

ИВК "Зодиак".  
Только самое важное.

## **СОДЕРЖАНИЕ**

Список используемых сокращений.  
Комплекс "Зодиак".  
Контроллер "Зодиак".  
Пакет ПО для ПК.

## **СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СОКРАЩЕНИЙ**

СОИ – система обработки информации.  
СИКН – система измерения количества и качества нефти товарной.  
СИКНС – система измерения количества и качества нефти сырой.  
ПК – промышленный или персональный компьютер.  
ПО – пакет специализированного программного обеспечения.  
ПР – преобразователь расхода.  
ИЛ – измерительная линия.  
БИЛ – блок измерительных линий.  
БИК – блок измерения качества нефти.  
ТПУ – трубопоршневая установка.  
ППК – прикладная программа контроллера (алгоритмическое вычисление).  
СПК – служебная программа контроллера (интерфейс пользователя).  
УСО – устройства сопряжения с объектом (дополнительные устройства для ПК).  
ПЛИС – программируемая логическая схема.  
КМХ – контроль метрологических характеристик.  
ЭР – эталонный расходомер.

## **КОМПЛЕКС "ЗОДИАК"**

ИВК "Зодиак" – измерительно-вычислительный комплекс "Зодиак" (далее Комплекс) – система обработки информации (далее СОИ) для систем измерения количества и качества нефти товарной (далее СИКН) и сырой (далее СИКНС).

Комплекс включает в себя измерительно-вычислительный контроллер "Зодиак" (далее Контроллер) и промышленный или персональный компьютер (далее ПК) с пакетом специализированного программного обеспечения (далее ПО).

Контроллер обеспечивает измерение, вычисление измеряемых параметров и реализацию метрологического алгоритма, а ПК с ПО – отображение информации, формирование отчетов и протоколов и связь с вышестоящими уровнями системы автоматизации, в которую входит СОИ СИКН/СИКНС.

## **КОНТРОЛЛЕР "ЗОДИАК"**

Контроллер состоит из аппаратной и программной частей.

### **Аппаратная часть**

Аппаратная часть обеспечивает измерения и преобразование сигналов с датчиков и приборов СИКН/СИКНС в значения параметров расхода. Максимальная конфигурация входных сигналов:

#### **блок измерительных линий (далее БИЛ)**

с 6-ю преобразователями расхода (далее ПР), массовыми или объемными (турбинные, ультразвуковые и т. д.),  
с датчиками перепада давления на фильтрах, температуры и давления на каждой измерительной линии (далее ИЛ);

#### **блок измерения качества нефти (далее БИК)**

с 2-мя плотномерами, 2-мя вискозиметрами, 2-мя влагомерами, 2-мя серомерами, 2-мя пробоотборниками, датчиками давления, температуры и преобразователем расхода в БИК;

### **турбопоршневая установка (далее ТПУ)**

с 4-мя детекторами, 4-х ходовым краном, датчиками температуры и давления на входе и выходе ТПУ.

Предусмотрены также входы для релейных датчиков аварийной сигнализации. Есть два аналоговых (токовых) выхода для ПИД-регулирования (могут использоваться для преобразования значений двух параметров расхода в токовые выходы 4..20 мА) и дискретные выходы управления нагрузкой (включить-выключить).

