

**«ПЕТРОЛСОФТ»  
программное обеспечение**

**Руководство пользователя**

## Содержание

1. Общие сведения.....	3
2. Принятые сокращения и обозначения.....	3
3. Уровень подготовки пользователя.....	3
4. Перечень эксплуатационной документации, с которой необходимо ознакомиться пользователю.....	4
5. Назначение и область применения.....	4
6. Описание структуры программного обеспечения и выполняемых им функций.....	5
7. Описание метрологически значимых функций и параметров программного обеспечения..	7
8. Описание интерфейсов пользователя.....	17
9. Описание реализованных методов защиты ПО и данных.....	35
10. Необходимое предустановленное ПО.....	35
11. Приложение 1. Краткое описание алгоритма расчета массы нетто нефти товарной и нефтепродуктов.....	36
12. Приложение 2. Краткое описание алгоритма расчета при проведении поверки преобразователей массового расхода на ТПУ.....	40
13. Приложение 3. Краткое описание алгоритма расчета при проведении поверки преобразователей объемного расхода на ПУ.....	47

# **1. Общие сведения**

Система измерения количества и показателей качества нефти (СИКН) предназначено для измерений массы брутто нефти методом прямых или косвенных измерений, вычисления массы нетто нефти, измерений параметров нефти, отображения (индикации) и регистрации результатов измерений, формирование и печать протоколов.

Система измерений количества нефтепродуктов предназначена для измерения массы брутто продукта, который находится в жидкой фазе при нормальных условиях (температура 20°C, давление 0,101325МПа).

# **2. Принятые сокращения и обозначения**

В настоящем документе приняты следующие сокращения:

АРМ – автоматизированное рабочее место;

БД – база данных;

БИК – блок измерения качества.

БИЛ – блок измерительных линий;

ИВК – информационно-вычислительный комплекс;

ИЛ – измерительная линия;

МХ – метрологические характеристики;

ПК – персональный компьютер;

ПО – программное обеспечение;

СИКН – система измерений количества и показателей качества нефти;

СИКНП – система измерений количества нефтепродуктов;

ТПР — турбинный преобразователь расхода.

# **3. Уровень подготовки пользователя**

Операторы, использующие данное программное обеспечение, должны обладать квалификацией, обеспечивающей, как минимум:

- базовые навыки работы на персональном компьютере с графическим пользовательским интерфейсом (клавиатура, мышь, управление окнами и приложениями, файловая система);
- знать устройство и принцип работы технологической установки, на которой производятся работы.

## **4. Перечень эксплуатационной документации, с которой необходимо ознакомить пользователя**

Перед началом работы оператору необходимо ознакомиться с настоящим документом, технологической схемой и технологическим регламентом установки, на которой установлено данное ПО.

## **5. Назначение и область применения**

Настоящее руководство распространяется на программное обеспечение «ПЕТРОЛСОФТ» (далее – ПО «ПЕТРОЛСОФТ») компании ООО «Метрология и автоматизация».

Программный комплекс «ПЕТРОЛСОФТ» предназначен для использования в составе систем измерения количества и показателей качества нефти (СИКН) и системы измерений количества нефтепродуктов (СИКНП).

«ПЕТРОЛСОФТ» предполагает работу с ИВК, используемыми в составе систем измерения количества и показателей качества нефти.

Программный комплекс «ПЕТРОЛСОФТ» обеспечивает:

- получение архивных данных с вычислителя и от оператора за отчетный период с сохранением данных в БД.
- вычисление массы нетто нефти по ГОСТ Р 8.587-2019, с сохранением данных в БД.
- проведение КМХ средствами вычислителя с сохранением данных в БД.
- проведение поверки массометров и ТПР с помощью ТПУ (по МИ 3151-2008 или МИ 3380-2012) средствами вычислителя с сохранением данных в БД.
- отображение и вывод на печать отчетных документов за отчетные периоды, а также результатов поверки и КМХ.

Набор отчетных периодов (сутки, смена, два часа и т. д.) зависит от возможностей ИВК.

Отображение текущих параметров и состояния технологического оборудования СИКН, трендов, технологических схем, а также управление технологическим оборудованием не является функцией ПО «ПЕТРОЛСОФТ» и, при необходимости, выполняется сторонним ПО, входящим в состав СИКН.

## **6. Описание структуры программного обеспечения и выполняемых им функций**

ПО «ПЕТРОЛСОФТ» предполагает работу с ИВК, который входит в состав СИКН (СИКНП). ИВК представляет собой отдельное устройство (например, ИВК «Октопус Л» компании ИМС, ИВК АБАК+ компании Инкомсистем, и др.), которое отвечает за обработку измерительной информации от первичных преобразователей и преобразования их в значения физических величин, накопление данных первичных преобразователей за отчетные промежутки времени и их сохранение на время, достаточное для последующей выгрузки на верхний уровень. ИВК не входит в состав ПО «ПЕТРОЛСОФТ». ИВК должен иметь соответствующие документы, подтверждающие достоверность вычисления и сохранения данных за отчетные промежутки времени с первичных преобразователей СИКН (СИКНП). ПО «ПЕТРОЛСОФТ» может опрашивать несколько ИВК.

ПО «ПЕТРОЛСОФТ» включает в себя комплекс программ: «АРМ», «КМХ», «ТПУ», «Ввод паспорта качества», «Генератор отчетов».

Программа «АРМ» предназначена для считывания архивных данных из ИВК за отчетные промежутки времени и сохранения их в БД, чтения из БД данных по паспорту качества, вызова расчетного модуля для проведения метрологических расчетов по полученным данным и запись результатов в БД для долговременного хранения информации.

Программа «КМХ» позволяет выполнить контроль метрологических характеристик выбранного расходомера по контрольному расходомеру. Программа «КМХ» на основании данных, введенных пользователем, запускает процедуру КМХ на ИВК, сохраняет полученные от ИВК результаты КМХ в БД, а также позволяет отобразить и вывести на печать отчеты по всем сохраненным в БД КМХ.

Программа «ТПУ» позволяет выполнить поверку массомера или ТПР по трубопоршневой поверочной установке. Программа «ТПУ» на основании данных, введенных пользователем, запускает процедуру поверки на ИВК, сохраняет полученные от ИВК результаты измерений в БД, вызывает расчетный модуль для проведения метрологических

расчетов по полученным данным, а также позволяет отобразить и вывести на печать отчеты по всем сохраненным в БД процедурам поверки.

Программа «Ввод паспорта качества» предназначена для ввода данных лаборатории, используемых для расчетов метрологических характеристик. Введенные пользователем данные лаборатории сохраняются в БД для дальнейшего использования в расчетах.

Программа «Генератор отчетов» формирует, отображает и выводит на печать отчеты из БД.

Структура программного комплекса и взаимодействие между компонентами представлены на рисунке 6.1.

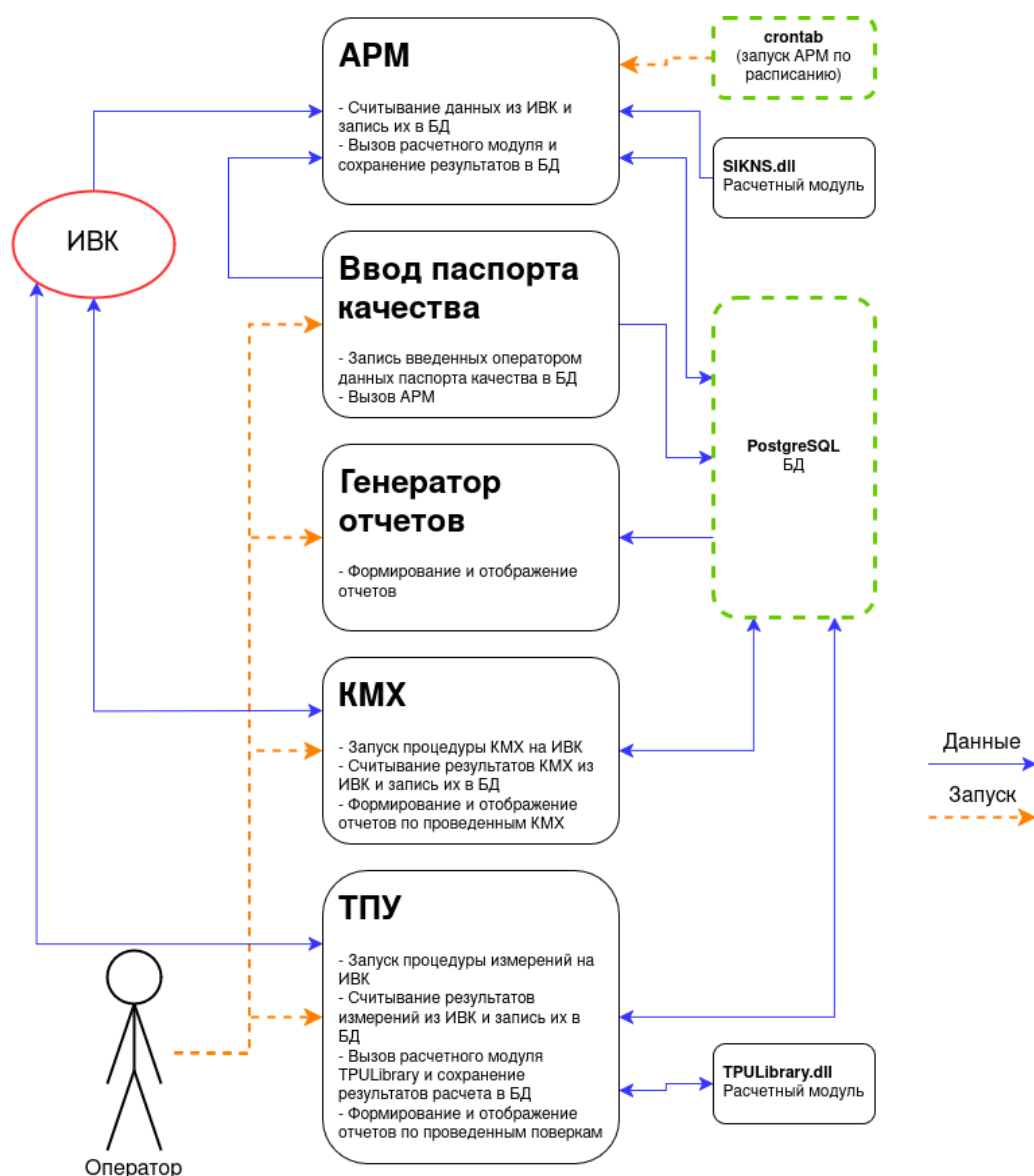


Рисунок 6.1 — Структура программного комплекса ПЕТРОЛСОФТ

## **7. Описание метрологически значимых функций и параметров программного обеспечения**

За расчет метрологических характеристик отвечает модуль-библиотека SIKN, вызов которой осуществляется программой “АРМ”. Модуль-библиотека SIKN использует в качестве входных данных сохраненные в БД лабораторные данные из паспорта качества и архивные данные за отчетный промежуток времени, полученные из ИВК.

Форма ввода паспорта качества содержит следующие поля:

- плотность нефти (нефтепродуктов) при 20 °С;
- плотность воды при 20 °С;
- плотность газа при 20 °С;
- массовая доля механических примесей в обезвоженной дегазированной нефти;
- массовая концентрация хлористых солей в обезвоженной дегазированной нефти;
- массовая (либо объемная) доля воды в нефти в случае, если влагомер не используется.

Обработка измерительной информации от первичных преобразователей и преобразования их в значения физических величин, накопление данных первичных преобразователей за заданные промежутки времени и их сохранение на время, достаточное для последующей выгрузки на верхний уровень, производит ИВК, входящий в состав СИКН (СИКНП).

ПО «ПЕТРОЛСОФТ» получает от ИВК следующие архивные данные за заданные промежутки времени:

- БИЛ: объем продукта;
- БИЛ: объем продукта при н.у.;
- БИЛ: масса продукта;
- БИЛ: плотность по линиям;
- БИЛ: температура по линиям;
- БИЛ: давление по линиям;
- БИЛ: объемная доля воды;
- БИЛ: вязкость;
- БИЛ: плотность БИК;
- БИЛ: давление БИК;
- БИЛ: температура БИК;

- БИЛ: расход БИК;
- БИЛ: нарастающий объем;
- БИЛ: нарастающий объем при н.у.;
- БИЛ: нарастающая масса;
- ИЛ: объем продукта;
- ИЛ: объем продукта при н.у.;
- ИЛ: масса;
- ИЛ: нарастающий объем;
- ИЛ: нарастающий объем при н.у.;
- ИЛ: нарастающая масса;
- ИЛ: плотность;
- ИЛ: температура;
- ИЛ: давление.

Указанные выше данные используются модулем SIKN для вычисления массы нетто нефти согласно п.5.7 ГОСТ Р 8.587-2019. Алгоритм расчета представлен в Приложении 1.

Модуль SIKN выполнен в виде отдельного библиотечного файла SIKN.dll. Для получения данных необходимо вызвать функцию:

CalcIl(double dens, double temp, double pres, double masVol, double tBik, double pBik, double Wmp, double Wxs, bool Woff, bool W\_type, double W, double RhoStPv, double Wvlag, bool type, double tempNlab, double densBik, int time = 0, double Qmas = 0, double rhoN20 = 0)

где

dens плотность БИК, кг/м<sup>3</sup>

temp температура ИЛ, С

pres давление ИЛ, МПа

masVol масса/объем со счетчика, т или м<sup>3</sup>

tBik температура БИК, С

pBik давление БИК, МПа

Wmp массовая доля мех прим, %

Wxs массовая доля хлор солей, %

Woff признак отсутствия влагомера,

W\_type тип доли воды,

W доля воды лабораторная,

RhoStPv плотность воды при 20 С, кг/м<sup>3</sup>

Wvlag объемное влагосодержание с влагомера, %



type тип (массовый или объемный счетчик),  
tempNlab температура нефти лабораторная, С  
time время, не используется  
Qmas расход массовый, не используется  
rhoN20 плотность нефти лаб при tempNlab, кг/м<sup>3</sup>  
Функция возвращает структуру  
struct Calc\_II

```
{  
    rho15 — плотность нефти при 15С, кг/м3  
    V — объем продукта при РУ, м3  
    V15 — объем продукта при 15С, м3  
    Qv — не используется  
    Qv15 — не используется  
    mas — масса брутто, т  
    Qm — не используется  
    Mballast — масса балласта, т  
    Mnetto — масса нетто, т  
}
```

За обработку результатов поверки по ТПУ отвечает библиотека-модуль TPULibrary. Модуль-библиотека TPULibrary использует в качестве входных данных сохраненные в БД данные ТПУ (рис. 8.16) и результаты измерений, полученные из ИВК:

Результаты измерений, полученные из ИВК для поверки преобразователей  
массового расхода:

- Время измерения;
- Температура ТПУ за измерение;
- Давление ТПУ за измерение;
- Плотность с плотномера за измерение;
- Температура на плотномере за измерение;
- Давление на плотномере за измерение;
- Количество импульсов с поверяемого расходомера за измерение.

