, «ЦифрОйл» самодостаточен:

- **оснащен цветным сенсорным экраном**, обеспечивающим просмотр информации и управление исполнительным оборудованием СИКН;
- есть **модуль памяти**, осуществляющий хранение текущих и ретроспективных данных в течение длительного времени (от трех лет);
- имеет **порт для связи с принтером**, что обеспечивает печать отчетных документов;
- опционально может быть **укомплектован приемником (антенной) временной синхронизации** и выполнять функции **Сервера единого времени**, что позволяет осуществлять коррекцию системного времени, как своего, так и абонентов сети, **достигая точности синхронизации 10 мкс** (при использовании сигнала 1PPS) и 10 мс (при использовании данных ГЛОНАСС/GPS);
- **обладает высокой точностью.**

*Таблица 1*

**Метрологические характеристики вычислителя расхода нефти и нефтепродуктов «ЦифрОйл»**

Относительная погрешность измерений частоты сигнала от расходомеров и плотномеров	± 0,001 %
Относительная погрешность вычислений	± 0,00001 %
Относительная погрешность определения массы брутто	± 0,035 %
Межповерочный интервал	4 года

Все это позволяет создать новый измерительно-вычислительный комплекс применительно к конкретной задаче и избежать отказов основных функций СИКН, по причине пропадания связи между средним и верхним уровнем. Для повышения надежности системы поддерживается схема 100 % резервирования.

#### **Стандартные протоколы связи**

Реализация СОИ СИКН на вычислителе «ЦифрОйл» не означает отказа от возможности передачи информации на верхний уровень. Наоборот, за счет поддержки открытых протоколов обмена данными можно будет легко строить как малые системы учета, содержащие 1–2 устройства, так и большие распределенные СОИ СИКН, а также встраивать их в уже имеющиеся у Заказчика информационно-управляющие системы.

Однако, верхний уровень (АРМ) будет необходим только для отображения информации (например, сразу от нескольких устройств).

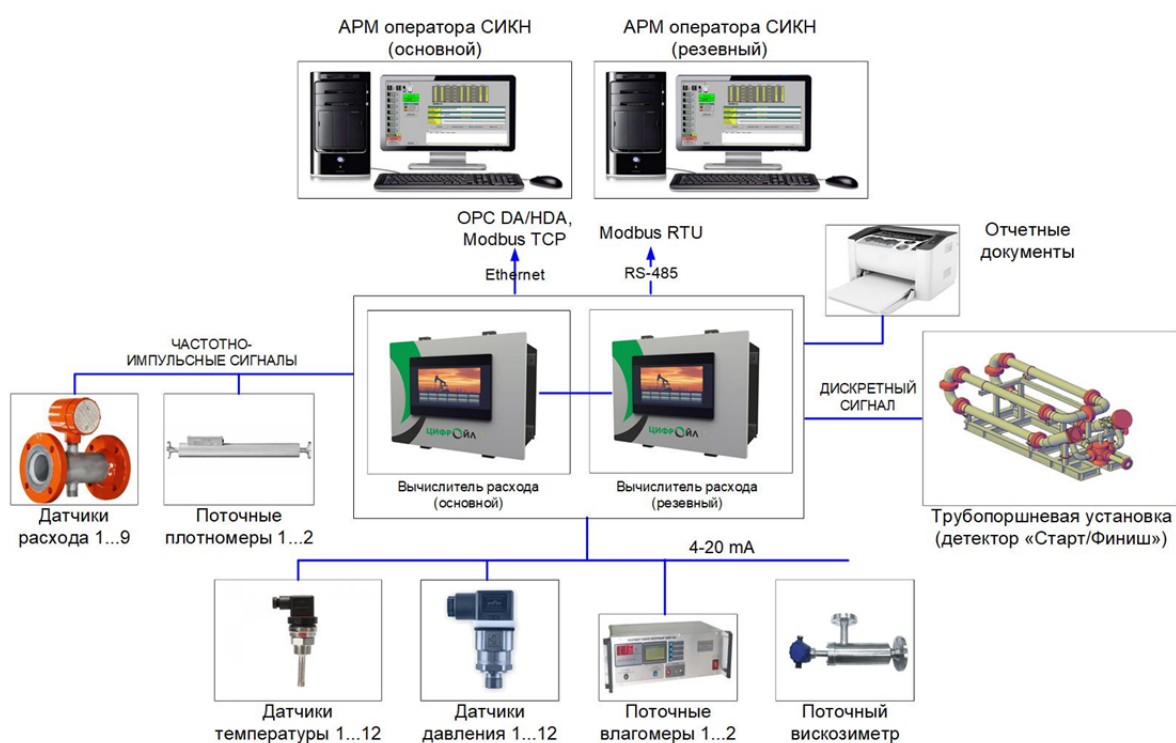
Обмен информацией между вычислителем расхода «ЦифрОйл» и АРМ оператора СИКН осуществляется:

- по проводным каналам связи (RS-485 или Ethernet);
- по беспроводным каналам связи (GSM/GPRS-канал сотовой связи).

Поддерживаются стандартные протоколы:

- MODBUS RTU/TCP;
- OPC DA/HDA.

При пропадании связи между средним и верхним уровнем, либо выходом из строя АРМ оператора (в т.ч. «зависание» компьютера верхнего уровня) СИКН в целом остается работоспособным, т.к. все операции можно выполнить посредством вычислителя «ЦифрОйл» и будет сохранена целостность информации. После восстановления работоспособности АРМа (верхнего уровня) вся необходимая информация будет загружена без потерь.



### Нормативные документы

Вычислитель расхода «ЦифрОйл», а также его технические и метрологические характеристики, отвечают требованиям нормативных документов по учёту нефти:

- ГОСТ Р 8.595 Масса нефти и нефтепродуктов. Общие требования к методикам выполнения измерений;
- Р 50.2.076 Плотность нефти и нефтепродуктов. Методы расчета. Программы и таблицы приведения;
- МИ 3532 Рекомендации по определению массы нефти при учетных операциях с применением систем измерений количества и показателей качества нефти.
- МИ 3380 Преобразователи объемного расхода. Методика поверки на месте эксплуатации поверочной установкой;
- МИ 3151 Преобразователи массового расхода. Методика поверки на месте эксплуатации трубопоршневой поверочной установкой в комплекте с поточным преобразователем плотности.

## Функции

Основные функции вычислителя:

- сбор и обработка информации от датчиков расхода, температуры, давления, плотности, влагосодержания и вязкости;
- контроль достоверности принимаемой информации по граничным значениям, скорости изменения и по другим критериям;
- вычисление параметров учёта нефти/нефтепродуктов и приведение к стандартным условиям в соответствии с ГОСТ Р 8.595 и Р 50.2.076;
- вычисление итоговых данных за отчетные интервалы времени (2 часа / смену / сутки) и формирование текущих отчетов;
- отображение параметров на встроенном сенсорном цветном дисплее в виде мнемосхем, графиков и таблиц;
- формирование журнала аварийных событий, в том числе регистрация изменений констант, настроек и конфигурации;
- регистрация событий и формирование протокола сообщений;
- разграничение прав доступа по паролям;
- коррекция системного времени;
- передача данных на верхний уровень;
- автоматизированное выполнение КМХ;
- формирование протоколов поверки и КМХ;
- формирование актов приема-сдачи, паспортов качества нефти/нефтепродуктов;
- возможность подключения резервируемых датчиков с автоматическим переключением в случае неисправности;

- поддержка 100% «горячего» резервирования вычислителей;
- управление электрозадвижками и насосами узла учёта;
- управление отбором проб.