### **Разъемы Контроллера:**

- 1-ый разъем интерфейса RS-232 предназначен для подключения к ПК. Протокол ModBus RTU. Скорость 11200б/с. Формат чисел с плавающей точкой оригинальный – Турбомастер-2.0. Для подключения стороннего ПО предусмотрен «родной» OPC-сервер с конвертацией формата Турбомастер-2.0 в стандарт IEEE-754.
- 2-ой разъем интерфейса RS-232 предназначен для подключения сторонних устройств в режиме «только для чтения». Протокол ModBus RTU. Скорость 11200б/с. Через этот разъем производится доступ к буферу с данными из памяти контроллера. Емкость буфера 256 значений с плавающей точкой. Содержимое буфера конфигурируется пользователем. Формат представления чисел с плавающей точкой – стандарт IEEE-754. Таким образом к этому разъему можно напрямую подключать ПК или контроллеры со SCADA-программами сторонних производителей.
- Разъем интерфейса Ethernet для связи с ПК по локальной сети. Используется протокол UDP/IP. формат чисел с плавающей точкой – Турбомастер-2.0. Для сторонних программ обмен возможен только через «родной» OPC-сервер.
- Важно! Обмен контроллера с ПК производится короткими сообщениями (до 124 байт) по протоколу UDP/IP, а не TCP/IP. То есть к контроллеру может обратиться хоть 1000 клиентов – он им всем ответит. А вот смогут ли клиенты принять и обработать его ответные сообщения – уже не проблема контроллера. Он за это ответственности не несет. Такой протокол позволяет предотвратить блокировки обмена, которые могут возникать при организации обмена по протоколу TCP/IP, но может стать проблемой, если обмен производится не в рамках одной локальной сети с постоянным временем задержки, а через сети с большими колебаниями времени задержки (доставки сообщений) от контроллера к клиенту и наоборот. Сообщения могут теряться.

### **Программная часть**

Программная часть состоит из прикладной программы контроллера (далее ППК), обеспечивающей реализацию метрологических алгоритмов обработки значений параметров расхода, и служебной программы контроллера (далее СПК), обеспечивающей работу сенсорного графического экрана контроллера с развитым меню и различными экранными формами, содержащими распределенную по группам, информацию о настройках контроллера и параметрах расхода.

Метрологически значимое ядро ППК защищено контрольной суммой, которая выводится на одну из экранных форм контроллера, что позволяет легко обнаружить любое изменение метрологического ядра контроллера.

### **Особенности построения (архитектуры) аппаратной части Контроллера.**

Все современные более-менее широко используемые виды контроллеров для СОИ СИКН/СИКНС состоят из двух частей: компьютера и устройства сопряжения с объектом (далее УСО). Контроллеры отличаются друг от друга только форм-фактором компьютера, используемой операционной системой (далее ОС), а также форм-фактором УСО и способом связи между УСО и компьютером. Конструктивно – это могут быть либо автономные модули, связывающиеся с компьютером по какому-либо распространенному интерфейсу (RS-232, RS-485 и т. д.) либо отдельные платы, вставляющиеся в основную (материнскую) плату компьютера. В любом случае измерительная часть УСО обеспечивает лишь первичное

преобразование входных сигналов в цифровые коды, пропорциональные входным сигналам (например, в 16-разрядные двоичные коды), а дальнейшие преобразования цифровых кодов в значения измеряемых параметров и их отображение в виде, понятном человеку, происходят уже в компьютере с помощью специализированных программ.

Отметим, что в большинстве случаев, для вычисления правильного значения измеряемого параметра кроме самого цифрового кода нужны значения границ изменения – минимум и максимум – измеряемого параметра. Обычно эти значения хранятся в памяти компьютера, поэтому без компьютера правильные измерения невозможны.

Наличие компьютера с операционной системой и специализированных программ, взаимодействующих с УСО в реальном времени, обуславливают основные проблемы таких контроллеров для СОИ. Кроме проблем, возникающих при зависании и перезагрузке таких СОИ (долгое время перезагрузки, пропадание или искажение информации), в таких СОИ затруднительно реализовать синхронность измерения расхода и сопутствующих ему параметров (давление, температура, плотность, влагосодержание и т. д.). Обязательно имеется смещение во времени, которое вносит дополнительную погрешность в учет нефти. У каких-то СОИ больше, у каких-то меньше. Эта дополнительная погрешность обычно игнорируется и замалчивается. Но она есть.