Результаты измерений, полученные из ИВК для поверки преобразователей

объемного расхода:

- Время измерения;
- Температура ТПУ за измерение;
- Давление ТПУ за измерение;
- Плотность с плотномера за измерение;
- Температура на плотномере за измерение;
- Давление на плотномере за измерение;
- Количество импульсов с поверяемого расходомера за измерение;
- Температура преобразователя за измерение;
- Давление преобразователя за измерение;
- Расход за измерение;
- Выходная частота с преобразователя за измерение;
- Температура стержня компакт-прувера за измерение (если в качестве ПУ используется компакт-прувер)

Указанные выше данные используются модулем TPULibrary для вычисления погрешности расходомера согласно МИ 3151-2008 или МИ 3380-2012. Алгоритмы расчета представлены в Приложении 2 (для массовых преобразователей расхода) и Приложении 3 (для объемных преобразователей расхода). Модуль SIKN выполнен в виде отдельного библиотечного файла SIKN.dll.

#### **Для массовых преобразователей расхода:**

Для получения данных необходимо вызвать функцию:

Calc(Input[,] inpMas, int MaxTochka, int MaxIzm, double V\_tpu\_o, double D, double E, double S, double alpha\_t, double delta\_tpu, double delta\_pp, double DELTAt\_tpu, double DELTAt\_pp, double delta\_uoi\_k, double ZS, double rho\_n\_lab, double t\_n\_lab, double rho\_pv\_lab),

Где

inpMas – структура данных, полученных с вычислителя (описание ниже)

MaxTochka – всего точек измерений

MaxIzm – измерений в точке

V\_tpu\_o (  $V_{0^{мну}}$  )– вместимость калиброванного участка V1+V2, м<sup>3</sup>

D – диаметр стенок калиброванного участка, мм

E – модуль упругости материала стенок, МПа

S – толщина стенок калиброванного участка, мм

$\alpha_t$  ( $\alpha_t$ ) – коэффициент линейного расширения материала стенок ТПУ, °C<sup>-1</sup>

$\delta_{tpu}$  ( $\delta_{mny}$ ) – пределы допускаемой относительной погрешности ТПУ, %

$\delta_{pp}$  ( $\delta_{nn}$ ) – пределы допускаемой относительной погрешности поточного ПП, %

$\Delta t_{tpu}$  ( $\Delta t_{mny}$ ) – предел допускаемой абсолютной погрешности датчика температуры, используемого в процессе поверки для измерений температуры рабочей жидкости в ТПУ, °C

$\Delta t_{pp}$  ( $\Delta t_{nn}$ ) – предел допускаемой абсолютной погрешности датчика температуры, используемого в процессе поверки для измерений температуры рабочей жидкости в ПП, °C

$\delta_{k^{you}}$  ( $\delta_{k^{you}}$ ) – пределы допускаемой относительной погрешности УОИ при вычислении К-фактора массомера, %

$ZS$  – значение стабильности нуля, т/ч

$\rho_{n^{lab}}$  ( $\rho_{n^{lab}}$ ) – плотность лабораторная нефти, кг/м<sup>3</sup>

$t_{n^{lab}}$  ( $t_{n^{lab}}$ ) – температура лабораторная, при которой измерили плотность нефти лабораторную, °C

$\rho_{ng^{lab}}$  ( $\rho_{ng^{lab}}$ ) – плотность воды, кг/м<sup>3</sup>

*Структура inrMas – это матрица размерностью  $m \times n$ , где  $m$  – количество точек,  $n$  – количество измерений в точке, элементы которой – структура:*

$t_{ij^{mny}}$  – средняя за измерение температура в измерительной линии, °C

$P_{ij^{mny}}$  – среднее за измерение давление в измерительной линии, МПа

$\rho_{ij^{nn}}$  – плотность в БИК, кг/м<sup>3</sup>

$t_{ij^{nn}}$  – температура в БИК, °C

$P_{ij^{nn}}$  – среднее за измерение давление в БИК, МПа

$N_{ij^{мас}}$  – количество импульсов за измерение (вперед+назад), имп

$Q_{ij}$  – средний за измерение массовый расход, т/ч

$W_{ij}$  – влагосодержание, %

Функция возвращает структуру

struct Output

{

$S_{\text{duan}^{KF}}$  – СКО средних арифметических значений К-фактора для точек расхода, %

$\delta_{0^{mac}}$  – относительная погрешность стабильности нуля, %

$KF_{\text{duan}}$  – средний К-фактор всего диапазона, имп/т

$\Theta_{\text{duan}^{KF}}$  – составляющая систематической погрешности, обусловленная аппроксимацией ГХ массомера в рабочем диапазоне расхода, %

$\varepsilon$  – случайная составляющая погрешности массомера, %

$\Theta_{\Sigma}$  – систематическая составляющая погрешности, %

$\delta$  – относительная погрешность массомера, %

$t_{(P,n)}$  – квантиль распределения Стьюдента

$Z_{(P)}$  – коэффициент, зависящий от доверительной вероятности Р и величины соотношения  $\frac{\Theta_{\Sigma}}{S_{\text{duan}^{KF}}}$

$V_{\text{пр } ij^{mny}}$  – вместимость калиброванного участка ТПУ, приведенная к рабочим условиям, м<sup>3</sup>

$\rho_{\text{пр } ij^{nm}}$  – плотность рабочей жидкости, приведенная к рабочим условиям, кг/м<sup>3</sup>

$M_{ij^{pэ}}$  – масса рабочей жидкости при i-том измерении в j-ой точек, т

$KF_{ij}$  – значение К-фактора для i-ого измерения в j-ой точке расхода, имп/т

$Q_j$  – средний расход в каждой точке измерения, т/ч

$KF_j$  – средний К-фактор в каждой точке измерения, имп/т

};

### Для объемных преобразователей расхода:

Для получения данных необходимо вызвать функцию:

CalcVolume(InputVolume[,] inpMas, int MaxTochka, int MaxIzm, bool TpuPruver, double V\_tpu\_o, double alpha\_t, double D, double E, double S, double? alpha\_St, double rho\_n\_lab, double t\_n\_lab, double delta\_uoi\_k, double delta\_tpu, double DELTAt\_tpu, double DELTAt\_pr)

Где

inpMas – структура данных, полученных с вычислителя (описание ниже)

MaxTochka – всего точек измерений

MaxIzm – измерений в точке

TpuPruver – в качестве ПУ: ТПУ или компакт-прувер

V\_tpu\_o (  $V_{0^{ny}}$  )– вместимость калиброванного участка V1+V2, м<sup>3</sup>

D – диаметр стенок калиброванного участка, мм

E – модуль упругости материала стенок, МПа

S – толщина стенок калиброванного участка, мм

alpha\_t (  $\alpha_t$  ) – коэффициент линейного расширения материала стенок ПУ, °C<sup>-1</sup>

alpha\_St (  $\alpha_{t^{cm}}$  ) – коэффициент линейного расширения материала стержня компакт-прувера (при создании поверки), °C<sup>-1</sup>

delta\_tpu (  $\delta_{mny}$  ) – пределы допускаемой относительной погрешности ПУ, %

DELTAt\_tpu (  $\Delta t_{mny}$  ) – предел допускаемой абсолютной погрешности датчика температуры, используемого в процессе поверки для измерений температуры рабочей жидкости в ТПУ, °C

DELTAt\_pr (  $\Delta t_{np}$  ) – предел допускаемой абсолютной погрешности датчика температуры, используемого в процессе поверки для измерений температуры рабочей жидкости в преобразователя (при создании поверки), °C

delta\_uoi\_k (  $\delta_{k^{you}}$  )– пределы допускаемой относительной погрешности УОИ при вычислении К-фактора массомера, %

rho\_n\_lab (  $\rho_{n^{lab}}$  ) – плотность лабораторная нефти, кг/м<sup>3</sup>

t\_n\_lab (  $t_{n^{lab}}$  ) – температура лабораторная, при которой измерили плотность нефти лабораторную, °C

Структура *inprMas* – это матрица размерностью  $m \times n$ , где  $m$  – количество точек,  $n$  – количество измерений в точке, элементы которой – структура:

$t_{ij}^{py}$  – средняя за измерение температура в ПУ, °C

$P_{ij}^{py}$  – среднее за измерение давление в ПУ, МПа

$\rho_{ij}^{pn}$  – плотность за измерение, измеренная поточным ПП, кг/м<sup>3</sup>

$t_{ij}^{pn}$  – среднее за измерение температура в ПП, °C

$P_{ij}^{pn}$  – среднее за измерение давление в ПП, МПа

$N_{ij}^{mac}$  – количество импульсов за измерение (вперед+назад), имп

$Q_{ij}$  – средний за измерение поверочный расход расход, м<sup>3</sup>/ч

$t_{ij}^{np}$  – средняя за измерение температура в поверяемом преобразователе, °C

$P_{ij}^{np}$  – среднее за измерение давление в поверяемом преобразователе, МПа

$f_{ij}$  – выходная частота преобразователя за измерение, Гц

$t_{ij}^{cm}$  – средняя за измерение температура стержня компакт-прувера, °C

Функция возвращает структуру

struct Output

{

$K_{ij}$  – коэффициент преобразования преобразователя при  $i$ -ом измерении в  $j$ -ой точке, имп/м<sup>3</sup>

$V_{ij}^{py}$  – вместимость калиброванного участка ПУ, приведенная к рабочим условиям в ПУ при  $i$ -ом измерении в  $j$ -ой точке, м<sup>3</sup>

$CTL_{ij}^{py}$  – поправочный коэффициент, учитывающий влияние температуры рабочей жидкости на ее объемы, прошедшие через ПУ, при  $i$ -ом измерении в  $j$ -ой точке

$CTL_{ij}^{np}$  – поправочный коэффициент, учитывающий влияние температуры рабочей жидкости на ее объемы, прошедшие через преобразователь, при  $i$ -ом измерении в  $j$ -ой точке

$CPL_{ij}^{py}$  – поправочный коэффициент, учитывающий влияние давления рабочей жидкости на ее объемы, прошедшие через ПУ, при  $i$ -ом измерении в  $j$ -ой точке

$CPL_{ij}^{np}$  – поправочный коэффициент, учитывающий влияние давления рабочей жидкости на ее объемы, прошедшие через преобразователь, при  $i$ -ом измерении в  $j$ -ой точке

$K_j$  - коэффициент преобразования преобразователя в j-ой точке, имп/мЗ

$S_d$  - значение СКО для рабочего диапазона, %

$K_d$  - коэффициент преобразования преобразователя в рабочем диапазоне, имп/мЗ

$t_{(P,n)}$  - квантиль распределения Стюдента для всего диапазона расхода

$\varepsilon_d$  - случайная составляющая погрешности преобразователя в диапазоне, %

$\Theta_{ad}$  - составляющая систематической погрешности преобразователя в рабочем диапазоне, %

$\Theta_{\Sigma d}$  - систематической погрешности преобразователя в рабочем диапазоне, %

$\delta_d$  - относительная погрешность преобразователя в рабочем диапазоне, %

$Z_{0.95}$  - коэффициент, зависящий от доверительной вероятности Р и величины соотношения  $\frac{\Theta_{\Sigma d}}{S_d}$

$Q_{\min}$  - нижний предел рабочего диапазона расхода, мЗ/ч

$Q_{\max}$  - верхний предел рабочего диапазона расхода, мЗ/ч

$S_{pdk}$  - значение СКО для k-ого диапазона расхода, %

$K_{pdk}$  - коэффициент преобразования преобразователя в k-ом диапазоне расхода, имп/мЗ

$t_{(P,n)_{pd}}$  - квантиль распределения Стюдента для k-ого диапазона расхода

$\varepsilon_{pdk}$  - случайная составляющая погрешности преобразователя в k-ом диапазоне расхода, %

$\Theta_{apdk}$  - составляющая систематической погрешности преобразователя в k-ом диапазон расхода, %

$\Theta_{\Sigma pdk}$  - систематической погрешности преобразователя в k-ом диапазоне расхода, %

$\delta_{pdk}$  - относительная погрешность преобразователя в k-ом диапазоне расхода, %

$Z_{0.95_{pd}}$  - коэффициент для k-ого диапазона расхода , зависящий от доверительной вероятности P и величины соотношения  $\frac{\Theta \sum_{pd_k}}{S_{pd_k}}$

$\Theta_{apdk_{Aprox}}$  - составляющая систематической погрешности преобразователя в k-ом диапазон расхода (при кусочно-линейной аппроксимации), %

$\Theta_{\sum_{pd_k_{Aprox}}}$  - систематической погрешности преобразователя в k-ом диапазоне расхода(при кусочно-линейной аппроксимации), %

$\delta_{pd_k_{Aprox}}$  - относительная погрешность преобразователя в k-ом диапазоне расхода(при кусочно-линейной аппроксимации), %

$Aprox$   
 $Z_{0.95}$  - коэффициент для k-ого диапазона расхода (при кусочно-линейной аппроксимации), зависящий от доверительной вероятности P и величины соотношения  $\frac{\Theta \sum_{pd_k_{Aprox}}}{S_{pd_k}}$

$Q_{min_{pdk}}$  - нижний предел расхода в k-ом диапазоне расхода, м3/ч

$Q_{max_{pdk}}$  - верхний предел расхода в k-ом диапазоне расхода, м3/ч

$S_{j^{kon}}$  - значение СКО для j-ой точки расхода (для контрольного преобразователя), %

$t_{(P,n)^{kon}}$  - квантиль распределения Стьюдента для j-ой точки расхода (для контрольного преобразователя)

$\varepsilon_{j^{kon}}$  - случайная составляющая погрешности преобразователя для j-ой точки расхода (для контрольного преобразователя), %

$\Theta_{\sum j^{kon}}$  - систематической погрешности преобразователя для j-ой точки расхода (для контрольного преобразователя), %

$\delta_{j^{kon}}$  - относительная погрешность преобразователя для j-ой точки расхода (для контрольного преобразователя), %

$Z_{0.95^{kon}}$  - коэффициент для j-ой точки, зависящий от доверительной вероятности P и величины соотношения  $\frac{\Theta \sum j^{kon}}{S_{j^{kon}}}$

$Q_j$  - среднее значение расхода в j-ой точке, м3/ч



$f_j$  - среднее значение выходной частоты преобразователя в j-ой точке, Гц  
};

## 8. Описание интерфейсов пользователя

### «ARM»

«АРМ» предназначен для опроса архивных данных ИВК, проведения метрологических расчетов по полученным данным и запись в БД для долговременного хранения информации.