## Видеокадры (мнемосхемы)

Графический интерфейс содержит несколько десятков видеокадров, на которых отображаются:

- схема СИКН (БИК и измерительные линии);
- сводное табло технологических параметров;
- данные по откатке (по измерительным линиям);
- управление исполнительными механизмами и технологическим оборудованием;
- управление отбором проб;



Идет поверка	ТПР № 1	Режим Поверка	№ anomal. измерения 0
Кол-во точек 3	2	КМХ	Ошибка аномальности 0.00
Кол-во измерений 3	3	ТПУ к. ПР	Предел аномальности
Шаг прохода 2	Расход		Вязкость лаб., сСт 15.00
Идет измерение	Задание 92.0 м³/ч	Текущий 92.0 м³/ч	Вязкость изм., сСт 75.02
Время прохода 14.10	СТАРТ ОЧИСТКА ЗАВЕРШЕНИЕ		настройки
Кол-во имп. 569.00	СКОJ %	0.000	результаты
	КJ устан. имп/м3	1566.59	протокол КМХ по ТПУ
	КJ получ. имп/м3	0.00	протокол поверки
	δ j %	4.803	
	f j Гц	59.79	
	Ktrj	0.954170	

Плотн-ть нефти1	868.56	кг/м3	K 0	-1.10620E+3
611.0	1000.0		K 1	2.04354E -1
Начало шкалы	611.00		K 2	1.46398E -3
Конец шкалы	1000.00		K 18	-6.66750E -5
Нижняя аварийная граница	611.20		K 19	-4.72090E -2
Нижняя технолог. граница	849.00		K 20A	-2.13300E -4
Верхняя технолог. граница	916.00		K 20B	5.65100E -7
Верхняя аварийная граница	921.00		K 21A	-1.08100E -1
			K 21B	-5.28800E -4

## Оперативный двухчасовой отчет

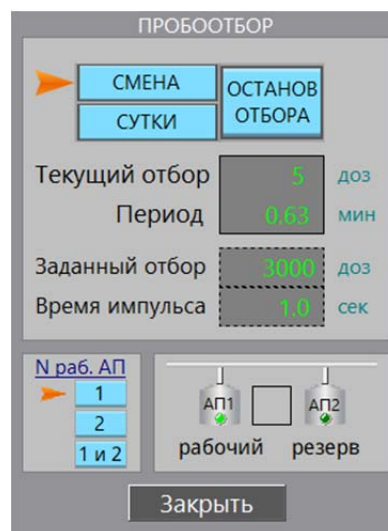
Дата отчёта: 13/02/2020  
Время отчёта: 14:00 - 16:00

Параметры	Ед.изм	СИКН	БИК	ИЛ 1	ИЛ 2	ИЛ 3
Объём	м3	548		274	0	274
Масса брутто	т	467		239	0	228
Температура средняя	°C	64.6	36.2	36.2	0.0	92.9
Давление среднее	МПа	1.41	1.25	1.51	0.00	1.31
Плотность средняя	кг/м3	851.4		872.4	0.0	832.4
Плотность ср. при 15 °C	кг/м3	885.1				
Плотность ср. при 20 °C	кг/м3	881.6				
Содерж. воды среднее	%		0.01			
Объём нарастающий	м3	42089		19482	0	22159
Масса брутто нараст.	т	35679		16924	0	18365
Объём нар. с начала сут.	м3	1953		976	0	977
Масса нар. с начала сут.	т	1660		849	0	811

Представитель сдающей стороны \_\_\_\_\_ Представитель принимающей стороны \_\_\_\_\_  
Оператор \_\_\_\_\_ Оператор \_\_\_\_\_

Закреть

- выполнение поверки и контроля метрологических характеристик расходомеров;
- выполнение контроля метрологических характеристик плотномеров;
- выполнение контроля метрологических характеристик влагомеров;
- товарные операции (закрытие партий нефти);
- окно отчетных документов (за 2 часа / смену / сутки);
- графики (тренды) контролируемых параметров;
- сигнализация нарушений;
- протокол событий;
- окно свойств, позволяющее изменять настройки сигналов в режиме реального времени.