В отличие от вышеописанных, контроллер "Зодиак" построен на базе программируемой логической схемы (далее ПЛИС), поэтому не имеет ни УСО, ни компьютера, ни операционной системы для него. Большинство необходимых функций реализовано аппаратно, и только метрологический алгоритм – программно. Контроллер имеет небольшие размеры, малое потребление электроэнергии (5 ВА) и уже через секунду после включения начинает нормально работать – измерять, вычислять и т. д. Измерения всех входных параметров производятся синхронно (период измерения 1 сек) и непрерывно. За окончанием одного интервала измерения тут же начинается новый интервал измерения. Нет никакого временного разрыва ни между периодами измерения, ни между периодом измерением расхода и периодами измерения соответствующих ему значений давления, температуры, плотности, влагосодержания и прочего, что благоприятно сказывается на точности и достоверности учета. Дополнительная погрешность от смещения измерений во времени отсутствует.

Важно различать период измерений и вычислений Контроллера и период опроса Контроллера компьютером Комплекса. Периодом измерения и вычисления Контроллера является период равный 1 сек. Это внутренний период, он жестко соблюдается, поскольку синхронизируется кварцевым генератором.

Период полного опроса Контроллера компьютером Комплекса, то есть чтение всей памяти данных Контроллера, может составлять 4 сек и более. Он зависит от суммы трех параметров: настроечного параметра – периода ожидания ответа на одну команду опроса (может принимать значения от 20 мс и выше, устанавливается в ПО Комплекса), времени обработки команды опроса в компьютере (всего 200 разных команд опроса, сумма времен их исполнения – это часть цикла полного опроса) и времени паузы между полными циклами опроса, равного 1 сек. С учетом всего вышеизложенного, минимальное значение полного периода опроса, как показывает практика, не бывает меньше 4 сек (обычно 5 сек). Это касается программы АРМ-оператора ПО Комплекса. Если опрос производит ОРС-сервер ПО Комплекса, то период полного опроса может резко возрасти, поскольку ОРС-сервер, в отсутствие ответа от Контроллера по истечению времени таймаута (1 сек) повторяет запрос и делает это трижды. Только после истечения таймаута на третий запрос ОРС-сервер переходит к следующей (одной из 200) команде опроса. Но это настройки по умолчанию. Пользователь может их изменить. В конце концов, он может считывать только нужные ему данные, и тогда опрос может уложиться в 1..2 сек.

#### **Прикладная программа Контроллера.**

ППК обеспечивает вычисления по одному из двух программно выбираемых алгоритмов: для товарной нефти или для сырой нефти\*.

Алгоритм для сырой нефти также предусматривает работу в режимах "виртуального плотномера" и "виртуального влагомера" – когда при отсутствии

в составе СИКНС либо поточного плотномера, либо поточного влагомера их показания получают расчетным путем и используются ППК так, словно являются результатами измерений поточными плотномером или влагомером.

Предусмотрен также режим переключения влагомеров, когда на СИКНС используются два влагомера с разными диапазонами измерения. Например, один влагомер с диапазоном 0..10% - для основного режима перекачки, а второй - с диапазоном 0..100% - для аварийного режима перекачки. Когда влагосодержание нефти не превышает 10%, работает первый влагомер, а когда превышает - подключается второй. Так достигается более высокая точность измерений в диапазоне влагосодержания до 10%, то есть при основном режиме перекачки.

Управление работой автоматических пробоотборников производится либо по времени (например, раз в минуту), либо пропорционально объемному расходу нефти через СИКН/СИКНС по ГОСТу 2517. Важно обратить внимание: отбор пробы производится пропорционально объемному расходу, а не массовому, то есть и при использовании массового расходомера для правильной работы пробоотборника необходимо вычислять объемный расход. Иначе - нарушение ГОСТа.

Есть программно выбираемые режимы поверки и контроля метрологических характеристик (КМХ) рабочих ПР по ТПУ и по эталонному расходомеру (далее ЭР). Отметим, что поверка (КМХ) ПР по ТПУ и по ЭР принципиально разные процедуры. Важно также понимать, что в Контроллере производятся измерения и вычисления только по одному (текущему) замеру. Результаты измерений и вычислений по этому замеру считываются компьютером Комплекса и полностью протокол поверки (КМХ) вычисляется и формируется уже в компьютере Комплекса программой АРМ-оператора (UunTM\_M.exe).