«ARM» является сервисной программой, поэтому не имеет интерфейса. Запуск программы осуществляется по расписанию, а также при каждом вводе паспорта качества.

### «Ввод паспорта качества»

«Ввод паспорта качества» предназначен ввода данных лаборатории, используемых для расчетов метрологических характеристик.

Для запуска программы запустите файл vvod\_analiza.jar. Запустится окно выбора промежутка времени (отчета из ИВК) для которого вводятся лабораторные данные (см. рисунок 8.1).

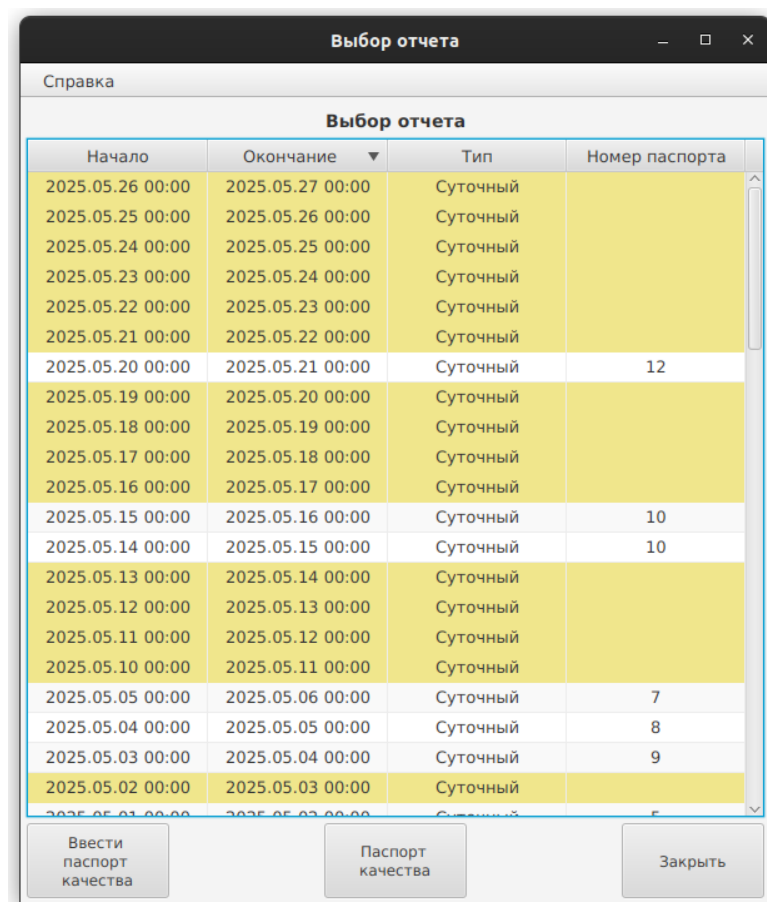


Рисунок 8.1 - Выбор поверки для ввода паспорта качества

Выберите из списка нужный отчет и нажмите кнопку «Выбрать». Откроется окно для ввода лабораторных данных (рисунок 8.2).

**Ввод паспорта качества**

**Ввод результатов испытаний в ИХАЛ**

Тип отчета: Суточный  
Дата отчета: 2025.05.20 00:00 - 2025.05.21 00:00  
Номер БИЛ: 1

Массовая доля мех. примесей в обезвоженной дегазированной нефти:  %  
Массовая концентрация хлористых солей в обезвоженной дегазированной нефти:  мг/дм<sup>3</sup>  
Массовая доля серы:  %  
Давление насыщенных паров:  кПа (мм рт.ст.)  
Выход фракций при температуре до 200 С:  %  
Выход фракций при температуре до 300 С:  %  
Массовая доля парафина:  %  
Массовая доля сероводорода:  млн-1  
Массовая доля метил- и этилмеркаптанов в сумме:  млн-1  
Массовая доля органических хлоридов:  млн-1  
Плотность воды при 20 С:  кг/м<sup>3</sup>

☒ Определение плотности нефти ареометром в ИХАЛ  
Плотность нефти:  кг/м<sup>3</sup> при  С

☒ Ввод результата испытаний показателя "Массовая доля воды"  
Массовая доля воды:  %

**Для паспорта качества**  
Номер паспорта качества:

ведущий инженер - Е.Ю. Темникова (АО "Самотлорнефтегаз")  
лаборант х/а - Н.А. Климова (АО "Самотлорнефтегаз")

Записать      Заккрыть

Рисунок 8.2 - Ввод паспорта качества

Автоматически загрузятся данные выбранной поверки в верхней части окна. Заполните все пустые поля согласно паспорту качества. После заполнения всех данных нажмите кнопку «Записать». Данные запишутся в БД и произведется расчет согласно введенным данным для поверки.

Кнопка «Паспорт качества» в окне «Выбор отчета» выводит отчет по введенным лабораторным данным на экран (рисунок 8.3).

**ПАСПОРТ КАЧЕСТВА НЕФТИ**

№ 12 от 20.05.2025г.

Пункт приема-сдачи нефти СИКН 544  
 Лаборатория предприятия ОАО "НижневартовскНИПИнефть"  
 Номер аттестата аккредитации \_\_\_\_\_  
 СИКН № \_\_\_\_\_  
 Резервуар (мера вместимости) \_\_\_\_\_  
 Дата и время отбора пробы 20.05.2025 с 00:00 по 24:00

№	Наименование показателя	Метод испытаний	Результат испытаний
1	Температура нефти при условиях измерений массы, °С	МИ на СИКНС	<b>27,8</b>
2	Давление нефти при условиях измерений массы, МПа	МИ на СИКНС	<b>1,85</b>
3	Плотность нефти при температуре и давлении при условиях измерений объема, кг/м³ *	МИ на СИКНС	<b>0,0</b>
4	Плотность нефти при 20°С, кг/м³ *	МИ на СИКНС	<b>700,0</b>
5	Плотность нефти при 15°С, кг/м³ *	МИ на СИКНС	<b>0,0</b>
6	Массовая доля воды, %	ГОСТ 2477	
7	Массовая концентрация хлористых солей, мг/дм³ (%)	ГОСТ 21534	<b>2,0 0,0004</b>
8	Массовая доля механических примесей, %	ГОСТ 6370	<b>6,0000</b>
9	Массовая доля серы, %	ГОСТ Р 51947	<b>5,00</b>
10	Давление насыщенных паров, кПа (мм.рт.ст.)	ГОСТ 1756	<b>10,00 (75)</b>
11	Выход фракций, % при температуре до 200 при температуре до 300	ГОСТ 2177	<b>30,0 30,0</b>
12	Массовая доля парафина, %	ГОСТ 11851	<b>3,0</b>
13	Массовая доля сероводорода, млн⁻¹ (ppm)	ГОСТ Р 50802	<b>4</b>

Страница 1 из 1

Рисунок 8.3 - Отчет по лабораторным данным

Также на главной форме выбора поверки (рисунок 8.1) в верхней левой части экрана расположена кнопка «Справка». При нажатии появляется пункт меню «О программе», который вызывает окно с информацией о программе и расчет контрольной суммы MD5 для метрологически значимой части SIKN.dll, а ее версии (рисунок 8.4). На окне отображается название ПО, текущая версия, версия библиотеки и контрольная сумма MD5. Для считывания версии библиотеки и расчета контрольной суммы нажмите кнопку «Рассчитать MD5». Появится рассчитанная контрольная сумма (рисунок 8.5).

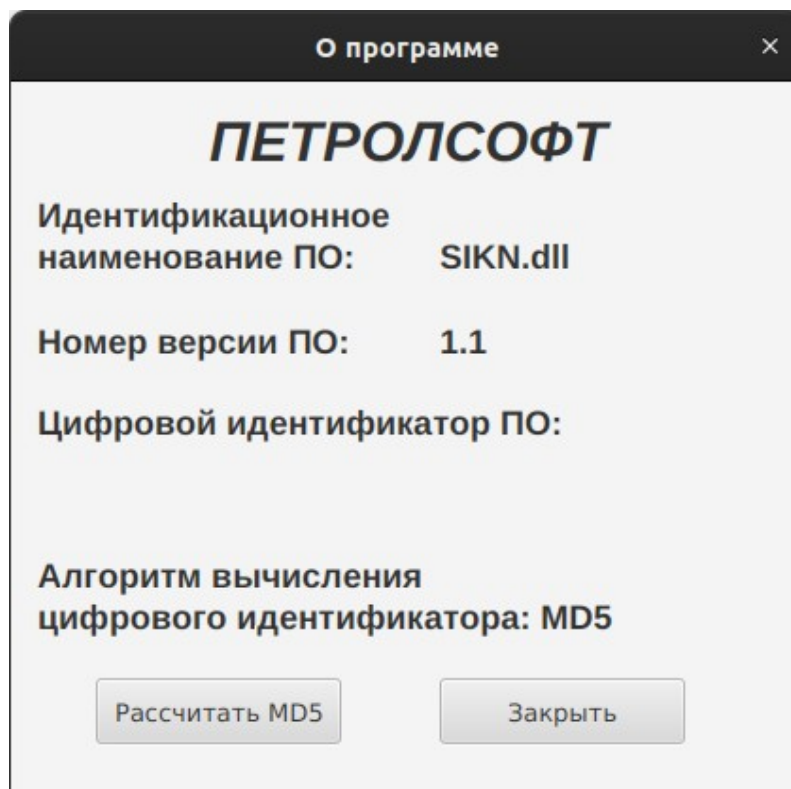


Рисунок 8.4. Окно «О программе»

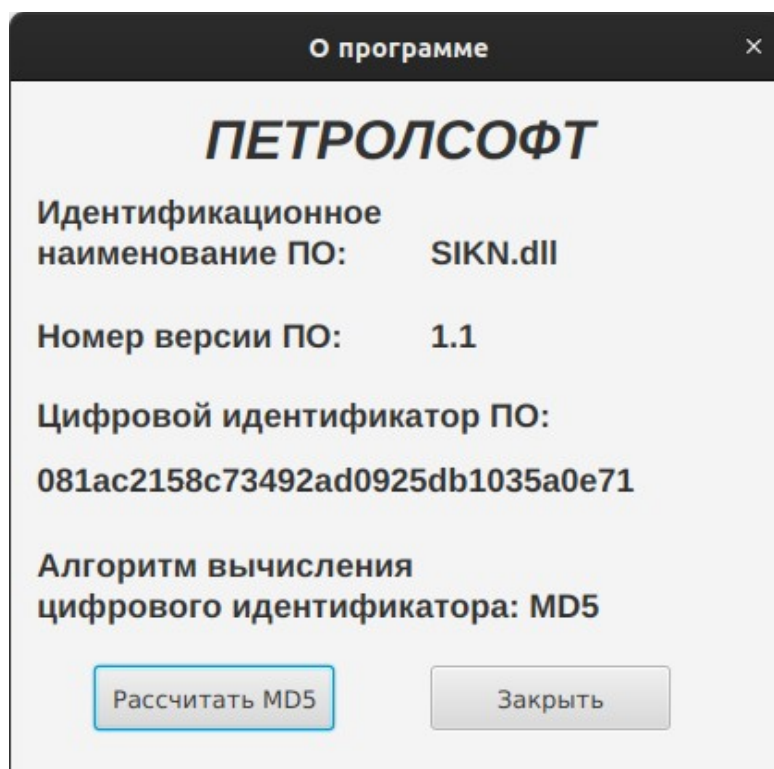


Рисунок 8.5. Расчет контрольной суммы

## «Генератор отчетов»

«Генератор отчетов» формирует, отображает и выводит на печать отчеты из БД.

Для запуска программы запустите файл `siknp_reports.jar`. Запустится окно выбора для формирования отчета (рисунок 8.6).

Дата начала	Дата окончания	Тип отчета	Номер паспорта
2025.05.27 10:00	2025.05.27 12:00	Оперативный	
2025.05.27 08:00	2025.05.27 10:00	Оперативный	
2025.05.27 06:00	2025.05.27 08:00	Оперативный	
2025.05.27 04:00	2025.05.27 06:00	Оперативный	
2025.05.27 02:00	2025.05.27 04:00	Оперативный	
2025.05.27 00:00	2025.05.27 02:00	Оперативный	
2025.05.26 22:00	2025.05.27 00:00	Оперативный	
2025.05.26 00:00	2025.05.27 00:00	Суточный	
2025.05.26 20:00	2025.05.26 22:00	Оперативный	
2025.05.26 18:00	2025.05.26 20:00	Оперативный	
2025.05.26 16:00	2025.05.26 18:00	Оперативный	
2025.05.26 14:00	2025.05.26 16:00	Оперативный	
2025.05.26 12:00	2025.05.26 14:00	Оперативный	
2025.05.26 10:00	2025.05.26 12:00	Оперативный	
2025.05.26 08:00	2025.05.26 10:00	Оперативный	
2025.05.26 06:00	2025.05.26 08:00	Оперативный	

Рисунок 8.6 - Выбор отчета

В центре окна расположена таблица со всеми полученными архивными данными (отчетами) из ИВК за промежутки времени. В верхней части окна расположены фильтры: по типу и по дате отчета. Используйте фильтр для быстрого поиска отчета (рисунок 8.7).