Основными принципами при разработке вычислителя расхода «ЦифрОйл» являлись: открытость, возможность его дальнейшего развития, наращивание новых функций. Под этим понималась поддержка стандартных протоколов (RS-485, TCP/IP, Modbus, OPC и др.), гибкая настройка системы, дружелюбный пользовательский интерфейс, возможность взаимодействия с другими системами, и, наконец, модульность, позволяющая заменять, дополнять, модернизировать как программное обеспечение, так и любые стандартные единицы оборудования.

Вычислитель расхода «ЦифрОйл» является ценным источником данных, которые могут быть использованы при решении разнообразных информационных задач. Например, оценка объема добычи, балансовые задачи, расчет себестоимости подготовки товарной нефти и т.д.

### Технические характеристики

Таблица 2

#### Основные технические характеристики вычислителя расхода нефти и нефтепродуктов «ЦифрОйл»

Измеряемая среда	Нефть и нефтепродукты
1	2
– Плотность	611,2...1163,9 кг/м <sup>3</sup>
– Объемная доля воды	0...97 %
– Содержание свободного газа	не допускается
Кол-во измерительных линий	до 9
Кол-во подключаемых плотномеров	до 2
Кол-во подключаемых влагомеров	до 2
Кол-во подключаемых пробоотборников	до 2
Кол-во токовых (4–20 mA) сигналов	до 32
Приведенная погрешность измерений силы постоянного тока	± 0,05 %
Кол-во частотно-импульсных сигналов	до 24
Относительная погрешность измерений частоты	± 0,001 %
Относительная погрешность вычислений:	
– плотности	± 0,01 %
– массы брутто	± 0,035 %
Сенсорный цветной монитор	7" (800x480)

1	2
Интерфейсы связи для обмена информацией с внешними устройствами	1. Порт Ethernet – для передачи данных на верхний уровень по протоколам Modbus TCP, OPC DA/HDA. 2. Порт RS-485 (Modbus RTU) – для передачи данных на верхний уровень или для подключения устройств с цифровым интерфейсом. 3. Порт RS-232 – для подключения устройства с цифровым интерфейсом. 4. Встроенный GSM/GPRS–модем (опционально) – для передачи данных на верхний уровень
Напряжение питания, В	–20...28 В или ~198...242 В
Потребляемая мощность	Не более 60 Вт
Габаритные размеры и способы размещения (ШхВхГ): – в шкаф – в 19” стойку – навесное исполнение	340×270×200 мм 482,6×270×200 мм 315×240×200 мм
Масса	8 кг
Условия эксплуатации: – температура воздуха – влажность воздуха (при 35 °С) – атмосферное давление	от 0 до 50 °С до 85 % от 84 до 106 кПа
Межповерочный интервал	4 года
Средний срок службы	не менее 10 лет

### Выводы

Вычислитель расхода «ЦифрОйл» является полностью отечественной разработкой. Он создан благодаря более чем 20-летнему опыту компании НПФ «КРУГ» по созданию программного обеспечения для систем коммерческого учета нефти и нефтепродуктов. Многолетний опыт эксплуатации внедрённых систем измерения количества и показателей качества нефти подтвердил возможность применения программного обеспечения НПФ «КРУГ» для реализации сложнейших задач, связанных с коммерческим учетом нефти. Производством и сервисным обслуживанием вычислителя занимается компания «ЦифроСистем».

Вычислитель расхода «ЦифрОйл» внесен в реестр средств измерений РФ (регистрационный № 75827-19) и реестр Росаккредитации РФ, получена Декларация ЕЭС о соответствии требованиям ТР ТС 004/2011 «О безопасности низковольтного оборудования», ТР ТС 020/2011 «Электромагнитная совместимость технических средств».

Вычислитель «ЦифрОйл» прошёл промышленные испытания на объекте «Башнефть-Добыча» в Республике Башкортостан.