Есть программно устанавливаемый режим использования одного или двух токовых выходов (выходов ПИД-регулирования) для преобразования вычисленных ППК значений параметров расхода в выходной токовый сигнал 4-20 мА для внешних устройств.

ППК в специальной микросхеме памяти формирует "арбитражный архив" двухчасовых и суточных отчетов по СИКН в целом и двухчасовых отчетов по отдельным ИЛ. В нем хранятся последние 255 двухчасовых и 255 суточных отчетов.

Полный доступ к "арбитражному архиву" обеспечивается с помощью специальной сервисной программы чтения арбитражного архива - «ArchRdr.exe». (Обычно она находится в папке с сервисными программами «IvkTm\Service\»).

Неполный доступ - к суммарным двухчасовым и суточным архивам - возможен через сенсорный графический экран контроллера.

Частичный доступ - только к двухчасовым отчетам - возможен и из АРМ-оператора - рабочей программы, запускаемой на ПК. Эта же программа формирует основной многолетний архив отчетов на диске ПК.

Для конфигурирования ППК предусмотрена специальная сервисная программа-конфигуратор, запускаемая на ПК, облегчающая и автоматизирующая процесс конфигурирования контроллера (конфигурирование можно производить и через сенсорный графический экран контроллера вручную.) Для контроля и записи ППК со всеми служебными переменными и константами предназначен специальный эталонный файл ППК, который хранится на ПК. Для сравнения кода ППК в контроллере с эталонным файлом на ПК используется специальная сервисная программа - модуль записи эталонных файлов.

Доступ к редактированию данных контроллера через сенсорный графический экран контроллера производится по индивидуальному паролю. Всего индивидуальных паролей может быть 10. Система доступа 4-х уровневая: госповеритель, наладчик, лаборант, операторы, - каждый только к своим данным. Начальное значение отсутствует, то есть в качестве пароля воспринимается нажатие на кнопку «Ent».

#### **ПАКЕТ ПО ДЛЯ ПК**

Пакет ПО для ПК состоит из наборов рабочих (АРМ-оператора, ОРС-сервер, модуль мнемосхемы) и сервисных (редактор отчетов, модуль конфигурирования, модуль записи эталонных файлов, модуль чтения арбитражного архива, модуль отладчика, модуль калибровки, модуль вычислений при первичной поверке, модуль безопасности констант и уставок) программ.

## **Набор рабочих программ АРМ-оператора ИВК "Зодиак"**

### **АРМ-оператора**

Предназначен для отображения данных, измеренных и вычисленных контроллером, формирования и печати отчетов, актов приема-сдачи нефти, протоколов поверки и КМХ ПР, формирования различных многолетних архивов, предупредительной и аварийной сигнализации, связи с вышестоящими уровнями и дополнительных вычислений.

ПК с АРМ-оператора может связываться с Контроллером либо непосредственно по RS-232 (протокол ModBus RTU) или по Ethernet (протокол UDP/IP), либо через OPC-сервер (через который к Контроллеру могут также присоединяться программы других разработчиков сертифицированного ПО, использующих Контроллер «Зодиак», но не использующих АРМ-оператора ИВК «Зодиак»). Во втором случае АРМ-оператора может исполнять роль OPC-клиента. Кроме того, одновременно с этим АРМ-оператора может исполнять роль ТСР-сервера для OPC-сервера, модуля мнемосхемы, модуля безопасности констант и уставок, а также для другого экземпляра программы АРМ-оператора, когда в АРМ-оператора выбран режим ТСР-клиента.

(Важно отличать ограниченные возможности Контроллера: интерфейс RS-232, проткол ModBus RTU, интерфейс Ethernet, протокол UDP/IP, и более широкие возможности Комплекса. В Комплексе к возможностям Контроллера добавляются возможности ПК, то есть все его интерфейсы (RS-232, Ethernet, USB и т. д.) и протоколы (UDP/IP, ТСР/IP, FTP и т. д.)).