Список отчетов

Фильтр

По типу:

Суточный

По дате:

от 24.04.2025

до 24.06.2025

Сброс

Дата начала	Дата окончания	Тип отчета	Номер паспорта
2025.05.26 00:00	2025.05.27 00:00	Суточный	
2025.05.25 00:00	2025.05.26 00:00	Суточный	
2025.05.24 00:00	2025.05.25 00:00	Суточный	
2025.05.23 00:00	2025.05.24 00:00	Суточный	
2025.05.22 00:00	2025.05.23 00:00	Суточный	
2025.05.21 00:00	2025.05.22 00:00	Суточный	
2025.05.20 00:00	2025.05.21 00:00	Суточный	12
2025.05.19 00:00	2025.05.20 00:00	Суточный	
2025.05.18 00:00	2025.05.19 00:00	Суточный	
2025.05.17 00:00	2025.05.18 00:00	Суточный	
2025.05.16 00:00	2025.05.17 00:00	Суточный	
2025.05.15 00:00	2025.05.16 00:00	Суточный	10
2025.05.14 00:00	2025.05.15 00:00	Суточный	10
2025.05.13 00:00	2025.05.14 00:00	Суточный	
2025.05.12 00:00	2025.05.13 00:00	Суточный	
2025.05.11 00:00	2025.05.12 00:00	Суточный	

Получить отчет

Получить акт приема-сдачи

Получить журнал регистрации

Заккрыть

Рисунок 8.7 - Работа фильтров для поиска отчета

Нажмите на нужный отчет левой кнопкой мыши для выбора и убедитесь, что он подсвечивается синим цветом. Нажмите кнопку «Получить отчет» для вывода на экран. Примеры форм отчетов представлены на рисунках 8.8, 8.9. Из окна просмотра отчета можно вывести отчет на печать.

ОПЕРАТИВНЫЙ ОТЧЕТ					
СИКН 544					
Дата и время начала отчета:		26.05.2025 22:00:00			
Дата и время окончания отчета:		27.05.2025 00:00:00			
Параметр	Ед. изм.	СИКН	ИЛ 1	ИЛ 2	БИК
Объем	м³	0	0	0	-
Масса брутто	т	440	240	100	-
Объем нарастающий начальный	м³	36683	36683	0	-
Объем нарастающий конечный	м³	36683	36683	0	-
Масса нарастающая начальная	т	91045	60132	15956	-
Масса нарастающая конечная	т	91485	60372	16056	-
Ср. температура	°C	27,8	21,0	32,0	21,0
Ср. давление	МПа	1,85	1,01	2,20	1,01
Ср. плотность *	кг/м³	0,0	0,0	0,0	-
Ср. плотность при 20°C *	кг/м³		-	-	-
Ср. плотность при 15°C *	кг/м³		-	-	-
Ср. объемный расход	м³/ч	-	-	-	120,0
Ср. объемная доля воды	%	-	-	-	12,50

\* - средняя плотность за два часа по показаниям канала плотности массометров

Рисунок 8.8 - Оперативный отчет



СУТОЧНЫЙ ОТЧЕТ					
СИКН 544					
Дата и время начала отчета:		26.05.2025 00:00:00			
Дата и время окончания отчета:		27.05.2025 00:00:00			
Параметр	Ед. изм.	СИКН	ИЛ 1	ИЛ 2	БИК
Объем	м³	0	0	0	-
Масса брутто	т	5279	2879	1200	-
Объем нарастающий начальный	м³	36683	36683	0	-
Объем нарастающий конечный	м³	36683	36683	0	-
Масса нарастающая начальная	т	86206	57493	14856	-
Масса нарастающая конечная	т	91485	60372	16056	-
Ср. температура	°C	27,8	21,0	32,0	21,0
Ср. давление	МПа	1,85	1,01	2,20	1,01
Ср. плотность *	кг/м³	0,0	0,0	0,0	-
Ср. плотность при 20°C *	кг/м³		-	-	-
Ср. плотность при 15°C *	кг/м³		-	-	-
Ср. объемный расход	м³/ч	-	-	-	120,0
Ср. объемная доля воды	%	-	-	-	12,50

\* - средняя плотность за два часа по показаниям канала плотности массометров

Данные по качеству и массе нетто		
Плотность обезвож. дегазир. нефти при СУ	кг/м³	
Плотность пластовой воды СУ	кг/м³	
Плотность нефти при РУ	кг/м³	0,0
Массовая доля воды	%	
Объемная доля воды	%	
Массовая доля хлористых солей	%	
Массовая доля механических примесей	%	
Суммарное содержание балласта	%	
Масса балласта	т	
Масса нетто за сутки	т	

Рисунок 8.9 - Суточный отчет

## «КМХ»

«КМХ» позволяет выполнить контроль метрологических характеристик выбранного расходомера по контрольному расходомеру.

Для запуска программы запустите файл КМХ.jar.

При отсутствии связи с ИВК появится окно с ошибкой связи (рисунок 8.10). Проверьте конфигурационный файл или функционирование вычислителя.

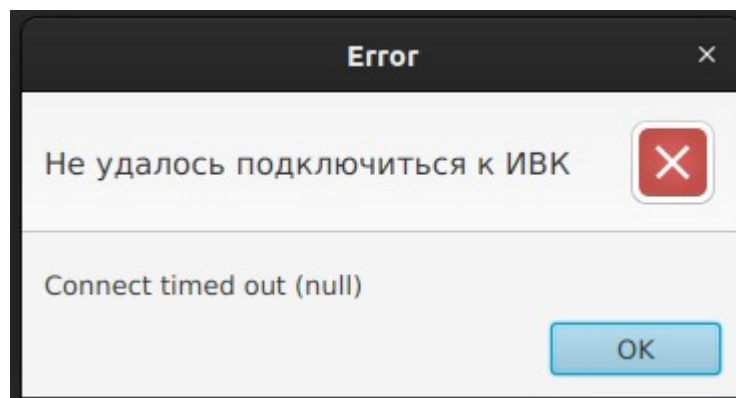


Рисунок 8.10 - Ошибка связи с вычислителем

Основное окно программы представлено на рисунке 8.11.

**Параметры**

Фильтр

от 24.06.2024

до 25.06.2025

Номер линии: Все

Время	РПР	КПР	Расход РР, т/ч	Расход КР, т/ч	Темп. РР, °C	Темп. КР, °C	Давл. РР, МПа	Давл. КР, МПа	Масса РР, т	Масса КР, т	Погрешность, %
24.06.2025 13:58	2	1	49,983334	119,959999	32,0	21,0	2,20	1,01	0,041653	0,099967	-58,333336
24.06.2025 13:58	2	1	50,000000	120,000000	32,0	21,0	2,20	1,01	0,041667	0,100000	-58,333332
24.06.2025 13:58	2	1	49,983334	119,959999	32,0	21,0	2,20	1,01	0,041653	0,099967	-58,333336
24.06.2025 13:58	2	1	50,000000	120,000000	32,0	21,0	2,20	1,01	0,041667	0,100000	-58,333332
24.06.2025 13:58	2	1	49,983334	120,000000	32,0	21,0	2,20	1,01	0,041653	0,100000	-58,347225

Номер: 1288    Время: 24.06.2025 13:58

Новый

Отчет

**Параметры КМХ**

Рабочая линия: 2    Время зад., с: 3    Контрольная линия: 1    Пуск

Кол-во измерений: 5    Время, с:    Осталось измерений:    Прервать

Рисунок 8.11 - Основное окно программы «КМХ»

В левой части окна отображается список всех проведенных поверок. Список содержит в себе номер, дату и время создания поверки.

Кнопка «Новый» служит для создания новой поверки КМХ. Автоматически создастся и появится в списке новая «пустая» поверка с текущей датой и временем.

В верхней левой части окна расположен фильтр для выбора проведенных КМХ. Отфильтровать список можно по дате создания отчета и по номеру линии, на которой проводилась поверка. Нажатием правой кнопки мыши по измерению в списке, можно удалить проведенную поверку.

При нажатии на поверку в списке, автоматически в правой части окна подгружаются результаты поверки. Таблица результатов поверки содержит следующие данные: дату и время проведения измерения, рабочую линию, контрольную линию, расход через рабочий расходомер за замер, расход через контрольный расходомер за замер, температура рабочего расходомера, температура контрольного расходомера, давление рабочего расходомера, давление контрольного расходомера, масса рабочего расходомера, масса контрольного расходомера, погрешность измерения.

Для запуска новых измерений необходимо в нижней части окна выбрать номер рабочей линии из списка, номер контрольной линии, количество проводимых измерений и время одного измерения. После, необходимо нажатием левой кнопки мыши выбрать в списке поверку для начала измерения и убедиться, что необходимая поверка подсвечивается синим цветом. Нажать кнопку «Пуск».

Начнется процесс проведения КМХ. Во время работы программы недоступно изменение параметров. Поверка будет проводиться указанное количество времени. Во время поверки в нижней части окна динамически меняется текущая масса и оставшееся число измерений. После завершения каждого измерения в таблице результатов появится новая запись. Если оставшееся количество измерений больше нуля, то следующее измерение запустится автоматически. Измерение можно прервать нажатием на кнопку «Прервать», при этом прерванное измерение не будет добавлено в таблицу результатов.

Проведенное измерение можно удалить из таблицы нажатием правой кнопки мыши по выбранному измерению. Появится окно подтверждения удаления: нажмите «да» для удаления или «нет» для отмены (рисунок 8.12).

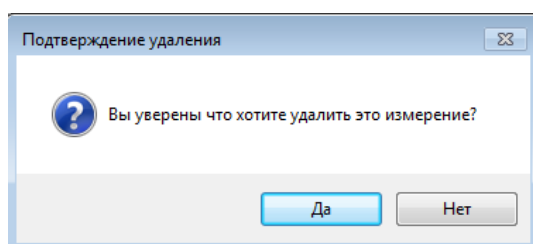


Рисунок 8.12 - Подтверждение удаления

После проведения измерений можно сформировать и вывести отчет. Для этого выберите в списке проведенных поверок необходимую поверку для отчета и нажмите кнопку «Отчет». Откроется окно с отчетом (рисунок 8.13).

**ПРОТОКОЛ № 1288**  
**КМХ рабочего ПР по контрольному ПР**

**Место проведения контроля МХ** УПСВ "Никольская"

**Рабочая ИЛ №:** 2 **Контрольная ИЛ №:** 1

**Тип рабочего ПР** RTTRE-qw 262 **Заводской №** 6128

**Тип контрольного ПР** RTTRE-qw 262 **Заводской №** 6129

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ**

№ изм.	Расход КР, т/ч	Темп. РР, т/ч	Давл. РР, т/ч	Темп. КР, т/ч	Давл. КР, т/ч	Масса РР, т/ч	Масса КР, т/ч	δ j, %
1	119,960	32,000	2,200	21,000	1,010	0,042	0,100	-58,333
2	120,000	32,000	2,200	21,000	1,010	0,042	0,100	-58,333
3	119,960	32,000	2,200	21,000	1,010	0,042	0,100	-58,333
4	120,000	32,000	2,200	21,000	1,010	0,042	0,100	-58,333

**Заключение**

Рабочий ПР не годен к дальнейшей эксплуатации

Подписи лиц, проводивших КМХ

Рисунок 8.13. Пример отчета КМХ

Из открывшегося окна можно вывести отчет на печать.

### «ТПУ»

«ТПУ» позволяет выполнить поверку массового или объемного расходомера по трубопоршневой поверочной установке.

Для запуска программы запустите файл TPU.jar. Запустится основное окно программы (рисунок 8.14). В случае отсутствия связи с вычислителем появится окно с предупреждением (рисунок 8.10).

Основную область окна занимает таблица с результатами измерения: номер точки измерения, номер измерения, расход, время ТПУ, температура на ТПУ, давление на ТПУ, плотность на расходомере, температура на расходомере, давление на расходомере, импульсы расходомера.

Перед началом измерения необходимо создать новую поверку. Нажмите на кнопку «Новый», откроется окно для создания поверки (рисунок 8.15).



Рисунок 8.15 - Новая поверка ТПУ (массовые и объемные счетчики)

Заполните все необходимые поля. Если влагомер не будет использоваться при поверке, установите галочку «не использовать влагомер», при этом появится поле для ввода влагосодержания. После заполнения нажмите на кнопку «Сохранить». Окно создания поверки закроется.

Кнопка редактировать позволяет изменить параметры текущей поверки. Нажатие на кнопку откроет окно идентичное созданию новой поверки, но с уже заполненными полями. После редактирования нажмите кнопку «Изменить» для применения изменений.

Главное окно отображает вместимость калиброванного участка и номер поверяемой линии. Для начала измерения выберите номер точки из списка на главном окне программы. Нажмите кнопку «Пуск» для запуска измерения. Если используются данные с влагомера, то во время проведения измерения появится окно для ввода влагосодержания (рисунок 8.16).

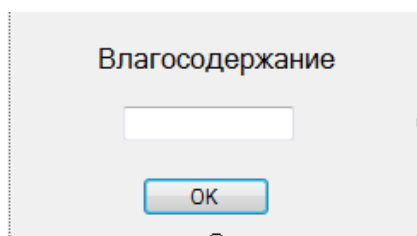
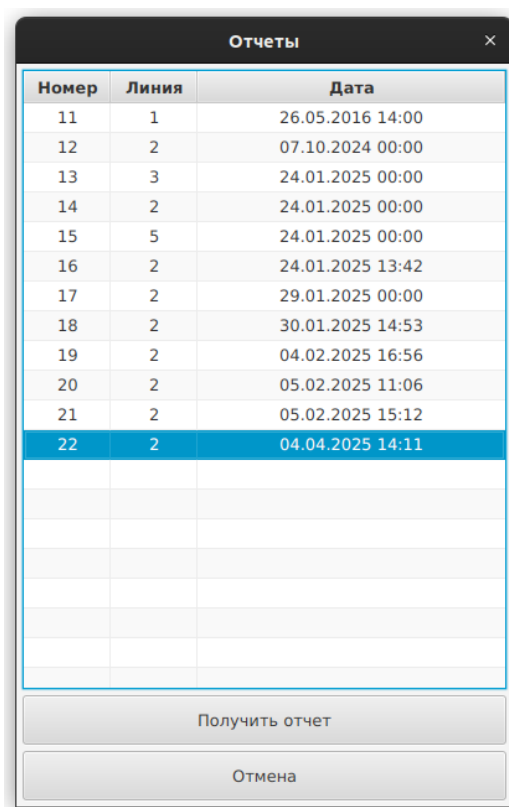


Рисунок 8.16. Ввод влагосодержания

После окончания измерения в таблице результатов появится с результатами измерения. Проведите необходимое количество измерений в выбранной точке или измените номер точки на следующий. Обратите внимание, что количество измерений в каждой точке должно быть одинаковым.