### **OPC-сервер ИВК "Зодиак"**

OPC-сервер (в первую очередь) предназначен для обеспечения доступа к Контроллеру программ других производителей.

OPC-сервер может связываться с Контроллером или по RS-232 (протокол ModBus RTU) или по Ethernet (протокол UDP/IP). OPC-сервер также Может быть ТСР-клиентом программы АРМ-оператора, ТСР-сервером или ТСР-клиентом для другого экземпляра OPC-сервера.

### **Программный модуль мнемосхемы ИВК "Зодиак"**

Может быть OPC-клиентом OPC-сервера, а также ТСР-клиентом АРМ-оператора. Обычно - второе. Ведет свою базу данных по значениям параметров расхода, получаемых с АРМ-оператора. Может представлять содержимое базы данных в графическом виде, предоставляет возможности по графическому анализу и сравнению данных.

## **Набор сервисных программ**

### **Редактор отчетов ИВК "Зодиак"**

Отчеты (и протоколы) формируются на основании файлов шаблонов отчетов заполняемых данными. Файлы шаблонов отчетов создаются и редактируются с помощью редактора отчетов.

### **Программный модуль конфигурирования ИВК "Зодиак"**

Обеспечивает создание эталонного файла конфигурации СИКН/СИКНС для контроллера.

### **Программный модуль записи эталонных файлов ИВК "Зодиак"**

Обеспечивает сравнение кодов ППК и СПК в контроллере и в соответствующем эталонном файле на ПК, а также запись эталонных файлов в контроллер. Запись эталонных файлов в контроллер можно производить только с его помощью. Важно! Запись эталонных файлов в контроллер может производиться только через 1-й порт RS-232.

### **Программный модуль чтения арбитражного архива ИВК "Зодиак"**

Используется для чтения содержимого арбитражного архива контроллера. Информация представляется в виде таблицы MS Excel и может подвергаться дальнейшей обработке с помощью MS Excel.

### **Программный модуль отладчика ИВК "Зодиак"**

Позволяет просматривать в реальном времени все переменные, использующиеся в ППК (а некоторые и редактировать). Необходимость в этом программном модуле может возникнуть в некоторых сложных случаях, когда переменных ППК, доступных для просмотра из АРМ-оператора или OPC-сервера, оказывается недостаточно для полноценного анализа поведения контроллера.

### **Программный модуль калибровки ИВК "Зодиак"**

Позволяет частично автоматизировать (если нет специального калибровочного устройства) проведение калибровки токовых входов, частотных входов и токовых выходов контроллера.

### **Программный модуль вычислений при первичной поверке ИВК "Зодиак"**

Используется при первичной поверке контроллера. Использует те же алгоритмы, что и контроллер, но с большей (64-разрядной) точностью вычислений. При первичной поверке сравниваются значения, считываемые из контроллера, со значениями вычисленными этой программой.

### **Программный модуль безопасности констант и уставок ИВК "Зодиак"**

Запускается на отдельном ПК, находящемся в охраняемой комнате. Является ТСР-клиентом программы АРМ-оператора. Постоянно сравнивает текущие значения констант и уставок с их предыдущими значениями и формирует сигналы оповещения об их изменениях и сохраняет их в архивах на диске ПК.

### **\*Примечания**

Отличия алгоритмов расчета параметров расхода товарной и сырой нефти обуславливаются долей воды в перекачиваемой нефти.