Нажатием на кнопку «Отчеты» открывается окно со всеми созданными поверками (рисунок 8.17).



Номер	Линия	Дата
11	1	26.05.2016 14:00
12	2	07.10.2024 00:00
13	3	24.01.2025 00:00
14	2	24.01.2025 00:00
15	5	24.01.2025 00:00
16	2	24.01.2025 13:42
17	2	29.01.2025 00:00
18	2	30.01.2025 14:53
19	2	04.02.2025 16:56
20	2	05.02.2025 11:06
21	2	05.02.2025 15:12
22	2	04.04.2025 14:11

Получить отчет

Отмена

Рисунок 8.17 - Выбор отчета

Выберите из списка необходимую поверку для формирования и отображения отчета и нажмите кнопку «Получить отчет». Для возврата в предыдущее окно нажмите кнопку «Отмена». Если выбран пункт «Получить отчет», то появится окно с отчетом следующего вида (в зависимости от вида поверки):

- рисунок 8.18 – для преобразователей массового расхода;
- рисунок 8.19 – для преобразователей объемного расхода при реализации ГХ в виде постоянного коэффициента преобразования в рабочем диапазоне;
- рисунок 8.20 – для преобразователей объемного расхода при реализации ГХ в виде постоянных коэффициентов преобразований в поддиапазонах расхода;
- рисунок 8.21 – для преобразователей объемного расхода при реализации ГХ в виде кусочно-линейной аппроксимации;
- рисунок 8.22 – для преобразователя объемного расхода, применяемого в качестве поверяемого).

# ПРОТОКОЛ № \_\_\_\_\_

поверки преобразователя массового расхода модели \_\_\_\_\_ по МИ 3151-2008

Место проведения поверки \_\_\_\_\_  
наименование ПСП \_\_\_\_\_ наименование владельца ПСП \_\_\_\_\_

Поверяемый массомер: сенсор \_\_\_\_\_ Ду \_\_\_\_\_ мм, зав. № \_\_\_\_\_; ПЭП \_\_\_\_\_ зав. № \_\_\_\_\_  
модель \_\_\_\_\_ модель \_\_\_\_\_

установлен на \_\_\_\_\_ ИЛ № \_\_\_\_\_ Рабочая жидкость \_\_\_\_\_  
СИХН(СИХНП, СИХЖУ)

Средства поверки: ТПУ типа 1 \_\_\_\_\_, разряд 1 \_\_\_\_\_, зав. № 1 \_\_\_\_\_, Дата поверки 26.05.2016

Поточный ПП типа 1 \_\_\_\_\_, зав. № 1 \_\_\_\_\_, Дата поверки 26.05.2016

Таблица 1 - Исходные данные

Трубопоршневой поверочной установки(ТПУ)							Поточного ПП			Массомера	
Детек-торы	ТПУ V <sub>0</sub> , м³	δ <sub>ТПУ</sub> , %	D, мм	S, мм	E, МПа	α <sub>т</sub> , °C⁻¹	Δt <sub>ТПУ</sub> , °C	δ <sub>ПП</sub> , %	Δt <sub>ПП</sub> , °C	уОИ δ <sub>к</sub> , %	ZS, т/ч
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Таблица 2 - Результаты единичных измерений и вычислений

№ точ/ № изм. (j / i)	Qij т/ч	Результаты измерений								Результаты вычислений			
		по ТПУ				по ПП		по массомеру					
		Детек- торы	Tij, с	tj, °C	Pij, МПа	ρij, кг/м³	tj, °C	Pij, МПа	Nij, имп	Vnpij, м³	ρnpij, кг/м³	Mij, т	KFij
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
/0													

Таблица 3 - Значения коэффициентов, использованных при вычислениях

t(p, n)	Z(p)
1	2

Таблица 4 - Результаты поверки

Точка расхо- да (j)	Q <sub>j</sub> , т/ч	KF <sub>j</sub> , имп/т	KF <sub>с</sub> диап, %	Δ <sub>до</sub> , %	KF <sub>д</sub> диап, имп/т	KF <sub>θ</sub> диап, %	ε <sub>к</sub> , %	θ <sub>Σ</sub> , %	δ, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Заключение: массомер к дальнейшей эксплуатации \_\_\_\_\_ в качестве \_\_\_\_\_  
годен или не годен \_\_\_\_\_ рабочего и контрольного, или контрольного или рабочего

Выдано свидетельство о поверке от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_ (заполняет только при положительных результатах поверки)

Поверитель \_\_\_\_\_  
наименование поверяющей организации \_\_\_\_\_ подпись \_\_\_\_\_ инициалы, фамилия \_\_\_\_\_

Дата поверки «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года

Рисунок 8.18 - Отчет ТПУ (для преобразователей массового расхода)



**ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ № \_\_\_\_\_**

**преобразователя объемного расхода модели (типа) \_\_\_\_\_ по МИ 3380-2012**

**Место проведения поверки** \_\_\_\_\_  
наименование объекта (ПСП, НСП) и наименование владельца объекта

**Поверяемый преобразователь: тип (модель) \_\_\_\_\_, DN \_\_\_\_\_ мм, PN \_\_\_\_\_ МПа, зав. № \_\_\_\_\_,**  
модель

**установлен на \_\_\_\_\_ ИЛ № \_\_\_\_\_, Рабочая жидкость \_\_\_\_\_,**  
СИЖ (СИЖНС, СИЖНП, СИЖКУ)

**ПУ: \_\_\_\_\_, разряд \_\_\_\_\_, зав. № \_\_\_\_\_, PN \_\_\_\_\_ МПа, дата поверки \_\_\_\_\_**  
ТПУ (стационар, или моб.) или компакт-привер, тип

Таблица 1 - Исходные данные

Поверочной установки (ПУ)									СОИ	Преобразователя
Детекторы ПУ	$V_0$ , м³	$\delta_{ПУ}$ , %	D, мм	S, мм	E, МПа	$\alpha_t$ , °C⁻¹	$\alpha_{t,CT}$ , °C⁻¹	$\Delta t_{ПУ}$ , °C	$\delta_{СОИ}^{(K)}$ , %	$\Delta t_{ПР}$ , °C
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Таблица 2 - Результаты измерений и вычислений

№ точ/ № изм. (j / i)	Q <sub>ij</sub> т/ч	Результаты измерений								
		Детекторы ПУ	T <sub>ij</sub> , °C	t <sub>ij</sub> <sup>ПУ</sup> , °C	P <sub>ij</sub> <sup>ПУ</sup> , МПа	t <sub>ij</sub> <sup>СТ</sup> , °C	f <sub>ij</sub> , Гц	t <sub>ij</sub> <sup>ПР</sup> , °C	P <sub>ij</sub> <sup>ПР</sup> , МПа	N <sub>ij</sub> , имп
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Окончание таблицы 2

№ точ/ № изм. (j / i)	Результаты измерений				Результаты вычислений					
	P <sub>ij</sub> , кг/м³	t <sub>ij</sub> <sup>ПП</sup> , °C	P <sub>ij</sub> <sup>ПП</sup> , МПа	W <sub>aij</sub> , % об.дол.	V <sub>ij</sub> <sup>ПУ</sup> , м³	K <sub>ij</sub> , имп/м³	CTL <sub>ij</sub> <sup>ПУ</sup>	CPL <sub>ij</sub> <sup>ПУ</sup>	CTL <sub>ij</sub> <sup>ПР</sup>	CPL <sub>ij</sub> <sup>ПР</sup>
1	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21

Таблица 3 - Значения коэффициентов, использованных при вычислениях

t(p, n)	Z(p)
1	2

Таблица 4 - Результаты поверки

Q <sub>min</sub> , м³/ч	Q <sub>max</sub> , м³/ч	S <sub>d</sub> , %	K <sub>d</sub> , имп/м³	ε <sub>d</sub> , %	θ <sub>ad</sub> , %	θ <sub>Σd</sub> , %	δ <sub>d</sub> , %
1	2	3	4	5	6	7	8

Заключение: преобразователь объемного расхода \_\_\_\_\_ и \_\_\_\_\_ к  
годен или не годен допущен или недопущен  
 применению в качестве \_\_\_\_\_  
рабочего или референс-контрольного

Поверитель \_\_\_\_\_  
наименование поверяющей организации подпись инициалы, фамилия  
 Дата поверки « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г

Рисунок 8.19 - Отчет ТПУ (для преобразователей объемного расхода при реализации ГХ в виде постоянного коэффициента преобразования в рабочем диапазоне; рисунок)

**ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ № \_\_\_\_\_**

**преобразователя объемного расхода модели (типа) \_\_\_\_\_ по МИ 3380-2012**

**Место проведения поверки** \_\_\_\_\_  
наименование объекта (ПСР, НСП) и наименование владельца объекта

**Поверяемый преобразователь: тип (модель) \_\_\_\_\_, DN \_\_\_\_\_ мм, PN \_\_\_\_\_ МПа, зав. № \_\_\_\_\_,**  
модель

**установлен на \_\_\_\_\_ ИЛ № \_\_\_\_\_, Рабочая жидкость \_\_\_\_\_,**  
СИЖН (СИЖНС, СИЖНП, СИЖНУ)

**ПУ: \_\_\_\_\_, разряд \_\_\_\_\_, зав. № \_\_\_\_\_, PN \_\_\_\_\_ МПа, дата поверки \_\_\_\_\_**  
ТПУ (стационар. или моб.) или компакт-преув., тип

Таблица 1 - Исходные данные

Поверочной установки (ПУ)									СОИ	Преобразователя
Детекторы ПУ	$V_0$ , м <sup>3</sup>	$\delta_{пу}$ , %	D, мм	S, мм	E, МПа	$\alpha_t$ , °C <sup>-1</sup>	$\alpha_t^{CT}$ , °C <sup>-1</sup>	$\Delta t_{пу}$ , °C	$\delta_{сои}^{(k)}$ , %	$\Delta t_{пр}$ , °C
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Таблица 2 - Результаты измерений и вычислений

№ точ/ № изм. (j / i)	$Q_{ij}$ т/ч	Результаты измерений								
		Детекторы ПУ	$T_{ij}$ , °C	$t_{ij}^{ПУ}$ , °C	$P_{ij}^{ПУ}$ , МПа	$t_{ij}^{CT}$ , °C	$f_{ij}$ , Гц	$t_{ij}^{ПР}$ , °C	$P_{ij}^{ПР}$ , МПа	$N_{ij}$ , имп
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Окончание таблицы 2

№ точ/ № изм. (j / i)	Результаты измерений				Результаты вычислений					
	$\rho_{ij}$ , кг/м <sup>3</sup>	$\eta_{ij}$ , °C	$\eta_{ij}^{ПР}$ , МПа	$W_{aj}$ , % об.дол.	$V_{ij}$ , м <sup>3</sup>	$K_{ij}$ , имп/м <sup>3</sup>	$CTL_{ij}$ , °C	$CPL_{ij}$ , °C	$CTL_{ij}^{ПР}$ , °C	$CPL_{ij}^{ПР}$ , °C
1	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21

Таблица 3 - Значения коэффициентов, использованных при вычислениях

№ поддиапазона (k)	$t(p, n)$	$Z(p)$
1	2	3

Таблица 4 - Результаты поверки

№ поддиапазона (k)	$Q_{min k}$ , м <sup>3</sup> /ч	$Q_{max k}$ , м <sup>3</sup> /ч	$S_{pdk}$ , %	$K_{pdk}$ , имп/м <sup>3</sup>	$\epsilon_{pdk}$ , %	$\theta_{apdk}$ , %	$\theta_{\Sigma pdk}$ , %	$\delta_{pdk}$ , %
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Заключение: преобразователь объемного расхода \_\_\_\_\_ и \_\_\_\_\_ к \_\_\_\_\_  
подан или не подан допущен или не допущен

применению в качестве \_\_\_\_\_  
разбачного или размерно-контрольного

Поверитель \_\_\_\_\_  
наименование поверяющей организации подпись инициалы, фамилия

Рисунок 8.20 - Отчет ТПУ (для преобразователей объемного расхода при реализации ГХ в виде постоянных коэффициентов преобразований в поддиапазонах расхода; рисунок)

**ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ № \_\_\_\_\_**

**преобразователя объемного расхода модели (типа) \_\_\_\_\_ по МИ 3380-2012**

**Место проведения поверки** \_\_\_\_\_  
наименование объекта (ПСП, НСП) и наименование владельца объекта

**Поверяемый преобразователь: тип (модель) \_\_\_\_\_, DN \_\_\_\_\_ мм, PN \_\_\_\_\_ МПа, зав. № \_\_\_\_\_,**  
модель

**установлен на \_\_\_\_\_ ИЛ № \_\_\_\_\_, Рабочая жидкость \_\_\_\_\_,**  
СИЖ (СИЖНС, СИЖНП, СИЖКУ)

**ПУ: \_\_\_\_\_, разряд \_\_\_\_\_, зав. № \_\_\_\_\_, PN \_\_\_\_\_ МПа, дата поверки \_\_\_\_\_**  
ТПУ (стационар. или моб.) или компакт-провер, тип

Таблица 1 - Исходные данные

Поверочной установки (ПУ)									СОИ	Преобразователя
Детекторы ПУ	$V_0^{ПУ}$ , м³	$\delta_{ПУ}$ , %	D, мм	S, мм	E, МПа	$\alpha_t$ , °C <sup>-1</sup>	$\alpha_t^{СТ}$ , °C <sup>-1</sup>	$\Delta t_{пу}$ , °C	$\delta_{сои}^{(k)}$ , %	$\Delta t_{пр}$ , °C
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Таблица 2 - Результаты измерений и вычислений

№ точ./ № изм. (j / i)	Q <sub>ij</sub> т/ч	Результаты измерений								
		Детекторы ПУ	T <sub>ij</sub> , °C	t <sub>ij</sub> <sup>ПУ</sup> , °C	P <sub>ij</sub> <sup>ПУ</sup> , МПа	t <sub>ij</sub> <sup>СТ</sup> , °C	f <sub>ij</sub> , Гц	t <sub>ij</sub> <sup>ПР</sup> , °C	P <sub>ij</sub> <sup>ПР</sup> , МПа	N <sub>ij</sub> , имп
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Окончание таблицы 2

№ точ./ № изм. (j / i)	Результаты измерений				Результаты вычислений					
	$\rho_{ij}$ , кг/м³	t <sub>ij</sub> <sup>ПР</sup> , °C	P <sub>ij</sub> <sup>ПР</sup> , МПа	W <sub>алj</sub> , % об.дол.	V <sub>ij</sub> <sup>ПУ</sup> , м³	K <sub>ij</sub> , имп/м³	CTL <sub>ij</sub> <sup>ПУ</sup>	CPL <sub>ij</sub> <sup>ПУ</sup>	CTL <sub>ij</sub> <sup>ПР</sup>	CPL <sub>ij</sub> <sup>ПР</sup>
1	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21

Таблица 3 - Значения коэффициентов, использованных при вычислениях

№ поддиапазона (k)	t(p, n)	Z(p)
1	2	3

Таблица 4 - Результаты поверки

№ точки (j)	Q <sub>j</sub> , м³/ч	f <sub>j</sub> , м³/ч	K <sub>j</sub> , имп/м³	№ поддиапазона (k)	Q <sub>min k</sub> , м³/ч	Q <sub>max k</sub> , м³/ч	Spdk, %	ε <sub>pdk</sub> , %	θ <sub>apdk</sub> , %	θ <sub>Σpdk</sub> , %	δ <sub>pdk</sub> , %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Заключение: преобразователь объемного расхода \_\_\_\_\_ и \_\_\_\_\_ к  
годен или не годен допущен или не допущен  
 применению в качестве \_\_\_\_\_  
рабочего или сравнительно-контрольного

Поверитель \_\_\_\_\_  
наименование поверяющей организации подпись инициалы, фамилия

Рисунок 8.21 - Отчет ТПУ (для преобразователей объемного расхода при реализации ГХ в виде кусочно-линейной аппроксимации; рисунок)



Из открывшегося окна можно вывести отчет на печать.

Также на главной форме ТПУ в верхней левой части экрана расположена кнопка «О программе». При нажатии появляется окно с информацией о программе и расчет контрольной суммы MD5 для метрологически значимой части TPULibrary.dll, и ее версии (рисунок 8.23). На окне отображается название ПО, текущая версия, версия библиотеки и контрольная сумма MD5. Для считывания версии библиотеки и расчета контрольной суммы нажмите кнопку «Рассчитать MD5». Появится рассчитанная контрольная сумма (рисунок 8.24).

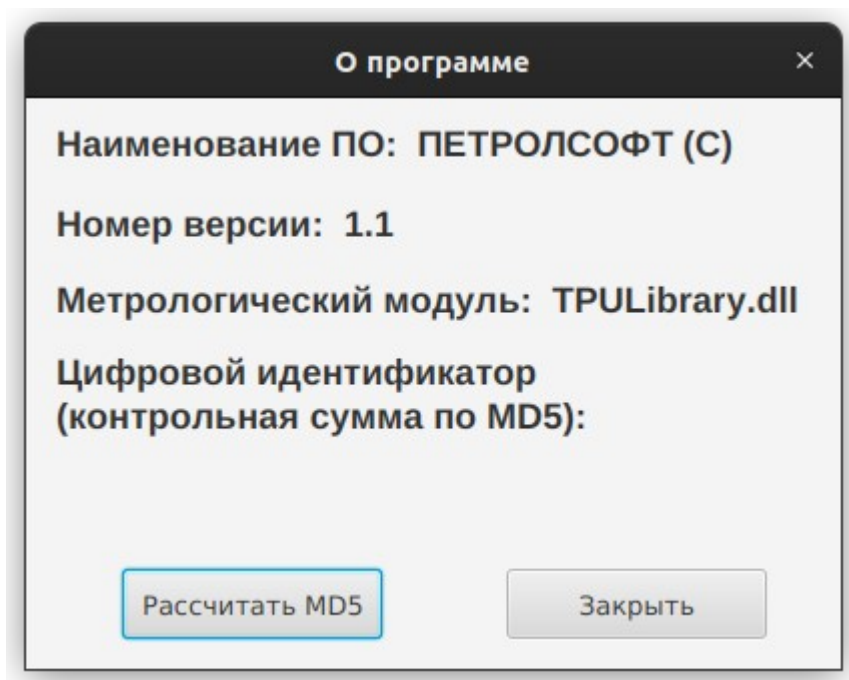


Рисунок 8.23. Окно «О программе»

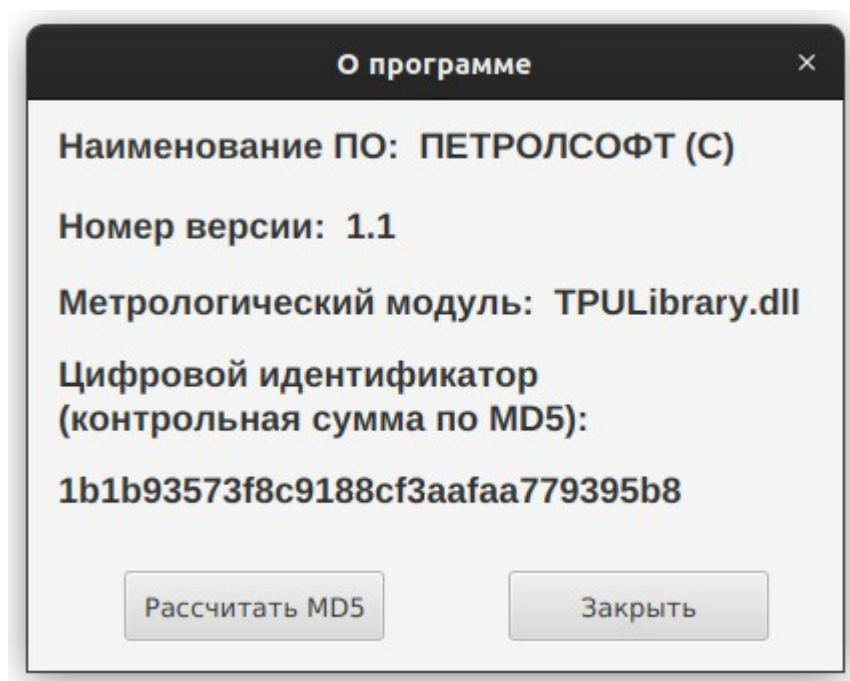


Рисунок 8.24. Расчет контрольной суммы

## 9. Описание реализованных методов защиты ПО и данных

Доступ к данным и настройкам ИВК защищен средствами администрирования и безопасности ИВК.

Данные, сохраняемые в БД PostgreSQL, защищены средствами администрирования и безопасности PostgreSQL.

Попытка изменить файлы расчетных модулей приведет к изменению их контрольной суммы, а также приведет к невозможности вызова расчетных библиотек с выдачей соответствующей ошибки.

## 10. Необходимое предустановленное ПО

Для корректной работы ПО «ПЕТРОЛСОФТ» необходимо, чтобы на АРМ оператора было установлено следующее программное обеспечение:

- Java SE Development Kit 21.0.7;
- PostgreSQL 15 или выше;
- JavaFX 17.0.15;
- .NET Runtime 6.0.36.

Требования к системным и аппаратным средствам определяются системными требованиями указанного выше ПО. Кроме того, для работы ПО «ПЕТРОЛСОФТ» необходимо:

- Операционная система Astra Linux 1.7 или выше.
- Процессор совместимый с Intel, имеющий частоту не ниже 1 ГГц.
- ОЗУ не менее 1 ГБ
- Объем жесткого диска не менее 100 ГБ дискового пространства.

# 11. Приложение 1. Краткое описание алгоритма расчета массы нетто нефти товарной и нефтепродуктов.

Исходные данные:

измеряемая жидкость: нефть товарная или нефтепродукты

$K_0, K_1, K_2$  - коэффициенты для расчета плотности по Р 50.2.076-2010

$V_{ил}, t_{ил}, P_{ил}$  - объем (мЗ), температура (°С) и избыточное давление (МПа) жидкости в измерительной линии.

( $m_{ил}$  - либо масса (кг) жидкости в измерительной линии вместо объема.)

$\rho_{БИК}, t_{БИК}, P_{БИК}$   
( $\rho_{лаб}, t_{лаб}$ ) - плотность (кг/мЗ), измеренная преобразователем плотности, температура (°С) и избыточное давление (МПа) жидкости в БИК. (Либо плотность (кг/мЗ) и температура (°С) жидкости в лаборатории).

$\rho_{лаб.В}$  - лабораторная плотность (кг/мЗ) воды в жидкости при 20С.

$W_{О.В}$  - объемная доля воды (%) в жидкости, измеренная проточным влагомером

( $W_{О.В.лаб}$  или  $W_{М.В.лаб}$ ) (либо объемная доля воды (%) в жидкости, измеренная в лаборатории при 20°С, либо массовая доля воды (%) в жидкости, измеренная в лаборатории)

$W_{Х.С}, W_{М.П}$  - массовые доли (%) хлористых солей и механических примесей, измеренных в лаборатории.



1. Находим плотность  $\rho_{15}$  и коэффициент объемного расширения  $\beta_{15}$  жидкости при 15°C методом «прямых подстановок»

$\rho_{\text{БИК}}, t_{\text{БИК}}, P_{\text{БИК}}$	$\rho_{\text{лаб}}, t_{\text{лаб}}$
$\beta(0)_{15} = \frac{K_0 + K_1 \rho_{\text{БИК}}}{\rho_{\text{БИК}}^2} + K_2$ $\gamma(0)_{t_{\text{БИК}}} = 10^{-3} \exp \left( -1,62080 + 0,00021592 \cdot t_{\text{БИК}} + \frac{0,87096 \cdot 10^6}{\rho_{\text{БИК}}^2} + \frac{4,2092 \cdot t_{\text{БИК}} \cdot 10^3}{\rho_{\text{БИК}}^2} \right)$ $\rho(0)_{15} = \frac{\rho_{\text{БИК}} (1 - \gamma(0)_{t_{\text{БИК}}} P_{\text{БИК}})}{\exp \left( -\beta(0)_{15} (t_{\text{БИК}} - 15) (1 + 0,8 \beta(0)_{15} (t_{\text{БИК}} - 15)) \right)}$	$\beta(0)_{15} = \frac{K_0 + K_1 \rho_{\text{лаб}}}{\rho_{\text{лаб}}^2} + K_2$ $\rho(0)_{15} = \frac{\rho_{\text{лаб}}}{\exp \left( -\beta(0)_{15} (t_{\text{лаб}} - 15) (1 + 0,8 \beta(0)_{15} (t_{\text{лаб}} - 15)) \right)}$
$\beta(i)_{15} = \frac{K_0 + K_1 \rho(i-1)_{15}}{\rho(i-1)_{15}^2} + K_2$ $\gamma(i)_{t_{\text{БИК}}} = 10^{-3} \exp \left( -1,62080 + 0,00021592 \cdot t_{\text{БИК}} + \frac{0,87096 \cdot 10^6}{\rho(i-1)_{15}^2} + \frac{4,2092 \cdot t_{\text{БИК}} \cdot 10^3}{\rho(i-1)_{15}^2} \right)$ $\rho(i)_{15} = \frac{\rho_{\text{БИК}} (1 - \gamma(i)_{t_{\text{БИК}}} P_{\text{БИК}})}{\exp \left( -\beta(i)_{15} (t_{\text{БИК}} - 15) (1 + 0,8 \beta(i)_{15} (t_{\text{БИК}} - 15)) \right)}$	$\beta(i)_{15} = \frac{K_0 + K_1 \rho(i-1)_{15}}{\rho(i-1)_{15}^2} + K_2$ $\rho(i)_{15} = \frac{\rho_{\text{лаб}}}{\exp \left( -\beta(i)_{15} (t_{\text{лаб}} - 15) (1 + 0,8 \beta(i)_{15} (t_{\text{лаб}} - 15)) \right)}$

$$n=i, \text{при } |\rho(i)_{15} - \rho(i-1)_{15}| < 0,01$$

i=1,n

$$\beta_{15} = \beta(n)_{15}$$

$$\rho_{15} = \rho(n)_{15}$$

$$\rho_{\text{БИК}} = \rho_{15} \frac{\exp\left(-\beta_{15}(t_{\text{БИК}} - 15)\left(1 + 0,8\beta_{15}(t_{\text{БИК}} - 15)\right)\right)}{(1 - \gamma_{\text{БИК}} P_{\text{БИК}})}$$

При отсутствии данных плотномер в БИК

2.

Объемный счетчик	Массомер
<p>Коэффициент сжимаемости <math>\gamma_{\text{ИЛ}}</math> жидкости в условиях измерительной линии:</p> $\gamma_{\text{ИЛ}} = 10^{-3} \exp\left(-1,62080 + 0,00021592 \cdot t_{\text{ИЛ}} + \frac{0,87096 \cdot 10^6}{\rho_{15}^2} + \frac{4,2092 \cdot t_{\text{ИЛ}} \cdot 10^3}{\rho_{15}^2}\right)$ <p>Объем жидкости <math>V_{15}</math> в нормальных условиях:</p> $V_{15} = V_{\text{ИЛ}} \frac{\exp\left(-\beta_{15}(t_{\text{ИЛ}} - 15)\left(1 + 0,8\beta_{15}(t_{\text{ИЛ}} - 15)\right)\right)}{(1 - \gamma_{\text{ИЛ}} P_{\text{ИЛ}})}$ <p>Масса <math>m</math> жидкости (брутто):</p> $m = V_{15} \rho_{15}$	<p>Объем жидкости <math>V_{15}</math> в нормальных условиях:</p> $V_{15} = \frac{m_{\text{ИЛ}}}{\rho_{15}}$

3. Находим массовую долю воды  $W_{M.B}$  в зависимости от исходных данных:

$W_{O.B}$	$W_{O.B. \text{лаб}}$	$W_{M.B. \text{лаб}}$
$\rho_{PY}^B = \frac{\rho_{\text{лаб}}^B}{(1 + \beta^B (t_{\text{БИК}} - 20)) (1 - \gamma^B P_{\text{БИК}})}$ <p><math>\beta^B</math> - ГСССД 2-89</p> <p><math>\gamma^B</math> - ГСССД 98-86</p> $W_{M.B} = W_{O.B} \frac{\rho_{PY}^B}{\rho_{\text{БИК}}}$	$\rho_{20} = \rho_{15} \exp(-5 \beta_{15} (1 + 4 \beta_{15}))$ $W_{M.B} = W_{O.B. \text{лаб}} \frac{\rho_{\text{лаб}}^B}{\rho_{20}}$	$W_{M.B} = W_{M.B. \text{лаб}}$

Находим массу балласта:

$$m_{\text{б}} = m \cdot \frac{W_{M.B} + W_{X.C} + W_{M.П}}{100}$$

Находим массу нетто:

$$m_{\text{н}} = m - m_{\text{б}}$$

## 12. Приложение 2. Краткое описание алгоритма расчета при проведении поверки преобразователей массового расхода на ТПУ.