Сырая нефть - это жидкость, идущая из нефтяных скважин, из которой удален только газ, а вода, соли, мехпримеси (так называемый «балласт») - остались. Таким образом, сырая нефть - это соле-водно-нефтяная смесь. Но поскольку соль растворена в воде, то соле-водную смесь рассматривают просто как воду с более высокой плотностью (пластовая вода) и поэтому говорят о сырой нефти как о водно-нефтяной смеси. Доля воды в ней может приближаться к 100%. Поэтому при расчетах параметров расхода (в первую очередь плотности) содержание водной фазы в сырой нефти должно обязательно учитываться. Это означает, что при приведениях (вычислениях) плотности сырой нефти от рабочих условий (р. у.) к нормальным условиям (н. у.) или наоборот, все вычисления разделяются на две ветви: на одной вычисляется плотность воды, на другой - плотность нефти. Затем эти две ветви вычислений сводятся вместе (согласно процентному соотношению воды и нефти в сырой нефти), и вычисляются остальные значения параметров расхода сырой нефти, которые в дальнейшем используются для вычисления массы обезвоженной нефти прошедшей через СИКНС.

Товарная нефть - это та же сырая нефть, но очищенная от воды, солей и мехпримесей. В ней присутствуют лишь следовые количества воды, солей и мехпримесей (то есть балласта), обычно - десятые и сотые доли процента. Поэтому при приведениях (вычислениях) плотности товарной нефти влиянием водной фазы пренебрегают.

Конечной целью вычислений любой СОИ СИКН/СИКНС является масса-нетто (масса нефти без балласта). Масса нефти с балластом называется массой-брутто.

**Важно!** В ИВК "Зодиак" вычисление значения массы-нетто нефти производится не в контроллере, а в программе АРМ-оператора на ПК в процессе формирования отчетов, хотя вычисление массы-нетто нефти в контроллере предусмотрено. Почему так? Потому что в прикладной программе контроллера предусмотрено каждодневное внесение результатов химического анализа нефти, прошедшей через СИКН/СИКНС за смену/сутки. Однако на большинстве СИКНС такой возможности нет. Пробы нефти отвозятся в удаленную от СИКНС лабораторию, где анализ всех проб данной СИКНС проводится раз в неделю, раз в 10 дней, раз месяц или раз в квартал. Поэтому каждодневное вычисление массы-нетто в контроллере оказывается невостребованным и не используется.

В то же время, значение массы обезвоженной нефти, которое является лишь одним из промежуточных параметров при вычислении массы-нетто, на практике оказывается востребованным. Поэтому значение массы обезвоженной нефти и вычисляется и отображается на экране контроллера.

**Важно!** При использовании массовых ПР используются, в основном, два способа вычисления массы обезвоженной нефти. Оба требуют знания плотности сырой нефти либо при рабочих условиях (р. у.), либо при нормальных условиях (н. у.). По первому способу сначала вычисляется массовая доля воды в нефти при р. у. (нужны: объемная доля воды в сырой нефти от влагомера, плотность сырой нефти при р. у. и плотность пластовой воды при н. у.), а затем из

массы сырой нефти вычитается масса воды (сделать это нетрудно, если знать массовую долю воды в сырой нефти). Такой способ используется в ИВК "Зодиак". По второму способу сначала вычисляется объем сырой нефти при р. у. (нужны масса сырой нефти и плотность сырой нефти при р. у.), затем определяется объем обезвоженной нефти (сделать это нетрудно, если знать объемную долю воды в сырой нефти от влагомера), а после вычисляется значение массы обезвоженной нефти, правда, для этого нужно знать плотность обезвоженной нефти при р. у. (обычно получается путем приведения определенного в химлаборатории значения плотности обезвоженной нефти при н. у., т. е. при 15 или 20 град. к плотности обезвоженной нефти при р. у.). Вариантом второго способа является приведение по специальным формулам и таблицам объема обезвоженной нефти при р. у. к объему при н. у. и последующее умножение полученного значения объема при н. у. на значение плотности обезвоженной нефти при н. у. с получением в результате значения массы обезвоженной нефти.

**Важно!** Первый способ использует непосредственно формулы расчета плотности нефти, разработанные Американским нефтяным институтом, и удобен для компьютерных вычислений. Второй способ использует таблицы коэффициентов, полученных из формул Американского нефтяного института, и удобен для лаборантов химлабораторий при ручном приведении плотности нефти к различным условиям. Но он менее точен, чем первый.