1. Находим плотность  $\rho_{15}$  и коэффициент объемного расширения  $\beta_{15}$  жидкости при 15 °С методом «прямых подстановок»

$$\beta(0)_{15} = \frac{K_0 + K_1 \rho_{\text{лаб}}}{\rho_{\text{лаб}}^2} + K_2$$

$$\rho(0)_{15} = \frac{\rho_{\text{лаб}}}{\exp\left(-\beta(0)_{15}(t_{\text{лаб}} - 15)\left(1 + 0,8\beta(0)_{15}(t_{\text{лаб}} - 15)\right)\right)}$$

$$\beta(i)_{15} = \frac{K_0 + K_1 \rho(i-1)_{15}}{\rho(i-1)_{15}^2} + K_2$$

$$\rho(i)_{15} = \frac{\rho_{\text{лаб}}}{\exp\left(-\beta(i)_{15}(t_{\text{лаб}} - 15)\left(1 + 0,8\beta(i)_{15}(t_{\text{лаб}} - 15)\right)\right)}$$

$$n = i, \text{пу} |\rho(i)_{15} - \rho(i-1)_{15}| < 0,01$$

$$i = 1, n$$

$$\beta_{15} = \beta(n)_{15}$$

$$\rho_{15} = \rho(n)_{15}$$

$K_0, K_1, K_2$  – берутся из таблицы 1.

2. Находим  $KF_{ij}$  - значение К-фактора для i-ого измерения в j-ой точке расхода:

$j = 1, \text{MaxTochka}$

$i = 1, \text{MaxIzm}$

$$\beta_{ij}^{nn} = \beta_{15^{nn}}^{ij}$$

$$\gamma_{ij}^{nn} = -3 \left( -1,62080 + 0,0002159 \cdot t_{ij}^{nn} + \frac{8,7096 \cdot 10^5}{\rho_{15}^2} + \frac{4,2092 \cdot t_{ij}^{nn} \cdot 10^3}{\rho_{15}^2} \right)$$

Если  $W_{ij} \leq 5$ , то

$$\beta_{ij}^{nn} = 2.6 \times 10^{-4}$$

Иначе

$$\beta_{ij}^{nn} = \frac{CTL(t_{ij}^{nn}, W_{vxc}) - CTL(20, W_{vxc})}{CTL(20, W_{vxc}) \times (20 - t_{ij}^{nn})}, \text{ где}$$

$W_{vxc} = W_{vxcCalc}(\rho_{ng}^{nab});$

$W_{vxc}$  – массовая доля хлористый солей (берется из таблицы А.1)

$$CTL(t, W_{xc}) = 1 - (1.8525 \times 10^{-4} + 1.2882 \times 10^{-5} \times W_{xc} \times (t - 15)) - (4.1151 \times 10^{-6} - 1.4467 \times 10^{-7} \times W_{xc}) \times (t - 15)^2 + (7.1926 \times 10^{-9} - 1.3085 \times 10^{-10} \times W_{xc}) \times (t - 15)^3$$

$$\gamma^e = 49.1 \times 10^{-5}$$

$$\beta_{ij^{ж}} = \beta_{ij^{н}} \times \left(1 - \frac{W_{ij}}{100}\right) + \beta_{ij^{с}} \times \frac{W_{ij}}{100}$$

$$\gamma_{ij^{ж}} = \gamma_{ij^{н}} \times \left(1 - \frac{W_{ij}}{100}\right) + \gamma^с \times \frac{W_{ij}}{100}$$

$$V_{np\ ij^{мны}} = V_{0^{мны}} \times (1 + 3\alpha_t \times (t_{ij^{мны}} - 20)) \times \left(1 + \frac{0.95 \times D}{E \times S}\right) \times P_{ij^{мны}}$$

$$\rho_{npj^{nn}} = \rho_{ij^{nn}} \times (1 + \beta_{ij^{ж}} \times (t_{ij^{nn}} - t_{ij^{мны}})) \times (1 + \gamma_{ij^{ж}} \times (P_{ij^{мны}} - P_{ij^{nn}}))$$

$$M_{ij^{p3}} = V_{np\ ij^{мны}} \times \rho_{npj^{nn}} \times 10^{-3}$$

$$KF_{ij} = \frac{N_{ij^{mac}}}{M_{ij^{p3}}}$$

3. Находим среднее значение К-фактора и средний расход в j-ой точке

$$KF_j = \frac{\sum_{i=1}^{MaxIzm} KF_{ij}}{MaxIzm}$$

$$Q_j = \frac{\sum_{i=1}^{MaxIzm} Q_{ij}}{MaxIzm}$$

4. Находим СКО

$$S_{\partial uan^{KF}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{MaxTochka \times MaxIzm} \left( \frac{KF_{ij} - KF_j}{KF_j} \right)^2}{MaxTochka \times MaxIzm - 1}} \times 100$$

5. Находим среднее значение К-фактора для всего диапазона

$$KF_{\partial uan} = \frac{\sum_{j=1}^{MaxTochka} KF_j}{MaxTochka}$$

6. Находим случайную составляющую погрешности

$t_{(P,n)}$  - по таблице Е.1

$$\varepsilon = t_{(P,n)} \times S_{\partial uan^{KF}}$$

7. Находим составляющую систематической погрешности, обусловленной аппроксимацией ГХ массомера в рабочем диапазоне расхода

$$\Theta_{\partial uan^{KF}} = \left| \frac{KF_j - KF_{\partial uan}}{KF_{\partial uan}} \times 100 \right|_{\max}$$

8. Находим дополнительную составляющую систематической погрешности

$$\beta_{\max^{жс}} = (\beta_{ij^{жс}})_{\max}$$

$$\Theta_t = \beta_{\max^{жс}} \times \sqrt{\Delta t_{mny^2} + \Delta t_{nn^2}} \times 100$$

9. Находим относительную погрешность стабильности нуля

$$Q_{\min} = (Q_{ij})_{\min}$$

$$Q_{\max} = (Q_{ij})_{\max}$$

$$\delta_{0\text{ mac}} = \frac{ZS}{Q_{\min} + Q_{\max}} \times 100$$

10. Находим систематическую погрешность массомера

2

2

2

$$\delta_{\text{мн}} = \sqrt{\delta_{\text{мн}}^2 + \delta_{\text{т}}^2 + \delta_{\text{т}}^2 + \delta_{\text{т}}^2} \quad \text{Находим относительную погрешность массомера}$$

$$\sum_{\Theta} = 1.1 \times \sqrt{\Theta}$$

$$\text{Если } \frac{\Theta_{\Sigma}}{S_{\partial \text{уан}}^{\text{KF}}} > 8, \text{ то}$$

$$\delta = \Theta_{\Sigma}$$

иначе

$$\delta = Z_{(P)} \times (\Theta_{\Sigma} + \varepsilon)$$

$Z_{(P)}$  - по таблице Е.2



Таблица А.1. Зависимость массовой доли хлористых солей в пластовой воде от плотности пластовой воды

$\rho_{пв}^{лаб}$	W <sub>VXC</sub>	$\rho_{пв}^{лаб}$	W <sub>VXC</sub>	$\rho_{пв}^{лаб}$	W <sub>VXC</sub>
1012	2	1070	10	1132	18
1026	4	1085	12	1148	20
1041	6	1101	14	1164	22
1055	8	1116	16	1180	24
				1197	26

Таблица 1 – Значения коэффициентов  $K_0$ ,  $K_1$  и  $K_2$

Наименование группы		Диапазон плотности при 15 °С, кг/м <sup>3</sup>	$K_0$	$K_1$	$K_2$
Нефть		$611,2 \leq \rho_{15} < 1163,8$	613,9723	0,0000	0,0000
Группы нефте- продуктов	Бензины	$611,2 \leq \rho_{15} < 770,9$	346,4228	0,43884	0,0000
	Топлива, занимающие по плотности промежуточное место между бензинами и керосинами	$770,9 \leq \rho_{15} < 788,0$	2690,7440	0,00000	-0,0033762
	Топлива для реактивных двигателей, авиационное реактивное топливо ДЖЕТ А, керосины	$788,0 \leq \rho_{15} < 838,7$	594,5418	0,0000	0,0000
	Дизельные топлива, печные топлива, мазуты	$838,7 \leq \rho_{15} < 1163,9$	186,9696	0,4862	0,0000
Смазочные масла нефтяного происхождения, полученные из дистилятных масляных фракций с температурой кипения выше 370 °С		$801,3 \leq \rho_{15} < 1163,9$	0,0000	0,6278	0,0000
<p>Примечания</p> <p>1. Нефтепродукты разделены на группы, имеющие внутри подгруппы, в указанном в таблице диапазоне плотности, аналогичные характеристики зависимости между коэффициентом объемного расширения <math>\beta_{15}</math> и плотность нефтепродукта <math>\rho_{15}</math>. Наименование групп носит условный характер.</p> <p>2. Рекомендуется при расчетах плотности нефтепродуктов, выпускаемых отечественными производителями, применять значения коэффициентов <math>K_0</math>, <math>K_1</math> и <math>K_2</math>, уточненные по результатам экспериментальных и теоретических работ и утвержденные в установленном порядке.</p> <p>3. Если значение плотности нефтепродукта <math>\rho_{15}</math> попадает в диапазон плотности, соответствующей другой группе нефтепродуктов, то при расчете плотности конкретного нефтепродукта, в связи с условным наименованием групп, следует применять значения коэффициентов <math>K_0</math>, <math>K_1</math> и <math>K_2</math> той</p>					

подгруппы нефтепродуктов, которой соответствует его плотность  $\rho_{15}$ . Так, например, бензин с плотностью  $\rho_{15}$  более 770,9 кг/м<sup>3</sup> следует относить к подгруппе «топлива, занимающие по плотности промежуточное место между бензинами и керосинами» и расчет плотности проводить по коэффициентам, соответствующим данной подгруппе.

Таблица Е.1 – Значения квантиля распределения Стьюдента ( $t_{(P,n)}$ ) при  $P=0,95$

n-1	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$t_{(P,n)}$	2,57 1	2,44 7	2,36 5	2,30 6	2,26 2	2,22 8	2,20 3	2,17 9	2,16 2	2,14 5	2,13 2

Продолжение таблицы Е.1

n-1	16	17	18	19	20
$t_{(P,n)}$	2,12 0	2,11 0	2,10 1	2,09 3	2,08 6

Таблица Е.2 – Значения коэффициента  $Z_{(P)}$  при  $P=0,95$

$\Theta_{\Sigma}/S$	0,5	0,75	1	2	3	4	5	6	7	8
$Z_{(P)}$	0,81	0,77	0,74	0,71	0,73	0,76	0,78	0,79	0,80	0,81

### 13. Приложение 3. Краткое описание алгоритма расчета при проведении поверки преобразователей объемного расхода на ПУ.

1. Находим плотность  $\rho_{15}$  жидкости при 15 °С методом «прямых подстановок»  
Если ввели лабораторную плотность и температуру при создании поверки, то:

$$\rho_n = \rho_{n^{lab}}$$

$$t_n = t_{n^{lab}}$$

$$P_n = 0$$

Если лабораторная плотность не введена, то используем данные ПП

$$\rho_n = \rho_{ij^{mn}}$$

$$t_n = t_{ij^{mn}}$$

$$P_n = P_{ij^{mn}}$$

$$\beta(0)_{15} = \frac{K_0 + K_1 \rho_h}{\rho_h^2} + K_2$$

$$\rho(0)_{15} = \frac{\rho_h \times (1 - 10^{-3} \times P_h \times \exp(-1.6208 + 2.159 \times 10^{-4} \times t_h + \frac{0.87096 \times 10^6 + 4.2092 \times 10^3 \times t_h}{\rho_h^2}))}{\exp(-\beta(0)_{15}(t_h - 15)(1 + 0.8\beta(0)_{15}(t_h - 15)))}$$

$$\beta(i)_{15} = \frac{K_0 + K_1 \rho(i-1)_{15}}{\rho(s-1)_{15}^2} + K_2$$

$$\rho(s)_{15} = \frac{\rho_h \times (1 - 10^{-3} \times P_h \times \exp(-1.6208 + 2.159 \times 10^{-4} \times t_h + \frac{0.87096 \times 10^6 + 4.2092 \times 10^3 \times t_h}{\rho(s-1)_{15}^2}))}{\exp(-\beta(i)_{15}(t_h - 15)(1 + 0.8\beta(i)_{15}(t_h - 15)))}$$

$$n = s, npu |\rho(s)_{15} - \rho(s-1)_{15}| < 0,01$$

$$s = 1, n$$

i - maxTochka

j - maxIzm

$$\rho_{15_{ij}} = \rho(n)_{15}$$

$K_0, K_1, K_2$  - берутся из таблицы 1.

2. Находим поправочные коэффициенты  $CTL_{ij^{ny}}$ ,  $CTL_{ij^{np}}$ ,  $CPL_{ij^{ny}}$ ,  $CPL_{ij^{np}}$

$$CTL_{ij^{ny}} = \exp \left( - \left( \frac{K_0 + K_1 \times \rho_{15ij}}{\rho_{15ij}^2} + K_2 \right) \times (t_{ij^{ny}} - 15) \times \left( 1 + 0.8 \times \left( \frac{K_0 + K_1 \times \rho_{15ij}}{\rho_{15ij}^2} + K_2 \right) \times (t_{ij^{ny}} - 15) \right) \right)$$

$$CTL_{ij^{np}} = \exp \left( - \left( \frac{K_0 + K_1 \times \rho_{15ij}}{\rho_{15ij}^2} + K_2 \right) \times (t_{ij^{np}} - 15) \times \left( 1 + 0.8 \times \left( \frac{K_0 + K_1 \times \rho_{15ij}}{\rho_{15ij}^2} + K_2 \right) \times (t_{ij^{np}} - 15) \right) \right)$$

$$CPL_{ij^{ny}} = \frac{1}{1 - \left( 10^{-3} \times \exp \left( -1,62080 + 0,0002159 \cdot t_{ij^{ny}} + \frac{8,7096 \cdot 10^5}{\rho_{15}^2} + \frac{4,2092 \cdot t_{ij^{ny}} \cdot 10^3}{\rho_{15}^2} \right) \times P_{ij^{ny}} \right)}$$

$$CPL_{ij^{np}} = \frac{1}{1 - \left( 10^{-3} \times \exp \left( -1,62080 + 0,0002159 \cdot t_{ij^{np}} + \frac{8,7096 \cdot 10^5}{\rho_{15}^2} + \frac{4,2092 \cdot t_{ij^{np}} \cdot 10^3}{\rho_{15}^2} \right) \times P_{ij^{np}} \right)}$$

3. Находим скорректированный объем ПУ  $V_{ij^{ny}}$

Если ТПУ:

$$V_{ij^{ny}} = V_{o^{ny}} \times \left[ 1 + 3 \times \alpha_{t^{ny}} \times (t_{ij^{ny}} - 20) \right] \times \left( 1 + \frac{0.95 \times D}{E \times S} \times P_{ij^{ny}} \right) \times \frac{CTL_{ij^{ny}} \times CPL_{ij^{ny}}}{CTL_{ij^{np}} \times CPL_{ij^{np}}}$$

Если компакт-прувер:

$$V_{ij^{ny}} = V_{o^{ny}} \times \left[ 1 + 2 \times \alpha_{t^{ny}} \times (t_{ij^{ny}} - 20) + \alpha_{t^{cm}} \times (t_{ij^{cm}} - 20) \right] \times \left( 1 + \frac{D}{E \times S} \times P_{ij^{ny}} \right) \times \frac{CTL_{ij^{ny}} \times CPL_{ij^{ny}}}{CTL_{ij^{np}} \times CPL_{ij^{np}}}$$

4. Находим коэффициент объемного расширения  $\beta_{ij}^n$

$$\beta_{ij}^{15} = \frac{K_0 + K_1 \times \rho_{15_{ij}}}{\rho_{15_{ij}^2}}$$

$$\beta_{ij}^{n2} = \left( t_{ij}^{ny} - 15 \right)$$

5. Находим коэффициент преобразования преобразователя

$$K_{ij} = \frac{N_{ij}}{V_{ij}^{ny}}$$

6. Находим среднее значение коэффициента преобразования преобразователя  $K_j$ , средний расход  $Q_j$  и среднюю частоту  $f_j$  в j-ой точке

$$K_j = \frac{\sum_{i=1}^{MaxIzm} K_{ij}}{MaxIzm}$$

$$Q_j = \frac{\sum_{i=1}^{MaxIzm} Q_{ij}}{MaxIzm}$$

$$f_j = \frac{\sum_{i=1}^{MaxIzm} f_{ij}}{MaxIzm}$$

7. Находим СКО для всего диапазона расхода  $S_\partial$

$$S_\partial = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{MaxTochka} \sum_{i=1}^{MaxIzm} \left( \frac{K_{ij} - K_j}{K_j} \right)^2}{MaxTochka \times MaxIzm - 1}} \times 100$$

8. Находим среднее значение коэффициента преобразования преобразователя  $K_d$

$$K_d = \frac{\sum_{i=1}^{MaxTochka} K_j}{MaxTochka}$$

9. Находим случайную составляющую погрешности  $\varepsilon_d$

$t_{(P,n)}$  - по таблице Е.1, где  $n = \sum MaxIzm$

$$\varepsilon_d = t_{(P,n)} \times S_\partial$$

10. Находим дополнительную составляющую систематической погрешности  $\Theta_t$

$$\beta_{max^n} = (\beta_{ij}^{n_{max}})$$

$$\Theta_t = \beta_{max^n} \times \sqrt{\Delta t_{ny^2} + \Delta t_{np^2}} \times 100$$

11. Находим максимальный  $Q_{max}$  и минимальный расход  $Q_{min}$

$$Q_{min} = (Q_{ij})_{min}$$

$$Q_{max} = (Q_{ij})_{max}$$

12. Находим составляющую систематической погрешности преобразователя  $\Theta_{ad}$

$$\Theta_{ad} = \left| \frac{K_j - K_\partial}{K_{\partial_{max}}} \times 100 \right|$$

13. Находим систематическую погрешность преобразователя  $\Theta_{\sum d}$

$$\Theta_{\sum d} = 1.1 \times \sqrt{\frac{2}{\delta_{ny^2} + \Theta_t^2 + \delta_{cou} + \Theta_{ao^2}}}$$



14.Находим относительную погрешность преобразователя  $\delta_d$

Если  $\frac{\Theta_{\Sigma d}}{S_{\partial}} > 8$ , то

$$\delta_d = \Theta_{\Sigma d}$$

иначе

$$\delta_d = Z_{0.95} \times (\Theta_{\Sigma d} + \varepsilon_d)$$

$Z_{0.95}$  - по таблице Е.2

### ДЛЯ ПОДДИАПАЗОНОВ РАСХОДА

15.Находим СКО для каждого k-ого поддиапазонов расхода  $S_{p\partial_k}$

$$S_{p\partial_k} = \sqrt{\frac{\sum_{j=k}^{k+1} \sum_{i=1}^{MaxIzm} \left( \frac{K_{ij} - K_j}{K_j} \right)^2}{(MaxIzm \times MaxIzm - 1)_k}} \times 100$$

16.Находим среднее значение коэффициента преобразования преобразователя в поддиапазонах расхода  $K_{pdk}$

$$K_{pdk} = \frac{(K_j + K_{j+1})_k}{2}$$

17.Находим случайную составляющую погрешности для поддиапазонов расхода  $\varepsilon_{pdk}$

$t_{(P,n)_{pd}}$  - по таблице Е.1, где  $n = MaxIzm + MaxIzm$

$$\varepsilon_{pdk} = t_{(P,n)_{pd}} \times S_{pdk}$$

18.Находим дополнительную составляющую систематической погрешности для поддиапазонов расхода  $\Theta_{t_{pdk}}$

$$\beta_{\max_{pdk}^n} = ((\beta_{ij}^n)_k$$

$$\Theta_{t_{pdk}} = \beta_{\max_{pdk}^n} \times \sqrt{\Delta t_{ny^2} + \Delta t_{np^2}} \times 100$$

19.Находим максимальный  $Q_{\max_{pdk}}$  и минимальный расход  $Q_{\min_{pdk}}$  в поддиапазонах

$$Q_{\min_{pdk}} = ((Q_{ij})_{\min})_k$$

$$Q_{\max_{pdk}} = ((Q_{ij})_{\max})_k$$

Для поддиапазонов	Для поддиапазонов в виде кусочно-линейной аппроксимации
<p>20.Находим составляющую систематической погрешности преобразователя <math>\Theta_{ad}</math></p> $\Theta_{apdk} = \left  \frac{(K_j - K_{pdk})_k}{K_{pdk}} \times 100 \right _{\max}$ <p>21.Находим систематическую погрешность преобразователя для поддиапазонов расхода <math>\Theta_{\sum_{pdk}}</math></p> $\Theta_{\sum_{pdk}} = 1.1 \times \sqrt{\delta_{ny^2} + \Theta_{t_{pdk}}^2 + \delta_{cou} + \Theta_{apdk}^2}$ <p>22.Находим относительную погрешность преобразо-</p>	<p>20.Находим составляющую систематическую погрешность преобразователя для поддиапазонов расхода, если реализация в виде кусочно-линейной аппроксимации</p> $\Theta_{apdk_{Aprox}} = \left  \frac{(K_j - K_{j+1})_k}{(K_j + K_{j+1})_k} \times 100 \right $ <p>21.Находим систематическую погрешность преобразователя для поддиапазонов расхода, если реализация в виде кусочно-линейной аппроксимации</p> $\Theta_{\sum_{pdk_{Aprox}}}$

<p>вателя для поддиапазонов расхода <math>\delta_{pdk}</math></p> <p>Если <math>\frac{\Theta_{\sum pdk}}{S_{pdk}} &gt; 8</math>, то</p> $\delta_{pdk} = \Theta_{\sum pdk}$ <p>иначе</p> $\delta_{pdk} = Z_{0.95_{pd}} \times (\Theta_{\sum pdk} + \varepsilon_{pdk})$ <p><math>Z_{0.95_{pd}}</math> - по таблице Е.2</p>	$\Theta_{\sum pdk_{Aprox}} = 1.1 \times \sqrt{\frac{2}{\delta_{ny^2} + \Theta_{t_{pdk}^2} + \delta_{cou} + \Theta_{apdk^2_{Aprox}}}}$ <p>22.Находим относительную погрешность преобразователя для поддиапазонов расхода, если реализация в виде кусочно-линейной аппроксимации <math>\delta_{pdk_{Aprox}}</math></p> <p>Если <math>\frac{\Theta_{\sum pdk_{Aprox}}}{S_{pdk}} &gt; 8</math>, то</p> $\delta_{pdk_{Aprox}} = \Theta_{\sum pdk_{Aprox}}$ <p>иначе</p> $\delta_{pdk_{Aprox}} = Z_{0.95} \times (\Theta_{\sum pdk_{Aprox}} + \varepsilon_{pdk})$ <p><math>Z_{0.95}</math> - по таблице Е.2</p>
--	---

### ДЛЯ КОНТРОЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

23.Находим СКО в каждой j-ой точке  $S_{jkon}$

$$S_{jkon} = \frac{1}{K_j} \times \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{MaxIzm} (K_{ij} - K_j)^2}{MaxIzm - 1}} \times 100$$

24.Находим случайную составляющую погрешности контрольного преобразователя в точках расхода  $\varepsilon_{j^{kon}}$

$t_{(P,n)^{kon}}$  - по таблице Е.1, где  $n=MaxIzm$

$$\varepsilon_{j^{kon}} = t_{(P,n)^{kon}} \times S_{j^{kon}}$$

25.Находим дополнительную составляющую систематической погрешности в точках расхода  $\Theta_{t_j^{kon}}$

$$\beta_{\max_j^{kon}} = \max_j (\beta_{ij}^n)$$

$$\Theta_{t_j^{kon}} = \beta_{\max_j^{kon}} \times \sqrt{\Delta t_{ny^2} + \Delta t_{np^2}} \times 100$$

26.Находим систематическую погрешность контрольного преобразователя в точках расхода

$$\Theta_{\sum j^{kon}} = 1.1 \times \sqrt{\delta_{ny^2}^2 + \Theta_{t_j}^2 + \delta_{cou}^2}$$

27.Находим относительную погрешность контрольного преобразователя в точках расхода  $\delta_{j^{kon}}$

$$\text{Если } \frac{\Theta_{\sum j^{kon}}}{S_{j^{kon}}} > 8, \text{ то}$$

$$\delta_{j^{kon}} = \Theta_{\sum pdk_{Aprox}}$$

иначе

$$\delta_{j^{kon}} = Z_{0.95^{kon}} \times (\Theta_{\sum j^{kon}} + \varepsilon_{j^{kon}})$$

$Z_{0.95^{kon}}$  - по таблице Е.2

Таблица 1 – Значения коэффициентов  $K_0$ ,  $K_1$  и  $K_2$

Наименование группы		Диапазон плотности при 15 °С, кг/м <sup>3</sup>	$K_0$	$K_1$	$K_2$
Нефть		$611,2 \leq \rho_{15} < 1163,8$	613,9723	0,0000	0,0000
Группы нефте- продуктов	Бензины	$611,2 \leq \rho_{15} < 770,9$	346,4228	0,43884	0,0000
	Топлива, занимающие по плотности промежуточное место между бензинами и керосинами	$770,9 \leq \rho_{15} < 788,0$	2690,7440	0,00000	-0,0033762
	Топлива для реактивных двигателей, авиационное реактивное топливо ДЖЕТ А, керосины	$788,0 \leq \rho_{15} < 838,7$	594,5418	0,0000	0,0000
	Дизельные топлива, печные топлива, мазуты	$838,7 \leq \rho_{15} < 1163,9$	186,9696	0,4862	0,0000
Смазочные масла нефтяного происхождения, полученные из дистиллятных масляных фракций с температурой кипения выше 370 °С		$801,3 \leq \rho_{15} < 1163,9$	0,0000	0,6278	0,0000

#### Примечания

4. Нефтепродукты разделены на группы, имеющие внутри подгруппы, в указанном в таблице диапазоне плотности, аналогичные характеристики зависимости между коэффициентом объемного расширения  $\beta_{15}$  и плотность нефтепродукта  $\rho_{15}$ . Наименование групп носит условный характер.

5. Рекомендуется при расчетах плотности нефтепродуктов, выпускаемых отечественными производителями, применять значения коэффициентов  $K_0$ ,  $K_1$  и  $K_2$ , уточненные по результатам экспериментальных и теоретических работ и утвержденные в установленном порядке.

6. Если значение плотности нефтепродукта  $\rho_{15}$  попадает в диапазон плотности, соответствующей другой группе нефтепродуктов, то при расчете плотности конкретного нефтепродукта, в связи с условным наименованием групп, следует применять значения коэффициентов  $K_0$ ,  $K_1$  и  $K_2$  той подгруппы нефтепродуктов, которой соответствует его плотность  $\rho_{15}$ . Так, например, бензин с плотностью  $\rho_{15}$  более 770,9 кг/м<sup>3</sup> следует относить к подгруппе «топлива, занимающие по плотности промежуточное место между бензинами и керосинами» и расчет плотности проводить по коэффициентам, соответствующим данной подгруппе.

Таблица Е.1 – Значения квантиля распределения Стьюдента ( $t_{(P,n)}$ ) при  $P=0,95$

n-1	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$t_{(P,n)}$	2,57	2,44	2,36	2,30	2,26	2,22	2,20	2,17	2,16	2,14	2,13
	1	7	5	6	2	8	3	9	2	5	2

Продолжение таблицы Е.1

n-1	16	17	18	19	20
$t_{(P,n)}$	2,12 0	2,11 0	2,10 1	2,09 3	2,08 6

Таблица Е.2 – Значения коэффициента  $Z_{(P)}$  при  $P=0,95$

$\Theta_{\Sigma}/S$	0,5	0,75	1	2	3	4	5	6	7	8
$Z_{(P)}$	0,81	0,77	0,74	0,71	0,73	0,76	0,78	0,79	0,80	0,81